

Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne und Perserklee

Determining the feeding value and digestibility of the leaf mass of alfalfa (*Medicago sativa*) and various types of clover

FKZ: 11OE055

Projektnehmer:

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften,
Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit
Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 98-1707
Fax: +49 561 804-1581
E-Mail: sekr.tiereg@uni-kassel.de
Internet: www.uni-kassel.de/agrar/tiereg

Autoren:

Hoischen-Taubner, Susanne; Sundrum, Albert

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Schlussbericht

Projekt 11OE055

Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeit der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten



Projektleitung: Prof. Dr. Albert Sundrum

Projektbearbeitung: Dr. Hendrik Sommer
Christiane Jatsch
Susanne Hartmann
Petra Zahnwetzler
Antonia Fleck

Anfertigung des
Abschlussberichtes: Susanne Hoischen-Taubner
Leonie Blume
Prof. Dr. Albert Sundrum

Projektlaufzeit: 1. März 2012 bis 31. Mai 2016

Universität Kassel

Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen
sundrum@uni-kassel.de

Kurzfassung

Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeit der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten

Angesichts der guten Verfügbarkeit von feinsamigen Leguminosen als heimische Proteinquelle in der Wiederkäuerernährung stellte sich die Frage, ob das Rohprotein auch für die Versorgung von Monogastriern genutzt werden kann, wenn statt der Ganzpflanze nur auf die Blattmasse zurückgegriffen wird. Es wurden verschiedene Faktoren untersucht, um das Ertragspotential und den Futterwert der Blattmasse vor allem im Hinblick auf die Verfügbarkeit von praecaecal verdaulichen Aminosäuren einzuschätzen. Die umfangreichen Untersuchungen ergaben, dass durch die Trennung der Blatt- von der Stängelmasse die Konzentration der hochwertigen Futterkomponenten pro kg Trockenmasse sowie die Verdaulichkeit signifikant erhöht werden kann. Die Separierung der Blattmasse macht diese zu einer geeigneten und ökonomisch konkurrenzfähigen Proteinquelle für die Versorgung von Monogastriern mit heimischen Futtermitteln. Allerdings besteht eine große Variabilität sowohl in den Ertragsmengen von Blattmasse feinsamiger Leguminosen pro Hektar als auch in den Inhaltsstoffen pro Trockenmasse. Vor allem bestehen große Unterschiede zwischen den Pflanzenarten und den verschiedenen Schnittnutzungen. Entsprechend lassen sich aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren, welche die Ertragsmengen und die Inhaltsstoffe als auch die Anteile an hochwertige Nährstoffkomponenten in der separierten Blattmasse beeinflussen, kaum hinreichend belastbare Vorhersagen zum Futterwert ableiten. Entsprechend sind Nährstoffanalysen ggf. ergänzend um die Analyse der *In vitro*-Verdaulichkeit erforderlich, um das Nutzungspotential von Blattmasse im jeweiligen Kontext der Nutzung angemessen abschätzen zu können und verwertbar zu machen.

Summary

Investigation into the nutritional value and digestibility of leaf matter from alfalfa (*Medicago sativa*) and various types of clover

Leguminous plants with small seeds like alfalfa, and various types of clover, are rich sources of protein, although animals with a single stomach find it hard to digest the entire plant, due to high levels of fibrous material. However, separating the leaves from the stems can certainly increase the nutritional value of feed. In comparison to the stems, the leaves have a high protein content and much less fibrous plant tissue. Thus, the availability of essential amino acids rises significantly. *In vitro* processing enables ileal digestibility to be assessed properly, providing a good estimation of the feed value. Separated leaf-matter can be considered as a really high quality protein source which can contribute to the diets of both poultry and pigs and which could largely replace imported protein.

Nonetheless, the competitive ability of this widely available homegrown source of protein is not only affected by the raw protein content (per kg DM) of the leaves attained. The yield gained per unit area of essential amino acids, the digestibility, the costs of preparation and the potential uses of the remaining stem material are all relevant. The great variation in the yield per unit area, dependent on plant species, type, location, way cuttings are used and the differing content of valuable nutrients means that this leafy material cannot be seen as a standardized protein source such as soy beans. Making use of the potential in the leafy material is actually much more about synergies. The variability of the parameters on the different levels means a process-orientated approach is necessary. The individual steps should thus be based on quantifying the yields and on NIRS analysis of the intermediate products, so that the costs and benefits can be weighed up and the leaf- and stem-matter obtained can each be made use of in the best way possible.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	II
Summary	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1 Einführung	10
1.1 Gegenstand des Vorhabens.....	10
1.2 Ziele und Aufgabenstellung und Bezug zu den förderpolitischen Zielen	10
1.3 Planung und Ablauf des Projekts	11
2 Wissenschaftlicher und technischer Stand	14
2.1 Bedarf an alternativen Proteinträgern	14
2.1.1 Proteinträger aus ökologischer Erzeugung	14
2.1.2 Antinutritive Inhaltsstoffe.....	16
2.1.3 Import ökologischer Proteinträger	17
2.2 Einsatz von feinsamigen Leguminosen in der Monogastrierfütterung.....	18
2.3 Ertragsersparungen bei feinsamigen Leguminosen.....	19
2.4 Verdaulichkeit von feinsamigen Leguminosen.....	20
3 Material und Methoden	22
3.1 Analyse der Nährstoffgehalte von Grünleguminosen und -Aufbereitung der Blattmassen	22
3.1.1 Standorte, Arten und Sorten	22
3.1.2 Ernte und Konservierung.....	22
3.1.3 Trennung von Blatt- und Stängelmasse	23
3.1.4 Analyseverfahren	23
3.2 Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Blattmasse im Vergleich zur Ganzpflanze.....	27
3.2.1 Analyse der <i>In vitro</i> -Verdaulichkeit.....	27
3.2.2 Modellierung der Verdaulichkeit	28
3.2.3 Vergleich von <i>In vitro</i> - und <i>In vivo</i> -Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren am Beispiel von Mastbroilern	29
3.3 Bestimmung des Energiegehaltes.....	29
3.4 Technik-Folgenabschätzung: Kostenmodell zur Bewertung der Blattmasse	30
3.4.1 Einschätzungen zu den Direkt- und Arbeitskosten	30
3.4.2 Kosten für Transport und Trocknung.....	34
3.4.3 Kosten für Futterprotein aus Blattmasse und Einschätzung zur Preiswürdigkeit	34
3.5 Ertragszuwachsmodell für verfügbare essentielle Aminosäuren	34
3.6 Einfluss der Konservierung von feinsamigen Leguminosen den Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein.....	35
3.7 Einbindung von Blattmasse in Futterrationen	35
3.7.1 Praxisbetriebe	35
3.7.2 Modellierungen von Futterrationen mit Blattmasse.....	35
3.7.3 <i>In vitro</i> -Methode zur Bestimmung praecaecal verdaulicher Aminosäuren	36
4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	37
4.1 Ertragsbildung.....	37
4.2 Nährstoffgehalte von Grünleguminosen (Ganzpflanze).....	38
4.3 Mehrwert durch Separierung der Blattmasse.....	39
4.3.1 Rohnährstoffe in der Blattmasse	39
4.3.2 Vergleich der Nährstoffgehalte von Blattmasse und Ganzpflanze.....	40
4.4 Verdaulichkeit der Rohnährstoffe	42

4.5	Rohproteingehalt und Rohproteinerträge	44
4.5.1	Flächenerträge.....	45
4.5.2	Proteinerträge der feinsamigen Leguminosen im Vergleich zu Körnerleguminosen.....	46
4.5.3	Ertragsleistung von Inkarnat- und Perserklee je Schnitt	47
4.6	Auswertung der Energiegehalte	48
4.7	Sortenvergleich.....	49
4.8	Variation bezüglich der Rohproteingehalte und der Verdaulichkeit des Probenmaterials.....	51
4.9	Kostenmodell zur Bewertung der Blattmasse als Proteinträger	54
4.10	Ertragszuwachsmo­dell für verfügbare essentielle Aminosäuren	56
4.10.1	Entwicklung der Rohprotein und Aminosäuregehalte im Vegetationsverlauf	56
4.10.2	Entwicklung der Aminosäureverdaulichkeit im Vegetationsverlauf	60
4.11	Vergleich von <i>In vitro</i> und <i>In vivo</i> Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren am Beispiel von Mastbroilern	60
4.12	Einfluss der Konservierung von feinsamigen Leguminosen auf den Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein.....	62
4.13	Einbindung von Blattmasse in Fut­terrationen	63
4.13.1	Analyse der betriebseigenen Fut­terrationen	63
4.13.2	Optimierte Fut­terrationen mit Blattmasse.....	66
4.13.3	<i>In vitro</i> praecaecale Verdaulichkeit von des Rohproteins in Futtermischungen mit Blattmasseanteil.....	67
4.14	Präsentation des Forschungsvorhabens auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin.....	68
5	Diskussion der Ergebnisse	71
5.1	Erträge	71
5.2	Nährstoffgehalte von Grünleguminosen.....	72
5.3	Mehrwert durch Separierung der Blattmasse vom Stängel	72
5.4	Verdaulichkeit der Rohnährstoffe	73
5.5	Bewertung der Umsetzbaren Energie für Schweine und Geflügel	74
5.6	Vergleich <i>In vitro</i> und <i>In vivo</i> Verdaulichkeit von Rohprotein und ausgewählten essentiellen Aminosäuren	75
5.7	Sortenvergleiche.....	75
5.8	Variation und Potential	76
5.9	Einschätzung zur Wirtschaftlichkeit der Blattmasse von feinsamigen Leguminosen als Eiweißfuttermittel	77
5.10	Entwicklung der Verdaulichkeit von Aminosäuren im Vegetationsverlauf	78
5.11	Konservierungsverluste beim Rohprotein	80
5.12	Einbindung von Blattmasse in Fut­terrationen	80
6	Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse.....	82
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen.....	83
7.1	Hinweise auf weiterführende Fragestellungen.....	85
8	Zusammenfassung.....	87
9	Literatur	90
10	Veröffentlichungen.....	98
10.1	Tagungsbeiträge mit Begutachtung	98
10.2	Tagungsbeiträge ohne Begutachtung	99
10.3	Veröffentlichungen in Fachzeitschriften mit Praxisbezug	99
11	Anhang	100

Verzeichnis der Abkürzungen

ADF	Acid Detergent Fiber
AME _n	Scheinbare, stickstoffkorrigierte umsetzbare Energie
BM	Blattmasse
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dt	Dezitonne
DXL	Verdauliches Rohfett
DXP	verdauliches Rohprotein
DXX	Verdauliche Stickstoff -freie Extraktstoffe
FKZ	Förderkennzeichen
FM	Frischmasse
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GP	Ganzpflanze
ha	Hektar
HNJ	Hauptnutzungsjahr
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movements
KOH	Proteinlöslichkeit in Kaliumhydroxid
KTBL	Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
ME	Metabolisierbare Energie / Umsetzbare Energie
MJ	Mega Joule
N	Stickstoff
NDF	Neutral Detergent Fiber
NfE	Stickstoff-freie-Extraktstoffe
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie
pcv	praecaecal verdaulich
PDI	Protein Dispersibility Index
TMA	Trimethylamin
TMA	Trockenmasse
u.R.	unverdauter Rest (nach der in vitro Fermentation)
USP	United States Pharmacopeia
VÖP	Verbund ökologischer Praxisforschung
WPSA	World's Poultry Science Association
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Stärke
XZ	Zucker

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektvorstellung am Messestand des BÖLN	13
Abbildung 2: Ganzpflanze, Blatt- und Stängel von Luzerne	23
Abbildung 3: Grünmehl von Luzerne Ganzpflanze, Blatt- und Stängelmasse	23
Abbildung 4: Analyseschritte zur Untersuchung der Pflanzenproben	24
Abbildung 5: Wasserbad zur Überprüfung der Verdaulichkeit <i>In vitro</i>	28
Abbildung 6: Unverdauter Rest.....	28
Abbildung 7: Erträge (Trockenmasse) und Anteile der Blattmasse an der geernteten Ganzpflanze.....	37
Abbildung 8: Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Schnittzeitpunkt in der Ganzpflanze.....	57
Abbildung 9: Beziehung zwischen dem Lysingehalt und dem Schnittzeitpunkt in der Ganzpflanze.....	58
Abbildung 10: Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Schnittzeitpunkt der Ganzpflanzen.....	59
Abbildung 11: Beziehung zwischen dem Lysingehalt und dem Schnittzeitpunkt in der Blattmasse	59
Abbildung 12: Vergleich der Entwicklung der Gehalte an Lysin und <i>In vitro</i> praecaecal verdaulichem Lysin im Vegetationsverlauf.....	60
Abbildung 13: Beziehung zwischen Einsatz und <i>In vitro</i> praecaecal verdauter Menge Rohprotein (g XP/g pcvXP) <i>In vitro</i>	61
Abbildung 14: Rohproteingehalte in Anwelk- , Trockengut und Pellets von Ganzpflanzenproben verschiedener Trocknungsgenossenschaften (% XP / TM).....	62
Abbildung 15: Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein in Anwelk-, Trockengut und Pellets von Ganzpflanzenproben verschiedener Trocknungs-genossenschaften (% XP / TM)	62
Abbildung 16: Einfluss der Konservierung auf den Rohproteingehalt in g XP je 100 g TM	63
Abbildung 17: Einfluss der Konservierung auf den Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein in g XP je 100 g TM	63
Abbildung 18: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Legehennen.....	64
Abbildung 19: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Masthähnchen	64
Abbildung 20: Nährstoffgehalte in den Hofmischungen für Puten (1), säugende (2) und tragende (2) Sauen.....	65
Abbildung 21: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Absatzferkel.....	65
Abbildung 22: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für die Anfangsmast.....	66
Abbildung 23: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für die Endmast.....	66
Abbildung 24: Poster 1 Herausforderungen auf Tierebene	69
Abbildung 25: Poster2 Herausforderungen auf Betriebsebene	69
Abbildung 26: Poster 3 Lösungen auf Tierebene	69
Abbildung 27: Poster 4 Lösungen auf Betriebsebene	69
Abbildung 28: Poster 5 Umsetzung auf der Tierebene.....	70
Abbildung 29: Poster 6 Umsetzung auf der Betriebs-ebene	70
Abbildung 30: Unterschiedliche Grünmehle von Stängelmasse.....	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Arten, Sorten und den jeweiligen Anbaustandort.....	22
Tabelle 2: Güteparameter zur externen Validierung des NIRS-Verfahrens zur Bestimmung von Weender Roh Nährstoffe und van Soest Fraktionen in der Blattmasse	26
Tabelle 3: Güteparameter zur externen Validierung des NIRS-Verfahrens zur Bestimmung von Aminosäuren in der Blattmasse.....	27
Tabelle 4: Anbauverfahren Blattmassegewinnung	32
Tabelle 5: Kalkulierte Direkt- und Arbeitskosten für Grünleguminosen zur Gewinnung von Blattmasse	33
Tabelle 6: Trockenmasseerträge der Ganzpflanzen (GP) (dt/ha)	37
Tabelle 7: Blatt- und Stängelanteile (%)	38
Tabelle 8: Trockenmasseertrag der Blattmasse (dt/ha).....	38
Tabelle 9: Roh Nährstoffe und Faserfraktionen (% der TM) in Ganzpflanzenproben von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee	39
Tabelle 10: Roh Nährstoffe und Faserfraktionen (% der TM) in der Blattmasse von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee	40
Tabelle 11: Differenz der durchschnittlichen Roh Nährstoffgehalte zwischen Blattmasse und Ganzpflanze.....	40
Tabelle 12: Gehalt an Lysin, Methionin und Cystin (g / 1000g TM) in den Proben von Ganzpflanzen (GP) und der separierten Blattmasse (BM) von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee.....	41
Tabelle 13: Weender Roh Nährstoffe und Faserfraktionen NDF und ADF (% der TM) in der Stängelmasse von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee	41
Tabelle 14: Differenz der durchschnittlichen Gehalte an Roh Nährstoffen zwischen Blatt- und Stängelmasse	42
Tabelle 15: <i>In vitro</i> -praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohstärke und Rohzucker in Ganzpflanze und Blattmasse (in %).....	42
Tabelle 16: <i>In vitro</i> -praecaecale Verdaulichkeit der Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein und Threonin in Ganzpflanze und Blattmasse (in %).....	43
Tabelle 17: Gehalt an Roh Nährstoffen (XP, XS und XZ) und <i>In vitro</i> praecaecal verdaulichen Roh Nährstoffen (pcvXP, pcvXS und pcvXZ) in Ganzpflanze und Blattmasse (in % der TM)	43
Tabelle 18: Gehalt an Aminosäuren (Lysin, Methionin, Cystein und Threonin) und <i>In vitro</i> praecaecal verdaulichen Aminosäuren (pcvLys, pcvMet, pcvCys und pcvThr) in Ganzpflanze und Blattmasse (in g / 1000g TM).....	44
Tabelle 19: Rohproteingehalt (XP) in der Ganzpflanze (GP) in % der Trockenmasse	44
Tabelle 20: Rohproteingehalt (XP) in der Blattmasse (BM) in % der Trockenmasse	44
Tabelle 21: Mittlerer Rohproteintrag der Ganzpflanzen in dt/ha.....	45
Tabelle 22: Mittlerer Rohproteintrag der Blattmasse in dt/ha	45
Tabelle 23: Mittlerer Ertrag an <i>In vitro</i> praecaecal verdaulichem Rohprotein (pcvXP) der Ganzpflanzen (GP) in dt/ha	45
Tabelle 24: Mittlerer Ertrag an <i>In vitro</i> praecaecal verdaulichem Rohprotein (pcvXP) der Blattmasse (BM) in dt/ha	45
Tabelle 25: Gegenüberstellung von Rohprotein (XP) und Lysin Erträgen aus Ganzpflanze und Blattmasse feinsamiger Leguminosen und Erträgen aus dem Anbau von Futtererbsen und Ackerbohnen.....	46
Tabelle 26: Anteil der Schnitte an Trockenmasseerträgen von Inkarnat- und Perserklee.....	47
Tabelle 27: Anteil der Schnitte an Rohproteinträgen von Inkarnat- und Perserklee	47
Tabelle 28: Umsetzbare Energie (ME) für Schwein und Geflügel in der Ganzpflanze (GP) und Blattmasse (BM)	49
Tabelle 29: Energiegehalt (ME Schwein) in der Blattmasse (BM) (MJ/ kg Trockenmasse)	49
Tabelle 30: Energiegehalt (AME _n Geflügel) in der Blattmasse (BM) (MJ/ kg Trockenmasse).....	49

Tabelle 31: Durchschnittlicher Rohproteingehalt in Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Sorten von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee.....	50
Tabelle 32: Rohproteingehalte der untersuchten Luzernesorten	50
Tabelle 33: Rohproteingehalte der untersuchten Rotkleesorten	51
Tabelle 34: Rohproteingehalte der untersuchten Weißkleesorten	51
Tabelle 35: Rohproteingehalte der untersuchten Inkarnatkleesorten.....	51
Tabelle 36: Rohproteingehalte der untersuchten Perserkleesorten	51
Tabelle 37: Variation der Rohproteingehalte in der Blattmasse feinsamiger Leguminosen	52
Tabelle 38: Kennzahlen der Variation des Gehaltes an <i>In vitro</i> praecaecal verdaulichem Rohprotein in der Blattmasse (BM) in % der Trockenmasse	52
Tabelle 39: Kennzahlen der Variation der <i>In vitro</i> praecaecalen Verdaulichkeit des Rohproteins in der Blattmasse (BM) in % der Trockenmasse	53
Tabelle 40: Kennzahlen der Variation der umsetzbaren Energie (Schwein) ME in der Blattmasse (BM) in MJ / kg Trockenmasse.....	53
Tabelle 41: Kennzahlen der Variation der umsetzbaren Energie (Geflügel) AME _n in der Blattmasse (BM) in MJ / kg Trockenmasse.....	53
Tabelle 42: Erträge und kalkulatorische Trocknungs- und Transportkosten von unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen	54
Tabelle 43: Einschätzungen zu den Erzeugungskosten von Blattmasse aus unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen (ohne Wertansatz für die Stängelmasse)	54
Tabelle 44: Einschätzungen zu den Erzeugungskosten der Blattmasse als Eiweißträger incl. Wertansatz für Stängelmasse aus unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen	55
Tabelle 45: Gehalte an Rohprotein, Rohfaser, Lysin und Methionin einer Auswahl von Eiweißfuttermitteln und der Blattmasse von unterschiedlichen Futterleguminosen ...	55
Tabelle 46: Kostenvergleich von Sojakuchen und Blattmasse von unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen auf der Basis von Trockenmasse (TM), Rohprotein (XP), Lysin (Lys) und Methionin (Met).....	56
Tabelle 47: Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße des Rohprotein- und Lysingehaltes von Ganzpflanzenproben der untersuchten Leguminosenarten in Abhängigkeit vom Vegetationszeitpunkt	58
Tabelle 48: Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße des Rohprotein- und Lysingehaltes von Blattmasseproben der untersuchten Leguminosenarten in Abhängigkeit vom Vegetationszeitpunkt	60
Tabelle 49: Übersicht über die ermittelten Verdaulichkeiten <i>In vivo</i> im Vergleich zum <i>In vitro</i> Verfahren in der Starter und Grower-Ration	61
Tabelle 50: Nährstoffgehalte und Mischungsanteile von Luzerneblattmasse von nachgebildeten Praxisrationen sowie Modellrationen.....	67
Tabelle 51: Verdaulichkeit von Hofrationen und Modellmischungen (M) mit unterschiedlichen Blattmasseanteilen	68

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Die ökologische Landwirtschaft verfolgt das Ziel, einen möglichst hohen Anteil an Futtermitteln aus betriebseigener bzw. regionaler Erzeugung einzusetzen und den Anteil an Importfuttermitteln gering zu halten. Dies stellt landwirtschaftliche Betriebe im Hinblick auf eine bedarfsgerechte Versorgung von Schweinen und Geflügel mit essentiellen Aminosäuren vor große Herausforderungen. Dies gilt umso mehr, als eine bedarfsgerechte Proteinversorgung von Schweinen und Geflügel nicht nur im Hinblick auf die Gesunderhaltung, sondern auch für die Leistungsentwicklung und die Futterkosten eine große Bedeutung beizumessen ist.

Leguminosen sind notwendiger Bestandteil in der Fruchtfolge ökologisch wirtschaftender Betriebe. Feinsamige Leguminosen wie Luzerne und diverse Kleearten sind ertragreiche heimische Proteinpflanzen, deren Nutzung durch Monogastrier vor allem ein hoher Faseranteil in der Ganzpflanze entgegensteht. Im Vorhaben wurde untersucht, ob das Rohprotein auch für die Versorgung von Monogastriern genutzt werden kann, wenn hierfür die vom Stängel separierte Blattmasse eingesetzt wird.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung und Bezug zu den förderpolitischen Zielen

Im Forschungsvorhaben wurde untersucht, unter welchen Prämissen pflanzliches Rohprotein aus regionalen Ressourcen zur Deckung des Proteinbedarfs in der Ernährung ökologisch gehaltener Monogastrier erschlossen werden kann. Der Fokus lag auf der Nutzbarmachung des Proteins von heimischen kleeartigen Leguminosen, die auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben in der Regel reichhaltig verfügbar sind. Es wurde ermittelt, in welchem Maße durch Abtrennung der Stängel eine Aufkonzentrierung des Rohproteins in der Blattmasse von **Luzerne** (*Medicago sativa*), **Weißklee** (*Trifolium repens*), **Rotklee** (*Trifolium pratense*), **Inkarnatklee** (*Trifolium incarnatum*) und **Perserklee** (*Trifolium resupinatum*) realisierbar ist und diese einen Beitrag zur Proteinversorgung leisten kann. Insbesondere sollte geklärt werden, ob durch eine Erhöhung des Futterwertes von Eiweißfutterpflanzen durch die Abtrennung der Blattmasse von der Stängelmasse der resultierende Mehrwert so hoch ist, dass Aufwendungen für eine praxistaugliche technische Methode zur Separierung mehr als kompensiert werden.

Das Forschungsvorhaben adressiert den Förderschwerpunkt 1.3 der Bekanntmachung Nr. 03/11/51 über die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben) zur Förderung einer nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft vom 01.03.2011 zur Identifizierung von Proteinträgern auf pflanzlicher Basis für eine Verwendung in der Fütterung.

Daraus abgeleitete konkrete Untersuchungsziele mit Unterpunkten und Aussagen über den Beitrag des Projektes zur Klärung der Fragestellung

- Bestimmung der Gehalte und der *In vitro*-Verdaulichkeit hinsichtlich des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren von Blattmassen von **Luzerne** (*Medicago sativa*), **Rotklee** (*Trifolium pratense*), **Weißklee** (*Trifolium repens*), **Inkarnatklee** (*Trifolium incarnatum*) und **Persischem Klee** (*Trifolium resupinatum*) im Vergleich zur Ganzpflanze.
- Untersuchung des Mehrwertes eines gezielten Einsatzes von Blattmasse der zu untersuchenden Leguminosen im Vergleich zum Einsatz der ganzen Pflanze.
- Bestimmung von Methionin und Cystin nach Oxidation und anschließender saurer Hydrolyse zwecks Vervollständigung des Spektrums an essentiellen Aminosäuren und Erstellung einer NIRS-Kalibration.

- Validierung der erarbeiteten Methode zur Bestimmung der *In vitro*-Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren anhand von *In vivo*-Untersuchungen beim Mastgeflügel.
- Modellbildung zur Bestimmung des optimalen Schnitzeitpunktes von Luzerne und kleeartigen Leguminosen in Hinblick auf die maximalen Erträge an verfügbaren essentiellen Aminosäuren für Monogastrier.
- Einschätzungen der gegenwärtigen Kapazitäten und Kostenstrukturen bei der Erzeugung von Grünmehlen und deren Nutzungspotential für die Gewinnung von essentiellen Aminosäuren aus Ganzpflanzen und Blattmasse in Deutschland.
- Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Aufbereitungs- und Konservierungsverfahren auf die praecaecale Verfügbarkeit von Aminosäuren.
- Untersuchung des Anteils von Blattmasse in Futtermitteln von Praxisbetrieben der Geflügel- und Schweinehaltung in Hinblick auf das praecaecale verfügbare Protein sowie den Einfluss der Faserkomponenten auf die praecaecale Verdaulichkeit.
- Durchführung eines Workshops für Berater und Praktiker der Geflügel- und Schweinehaltung, um das Potential und die Grenzen der Einsatzfähigkeit von Grünmehlen, insbesondere der Blattmasse feinsamiger Leguminosen aufzuzeigen.
- Vorstellung des Projektes anlässlich der internationalen Grüne Woche in Berlin.

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Das Vorhaben wurde in insgesamt vier Projektphasen durchgeführt, in deren Verlauf die nachfolgend aufgeführten Arbeitspakete und Zielstellungen erweitert wurden.

(1) Nährstoffgehalte von Grünleguminosen

Es wurden Reinsaatbestände von Luzerne (*Medicago sativa*), Rotklee (*Trifolium pratense*), Weißklee (*Trifolium repens*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum*) beprobt. Dabei wurden von jeder Reinsaat verschiedene Sorten einbezogen und die Rohnährstoffgehalte und Faserfraktionen bestimmt. Wesentliche Voraussetzung zur Analyse der großen Zahl von Proben war die Entwicklung und Etablierung einer NIRS-Kalibration für die Bestimmung der Weender Rohnährstoffe, NDF, ADF und Stärke. Auf diese Weise konnte der großen Variabilität in der Zusammensetzung der jeweiligen Proben durch eine korrespondierende Zahl von Analysen begegnet werden. Diese wurden in dieser Form bislang noch nicht durchgeführt und wären mit der nass-chemischen Analyse nicht möglich gewesen. Auch Inkarnat und Perserklee, welche eine relevante Bedeutung als Zwischenfrucht zugesprochen werden kann, wurden in die Untersuchungen einbezogen und hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten im Vergleich zu Weiß- bzw. Rotklee überprüft.

(2) Mehrwert durch Separierung der Blattmasse

Das Erntegut wurde nach der Trocknung in Blatt- und Stängelfraktion getrennt und die Gehalte und die Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren der Blattmasse sowie der Ganzpflanze analysiert und miteinander verglichen. Die Bestimmung der Aminosäure-Muster der Proben erfolgt mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC). Zur Bestimmung der schwefelhaltigen Aminosäuren wurde vor der sauren Hydrolyse zusätzlich ein Oxidationsschritt eingefügt. Die Hydrolyse mit Oxidationsschritt wird in Anlehnung an die Richtlinie 98/64/EG vom 03.09.1998 durchgeführt.

(3) Praecaecale Verdaulichkeit von Blattmasse im Vergleich zur Ganzpflanze

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe in der Blattmasse wurde mit einem modifizierten *In vitro*-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997) bestimmt. Die Proben werden in zwei Schritten mit Verdauungsenzymen inkubiert, zunächst mit Pepsin, dann mit Pankreatin. Nach den Enzymbehandlungen wurde der verbliebene Futtermittelrest zurück gewogen und von der

ursprünglich eingewogenen Materialmenge subtrahiert. Die Differenz wird als praecaecale Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bzw. der Aminosäuren bezeichnet.

(4) Eiweißerträge pro Fläche

Zu den verschiedenen Erntezeitpunkten wurden von jeder Sorte auf einer Fläche von 1 qm die Frischmasse geerntet und gewogen. Hieraus wurde der Ernteertrag je Schnitt und ha berechnet (Frischmassegewicht in kg x 10.000qm). Für Inkarnatklee und Perserklee wurde der Eiweißertrag unter Berücksichtigung der Hauptnutzungsfrucht im Vergleich zur Nutzung als Zwischenfrucht bestimmt.

(5) Berechnung der Umsetzbaren Energie (ME) von feinsamigen Leguminosen für Schwein und Geflügel

Ausgehend von den Gehalten der Blattmasse an Rohnährstoffen sowie basierend auf der Bestimmung der Verdaulichkeit mittels des *In vitro* Verfahrens wurde die Umsetzbare Energie (ME) in den Ganzpflanzen und den Blattmasseproben von feinsamigen Leguminosen für Schweine und Geflügel ermittelt. Damit konnte neben der im Mittelpunkt der Untersuchung stehenden Proteinqualität auch der für die Optimierung von Futterrationen erforderliche Energiegehalt bewertet werden. Insbesondere für den Einsatz von feinsamigen Leguminosen bei Geflügel lagen bislang nur sehr wenige Angaben vor.

(6) Technik-Folgenabschätzung: Kostenmodell zur Bewertung der Blattmasse als Proteinquelle

Ausgehend von den im Vorhaben ermittelten Erträgen und Rohproteingehalten sowie standardisierten Informationen zu Anbau- und Verarbeitungskosten wurde die Preiswürdigkeit von Protein aus Blattmasse im Vergleich zu ökologisch erzeugtem Soja aus EU-Mitgliedsländern und aus Drittländern ermittelt. Dazu wurden die Direkt- und Arbeitskosten auf der Grundlage von Daten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL, 2016) modelliert. Die Kosten für Transport und Trocknung der Blattmasse wurden in Anlehnung an Berechnung für die Biomasseerzeugung (Transport) und Angaben von Trocknungsgenossenschaften (Trocknung) angesetzt.

(7) Ertragszuwachsmodell für verfügbare essentielle Aminosäuren

Aufgrund bisheriger Ergebnisse hat sich gezeigt, dass die Ausbeute an essentiellen Aminosäuren pro Flächeneinheit maßgeblich über die Wahl eines geeigneten Schnittzeitpunktes beeinflusst werden kann. Aufgrund der im Vegetationsverlauf gegenläufigen Entwicklungen bezüglich des Blattmassenertrages auf der einen und der Verfügbarkeit an essentiellen Aminosäuren auf der anderen Seite ist die Entwicklung eines Ertragszuwachsmodells für die Menge an verfügbaren essentiellen Aminosäuren pro Flächeneinheit sinnvoll, um den Landwirt bei der Entscheidung über den optimalen Schnittzeitpunkt in Abhängigkeit von Standort und Art zu unterstützen.

(8) Vergleich von *In vitro*- und *In vivo*-Verdaulichkeit von Rohprotein und essentiellen Aminosäuren am Beispiel von Mastbroilern

Im Projekt: „Bestimmung praecaecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast“ (Prof. Dr. Grashorn, Universität Hohenheim FKZ: 11 OE 070) wurde in einem Durchlauf die *In vivo*-Verdaulichkeit von Blattmasse im Fütterungsversuch mit Masthähnchen ermittelt. Im direkten Anschluss wurde die praecaecale Proteinverdaulichkeit der verwendeten Futterrationen im Labor des Fachgebietes für Tierernährung und Tiergesundheit *In vitro* bestimmt, um die Ergebnisse beider Methoden miteinander zu vergleichen. Anhand dieses Vergleiches sollte die Aussagefähigkeit des *In vitro*-Verfahrens geprüft und geklärt werden, in wie weit es zur Bestimmung der praecaecalen Proteinverdaulichkeit herangezogen werden kann.

(9) Einfluss der Konservierung von feinsamigen Leguminosen auf die *In vitro*-verdaulichen Aminosäuren

Praxisversuch: Luzernepellets werden in Trocknungsanlagen durch Heißlufttrocknung und anschließender Pelletierung hergestellt. Um festzustellen, wie dieses Verfahren auf die Verfügbarkeit der *In vitro*-verdaulichen Aminosäuren Einfluss nimmt, wurden zu drei verschiedenen Zeitpunkten Ernteproben genommen und analysiert: (1) nach dem Anwelken und vor dem Abtransport in die Trocknungsanlage; (2) Trocknungsgut unpelletiert unmittelbar nach dem Trocknen und (3) pelletiertes Trocknungsgut.

(10) Verwendungspotential von Blattmasse in Futtermitteln

Es sollte eine Einschätzung vorgenommen werden, in welchem Umfang Blattmasse in Futtermitteln verwendet werden kann. Dazu wurden insgesamt 42 Hofmischungen für Schweine und Geflügel auf ihre Verfügbarkeit an Rohnährstoffen hin untersucht. Um die Auswirkungen des Einsatzes von Blattmasse in den Mischungen zu untersuchen, wurden Mischungen aus den Hofkomponenten sowie unterschiedlichen Anteilen der Luzerne Blattmasse erstellt und die *In vitro* Verdaulichkeit dieser Mischungen analysiert. Neun Hofmischungen wurden unter Einsatz von Luzerneblattmasse optimiert. Für Küken, Puten, Ferkel, säugende und tragende Sauen wurden außerdem Modellrationen mit Blattmasse erstellt.

(11) Präsentation des Vorhabens auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin

Im Januar 2016 wurde das Forschungsvorhaben auf dem Stand des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung anlässlich der Internationalen Grünen Woche (IGW) in Berlin anhand einer Poster-Serie, Futtermittelproben und durch eine vor-Ort Demonstration der Schnellanalytik vorgestellt (Abbildung 1).



Abbildung 1: Projektvorstellung am Messestand des BÖLN

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

2.1 Bedarf an alternativen Proteinträgern

Die ökologische Landwirtschaft verfolgt das Ziel, dass ein möglichst hoher Anteil der eingesetzten Futtermittel aus eigener bzw. regionaler ökologischer Erzeugung stammt. Gemäß EU Verordnung 834/2007 (EG-Öko-Verordnung), Artikel 22, Abs. 2 (b) und EU Verordnung 889/2008 (Durchführungsverordnung), Artikel 43 dürfen Eiweißfuttermittel aus nicht-ökologischer Herkunft nur noch bis 2017 bis zu einem Höchstanteil von 5 % bezogen auf die Trockenmasse in der Jahresration für Schweine und Geflügel eingesetzt werden, wenn eine ausschließliche Versorgung mit Eiweißfuttermitteln aus ökologischer Erzeugung nicht möglich ist. Die Begrenzung der Nährstoffverfügbarkeit auf die betriebseigenen und ökologisch erzeugten Futtermittel stellt viele Betriebe der ökologischen Landwirtschaft vor großen Herausforderungen in ihren Bemühungen, den Nährstoffbedarf von hochleistenden Schweinen und Geflügel möglichst umfassend zu decken. Dies betrifft insbesondere die Versorgung der Jungtiere mit essentiellen Aminosäuren (ZOLLITSCH 2007). Den Jungtieren einen bestmöglichen Start in ihr Leben zu ermöglichen, ist nicht nur bedeutsam für die Gesunderhaltung der Tiere, sondern ist auch eine wesentliche Voraussetzung für die Leistungsentwicklung der Tiere in den nachfolgenden Lebensabschnitten. Bei Monogastriern kann es bei einer Unterversorgung mit essentiellen Aminosäuren zudem vermehrt zu Federpicken bzw. Schwanzbeißen, Kannibalismus und Entwicklungsstörungen kommen (VAN KRIMPEN et al. 2005). Auf der anderen Seite kann der Einsatz von großen Anteilen an Körnerleguminosen mit relativ geringem Gehalt an essentiellen Aminosäuren zu einer Überversorgung mit nicht-essentiellen Aminosäuren führen. Dabei wird der überschüssige Stickstoff (N) über die Nieren als Harnstoff wieder ausgeschieden (ZOLLITSCH et al. 2004) und somit sowohl der Stoffwechsel der Tiere belastet als auch das Leistungspotential der Tiere nicht voll ausgeschöpft (DOURMAD et al. 1999, DAMME 2004, PORTEJOIE 2004, WITTEN 2014). Daraus resultierende Probleme sind das vermehrte Auftreten von Fußballenentzündungen bei Geflügel (HARMS et al. 1977, WANG et al. 1998), da durch den überschüssigen Stickstoff eine erhöhte Wasseraufnahme initiiert und dadurch feuchteres Einstreu verursacht wird (DAMME 2004, PORTEJOIE 2004). Diese Stoffwechselvorgänge begründen die erhöhten Ammoniakgehalte im Stall sowie vermehrte N-Verluste bei der Lagerung und Ausbringung von betriebseigenen Wirtschaftsdünger (DOURMAD et al. 1999, LEEK et al. 2004, PORTEJOIE et al. 2004, LE et al. 2009, WITTEN et al. 2014). Darüber hinaus sinkt auch die Futtermittelverwertung (ZOLLITSCH et al. 2003).

Grundsätzlich ist es möglich Schweine und Geflügel mit 100% Futterkomponenten aus ökologischer Herkunft zu versorgen und dabei deren Bedarf an Aminosäuren zu decken (SUNDRUM et al. 2005, BELLOF et al. 2005). Die Bandbreite an Proteinfuttermitteln, die dabei zum Einsatz kommen können ist groß. In Kombination mit den einzelbetrieblichen Voraussetzungen resultieren daraus unterschiedlichste mögliche Fütterungsstrategien (SUNDRUM et al. 2005). In der Praxis wird die 100%-Biofütterung jedoch noch nicht immer umgesetzt (SCHUMACHER et al. 2011, SIMON und VOGT-KAUTE 2014). Insbesondere in der Anfangsmast sind die Anforderungen der Tiere an die Versorgung mit Aminosäuren hoch (GFE 1999, 2006) und die Umsetzung in der Praxis dementsprechend schwierig. Die größten Probleme bei der Versorgung der Monogastrier unter ökologischen Bedingungen bereitet die Aminosäure Methionin (ZOLLITSCH et al. 2004). Speziell beim Geflügel ist diese Aminosäure erstlimitierend (FANATICO 2010).

2.1.1 Proteinträger aus ökologischer Erzeugung

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 834/2007 sind vorrangig betriebseigene oder zumindest in derselben Region erzeugte Futtermittel einzusetzen. Die Verzahnung von tierischer und pflanzlicher Erzeugung zur Etablierung von weitgehend geschlossenen Nährstoffkreisläufen ist ein zentrales Element der ökologischen Landwirtschaft (Verordnung (EG) Nr. 834/2007). Durch die EU-Öko-Richtlinien (Verbot

des Einsatzes mineralischer Dünger, Gebot der Bevorzugung betriebseigener und regional erzeugter Futtermittel) sind für einen ökologisch wirtschaftenden Betrieb die Möglichkeiten, Stickstoff in Form von Dünge- oder Futtermitteln von extern einzuführen, eingeschränkt (Verordnung (EG) Nr. 834/2007; Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Leguminosen spielen daher eine wesentliche Rolle in der Fruchtfolge dieser Betriebe. Diese Pflanzen können über die Symbiose mit Rhizobium Bakterien Luftstickstoff fixieren und dadurch beachtliche N-Mengen in die betrieblichen Nährstoffkreisläufe importieren (LODWIG et al. 2003, WÜSTHOLZ und BAHRS 2013). Neben den Körnerleguminosen sind auch feinsamige Leguminosen wie Kleearten und Luzerne elementarer Teil von ökologischen Fruchtfolgen (STARZ et al. 2005, KOLBE 2006). Für Schweine und Geflügel beträgt der Mindestanteil an Futtermitteln regionaler Herkunft gemäß den entsprechenden Durchführungsbestimmungen mindestens 20 % (Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Im Jahr 2014 berichtete die International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM 2014), dass eine Erhöhung dieses Anteils auf sogar 60 % diskutiert wird.

Getreide und Körnerleguminosen sind in ausreichender Menge aus ökologischer Herkunft verfügbar (SCHUMACHER et al. 2011). Die Getreidearten wie Weizen, Gerste und Mais haben zwar verglichen mit Erbsen und Ackerbohnen relativ hohe Lysin- und Methionin Gehalte pro 100 g Rohprotein, der Gesamtgehalt an Rohprotein ist aber niedrig. Jüngere Untersuchungen weisen sortenabhängig eine hohe Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren für Schweine aus, die aufgrund der Variation zwischen den Sorten eine gezielte Ergänzung fehlender Aminosäuren erfordern (ROSENFELDER et al. 2013, 2015). Entsprechend ist der Beitrag dieser Energiefuttermittel zur Versorgung der Tiere mit Aminosäuren nur gering. Ackerbohnen und Erbsen weisen einen deutlich höheren Rohproteingehalt auf als Getreide. Dabei ist der Lysingehalt pro 100 g Rohprotein relativ hoch, der Methionin Gehalt pro 100 g Rohprotein dagegen niedrig (ZOLLITSCH et al. 2000). Da bei hohen Einsatzmengen die Aminosäure Methionin im Mangel vorliegt (EBERT und BERK 2013) sind den Verwendungsmöglichkeiten dieser Futtermittel in den Rationen für Schweine und Geflügel Grenzen gesetzt.

Das Aminosäuremuster von Rapskuchen birgt durch den vergleichsweise hohen Methionin Gehalt pro 100 g Rohprotein gute Möglichkeiten, diese Futterkomponente mit den heimischen, Methionin-armen Körnerleguminosen zu kombinieren. Da die Schädlingsbekämpfung im ökologischen Rapsanbau ein bislang ungelöstes Problem darstellt (KÜHNE et al. 2013), hat Raps in der ökologischen Landwirtschaft nur eine geringe Bedeutung. Folglich sind auch die verfügbaren Mengen an ökologisch produziertem Rapskuchen nur gering (WITTEN et al. 2014). Ein weiterer Faktor, der die Einsatzmenge von Presskuchen der Ölsaaten begrenzt, ist der relativ hohe Restölgehalt von 5 % bis zu über 20 % (DLG 2015) in diesen Futtermitteln.

Luzernegrünmehl hat im Vergleich zu den Körnerleguminosen einen höheren Methionin Gehalt pro 100 g Rohprotein, weist aber bei den gängigen Qualitäten oft nur einen niedrigen Gehalt an Rohprotein auf. Zum anderen sind durch die gleichzeitig hohen Rohfasergehalte von über 17% (DLG 2015) und die damit verbundenen energie- und verdaulichkeitsreduzierenden Effekte (LATSHAW 2008, WERNER und SUNDRUM 2008, KALMENDAL et al. 2011) auch hier die möglichen Einsatzmengen in der Monogastriernahrung begrenzt.

Um die derzeit noch eingesetzten nicht ökologisch erzeugten Eiweißfuttermittel zu ersetzen, steht eine breite Palette von in der ökologischen Landwirtschaft zugelassenen Futtermitteln zur Verfügung. In einer Vielzahl von Einzel- und Verbundprojekten (z.B. 03OE434, 03OE599, 12NA077, 11OE077, 11OE021) wurden umfassende Kenntnisse über die Beiträge erarbeitet, welche einzelne heimische Proteinträger bei den verschiedenen Spezies und Produktionsabschnitten zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren leisten können. Der aktuelle Stand der Ergebnisse und der Diskussionen zwischen den involvierten Akteuren zu den vielfältigen Strategieoptionen zur Realisierung einer 100%igen Biofütterung bei Monogastriern wurde u.a. in einem Übersichtsdossier durch den Verbund

ökologischer Praxisforschung zusammengetragen (VÖP 2014). Aktuellere Arbeiten ergänzen das Spektrum der Möglichkeiten (LEIBER et al. 2015, MAURER et al. 2015).

Die Vielfalt der potentiellen Optionen ist auf der einen Seite ermutigend. Allerdings stehen diversen Vorteilen auch verschiedene Nachteile gegenüber. Während die Komponenten tierischen Ursprungs (Fisch-, Insekten- und Fleischknochenmehlen) oder Bakterieneiweiß hohe Gehalte an essentiellen Aminosäuren aufweisen, stoßen die Einsatzmöglichkeiten auf Beschaffungs- und Akzeptanzprobleme und/oder rechtliche sowie preisliche Hürden. Hierzu gehören unter anderem: Sojapresskuchen in verschiedenen verarbeiteten Formen, weitere Presskuchen von Leinsamen, Sonnenblumenkernen, Kürbiskernen sowie Fischmehl, Weizenkleber und nicht zuletzt verschiedene Milchpulver. Keiner der genannten Optionen wohnt folglich ein Lösungspotential inne, das für alle Bedarfssituationen in gleicher Weise nutzbar ist. Entsprechend wird die Verfolgung nur einer, wenn vielleicht auch vielversprechende Option, aufgrund der Vielfältigkeit der Situationen und Anforderungen auf den Biobetrieben kaum zum Erfolg führen. Die Bewältigung der Herausforderung einer 100 %igen Biofütterung wird in den kommenden Jahren nur möglich sein, wenn verschiedene Bausteine in unterschiedliche Lösungskonzepte integriert werden.

2.1.2 Antinutritive Inhaltsstoffe

Bei der Monogastrierfütterung sind antinutritive Bestandteile von großer Bedeutung, da sie die Verdaulichkeit der einzelnen Futterkomponenten reduzieren. Für die Sojabohne und ihre Nebenprodukte sind Trypsininhibitoren bedeutsam. Die Trypsininhibitoren beeinflussen das proteinspaltene Enzym Trypsin im Dünndarm. Aus diesem Grund müssen die enthaltenen Proteaseinhibitoren vor der Verfütterung erhitzt werden. Durch nicht optimal abgestimmte Temperaturen während der Wärmebehandlung kann es zu der Maillardreaktion im Erntegut kommen. Dabei werden die wertvollen essentiellen Aminosäuren soweit geschädigt, dass die Verdaulichkeit stark herabgesetzt sein kann. Gerade bei importierten oder aus unbekannter Herkunft stammenden Sojaprodukten besteht das Risiko, dass eine scheinbar hochwertige Futtermittelkomponente nicht den erwarteten Nutzen bringt. Deshalb sollte bei solchen Chargen eine Überprüfung der Verdaulichkeit durchgeführt werden. Mögliche Bestimmungsmethoden sind die Ureaseaktivität, Löslichkeit des Proteins in Wasser und Kaliumlauge, sowie die direkte Messung der Trypsininhibitoraktivität (TIA) bei dieser Messung sollten die Trypsininhibitoren bei 4-5 mg/g Rohprotein liegen (CLARK und WISEMAN 2005). Eine indirekte, aber kostengünstige Messung, stellt die Ureaseaktivität dar. Die Messgröße liegt bei diesem Verfahren bis zu 0,4 mg N/g/min. Der Grenzwert der Proteinlöslichkeit in Wasser (Protein Dispersibility Index, PDI) liegt nach NAUMANN und BASSLER (1988) bei 10-35 %. Die Proteinlöslichkeit in Kaliumhydroxid (KOH) liegt bei optimal vorbehandelten Sojaprodukten bei 78 bis 85 % (VAN EYS 2012).

Beim Einsatz von Rapsprodukten muss beachtet werden, dass die Sorten insgesamt sehr arm an Glucosinolaten (Bitterstoffen) sind, diese bleiben aber nach dem Ölentzug im Rapskuchen sowie im Extraktionsschrot zurück. Durch die Behandlung mit Wärme werden die Glucosinolate im Extraktionsschrot aufgespalten. Außerdem ist Sinapin in Rapsprodukten enthalten, gerade ältere Legehennenlinien bilden nicht genügend Trimethylamin (TMA) Oxidase. Dadurch reichert sich TMA im Organismus an und die Eier können einen „fischigen“ Geschmack und Geruch aufweisen. Eine Alternative insbesondere für die Geflügelfütterung bietet der Sonnenblumenkuchen, dessen Proteinverdaulichkeit auf dem Niveau der Sojaprodukte liegt (BELLOF 2013). Körnerleguminosen können sekundäre Inhaltsstoffe aufweisen, die Einfluss auf die Futteraufnahme und -verwertung nehmen. Um die Auswirkung von Tanninen, Proteaseinhibitoren, Lektinen und Saponine einzugrenzen, ist auf die Sortenwahl zu achten und durch mechanische und thermische Vorbehandlung der Gehalt in dem Erntegut zu senken. Bei luzernehaltigen Futtermitteln konnte der Cholesteringehalt im Fleisch von Masthähnchen und Eiern gesenkt werden (GAWEL und GRZELAK 2012). Ausgelöst wird dieser Vorgang durch den hypocholesterämischen Effekt der enthaltenen

Saponine (OAKENFULL und SIDHU 1990; SEN et al. 1998). Weitere positive Inhaltsstoffe der Luzerne ist der hohe β -Carotin- und Kalziumgehalt.

2.1.3 Import ökologischer Proteinträger

Daten der AMI (Agrarmarkt Informations-GmbH) zufolge wurden 2009 große Mengen an Eiweißfuttermitteln ökologischer Herkunft importiert. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die heimische Produktion an Öko-Eiweißfuttermitteln deutlich hinter der Nachfrage zurückbleibt (SCHAACK et al. 2011) und entsprechend durch Importe ausgeglichen werden muss. Einschätzungen zur Versorgungslage mit proteinhaltigen Futtermitteln in Deutschland und einigen EU-Ländern wurden in einer Befragung von Futtermittelherstellern und -händlern, Erzeugergemeinschaften und Landwirten sowie Personen aus der Forschung, Kontrollbehörden und Verbänden aus Deutschland, Österreich, den Niederlanden, Dänemark, Großbritannien, Spanien, Italien, Frankreich und der Schweiz erfragt (WITTEN et al. 2014). Danach sind Kartoffeleiweiß und Maiskleber aufgrund ihres hohen Proteingehaltes und eines für die Fütterung guten Aminosäuremusters die vorrangig verwendeten nicht-ökologischen Eiweißkomponenten. Maiskleber hat durch seinen vergleichsweise hohen Methionin-Gehalt einen besonderen Wert in der Geflügelfütterung. Demgegenüber beschränken sich die europaweit verfügbaren Mengen an Bio-Kartoffelprotein und Bio-Maiskleber derzeit auf ca. 150 t/a bzw. 500 t/a. Die deutschen Bio-Futtermühlen setzen nach Angaben der Befragten derzeit insgesamt etwa 9.200 t nicht-ökologische Eiweißfuttermittel ein. Hinzu kommen die Mengen, die von Landwirten privat zugekauft werden, um sie in Eigenmischungen zu nutzen. Die Marktakteure erwarten, dass die derzeit von nicht ökologisch erzeugten Eiweißfuttermitteln bediente Lücke in Zukunft vor allem durch Bio-Sojapresskuchen ausgefüllt wird (WITTEN et al. 2014). Bereits zum jetzigen Zeitpunkt werden große Mengen dieses Produktes aus Drittländern importiert. Diese Drittländer haben ein großes Potential für den Sojaanbau und können die erhöhte Nachfrage nach Angaben der Befragten potentiell decken. Auch in europäischen Ländern, wie Rumänien oder der Ukraine sowie in der Donauregion steigen die Mengen an ökologisch erzeugtem Soja kontinuierlich an.

In einem kürzlich veröffentlichten Bericht über die Proteinverfügbarkeit in Europa wird der Selbstversorgungsgrad für Rohprotein im Durchschnitt auf 56 % geschätzt (FRÜH et al. 2015). Die Autoren schätzen demgegenüber den Selbstversorgungsgrad in Deutschland auf ca. 64 %. Allerdings wird der Selbstversorgungsgrad bezüglich der essentiellen Aminosäure Methionin mit ca. 47 % als besonders gering eingestuft. Aus diversen Grundannahmen berechnen die Autoren überschlägig einen Gesamtbedarf an Methionin für ökologisch gehaltene Schweine und Geflügel auf ca. 812 Tonnen. Entsprechend hoch ist die Lücke an hochwertigen, insbesondere Methionin haltigen Proteinträgern. Auf der einen Seite ist es ohne Importe von hochwertigen Eiweißergänzungsfuttermitteln kaum möglich, bedarfsorientierte Rationen zusammenzustellen. Auf der anderen Seite wird von verschiedenen Stakeholdern die Frage aufgeworfen, ob ein erhöhter Import von Bio-Soja aus Drittländern wünschenswert ist, ob die Herkunfts-Quellen sicher sind und ob in diesen Ländern in den kommenden Jahren ein erhöhter Eigenbedarf entstehen wird (WITTEN et al. 2014). Entsprechende Einwände offenbaren, dass bei der Versorgung von ökologisch gehaltenen Monogastriern nicht allein und nicht immer vorrangig die Deckung des Nährstoffbedarfes der Tiere in ihren jeweiligen Lebensabschnitten zu kostengünstigen Konditionen im Fokus steht. Für eine Einschätzung künftiger Entwicklungen ist es erforderlich auch die Interessen der beteiligten Stakeholder (insbesondere Landwirte, Verbände, Futtermittelhersteller und -händler) in die Analyse einzubeziehen.

Aus nationaler Perspektive besteht ein besonderes Interesse, den Anteil an ökologisch erzeugten heimischen Proteinträgern und damit die Wertschöpfung im eigenen Land zu erhöhen und die Abhängigkeit von Importfuttermitteln zu reduzieren. Allerdings wird die Marktentwicklung bei den heimischen Proteinträgern behindert, solange die Möglichkeit der Nutzung preiswerter nicht-ökologischer Alternativen besteht. Das Angebot an ökologisch erzeugten heimischen Eiweißträgern wird voraussichtlich erst dann zunehmen, wenn die Nachfrage deutlich ansteigt. Dies ist wohl erst mit

Auslauf der Übergangsregelung zu erwarten. Unter der Prämisse, dass eine 100%ige Versorgung der Monogastrier mit ökologisch erzeugten Proteinträgern unter Verwendung entsprechender Anteile an Expellern (v.a. Bio-Sojabohnenexpeller) grundsätzlich möglich ist, stellt sich vorrangig die Frage nach der Wettbewerbsfähigkeit von heimischen Proteinträgern in Relation zu Bio-Soja aus Drittländern.

2.2 Einsatz von feinsamigen Leguminosen in der Monogastrierfütterung

In den Forschungsvorhaben 11OE055 und 11OE077 konnte in der Nutzung feinsamiger Leguminosen ein großes Potential zur Deckung der Lücke in der Proteinversorgung von Monogastriern identifiziert werden (SOMMER und SUNDRUM 2014, 2015). Während der Anbau von feinsamigen Leguminosen als Futterpflanzen für die ökologische Milcherzeugung eine hohe Bedeutung hat (LOGES und TAUBE 1999a), spielt dieser für die Eiweißversorgung in der ökologischen Schweinehaltung bislang keine Rolle. Ihr Einsatz in frischer, silierter oder trockener Form ermöglicht den ökologisch wirtschaftenden Betrieben die Einhaltung der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 hinsichtlich der täglichen Vorlage von Raufutter, welches das artgerechte Ausleben von tierartspezifischen Verhaltensmustern unterstützt. Durch die erhöhten Rohfasergehalte in der Futtermischung stellt sich eine Sättigung der Tiere ein und die Zeitspanne der Futteraufnahme verlängert sich (BERGERON et al. 2000, MEUNIER-SALAÜN et al. 2001, VAN KRIMPEN et al. 2005, DE LEEUW et al. 2008, LATSHAW 2008, KALLABIS und KAUFMANN 2012). Außerdem bieten das Angebot an Raufutter den Tieren die Möglichkeit ihren Erkundungs- und Wühltrieb auszuleben und dient damit als Präventivmaßnahme um Stereotypen vorzubeugen (WHITTAKER et al. 1998, BERGERON et al. 2000, MEUNIER-SALAÜN et al. 2001, VAN KRIMPEN et al. 2005, STEENFELDT et al. 2007, KALMENDAL und WALL 2012, HOY et al. 2015).

In der Endphase der Schweinemast bietet die Vorlage von Raufutter die Möglichkeit einer restriktiven Krafftuttermenge um die Verfettung der Tiere zu vermeiden, bei gleichbleibender Leistung (BELLOF et al. 1998, CANDEK-POTOKAR et al. 1998, HANSEN et al. 2006). Dies wird von den Ergebnissen von JIANG et al. (2012) bestätigt, dabei konnte beobachtet werden, dass bei Moschusenten, die mit 9 % Luzernegrünmehl in der Ration gefüttert wurden, die Schlachtkörper weniger verfettet waren als in der Kontrollgruppe ohne Luzernegrünmehl. Durch die Verwendung von Kleeegrassilage, Luzernegrünmehl und Grassilage reichert sich der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fettgewebe von Schweinen und Geflügel sowie im Eidotter an (BELLOF et al. 1998, LOPEZ-BOTE et al. 1998, CASTELLINI et al. 2002, HANSEN et al. 2006, KARSTEN et al. 2010, RUDOLPH et al. 2011, WÜSTHOLZ et al. 2016 a, d). Mastbroilern, denen Luzernegrünmehl ad libitum zur Verfügung stand, wiesen signifikant niedrigere Cholesterinwerte im Fleisch auf als die Kontrollgruppe (PONTE et al. 2004).

Untersuchungen mit Mastschweinen ergaben, dass ein Einsatz von Kleeegrassilage mit TM-Aufnahmen von 7-16 % (BELLOF et al. 1998) bzw. 18 % (CARLSON et al. 1999) der Tagesration möglich ist. Diese Ergebnisse konnten durch die Studie von WÜSTHOLZ et al. (2016a) bekräftigt werden. Dabei wurde gezeigt, dass Mastschweine bei restriktivem Krafftuttermengeangebot 20-50 % der TS-Aufnahme durch Vorlage einer Luzernesilage decken konnten. WÜSTHOLZ et al. (2016b, c) konnten aufzeigen, dass früh geschnittene Luzernesilage als Proteinquelle bei Geflügel eingesetzt werden kann. Außerdem wiesen diese Tiere eine höhere Zunahme auf als die Kontrollgruppe. Der Anteil der früh geschnittenen Luzernesilage an der täglichen TS-Aufnahme betrug bei Legehennen 10-20 % und bei Mastbroilern 10-30 %. PEDERSEN et al. (2003) stellten Mastbroilern täglich 4-10 g frische Kleeegrassilage zur Verfügung, wobei aber die genaue Futteraufnahme nicht erfasst wurde. Bei Legehennen konnten KALMENDAL und WALL (2012) eine tägliche Aufnahme von 2,9 g Luzerneheu je Tier ermitteln. Bei diesen geringen Mengen schlussfolgern die Autoren, dass der Beitrag der Silage zur Nährstoffversorgung für Geflügel zu vernachlässigen ist (BELLOF et al. 1998, KALMENDAL und WALL 2012).

Die für Monogastrier erstlimitierenden Aminosäuren sind in größeren Anteilen in den Blättern enthalten, daher ist der frühe Schnittzeitpunkt bei Leguminosen von zentraler Bedeutung (RODER 1961, POPOVIC et al. 2001, SOMMER und SUNDRUM 2014, SOMMER und SUNDRUM 2015, WÜSTHOLZ et al. 2016a, b, c). Bei der Rationsplanung ist darauf zu achten, dass die verschiedenen Futtermischungen ein vergleichbares Aminosäuren- und Energieverhältnis aufweisen, da dieses Verhältnis vermutlich einen direkten Einfluss auf die Silageaufnahme und -verwertung durch Monogastrier hat (SIBBALD und WOLYNETZ 1987, CHIBA et al. 1991, CASTELL et al. 1994, BELLOF et al. 2005, WÜSTHOLZ et al. 2016a).

2.3 Ertragserwartungen bei feinsamigen Leguminosen

Ertragsschwankungen des Schnittgut-Trockenmasseertrages resultieren aus dem Einfluss der Sorte, des Schnittzeitpunktes sowie des Nutzungsjahres. Sie sind überdies abhängig von Standort und Witterung. JUNG (2003) gibt Schnittguterträge für Luzernereinsaat über alle Schnitte zwischen 119 und 181 dt/ha an. HEYLAND (1996) berichtet von Spannweiten zwischen 80-120 dt/ha. LOGES und TAUBE (1999a) ernteten 90,7 dt/ha in Feldversuchen in Norddeutschland. LOPOTZ (1996) fand beim Rotklee über drei Schnitte Schnittgut-Trockenmasseerträge von 138 dt/ha. Die Rotklee-Erträge lagen bei SCHMIDKTE (1999) mit 91 dt/ha deutlich niedriger. Beim Perserklee ermittelte BOLLER (1988) einen mittleren Ertrag von 45 dt/ha, BECKMANN (1998) von 56 dt/ha und JUNG (2003) von 87 dt/ha.

Die Proteingehalte von Luzerne (*Medicago sativa*), Rot-(Wiesen)-Klee (*Trif. pratense*) und Perserklee (*Trif. resupinatum*) werden wesentlich vom Schnittzeitpunkt bestimmt (vgl. JEROCH 1993). WILLNER und JÄNIKE (2005) geben im 1. Hauptnutzungsjahr (HNJ) einer Luzerne-Reinsaat Rohproteingehalte von 159 g/kg TM für den 1. Schnitt, 213 g/kg TM für den 2. Schnitt und 239 g/kg TM für den 3. Schnitt an. Die Rohproteingehalte sind vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (z.B. LOGES und TAUBE 1999b). Die Schwankungsbreite des Rohproteingehaltes im 1. HNJ in der Untersuchung von WILLNER und JÄNIKE (2005) lag zwischen 135-177 g/kg TM für den 1. Schnitt, 200-223 g/kg TM für den 2. Schnitt 210-254 g/kg TM für den 3. Schnitt. Der Rohproteingehalt der Luzerne als Grünfutter war mit 272 g/kg TM am höchsten vor der Knospe. Er sank mit zunehmendem Entwicklungsstadium auf 174 g/kg TM in der Blüte ab. Der Rohproteingehalt von Rotklee nahm von 228 g/kg TM vor der Knospe auf 162 g/kg TM in der Blüte ab (vgl. JEROCH 1993, Tab. A15.2). WEIßBACH (1993) gibt bei Perserklee einen Rohproteingehalt von 240 g/kg TM an, während der Anteil von verdaulichem Protein beim Perserklee mit 170 g DP/kg TM am höchsten war, gefolgt von Luzerne mit 150 g DP/kg TM und Rotklee mit 120 g DP/kg TM. Der Lysingehalt ganzer Luzernepflanzen lag bei 11,9 g/kg TM, der von Perserklee bei 11,7 g/kg TM. Luzerne und Perserklee verfügten auch über hohe Gehalte an den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein (Luzerne 6,1 g/kg TM; Perserklee 6,2 g/kg TM, vgl. WEIßBACH 1993) und lagen damit über den Werten von Ackerbohne und Erbse (jeweils 5,2 g/kg TM, vgl. JEROCH 1993, Tab. A15.5). Um erhöhte Trockenmasse- und Rohproteinträge zu erhalten, ist es von großer Bedeutung die optimale Versorgung der Luzernepflanze mit dem Mikronährstoff Schwefel zu gewährleisten, da dieser direkten Einfluss auf die N-Fixierungsleistung hat (AULAKH et al. 1976, FISCHINGER et al. 2011, RIFFEL et al. 2015).

Bei der Mahd der Pflanzen sollte auf eine ausreichend hohe Mähwerkseinstellung zur Vermeidung des Eintrages von Verschmutzung z.B. durch Maulwurfshügel geachtet werden (PÖLLINGER et al. 2013). Auf diese Weise bleiben gleichzeitig die rohfaserreichen unteren Teile der Pflanzenstängel auf dem Feld. Auf häufiges Wenden des Mähgutes sollte verzichtet werden. Einerseits kann so die Verschmutzung gering gehalten und andererseits werden Bröckelverluste gering gehalten (SAUTER et al. 2002, NUSSBAUM 2011, PÖLLINGER et al. 2013). Da bei hohen Bröckelverlusten die nährstoffreichen Blätter auf dem Feld bleiben und die rohfaserreichen Stängel sich im Futterstock anreichern, ist dies mit einer überproportionalen Verminderung der Futterqualität verbunden (JÄNICKE 2004, PÖLLINGER et al. 2013).

Durch Verknüpfung der gefundenen Ertragsdaten mit den Rohproteingehalten ergeben sich für die Luzerne und für den Rotklee Rohproteinträge zwischen 2.000 und 3.300 kg/ha. Einzig bei LOGES und TAUBE (1999) wird der Rohproteintrag von Leguminosen-Reinsemen angegeben und auf 3.567 kg/ha beziffert. Der Rohproteintrag von Ackerbohnen bzw. Erbsen liegt im Vergleich dazu bei ca. 900 bzw. 600 g/ha. Trotz dieses beträchtlichen Potentials finden diese Eiweißfutterpflanzen in der Schweinefütterung bislang kaum Beachtung. Der Grund hierfür steht u.a. im Zusammenhang mit einem erhöhten Rohfasergehalt und der damit verbundenen Herabsetzung der Verdaulichkeit der Energie und der Organischen Masse.

2.4 Verdaulichkeit von feinsamigen Leguminosen

Der Rohfasergehalt steigt im Verlauf der Vegetation an (WILLNER und JÄNIKE 2005). Obwohl Rotkleepflanzen weniger Zellwände als Knaulgras aufweisen, ist ihre Verdaulichkeit herabgesetzt (SCHUBIGER et al. 1998). Durch die Zunahme des Rohfasergehaltes nehmen der Rohproteingehalt und die Verdaulichkeit von Eiweißfutterpflanzen im Laufe des Entwicklungsstadiums ab. Luzerne wird üblicherweise im Vegetationsstadium „Beginn der Blüte“ genutzt. Die dabei erzielbare Futterqualität des frischen Pflanzenmaterials (20 % TM) liegt bei einem Rohproteingehalt von 220 g/kg Frischmasse (FM), einem Rohfasergehalt von 310 g/kg FM, einem Lysingehalt von 11,4 g/kg FM und einem Methionin-Gehalt von 3,3 g/kg FM. Im Vergleich dazu ist das Material „vor der Knospe“ (17 % TM) mit einem Rohproteingehalt von 278 g/kg FM, einem Rohfasergehalt von 199 g/kg FM, einem Lysingehalt von 14,4 g/kg FM und einem Methionin-Gehalt von 4,2 g/kg FM reicher an Aminosäuren und rohfasärer (BEYER et al. 1977). Dies entspricht mit einem Methionin-Gehalt von 1,5 g pro 100 g Rohprotein dem Niveau des Sojaproteins und übersteigt deutlich die mittleren Gehalte in Erbsen (0,28 g/100 g Rohprotein) und Ackerbohnen (0,24 g/100 g Rohprotein, DLG 2015). Untersuchungen von ROTH und REENTS (2001) unterstreichen den Einfluss des Schnittzeitpunktes von Kleeegrasmischungen auf deren Futterwert für Monogastrier. Mit fortschreitender Vegetation sinkt durch den zunehmenden Gehalt an Rohfaser die Verdaulichkeit der Pflanzen. Für Kleeegrassilage ermittelten ROTH und REENTS (2001) für die Verdaulichkeit der organischen Substanz zum Schnittzeitpunkt „vor der Knospe“ 57 %; zu „Beginn der Blüte“ sank dieser Wert auf 51 % ab.

In Untersuchungen von LINDBERG und ANDERSSON (1998) wurde beim Einsatz von Luzernegrünmehl in einem Fütterungsversuch mit Schweinen eine Reduzierung der Verdaulichkeit der Organischen Masse, aber eine höhere Verdaulichkeit der Rohfaser ermittelt. URDL et al. (2009) geben eine Rohproteinverdaulichkeit von Luzernegrünmehl von 46 % im 1. Durchgang bei 29 kg LM bzw. 35 % im 2. Durchgang bei 50 kg LM ihres Mastversuches mit Schweinen an. In der DLG-Futterwerttabelle (1991) für Schweine wird für Luzernegrünmehl eine Rohprotein-Verdaulichkeit von 52 ± 9 % aufgeführt. Für Kleeegrassilage ermittelten URDL et al. (2009) im 1. Durchgang bei 29 kg LM eine Rohprotein-Verdaulichkeit von 47,5 %.

Demgegenüber haben Stängel aufgrund hoher Gehalte von Zellwand-Polysacchariden und Lignin eine eher niedrigere Verdaulichkeit (BUXTON und RUSSEL 1988). POPOVIC et al. (2001) konnten zeigen, dass bei einer Separierung von Blatt- und Stängelmasse mittlere Rohproteinkonzentrationen von 165 g/kg TM in der Stängel- und von 347 g/kg TM in der Blattmasse möglich sind. Bei einem Trockenmasseertrag von 100 dt/ha und einem Blattanteil von 40 % an der ganzen Pflanze besteht ein mittleres Blattmassenertragspotential von ca. 40 dt Blattmasse. Entsprechend resultiert bei einem Proteingehalt von ca. 35 % ein Potential von ca. 1.390 kg/ha Rohprotein mit bislang unbekannter Qualität aus der Blattmasse. Das geschätzte Rohproteintragspotential der Stängelmasse beläuft sich nach gleicher Rechnung immerhin noch auf ca. 980 kg/ha. Bislang fehlen Untersuchungen zur konkreten Bewertung des Futterwertes, der Gehalte an essentiellen Aminosäuren und der Verdaulichkeit der Blattmasse von kleeartigen Leguminosen.

Die Aufnahme nennenswerter Mengen an rohfaserreicherem Futter in die tägliche Futtermittellieferung von Monogastriern führt allerdings zur Energieverdünnung und verringert die Verdaulichkeit der Gesamtration (BINDELLE et al. 2008, WERNER und SUNDRUM 2008, KALMENDAL et al. 2011, KERR und SHURSON 2013). In der Folge können die täglichen Zunahmen von Mastschweinen niedriger sein (KALLABIS und KAUFMANN 2012). Für das Geflügel ist eine Verringerung der tierischen Leistungen durch den Einsatz rohfaserreicher Futtermittel nicht in dieser Weise in der Literatur beschrieben. Diese Tiere reagieren bei einer Energieverdünnung der angebotenen Futtermischung durch z.B. einen hohen Rohfasergehalt mit einer Steigerung der Futteraufnahme (HETLAND et al. 2004, KALMENDAL et al. 2011). In den Untersuchungen von JØRGENSEN et al. (1996) und KALMENDAL et al. (2011) waren die Wachstumsleistungen der Broiler dadurch sogar gegenüber den Kontrollgruppen höher. Die Futterverwertung wurde in diesen Untersuchungen allerdings negativ beeinflusst.

Erhöhte Rohfasergehalte im Futter von Schweinen können sich positiv auf deren Darmgesundheit auswirken. Raufutter liefert in der Form von Silage und Luzernegrünmehl einen Beitrag zur Stabilisierung der Darmflora und kann so die Tiergesundheit fördern und pathogene Keime hemmen (URDL et al. 2009). Die Darmflora wird durch probiotische Effekte der Rohfaser gestärkt, pathogene Keime wie Salmonellen, Clostridien und *E. coli* werden gehemmt und der Einsatz von Antibiotika kann reduziert werden (LINDBERG 2014). Neben der Verdaulichkeit der Futtermittellieferung beeinflussen hohe Rohfasergehalte auch die Ausbildung der Verdauungsorgane. Diverse Autoren berichten bei Schweinen und Geflügel von gesteigerter Länge und größerem Gewicht des Darmes wenn die Futtermittellieferung höhere Rohfasergehalte enthielt als die jeweiligen Vergleichstiere (JØRGENSEN et al. 1996, BELLOF et al. 1998, HETLAND und SVIHUS 2001). Bedingt ist dies durch die Fähigkeit der Nicht-Stärke-Polysaccharide Wasser je nach Zusammensetzung mehr oder weniger stark zu binden und somit das Chymusvolumen bzw. die Größe der Verdauungsorgane zu steigern (POND et al. 1987, WESTENDARP 2006). In Bezug auf Mastschwein und Masthähnchen ist dies mit einer Verringerung der Ausschachtung verbunden (BELLOF et al. 1998).

Bei der Heißlufttrocknung beruht die Konservierung des zugeführten Materials auf dem zügigen Entzug des enthaltenen Wassers bei hohen Temperaturen von ca. 100 - 200°C und an einzelnen Stellen des Trockners von über 600°C (VON NORDENSKJÖLD 1970, STEINHÖFEL 2008). Hinsichtlich des Zieles, junge Luzerne als Proteinfuttermittel für Schweine und Geflügel zu konservieren, weist die Heißlufttrocknung jedoch einen Nachteil auf. Durch die Hitzeeinwirkung kann die Verdaulichkeit des Proteins vermindert werden. Durch die sogenannte Maillardreaktion kann es zu stofflichen Veränderungen kommen, die eine enzymatische Spaltung des Lysins verhindern und es somit für Schweine und Geflügel weniger nutzbar machen (KUCINSKAS et al. 2004, GONZÁLES-VEGA et al. 2011).

3 Material und Methoden

3.1 Analyse der Nährstoffgehalte von Grünleguminosen und - Aufbereitung der Blattmassen

3.1.1 Standorte, Arten und Sorten

Für das Vorhaben wurden Reinsaatbestände von Luzerne (*Medicago sativa*), Rotklee (*Trifolium pratense*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum*) sowie Weißklee (*Trifolium repens*) beprobt. Hierzu konnte mit der Arbeitsgruppe für Züchtungsforschung bei Futterpflanzen, Pflanzenbausysteme bei Grünland und Feldfutterbau des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung an der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft eine Zusammenarbeit vereinbart werden. Es wurden Proben von insgesamt 12 Sorten zur Verfügung gestellt, zwei Sorten Rotklee im Rahmen des Sortenversuchs auf der Versuchsstation Steinach, zehn Sorten aus dem Vergleichsversuch auf dem Standort Freising. Weitere acht Sorten wurden auf dem Versuchsgelände der Kreishandwerkerschaft des Landkreises Waldeck-Frankenberg, Standort Frankenberg/Eder, im Mai 2012 ausgesät. Als zweiter Standort für die vorgesehenen 20 Sorten diente die Domäne Frankenhausen. Auch hier wurden die Sorten im Mai 2012 ausgesät. Die untersuchten Sorten und ihre Anbaustandorte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Arten, Sorten und den jeweiligen Anbaustandort

Art	Sorte	Standort			
		Frankenhausen	Frankenberg	Steinach	Freising
Luzerne	Fee				
	Filla				
	Sanditi				
	Verko				
Rotklee	Larus				
	Milvus				
	Taifun				
	Titus				
Weißklee	Alice				
	Jura				
	Liflex				
	Lirepa				
	Merlyn				
	Vyscosan				
Inkarnatklee	Coneta				
	Heuser's Ostsaat				
	Linkarus				
	Tardivo				
Perserklee	Ciro				
	Gorby				
	Laser				
	Nitro Plus				

3.1.2 Ernte und Konservierung

Die Ernte der Parzellen erfolgte vor der Blüte. Auf den Versuchsstandorten in Steinach und in Freising wurde die Frischmasse mit einem Parzellenvollernter geerntet. Auf den Versuchsstandorten in

Frankenberg und in Frankenhausen erfolgte die Ernte mit der Handsense. Die Frischmasseproben wurden in Crispin-Beutel verpackt und im Anschluss bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Pro Untersuchungseinheit (entspricht einem Schnitt einer Sorte einer Art auf einem Standort) wurde insgesamt bis zu acht Probenbeutel eingewogen und getrocknet.

3.1.3 Trennung von Blatt- und Stängelmasse

Von jeder Untersuchungseinheit wurden jeweils zwei Probenbeutel als Ganzpflanze vermahlen. Die Inhalte der übrigen sechs Beutel wurden jeweils separat in Blatt- und Stängelmasse getrennt. Ursprünglich war vorgesehen, zur Bestimmung der Bröckelverluste auf eine Rütteltrommel zurückzugreifen. Allerdings war diese nicht mehr funktionsfähig. Alternativ wurde am Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit ein Verfahren entwickelt, wonach die aus dem Trockenschrank kommende Materialprobe zunächst händisch zerbröckelt wurde (Abbildung 2). Anschließend wurde mit Hilfe einer Schüttelbox die Blattmasse und der Stängelmasse getrennt. Die verwendete Pennsylvania State Schüttelbox war mit zwei Siebkästen unterschiedlicher Lochgröße (oberes Sieb 1,9 cm, mittleres Sieb 0,75 cm) ausgestattet. Auf einer glatten Oberfläche ist der Siebkasten fünf Mal kräftig zu schütteln. Dann wird die Schüttelbox um 90° gedreht. Der Vorgang wird so lange wiederholt, bis die Box einmal um 360° gedreht. Die im oberen Siebkasten verbliebene Materialmenge wurde mit der Stängelmasse gleichgesetzt. Im unteren Siebkasten befand sich ein Gemisch von Stängeln und Blattmasse, im Bodenkasten befand sich die Blattmasse. Die Stängelmasse wurde in einer Schüssel aufbewahrt, die gemischte Fraktion wurde nochmals händisch zerbröckelt. Im Anschluss wurde das Schütteln wiederholt. Schließlich wurden die getrennte Stängelmasse sowie die im Bodenkasten verbliebene Blattmasse gewogen und die Stängel- und Blattmassenanteile berechnet. Wie schon die Ganzpflanzenproben wurden die Stängel- und Blattmasseproben auf 1 mm vermahlen (Abbildung 3).



Abbildung 2: Ganzpflanze, Blatt- und Stängel von Luzerne



Abbildung 3: Grünmehl von Luzerne Ganzpflanze, Blatt- und Stängelmasse

3.1.4 Analyseverfahren

Die Untersuchung des Pflanzenmaterials erfolgte in aufeinander abgestimmten Phasen. Zunächst erfolgte die nass-chemische Analyse der wertgebenden Inhaltsstoffe der unterschiedlichen Materialarten (Ganzpflanze, Blattmasse, Stängelmasse). Die Ergebnisse flossen in eine im Aufbau befindliche NIRS Kalibration ein, die im weiteren Projektverlauf zur kostengünstigen Analyse genutzt werden konnte. Das Ausgangsmaterial wurde in einem *In vitro*-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997) verdaut. Der zurückbleibende unverdaute Rest wurde erneut hinsichtlich seiner Inhaltsstoffe analysiert und zum Ausgangsmaterial in Beziehung gesetzt und die Gehalte an praecaecal verdaulichen Inhaltsstoffen ermittelt. Die Analyseschritte sind in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

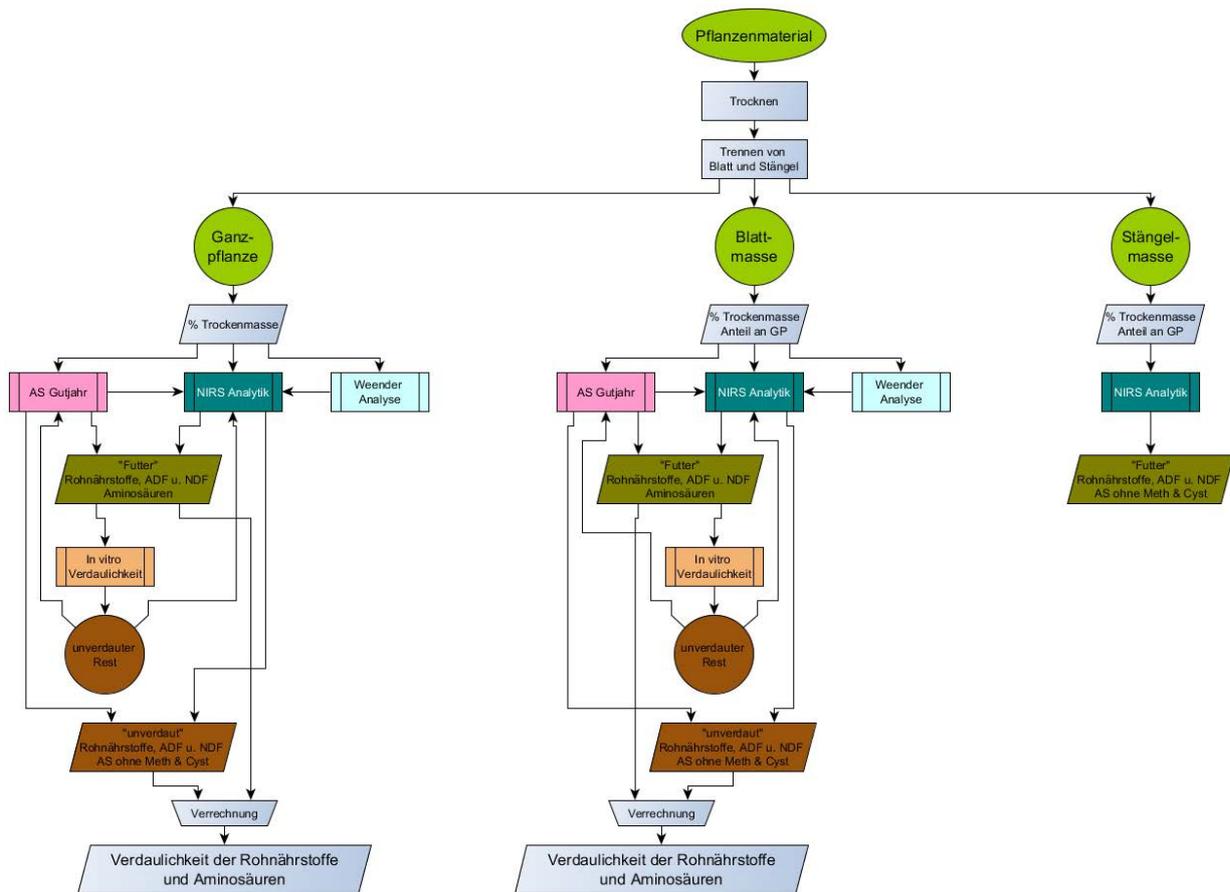


Abbildung 4: Analyseschritte zur Untersuchung der Pflanzenproben

3.1.4.1 Weender-Rohnährstoffanalyse

Trockenmasse (TM) nach VDLUFA 3.1

Als Trockenmasse wird die Differenz des Rohwassergehaltes zur Frischmasse des Ausgangsmaterials bezeichnet. Bei der Trocknung entweichen nicht nur Wasser, sondern auch flüchtige Fettsäuren, Alkohol, Ammoniak, ätherische Öle etc. Zur Bestimmung des Trockenmassegehaltes wird das Material direkt im Trockenschrank bei 105°C getrocknet. Durch Differenzwägung von Frischmasseeinwaage und Trockenmasseauswaage wird anschließend der Trockensubstanzgehalt ermittelt.

Rohprotein (XP) nach VDLUFA 4.1.1 (Kjeldahl)

Das zu untersuchende Material wird auf nass-chemischem Wege aufgeschlossen. Im ersten Arbeitsschritt findet ein Aufschluss mit Salzsäure statt. Durch Zugabe von Lauge und Wärme wird Ammoniak freigesetzt. Dieser wird bei der Destillation abgetrennt, kondensiert und einer Säurevorlage eingeleitet. Die Stickstoffmenge wird durch Säure-Titration festgestellt. Der Stickstoffgehalt wird mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um vom Stickstoff auf den Rohproteingehalt zu schließen.

Rohfett (XL) nach VDLUFA 5.1.1 (Soxhlet)

Die Rohfettbestimmung erfolgt durch Extraktion mit einem geeigneten organischen Lösungsmittel (n-Hexan). Ist Fett von Kohlehydraten oder Eiweißstoffen mechanisch umschlossen oder Fettanteile chemisch oder absorptiv an andere Komponenten gebunden, so muss nach der Weibull-Stoldt Methode verfahren werden. Dafür wird die Probe nach einer Säurehydrolyse in eine Hydrolysefritte überführt und mit einem mit dem Lösungsmittel gefüllten Sammelbecher in eine Soxhlet-Apparatur eingesetzt. Die Trocknung erfolgt im Vakuumtrockenschrank.

Rohfaser (XF) nach VDLUFA 6.1.1

Zur Analyse des Rohfasergehaltes werden Säuren und Laugen als Aufschlussmittel eingesetzt. Die Rohfaserfraktion besteht hauptsächlich aus Cellulose, Hemicellulose, Pentosanen, Lignin, Suberin, Cutin und Spurenelementen in nicht resorbierbaren Bindungsformen. Die Lupinenproben wurden in einem FOSS Fibertec M 1020 und 1021 extrahiert, im Trockenschrank getrocknet und im Muffelofen verascht.

Stärke (XS) nach VDLUFA 7.2.1 (Ewers)

Stärke besteht aus den Komponenten Amylose und Amylopektin. Ausgehend von der hohen spezifischen Drehung der Stärke, wird diese polarimetrisch bestimmt. Die Probe wird mit Säure gekocht und nach Enteiweißung mit Carrenz I und Carrenz II der Drehwinkel festgestellt. Da die Probe noch weitere optisch aktive Stoffe enthält wird ein sogenannter Blindwert mittels Alkohol ermittelt. Dabei wird ebenfalls der Drehwinkel nach Entfernen löslicher und unlöslicher Stärke bestimmt und dieser von der ersten Messung subtrahiert.

Gesamtzucker (XZ) nach VDLUFA (Luff Schoorl)

Die Luff-Schoorl-Bestimmung beruht auf der reduzierenden Wirkung von Zucker. Glucose, Fructose, Lactose und Maltose sind die wichtigsten reduzierenden Saccharide. In alkalischer Lösung liegen sie als offenkettige Aldehyde bzw. Ketone vor und nicht in der stabilen Ringform. Die Probelösung wird mit einer definierten Menge Luff-Schoorl Lösung zum Sieden gebracht, dabei werden die Kupferionen reduziert. Nach dem Abkühlen werden die nicht reduzierten Kupferionen mit Thiosulfat titriert.

3.1.4.2 Gerüstsubstanzen

Um den tatsächlichen Gehalt der Pflanzen an Faserstoffen, d. h. an unlöslicher Zellwandmatrix, zu bestimmen, wurde von VAN SOEST (1967) die sog. Detergenzien-Analyse entwickelt. Damit ist auch die Trennung der Kohlenhydrate in Faserstoffe (Zellwand) und Nichtfaserstoffe (Zellinhaltsstoffe) möglich. Die Zellinhaltsstoffe (lösliche Kohlenhydrate, Stärke, organische Säuren, Protein) sowie Pektin (Mittellamelle) sind mehr oder weniger vollständig verdaulich (90 – 100 %), während die Zellwände im Wesentlichen nur über die mikrobielle Fermentation genutzt werden können.

Die Gesamtheit der Gerüstsubstanzen, d. h. der Rückstand nach dem Kochen in neutraler Detergenzien-Lösung wird als Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) bezeichnet. Die Zellinhaltsstoffe werden dadurch gelöst. Hemizellulosen sind in neutraler Detergenzien-Lösung vollkommen unlöslich, gehen jedoch sowohl bei saurem als auch basischem pH-Wert leicht in Lösung. Durch Behandlung der Probe mit der Säure-Detergenzien-Lösung wird Hemizellulose und ein Großteil des Proteins gelöst. Der Rückstand wird als Säure-Detergenzien-Faser (ADF) bezeichnet. Der Gehalt an Hemizellulose kann durch die Differenz NDF minus ADF rechnerisch ermittelt werden.

3.1.4.3 NIRS-Verfahren mit externer Validierung

Die mittels nass-chemischen Analysen untersuchten Proben wurden gleichzeitig mittels der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) gescannt. Auf der Basis der Ergebnisse der nass-chemischen Analysen wurden Kalibrationsgleichungen erstellt. Darüber hinaus wurde eine externe Validierung im Umfang von 24 Proben (Weender Rohnährstoffe und Van Soest Fraktionen) durchgeführt, um die mit NIRS-Verfahren erzielten Ergebnisse zu validieren. Dazu wurden externe Proben (von anderen als bislang für die Untersuchungen genutzten Standorten) gesammelt und sowohl nass-chemisch als auch mittels NIRS analysiert und die Ergebnisse miteinander verglichen.

Die externe Validierung erbrachte das Ergebnis, das die entwickelten NIRS-Kalibrationen dem allgemein anerkannten Standard entsprechen. Die maßgeblichen Güteparameter sind in der Tabelle 2 für die Weender Rohnährstoffe und van Soest Fraktionen aufgeführt.

Tabelle 2: Güteparameter zur externen Validierung des NIRS-Verfahrens zur Bestimmung von Weender Roh Nährstoffe und van Soest Fraktionen in der Blattmasse

Parameter	nEval	SD	Mean	Min	Max	RSQ	SEC	1-VR	SECV	Slope	bias	F	SEC/SD
TM	24	1,22	90,96	87,30	94,62	0,93	0,34	0,89	0,40	1,000	0,430	22,45	0,28
XP	24	7,96	16,03	4,93	39,91	0,99	0,87	0,98	1,15	1,000	1,487	20,59	0,11
XL	24	1,5	3,66	2,34	8,17	0,96	0,33	0,9	0,48	1,000	-0,700	10,97	0,22
XF	24	9,81	25,66	7,25	55,08	0,97	1,72	0,95	2,21	1,000	3,845	3,95	0,18
XZ	24	3,97	10,48	1,27	22,39	0,94	1,02	0,88	1,37	1,000	-1,431	9,06	0,26
XS	24	0,66	1,84	0,07	3,81	0,87	0,25	0,71	0,36	1,000	-0,240	6,02	0,38
ADF	24	11,70	32,90	11,36	67,99	0,97	2,24	0,92	3,33	1,000	1,100	8,57	0,19
NDF	24	11,64	42,43	18,90	77,36	0,93	3,32	0,85	4,56	1,000	0,000	11,6	0,29

3.1.4.4 Analyse der Aminosäuren

Probenvorbereitung

Von jeder Probe wurde eine saure Hydrolyse durchgeführt. 10 – 15 µg der homogenisierten Proben wurden jeweils auf 2 µg genau in ein Hydrolyse-Röhrchen eingewogen, mit 4 mL 6N HCl versetzt, bei -62°C eingefroren, unter Vakuum (<15 mbar) verschmolzen und 24 h bei 115°C hydrolysiert. Anschließend wurden die Proben bei 36°C ca. 10 h getrocknet (Vakuumzentrifuge). Die getrockneten Proben wurden jeweils in 2 ml Probenverdünnungspuffer (Na-Acetatpuffer, pH 2,2) aufgenommen, 10 Min. im Vortexer gelöst, anschließend quantitativ in 5 ml Messkolben überführt und bis zur Eichmarke aufgefüllt. Vor der chromatographischen Messung wurden die Proben 10 Minuten bei 13.000 U/min. zentrifugiert, um etwa vorhandene Schwebstoffe zu entfernen. Im Anschluss an die saure Hydrolyse wurden die Proben der chromatographischen Messung zugeführt.

Aminosäurenanalyse

Zur Analyse wurde ein Aminosäurenanalysator LC3000 verwendet. Die Analyse erfolgte durch das Labor Frank Gutjahr Chromatographie mittels Auftrennung des Probengemisches über eine Polymer-Kationenaustauschersäule, Partikelgröße 4 µm, (125 x 4 mm ID), Nachsäulen-Derivatisierung mit Ninhydrin bei 125°C und photometrischer Detektion bei 570 nm. Das Probenvolumen betrug 20 µl. Die Datenaufnahme erfolgte mit der Chromatographie-Software ChromStar 6.0.

Auf der Grundlage der analytisch gewonnenen Ergebnisse konnte eine NIRS-Kalibration entwickelt werden. Allerdings zeigte sich, dass die Bestimmung der schwefelhaltigen Aminosäuren mittels saurer Hydrolyse ohne vorherige Oxidation zu einer Fehlinterpretation der Ergebnisse geführt hat, weil dadurch diese instabilen Aminosäuren teilweise zerstört wurden. Deshalb wurde in einem weiteren Untersuchungsschritt vor der sauren Hydrolyse zusätzlich ein Oxidationsschritt eingefügt, bei dem Cystein bzw. Cystin zu Cysteinsäure und Methionin über Methioninsulfoxid zu Methioninsulfon oxidiert wird. Die Hydrolyse mit Oxidationsschritt wird in Anlehnung an die Richtlinie 98/64/EG vom 03.09.1998 durchgeführt. Auf Basis dieser Ergebnisse konnten dann auch NIRS-Kalibrationen für die schwefelhaltigen Aminosäuren entwickelt werden.

Darüber hinaus wurde eine externe Validierung im Umfang von 24 Proben durchgeführt, um die mit NIRS-Verfahren erzielten Ergebnisse zu validieren. Dazu wurden externe Proben (von anderen als bislang für die Untersuchungen genutzten Standorten) gesammelt und sowohl nass-chemisch als auch mittels NIRS analysiert und statistisch miteinander verglichen. Die externe Validierung führte zu dem Ergebnis, das die entwickelten NIRS-Kalibrationen dem allgemein anerkannten Standard entsprechen. Die maßgeblichen Güteparameter sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Güteparameter zur externen Validierung des NIRS-Verfahrens zur Bestimmung von Aminosäuren in der Blattmasse

Parameter	nEval	SD	Mean	Min	Max	RSQ	SEC	1-VR	SECV	Slope	bias	F	SEC/SD
Cys	32	1,74	2,97	0,70	8,19	0,77	0,84	0,61	1,10	1,00	-1,23	5,59	0,48
Pro	32	5,93	10,43	2,53	28,23	0,98	0,95	0,95	1,31	1,00	1,95	5,97	0,16
Glyneu	32	2,46	6,50	2,54	13,89	0,93	0,71	0,86	0,90	1,00	0,09	8,84	0,29
Val	32	4,58	10,67	3,12	24,40	0,98	0,74	0,95	0,98	1,00	-0,58	9,79	0,16
Ile	32	3,52	8,54	2,55	19,09	0,98	0,56	0,96	0,70	1,00	-0,83	8,39	0,16
Apsneu	32	11,23	16,40	3,66	50,10	0,96	2,41	0,91	3,30	1,00	6,57	10,25	0,21
Thneu	32	2,29	4,41	1,38	11,27	0,88	0,82	0,83	0,94	1,00	1,31	21,31	0,36
Serneu	32	2,00	4,01	1,22	10,00	0,73	1,07	0,63	1,21	1,00	1,83	16,00	0,53
Gluneu	32	6,87	11,98	3,16	32,58	0,91	2,15	0,85	2,61	1,00	3,05	12,09	0,31
Alaneu	32	4,42	7,83	2,14	21,09	0,95	1,06	0,89	1,47	1,00	-0,07	10,01	0,24
Glyneu	32	2,46	6,50	2,54	13,89	0,93	0,71	0,86	0,90	1,00	0,09	8,84	0,29
Metneu	32	0,73	1,78	0,56	3,97	0,90	0,24	0,83	0,31	1,00	0,64	17,31	0,32
Leu	32	6,09	14,77	4,35	33,04	0,99	0,78	0,97	1,11	1,00	1,60	9,14	0,13
Tyr	32	2,41	6,25	2,16	13,48	0,99	0,29	0,98	0,37	1,00	-3,56	12,93	0,12
Phe	32	4,23	10,12	2,89	22,81	0,99	0,53	0,98	0,65	1,00	-0,62	12,95	0,12
His	32	1,81	4,89	1,73	10,33	0,98	0,25	0,97	0,34	1,00	-0,06	8,61	0,14
Lys	32	4,61	9,58	2,58	23,40	0,99	0,45	0,98	0,68	1,00	-0,42	14,04	0,10
Arg	32	4,11	8,08	1,67	20,41	0,99	0,53	0,98	0,64	1,00	-0,30	13,75	0,13

3.2 Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Blattmasse im Vergleich zur Ganzpflanze

3.2.1 Analyse der *In vitro*-Verdaulichkeit

Die Analyse der *In vitro*-Verdaulichkeit wurde mit dem In-vitro-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997), modifiziert nach SAPPOK et al. (2009) bestimmt.

Schritt 1:

Das zu untersuchende Material wurde bei 60°C (E-Wert) getrocknet und vermahlen (1mm). In Abhängigkeit von der Materialart wurden 2,50 g (Blattmasse, Ganzpflanze, Stängelmasse) oder 1,25 g (Mischfutter, Getreide) in 500 ml Laborflaschen eingewogen und das Gewicht mit vier Nachkommastellen und einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ g notiert. Die geringere Einwaage für Mischfutter und Getreide war erforderlich, um das Material während der Inkubation ausreichend in Schwebelage zu halten. Die nachfolgend beschriebenen Angaben beziehen sich auf die Einwaage von 2,50 g. Bei einer Einwaage von 1,25 g wurde die Hälfte der angegebenen Lösungen verwendet.

Jedem Kolben wurden 125 ml Phosphat – Puffer (0,1 mol/l, pH 6,0) und ein Rührfisch zugegeben und zum Rühren auf den Magnetrührer gestellt. Durch die Zugabe von ca. 40 ml 0,2 M HCL erfolgt zunächst die Grobeinstellung des pH-Wertes. Für die Feineinstellung auf einen pH-Wert von 2,0 wurde 1,0 M HCL verwendet. Anschließend wurde die Lösung mit 5 ml frisch angesetzter Pepsin Lösung (25 mg Pepsin, Schwein, 2000 FIP-U/g) versetzt. Die Kolben wurden mit einem Schraubverschluss verschlossen und ins 40 °C warme Schüttelwasserbad gestellt. Nachdem die Lösung eine Temperatur von 40 Grad erreicht hatte, wurde die Probe für 75 Minuten im Schüttelwasserbad belassen (Abbildung 5).

Schritt 2:

Der Lösung wurden 25 ml 0,6 M NaOH und 50 ml 0,2 M Phosphat – Puffer zugegeben und der pH-Wert mit 1 M NaOH auf 6,8 eingestellt. Darauf erfolgt die Zugabe von 5 ml frisch angesetzter Pankreatin-Suspension mit einem Gehalt von 100 mg Pankreatin/ml (Schwein, 4x USP specifications, Sigma No. P-1750; ungelöste Bestandteile wurden nach Zentrifugierung entfernt). Die

verschlossenen Proben wurden für 3,5 Stunden (plus 15min für die Temperaturerwärmung der Lösung) in einem 40 C warmen Schüttelwasserbad inkubiert.

Schritt 3:

Zur Gewinnung des nicht verdauten Materials wurde die Suspension durch eine getrocknete (60°C, abgekühlt im Exsikkator) und eingewogene Nylongaze (Maschenweite 37µ, Kabel Zaandam, NL) filtriert. Unverdaute Futterbestandteile wurden zusammen mit der Gaze bis zur Gewichtskonstanz im 60°C warmen Trockenschrank getrocknet (Abbildung 6). Als Transport- und Trocknungshilfe wurde ein 100 ml Becherglas für die Gaze verwendet. Die Proben wurden vor der Gewichterfassung im Exsikkator abgekühlt. Die Auswaage erfolgte mit vier Nachkommastellen und einer Genauigkeit von $\pm 0,001g$. Das unverdaute Material ließ sich leicht von der Gaze entnehmen und stand für anschließende Untersuchungen zur Verfügung.

Der Anteil der Nährstoffe, die in den unverdauten Futterbestandteilen nicht wiedergefunden werden konnte, wird als *In vitro* praecaecal verdaulicher Nährstoff bezeichnet (bspw. *In vitro*-praecaecal verdauliches Rohprotein). Er wird durch das Kürzel pcv vor der Nährstoffbezeichnung gekennzeichnet (bspw. pcvXP = *In vitro*-praecaecal verdauliches Rohprotein). Es ist davon auszugehen, dass Proben mit einem hohen Gehalt an *In vitro* praecaecal verdaulichen Nährstoffen im Vergleich zu solchen mit niedrigeren Werten auch über entsprechend hohe Anteile an verdaulichen Nährstoffen verfügt. Die *In vitro* praecaecale Verdaulichkeit gibt in Analogie zur praecaecalen Verdaulichkeit den Anteil des enzymatisch fermentierbaren Nährstoffes in Relation zum Rohnährstoff an.



Abbildung 5: Wasserbad zur Überprüfung der Verdaulichkeit *In vitro*



Abbildung 6: Unverdauter Rest

3.2.2 Modellierung der Verdaulichkeit

(1) Rechenschritt Verdaulichkeit des XP im E-Wert getrocknetem Futter:

$$XP \text{ in der Einwaage (g)} = \text{Einwaage (g)} \times XP \text{ Ausgangsmaterial (\%)}$$

$$XP \text{ u. R. (g)} = \text{Rückwaage u. R. (g)} \times XP \text{ u. R. (\%)}$$

$$\text{Unverdautes XP in \%} = XP \text{ u. R. (g)} \div XP \text{ Einwaage (g)} \times 100$$

$$\text{In - vitro praecaecale Verdaulichkeit des XP} = 100 - \text{unverdautes XP in \%}$$

(2) Rechenschritt praecaecal verdauliches XP im E-Wert getrocknetem Futter:

$$pcv \text{ XP im Futter (\%)} = XP \text{ Ausgangsfutter (\%)} \times \text{Verdaulichkeit des XP}$$

$$pcv \text{ XP} = \text{praecaecal verdauliches XP}; \text{ u. R.} = \text{unverdauter Rest}$$

3.2.3 Vergleich von *In vitro*- und *In vivo*-Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren am Beispiel von Mastbroilern

Im Rahmen des Projektes „Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast“ (FKZ 110E070), durchgeführt am Institut für Nutztierwissenschaften der Universität Hohenheim, wurde neben anderen Futtermitteln auch Luzerne Blattmasse in einem Fütterungsversuch mit Masthähnchen hinsichtlich ihrer Verdaulichkeit getestet. Parallel wurden die im Fütterungsversuch eingesetzten Futtermittel im Rahmen des hier berichteten Vorhabens mittels des etablierten *In vitro* Verfahrens überprüft.

Der *In vivo* Versuch wurde an langsam bis mäßig schnell wachsenden Mastküken in der 3. Lebenswoche (15. bis 21. Lebenstag, Starter-Futter) und 6. Lebenswoche (36. bis 42. Lebenstag, Grower-Futter) durchgeführt. In der 3. Lebenswoche erhielten 6 Gruppen aus 15 Tieren eine Futterration mit Luzerne-Blattmasse, die in drei Zulagestufen (100 g/kg, 300 g/kg, 500 g/kg) gegen Maisstärke der Grundration ausgetauscht wurde. In der 6. Lebenswoche wurden die Futtermittel an 6 Gruppen zu je 6 Tieren getestet. Das Futter wurde in pelletierter Form angeboten.

Am 21. bzw. 42. Lebenstag wurden die Tiere getötet, der Dünndarmchymus entnommen, je Anteil gepoolt und für die Analysen gefriergetrocknet. Die Verdaulichkeitswerte wurden in Anlehnung an RODEHUTSCORD et al. (2004) nach Analyse des Chymusinhalt für jedes Anteil berechnet. Für die Ermittlung der praecaecalen Verdaulichkeit im *In vitro*-Verfahren standen Proben der im Fütterungsversuch verwendeten Futtermischungen zur Verfügung. Die Futterpellets wurden vermahlen und analysiert. Die Rohproteinanalytik erfolgte nach der Standardmethode der VDLufa (vgl. 3.1.4.1), die Aminosäureanalytik mittels Chromatographie (vgl. 3.1.4.2).

Für den *In vitro* Versuch wurden Proben der Futtermischungen aus Hohenheim vermahlen und der Analyse zugeführt. Die unverdauten Reste wurden mit der unter 3.2 beschriebenen modifizierten Methode nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997) hergestellt. Je Untersuchungseinheit wurde das Restmaterial aus 12 Laborflaschen gepoolt und analysiert. Die Verdaulichkeit wurden analog zum *In vivo* Versuch durch Regression der veränderten Anteile von Rohprotein, bzw. Aminosäuren im unverdauten Rest auf die Gehalte der drei Zulagestufen ermittelt.

3.3 Bestimmung des Energiegehaltes

Die Bewertung der Futterenergie wurde auf der Ebene der Umsetzbaren Energie für Schweine und Geflügel vorgenommen. Für Schweine erfolgte die Bestimmung mit folgender Gleichung (GfE, 2006):

$$\text{ME (MJ/kg)} = 0,0205 \text{ DXP (g/kg)} + 0,0398 \text{ DXL (g/kg)} + 0,0173 \text{ XS (g/kg)} + 0,0160 \text{ XZ (g/kg)} + 0,0147 \text{ verdaulicher Rest (g/kg)}$$

[Formel 1]

(DXP = verdauliches Rohprotein, DXL = verdauliches Fett, XS = Stärke, XZ = Zucker, verdaulicher Rest = verdauliche Organische Substanz – DXP – DXL – XS – XZ)

Dabei wurden als Werte für verdauliches Rohprotein und verdauliches Fett die Ergebnisse der *In vitro* Verdaulichkeitsanalyse genutzt. Für Geflügel wurde die scheinbare N-korrigierte umsetzbare Energie (AME_n) gemäß der folgenden Gleichung bestimmt (WPSA 1989):

$$\text{AME}_n = 0,01803 \text{ DXP} + 0,03883 \text{ DXL} + 0,01732 \text{ DXX}$$

[Formel 2]

(DXP = verdauliches Rohprotein, DXL = verdauliches Fett, DXX = verdauliche N-freie Extraktstoffe)

Auch für Geflügel wurden die Werte für verdauliche Rohnährstoffe den Ergebnissen der *In vitro* Verdaulichkeitsanalyse für die Berechnung der Formel verwendet. Die N-freien Extraktstoffe (NfE)

wurden durch Differenzrechnung ermittelt ($NfE = TM - XP - XL - XF - XA$). Die Bestimmung der verdaulichen NfE erfolgte auf der Grundlage der *In vitro* Verdaulichkeitsanalyse analog 3.2.2. Rohfaser wurde als unverdaulich bewertet (WPSA, 1989):

$$\text{Verdauliche NfE (\%)} = NfE (\%) \times (1 - NfE \text{ Rest} / NfE \text{ Einwaage})$$

[Formel 3]

(NfE Einwaage = Einwaage (g TM) – XP (g) – XL (g) – XA (g) – XF (g);

NfE Rest = Rest (g TM) – XP i. Rest (g) – XL i. Rest (g) – XA i.R. (g) - XF i. Einwaage (g))

In vorangegangenen Untersuchungen wurden Abweichungen zwischen den Ergebnissen der *In vitro* Analyse und dem Tierversuch an Masthähnchen für die Verdaulichkeit des Rohprotein festgestellt (vgl. 4.10), die möglicherweise ihre Ursache in der Verwendung von Enzymen haben, die aus dem Gastro-Intestinaltrakt von Schweinen gewonnen wurden. Deshalb wurde der Energiegehalt für Geflügel zusätzlich anhand der Formel berechnet, die für die Bewertung von Mischfuttermitteln vorgesehen ist, wenn keine Werte für die Verdaulichkeit bekannt sind (WPSA, 1984):

$$AME_n = 0,01551 XP + 0,03431 XL + 0,01669 XS + 0,01301 XZ$$

[Formel 4]

3.4 Technik-Folgenabschätzung: Kostenmodell zur Bewertung der Blattmasse

Die Kapazitäten für die Trocknung von Grünaufwuchs und die Kosten für Grünmehle aus Ganzpflanze und Blattmasse von Luzerne und kleeartigen Leguminosen sollte im Rahmen einer Untersuchung der in Bayern und Südthüringen ansässigen Trocknungsgenossenschaften ermittelt werden. Auf der Basis der Analyse der aktuellen Auslastung der Anlagen sollten - die Potentiale zur Erzeugung von essentiellen Aminosäuren aus Grünpflanzen aufgezeigt werden. Dies war im Rahmen des Vorhabens jedoch nicht möglich, da nur sechs Trocknungsgenossenschaften zur Zusammenarbeit bereit waren. Auf dieser Basis konnte keine valide Ermittlung der Trocknungskapazitäten ermittelt werden. Eine Zusammenarbeit mit dem Vorhaben 028OE001 zum Abgleich der Berechnung der Kosten-Nutzen Relation kam trotz mehrmaliger Absprachen leider nicht zustande. Um eine Einschätzung zur Wirtschaftlichkeit der Verwendung der Blattmasse von feinsamigen Leguminosen als Eiweißfuttermittel für Schweine und Geflügel auf betrieblicher Ebene zu erhalten, wurden auf der Basis der im Vorhaben ermittelten Erträge und Rohproteingehalte sowie weiteren Daten zu Anbau- und Verarbeitungskosten die Preiswürdigkeit der Leguminosen Blattmasse im Vergleich zu ökologisch erzeugtem Soja Presskuchen dargestellt.

3.4.1 Einschätzungen zu den Direkt- und Arbeitskosten

Zur Abschätzung der anbautechnischen Daten wurde mit online-Anwendungen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL, 2016) sowie der 2014 erschienenen Datensammlung gearbeitet. Die Saatgutkosten stammen von Verkaufsstellen, die ihre Preise veröffentlichen und dienen als Anhaltspunkt. Die tatsächlichen Saatgutkosten können ggf. variieren. Die angegebene Aussaatmenge beruht auf Empfehlungswerten, kann aber auf Grund des Aussaatzeitpunktes, des Klimas, der Sorte und der Saatgutqualität anders gewählt werden. Als Aussaatmenge wurde bei Luzerne 20-30 kg/ha, bei Rotklee 20-25 kg/ha, Weißklee 15 kg/ha, bei Perserklee 20 kg/ha und bei Inkarnatklee 20 kg/ha angenommen (FREUDENBERGER FELDSAATEN 2017).

Zur Berechnung des Anbauverfahrens der Blattmassegewinnung (Tabelle 4) wurde eine Kombination von zwei KTBL Anbauverfahren zugrunde gelegt: die Arbeitsvorgänge der Bodenbearbeitung wurden dem Anbauverfahren einer Anwelksilage aus einem Luzerne Kleeergrasgemenge entnommen, die

Schritte von der Mahd bis zum Einfahren des Erntegutes entsprechen der Trocknungsheuwerbung eines Grünlandbestandes. Verschiedene Ertragsstärken haben einen unwesentlichen Einfluss auf die Gesamtkosten der Arbeitsvorgänge und wurden deshalb vernachlässigt. Für die Berechnungen wurden in der Leistungs-Kostenrechnung des KTBL ein mittleres Ertragsniveau und eine mittlere Bodenqualität ausgewählt. In der Praxis können durch eine andere Mechanisierung, Flächengröße und Hof-Feld-Entfernung Abweichungen von diesen Kalkulationsdaten auftreten.

Die jährlichen Direkt- und Arbeitskosten setzen sich zusammen aus dem Saatgut, den Maschinenkosten des Anbauverfahrens, Kosten für Diesel, fixen Lohnkosten, Zinskosten sowie einem Anteil der Kosten für eine Kalkung, die alle drei Jahre geplant ist und deshalb mit dem Faktor 0,33 berechnet wurde. Die Maschinenkosten des Anbauverfahrens setzen sich aus den Punkten Abschreibung, Zinskosten, Reparaturen, Betriebsstoffe, Dienstleistung und Sonstiges, zusammen (vgl. Tabelle 4). Für Luzerne, Rotklee und Weißklee wurde ein zweijähriges Anbauverfahren angenommen. Deshalb verteilen sich die einmalig anfallenden Kosten auf zwei Jahre. Dazu zählen Bodenbearbeitung, Aussaat, Saatgut und zuletzt der Umbruch des Bestandes. Bei einer Aussaatstärke von 30 kg/ha wurden in Tabelle 1 entsprechend 15 kg/ha angegeben, um die Saatgutkosten auf zwei Jahre zu verteilen.

Die auf der Grundlage von KTBL Daten sowie der aktuellen Saatgutkosten ermittelten Direkt- und Arbeitskosten der Grünleguminosen zur Blattmasseerzeugung sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 4: Anbauverfahren Blattmassegewinnung

Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau - Arbeitsvorgänge

Häufigkeit	Arbeitsvorgang	Menge .../ha	Arbeitszeit- bedarf h/ha	Diesel- bedarf l/ha	Maschinenkosten				
					Abschrei- bung	Zins- kosten	Sonstiges €/ha	Reparaturen	Betriebs- stoffe
0,2	Bodenprobe Entnahme von Hand; Fahrten mit Pick-up		0,04	0,03	0,11	0,01	0,04	0,03	0,02
0,5	Pflügen mit Drehpflug 4 Schare, 1,4 m, angebaut: 67 kW		0,94	11,42	6,93	1,99	0,97	12,28	8,00
0,5	Säen mit Kreiselegge und Sämaschine 2,5 m; 67 kW Luzerne-Kleegrass, Z-Saatgut, ökologisch	30,0 kg	0,59	6,17	6,24	1,67	0,76	8,67	4,32
0,5	Walzen Saatbett oder Ansaat 4,5 m; 45 kW		0,30	1,70	2,39	0,71	0,53	2,49	1,19
1	Abschleppen von Grünland 4,5 m; 45 kW		0,60	3,67	2,65	0,75	1,01	5,61	2,57
1	Mähen mit Mähauflbereiter 2,4 m; 45 kW	21,0 t	0,64	5,16	5,60	1,36	0,52	5,87	3,61
1	Schwaden 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20
1	Belüftungsheu bergen mit Ladewagen 20 m³, 2,25 t; 67 kW		0,88	3,68	10,86	2,31	1,41	7,02	2,58
1	Mähen mit Mähauflbereiter 2,4 m; 45 kW	13,0 t	0,64	4,54	5,60	1,36	0,52	5,87	3,18
1	Schwaden 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20
1	Belüftungsheu bergen mit Ladewagen 20 m³, 2,25 t; 67 kW		0,88	3,68	10,86	2,31	1,41	7,02	2,58
1	Mähen mit Mähauflbereiter 2,4 m; 45 kW	8,0 t	0,64	4,23	5,60	1,36	0,52	5,87	2,96
1	Schwaden 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20
1	Belüftungsheu bergen mit Ladewagen 20 m³, 2,25 t; 67 kW		0,88	3,68	10,86	2,31	1,41	7,02	2,58
0,3	Kalk ab Feld streuen Frontlader, 1 500 daN; ineraldüngerschaukel, 0,55 m³; 45 kW		0,05	0,24	0,25	0,07	0,04	0,31	0,17
	Anhängeschleuderstreuer, 4 m³; 67 kW Kohlensaurer Kalk	3,0 t	0,10	0,83	2,80	0,66	0,32	1,09	0,58
0,5	Stoppelbearbeitung, flach, schräg (30°) 2,5 m; 67 kW		0,42	3,82	2,86	0,82	0,65	5,33	2,67
	Summe ohne Zinsen		9,13	62,27	82,52	19,94	12,42	89,18	43,61
	Zinskosten (3 %, 3 Monate)							0,67	0,33
	Summe		9,13	62,27	82,52	19,94	12,42	89,85	43,94

© 2008-2016 KTBL, Darmstadt

Tabelle 5: Kalkulierte Direkt- und Arbeitskosten für Grünleguminosen zur Gewinnung von Blattmasse

Kennzahl	Menge		Preis		Betrag €/ha
Luzerne (zweijähriger Anbau, 3 Schnitte pro Jahr)					
Saatgut	15,00	kg/ha	6,25	€/kg	93,75
Maschinenkosten					248,67
Diesel	62,27	l/ha	0,70	€/l	43,59
Fixe Lohnkosten	9,13	Akh/ha	17,50	€/h	159,78
Kohlensaurer Kalk	0,99	t/ha	65,50	€/t	64,85
Zinskosten			3,00	%	54,96
Summe					665,59

Rotklee (zweijähriger Anbau, 3 Schnitte pro Jahr)					
Saatgut	12,50	kg/ha	6,98	€/kg	87,25
Maschinenkosten					248,67
Diesel	62,27	l/ha	0,70	€/l	43,59
Fixe Lohnkosten	9,13	Akh/ha	17,50	€/h	159,78
Kohlensaurer Kalk	0,99	t/ha	65,50	€/t	64,85
Zinskosten			3,00	%	54,37
Summe					658,50

Weißklee (zweijähriger Anbau, 3 Schnitte pro Jahr)					
Saatgut	7,50	kg/ha	11,15	€/kg	83,63
Maschinenkosten					248,67
Diesel	62,27	l/ha	0,70	€/l	43,59
Fixe Lohnkosten	9,13	Akh/ha	17,50	€/h	159,78
Kohlensaurer Kalk	0,99	t/ha	65,50	€/t	64,85
Zinskosten			3,00	%	54,05
Summe					654,55

Inkarnatklee (einjähriger Anbau, 3 Schnitte)					
Saatgut	20,00	kg/ha	3,56	€/kg	71,20
Maschinenkosten					215,49
Diesel	50,83	l/ha	0,70	€/l	35,58
Fixe Lohnkosten	8,86	Akh/ha	17,50	€/h	155,05
Kohlensaurer Kalk	0,99	t/ha	65,50	€/t	64,85
Zinskosten			3,00	%	48,79
Summe					590,96

Perserklee (einjähriger Anbau, 3 Schnitte)					
Saatgut	20,00	kg/ha	4,27	€/kg	85,40
Maschinenkosten					215,49
Diesel	50,83	l/ha	0,70	€/l	35,58
Fixe Lohnkosten	8,86	Akh/ha	17,50	€/h	155,05
Kohlensaurer Kalk	0,99	t/ha	65,50	€/t	64,85
Zinskosten			3,00	%	50,07
Summe					606,44

3.4.2 Kosten für Transport und Trocknung

Für die Gewinnung von Blattmasse sind als bedeutende Größe neben den Direkt- und Arbeitskosten die Kosten für die Trocknung zu berücksichtigen. Diese Trocknungskosten sowie Transportkosten zur Trocknung entstehen für den Gesamtertrag der Fläche. Zur Darstellung der Kosten wurde angenommen, dass frisches Erntegut zu einer Trocknungsanlage transportiert werden muss. Diese Kosten sind je nach Transportverfahren und Entfernung sehr variabel. Für den Transport von Biomasse für Biogasanlagen sind verschiedene Kennzahlen verfügbar. Im vorliegenden Modell wurde für den Transport 6,90 €/t Frischmasse zugrunde gelegt. Dies entspricht den Kennzahlen für den Transport von Silomais mit einer landwirtschaftlichen Zugmaschine mit Tandemkipper, 35 m³ Nutzvolumen, Kosten von 60 € je Maschinenstunde einer Entfernung von 14 km (STROBL 2013). Kosten für die Trocknung wurden von Futtertrocknungs-genossenschaften und -unternehmen im vergangenen Jahr mit 13,35 €/dt TM angegeben (Telefonische Auskunft). Diese Preise liegen deutlich über den KTBL Daten für die Heutrocknung, enthalten allerdings auch das Pelletieren der Trockenware.

Der Trennung der Blattmasse von den Stängeln konnte aus den zur Verfügung stehenden Daten keine Kosten zugeschrieben werden. Mit Bezug auf Verfahrensbeschreibungen einer Trocknungsanlage für Luzerne in Frankreich wurde für die Berechnung angenommen, dass die Blätter im Zuge des Trocknungsvorgangs abfallen und ohne weitere Arbeitsschritte für die Trennung separat weiterverarbeitet werden können.

3.4.3 Kosten für Futterprotein aus Blattmasse und Einschätzung zur Preiswürdigkeit

Im vorliegenden Kostenmodell stand die Einschätzung der Kostensituation für Blattmasse als Eiweißträger für Monogastrier im Vordergrund. Der Wert der verbleibenden Stängelmasse wird ganz erheblich von der betrieblichen oder überbetrieblichen Verwertungsmöglichkeit bestimmt. Zur Bewertung des Gesamtverfahrens wurde die anfallende Stängelmasse mit dem Marktpreis von Grascobs bewertet, die vergleichbare, bzw. geringere Nährstoffgehalte wie die Stängelmasse vorweisen. Grascobs wurden im Februar 2017 bei Abnahme größerer Mengen (30 dt lose Ware) für 24 €/dt angeboten. Die Grascobs wurden mit einem Nährstoffgehalt von 10 % Rohprotein und 30 % Rohfaser angeboten. Luzernecobs zu einem vergleichbaren Preis (25 €/dt) wurden mit 16 % Rohprotein und 26 % Rohfaser angeboten. Luzernepellets in Bio Qualität mit geringerem Rohfasergehalt (17 % Rohfaser) wurden für 39 €/dt gehandelt. Die bei der Blattmasseerzeugung verbleibende Stängelmasse hatte im Durchschnitt Rohproteingehalte über 15 % und Rohfasergehalte zwischen 20 und 28 %, so dass der Wertansatz von 24 €/dt gerechtfertigt schien.

3.5 Ertragszuwachsmo­dell für verfügbare essentielle Aminosäuren

Am Standort Witzenhausen der Universität Kassel wurde ein Gewächshausversuch angelegt mit folgenden feinsamigen Leguminosen: Luzerne (*Medicago sativa*) und Rotklee (*Trifolium repens*), Weißklee (*Trifolium pratense*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und Perserklee (*Trifolium resupinatum*). Von jeder Art wurden 10 Töpfe eingesät. Nach Erreichen einer Wuchshöhe von 10 cm wurden jeweils zwei Töpfe jeder Art geerntet und die Frischmasse gewogen. Die anderen Töpfe wurden jeweils nach einer weiteren Woche geerntet. Die Ernteproben je eines Topfes wurden in perforierte Beutel verpackt, die Frischmasse (FM) gewogen und bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Blatt- und Stängelanteile wurden, wie unter 3.1.3 beschrieben getrennt. Anschließend wurden die getrockneten Proben auf 1 mm vermahlen. Die Rohprotein- und Aminosäurebestimmung erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS).

3.6 Einfluss der Konservierung von feinsamigen Leguminosen den Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein

Von insgesamt acht Trocknungswerken aus Bayern und Baden-Württemberg wurden Pflanzenproben an das Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit eingeschickt. Es war jeweils eine Probe von Anwelkgut, heißluftgetrocknetem Gut sowie pelletiertem Gut angefordert worden. Die Luzerneproben unterschiedlicher Konservierungsstufen wurden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und auf ihre Rohnährstoff- und Aminosäuregehalte hin untersucht. Von allen Proben wurden *In vitro*-Verdaulichkeitsanalysen durchgeführt, und die residualen unverdauten Reste ebenfalls auf Rohnährstoffgehalte hin untersucht. Aus der Differenzberechnung wurden die Gehalte verdaulicher Nährstoffe sowie die Verdaulichkeit berechnet. Des Weiteren wurden die in den einzelnen Konservierungsabschnitten ermittelten Werte untereinander in Bezug gesetzt, um die Konservierungsverluste zu berechnen.

3.7 Einbindung von Blattmasse in Futtrationen

3.7.1 Praxisbetriebe

Die ökologisch wirtschaftenden Betriebe wurden so ausgewählt, dass eine möglichst große Variation an Futtrationen mit unterschiedlichen Einzelkomponenten abgebildet werden konnte. Die Betriebe waren entweder aus vorherigen Projekten bekannt oder wurden durch Spezialberater von Bioland empfohlen. Insgesamt konnten 42 Hofmischungen für Schweine und Geflügel von 21 Betrieben in die Analyse der Versorgungssituation einbezogen werden. Für 24 Mischungen lagen jedoch keine Rezepturen vor so dass die Eiweißkomponenten in der Mischung und/oder die jeweiligen Anteile nicht bekannt waren. Für 13 weitere Mischungen fehlten Informationen zu Einzelkomponenten wie beispielsweise dem Eiweißergänzungs- oder Mineralfutter. In diesen Fällen war eine Nachbildung der Hofration mit den Ursprungskomponenten und dem Austausch der Eiweißkomponente gegen Blattmasse nicht möglich. Von 15 Hofmischungen, deren Einzelkomponenten als Futterprobe vorlagen, wurde die *In vitro* Verdaulichkeit ermittelt. Um die Auswirkungen des Einsatzes von Blattmasse in den Mischungen zu untersuchen, wurden Mischungen aus den Hofkomponenten sowie unterschiedlichen Anteilen der Luzerne Blattmasse erstellt und die *In vitro* Verdaulichkeit dieser Mischungen analysiert. Neun Hofmischungen wurden unter Einsatz von Luzerneblattmasse optimiert. Für Küken, Puten, Ferkel, säugende und tragende Sauen wurde außerdem Modellrationen mit Blattmasse erstellt.

3.7.2 Modellierungen von Futtrationen mit Blattmasse

Durch Einmischung von Blattmasse sollte die aktuelle Futtration des jeweiligen Praxisbetriebes optimiert werden. Da ökologische gehaltene Tiere aus einer extensiveren Genetik stammen und eine längere Mastperiode durchlaufen als konventionell gehaltene Tiere, sind die Empfehlungen der GfE für ökologisch gehaltene Monogastrier zu hoch angesetzt. Eine Überversorgung dieser Tiere muss durch eine reduzierte, aber angepasste Energie- und Proteinversorgung entgegengewirkt werden. Die Optimierung der Futtrationen erfolgte nach den Zielwerten für ökologische Geflügel- und Schweinehaltung. Zur Definition der Zielwerte in den Rationen wurden wissenschaftliche Studien (GRASHORN und CLOSTERMANN 2002, BELLOF et al. 2005) und Erfahrungen aus der Beratungspraxis der ökologischen Verbände herangezogen. Die hofeigene Futtration wurde analysiert und anhand der Bedarfswerte der entsprechenden Tiere bewertet. Optimiert wurden die Rationen modellhaft für jede Tierart und die verschiedenen Altersklassen bezüglich Umsetzbarer Energie, Rohprotein, Lysin, Methionin + Cystein, Rohfaser, Kalzium, Phosphor und Natrium. Der Proteinträger wurde durch den Einsatz von Blattmasse betriebsindividuell, in angepassten Gehalten, substituiert. Außerdem richtete sich der Blattmasseanteil in der Ration nach der Diskrepanz, die hinsichtlich der

Sicherstellung einer bedarfsgerechten Versorgung zu dem IST-Zustand in der Hofeigenen Ration bestand

3.7.3 *In vitro*-Methode zur Bestimmung praecaecal verdaulicher Aminosäuren

Mit der *In vitro*-Methode zur Bestimmung der Gehalte an praecaecal verdaulichen Aminosäuren wurde zunächst die auf jedem Betrieb eingesetzte Futtermischung analysiert. Nachfolgend wurden Eiweißkomponenten durch Blattmasse ersetzt und die Verdaulichkeit der neu zusammengestellte Futtermischung mittels des *In vitro*-Verfahrens analysiert.

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Ertragsbildung

In Tabelle 6 sind die Trockenmasseerträge der angebauten Leguminosen, differenziert nach drei Schnittterminen, aufgeführt. Es sind Ergebnisse aus dem ersten und zweiten Anbaujahr sowie von allen drei Standorten eingeflossen. Über drei Schnitte wurden bei Luzerne 117,5 dt/ha TM geerntet. Rotklee erreichte einen Trockenmasseertrag von 107,6 dt/ha und Weißklee 68,3 dt/ha. Auch Inkarnat- und Perserklee wurden mit drei Schnitten beerntet und erzielten Erträge von 59,4 und 77,7 dt/ha.

Tabelle 6: Trockenmasseerträge der Ganzpflanzen (GP) (dt/ha)

	Luzerne GP n=31	Rotklee GP n=41	Weißklee GP n=44	Inkarnatklee GP n=31	Perserklee GP n=38
1. Schnitt	38,0	49,0	27,0	29,3	44,6
2. Schnitt	42,8	31,8	22,8	17,1	18,3
3. Schnitt	36,7	26,8	18,5	13,0	14,8
Summe	117,5	107,6	68,3	59,4	77,7

GP = Ganzpflanze; Trockenmasseerträge in dt/ha

Der Anteil der Blattmasse an der Ganzpflanze schwankte in Abhängigkeit von der Pflanzenart und der Schnittnummer zwischen 49 und 79 % bezogen auf die Trockenmasse (Abbildung 7, Tabelle 7). Außer bei Luzerne lieferten die zweiten und dritten Schnitte geringere Erträge als der erste Schnitt, wobei der Anteil der Blattmasse in den späteren Schnitten tendenziell höher ausfiel. Eine Ausnahme stellt die Luzerne dar. Allerdings sind hier die Ergebnisse ggf. dadurch beeinflusst, dass auf einigen Parzellen vor dem ersten Schnitt ein Schröpschnitt zur Unkrautregulierung erforderlich war.

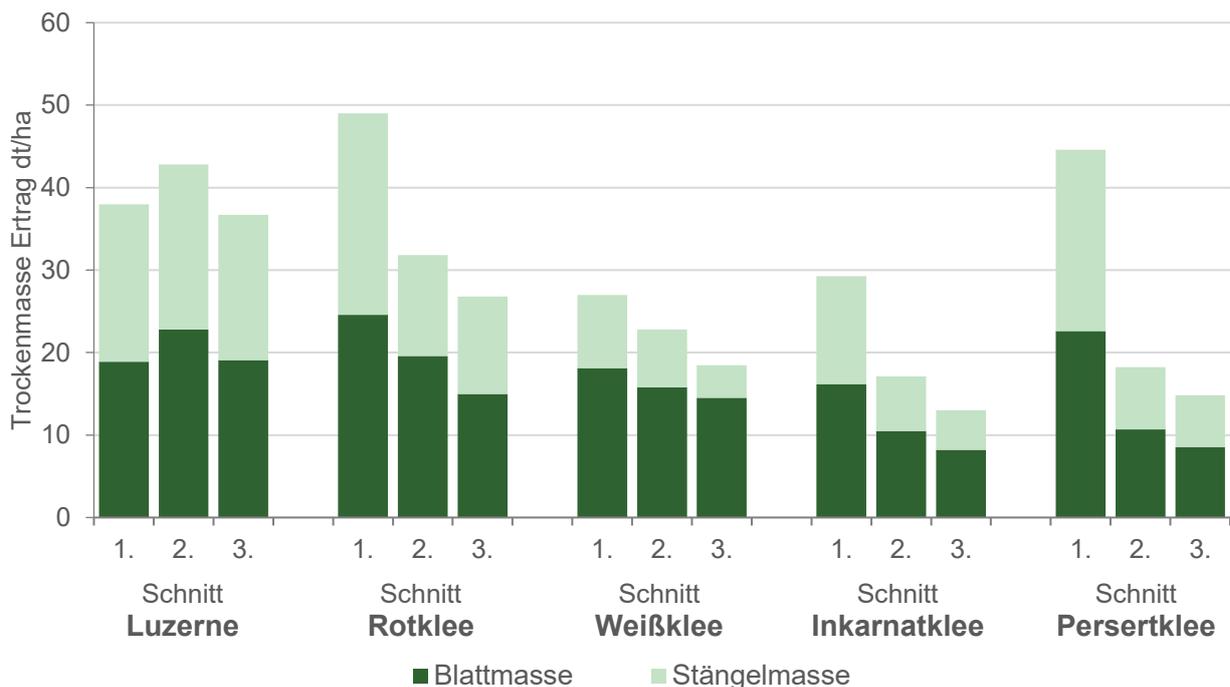


Abbildung 7: Erträge (Trockenmasse) und Anteile der Blattmasse an der geernteten Ganzpflanze

Tabelle 7: Blatt- und Stängelanteile (%)

	Luzerne n=31		Rotklee n=41		Weißklee n=44		Inkarnatklee n=31		Perserklee n=38	
	BM	SM	BM	SM	BM	SM	BM	SM	BM	SM
1. Schnitt	49,8	50,2	50,2	49,8	67,1	32,9	55,4	44,6	50,7	49,3
2. Schnitt	53,3	46,7	61,6	38,4	69,3	30,7	61,4	38,6	58,7	41,3
3. Schnitt	52,0	48,0	56,0	44,0	78,5	21,5	63,0	37,0	57,3	42,7
Mittelwert	51,7	48,3	55,8	44,2	70,2	29,8	58,8	41,2	54,8	45,2

BM = Blattmasse, SM = Stängelmasse

Der Trockenmasseertrag an Blattmasse über drei Schnittnutzungen war bei Luzerne und Rotklee mit ca. 60 dt/ha am höchsten, gefolgt von Weißklee, Perserklee und Inkarnatklee (Tabelle 8).

Tabelle 8: Trockenmasseertrag der Blattmasse (dt/ha)

	Luzerne GP n=31	Rotklee GP n=41	Weißklee GP n=44	Inkarnatklee GP n=31	Perserklee GP n=38
1. Schnitt	18,9	24,6	18,1	16,2	22,6
2. Schnitt	22,8	19,6	15,8	10,5	10,7
3. Schnitt	19,1	15,0	14,5	8,2	8,5
Summe	60,8	59,2	48,4	34,9	41,8

GP = Ganzpflanze; Trockenmasseerträge in dt/ha

4.2 Nährstoffgehalte von Grünleguminosen (Ganzpflanze)

Im Projektverlauf konnten insgesamt 250 Ganzpflanzenproben von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee aus vier Erntejahren hinsichtlich ihrer Nährstoff- und Fasergehalte analysiert werden. Die mittleren Rohproteingehalte der Ganzpflanzenproben der Grünleguminosen lagen zwischen 21,1 % und 24,4 % mit dem höchsten mittleren Gehalt bei Luzerne und dem niedrigsten Gehalt bei Inkarnatklee (Tabelle 9). Bei Letzterem wurden auf der anderen Seite die höchsten Rohfaser- sowie NDF-Gehalte gefunden. Bei der Beurteilung der Gehalte an Rohnährstoffen und Faserbestandteilen der Ganzpflanze fällt die große Variation innerhalb der Arten ins Gewicht. So lag bei Luzerne die Spannweite der gemessenen Rohproteingehalte zwischen 32,5 und 18,0 %. Hohe Standardabweichungen belegen weisen auf ähnliche Variationen auch bei den anderen Arten. Eine große Variation trat insbesondere bei den Fasergehalten in Erscheinung.

Tabelle 9: Rohnährstoffe und Faserfraktionen (% der TM) in Ganzpflanzenproben von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee

Art		XP	XF	XS	XZ	NDF	ADF
Luzerne	Mittelwert	24,4	17,2	2,99	8,47	34,4	25,2
	N	50	50	48	50	49	49
	s	3,57	5,17	0,63	2,90	5,65	6,38
Rotklee	Mittelwert	22,5	17,2	1,76	8,23	38,9	29,9
	N	63	63	63	63	63	63
	s	3,42	4,27	0,68	3,41	5,75	5,79
Weißklee	Mittelwert	24,2	15,3	2,16	9,22	34,8	26,3
	N	59	58	59	59	57	57
	s	2,23	2,95	0,61	3,01	3,82	3,98
Inkarnatklee	Mittelwert	21,1	18,9	2,60	9,81	40,1	29,4
	N	33	33	33	33	33	33
	s	3,24	3,87	0,67	3,17	3,37	4,65
Perserklee	Mittelwert	22,7	17,9	2,03	7,80	39,1	29,1
	N	45	45	45	45	45	45
	s	4,20	4,54	0,72	3,74	4,77	4,65

4.3 Mehrwert durch Separierung der Blattmasse

4.3.1 Rohnährstoffe in der Blattmasse

Ergänzend zu den oben beschriebenen Ganzpflanzenproben wurde auch die von der Ganzpflanze separierte Blattmasse einer Nährstoffanalyse unterzogen. Es wurden mittlere Rohproteingehalte zwischen 24,6 und 28,3 % mit dem höchsten Gehalt bei Luzerne und dem niedrigsten Gehalt bei Inkarnatklee ermittelt (Tabelle 10). Wie bei der Ganzpflanze wurden auch bezogen auf die Blattmasse die höchsten Rohfasergehalte bei Inkarnatklee gefunden. Innerhalb der Arten schwankten der Rohproteingehalt der Blattmasse zwischen 24,2 und 33,9 % bei Luzerne, 21,7 und 31,1 % bei Rotklee, 22,0 und 31,2 % bei Weißklee, 18,4 und 31,2 % bei Inkarnatklee sowie zwischen 15,7 und 33,6 % bei Perserklee.

Tabelle 10: Rohnährstoffe und Faserfraktionen (% der TM) in der Blattmasse von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee

Art		XP	XF	XS	XZ	NDF	ADF
Luzerne	Mittelwert	28,3	12,5	3,25	7,67	28,6	18,5
	N	49	52	49	52	52	52
	s	2,43	3,22	0,79	2,92	3,24	3,97
Rotklee	Mittelwert	26,8	13,0	1,71	5,63	34,3	24,3
	N	61	61	61	61	61	61
	s	2,36	2,77	0,77	2,41	3,73	4,40
Weißklee	Mittelwert	26,4	13,4	2,13	8,04	32,6	23,5
	N	58	59	58	59	59	59
	s	2,01	2,23	0,63	2,42	3,01	2,91
Inkarnatklee	Mittelwert	24,6	15,4	2,58	8,78	35,6	24,5
	N	34	34	34	34	34	34
	s	2,87	3,22	0,69	3,44	2,84	3,51
Perserklee	Mittelwert	26,7	14,2	1,97	5,80	35,0	24,7
	N	46	46	46	46	46	46
	s	3,72	3,65	0,80	3,68	4,12	4,57

4.3.2 Vergleich der Nährstoffgehalte von Blattmasse und Ganzpflanze

Durch die Separierung der Blatt- von der Stängelmasse wurden die Gehalte an Rohprotein pro kg Trockenmasse erhöht. Gleichzeitig wurden die Fasergehalte reduziert und die Variation der Nährstoffgehalte eingengt. Tabelle 11 listet die Differenzen der mittleren Gehalte zwischen Blattmasse und Ganzpflanze für die untersuchten Arten auf. Im Durchschnitt wurde in der Blattmasse absolut gesehen 3,6% mehr Rohprotein und 3,6 % weniger Rohfaser ermittelt als in der Ganzpflanze. Der mittlere ADF Gehalt wurde sogar um durchschnittlich 4,9 % verringert. Mit minus 6,8 Prozent ist die Differenz im ADF-Gehalt bei Luzerne am Höchsten.

Tabelle 11: Differenz der durchschnittlichen Rohnährstoffgehalte zwischen Blattmasse und Ganzpflanze

Art	XP	XF	XS	XZ	NDF	ADF
	Mittelwert (% der TM)					
Luzerne	+ 4,0	- 4,8	+ 0,3	- 0,8	- 5,8	- 6,8
Rotklee	+ 4,2	- 4,2	- 0,1	- 2,6	- 4,6	- 5,6
Weißklee	+ 2,2	- 1,8	0,0	- 1,2	- 2,3	- 2,8
Inkarnatklee	+ 3,5	- 3,5	0,0	- 1,0	- 4,5	- 4,9
Perserklee	+ 4,0	- 3,7	- 0,1	- 2,0	- 4,1	- 4,4

Tabelle 12 gibt die Gehalte an Lysin, Methionin und Cystin und Threonin (g / kg TM) in den Proben von Ganzpflanzen (GP) und der separierten Blattmasse von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee wieder. Die höchsten Lysingehalte (17,4 bzw. 13,1 g / 1000g TM) wurden in der Blattmasse und in der Ganzpflanze von Luzerne nachgewiesen. Analoges gilt für die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin (2,76 bzw. 2,20 g / 1000g TM). Die durchschnittlichen Aminosäuregehalte waren bezogen auf die Trockenmasse bei allen Arten in der Blattmasse höher als in der Ganzpflanze. Die Standardabweichungen markieren die hohe Variation innerhalb der Arten.

Tabelle 12: Gehalt an Lysin, Methionin und Cystin (g / 1000g TM) in den Proben von Ganzpflanzen (GP) und der separierten Blattmasse (BM) von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee

Art		Lys		Met		Cys		Thr	
		GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM
Luzerne	Mittelwert	13.1	17.4	2.20	2.76	4.72	5.82	5.99	7.85
	N	47	45	47	45	47	45	47	45
	s	4.70	3.78	0.75	0.60	1.78	1.54	2.02	1.62
Rotklee	Mittelwert	11.2	15.3	1.91	2.45	3.17	3.77	5.96	7.84
	N	55	50	55	50	55	50	55	50
	s	3.68	2.38	0.59	0.43	1.16	1.08	1.79	1.12
Weißklee	Mittelwert	11.9	14.6	1.99	2.35	4.10	4.56	6.35	7.68
	N	55	52	55	52	55	52	55	52
	s	3.36	2.23	0.54	0.40	1.26	1.01	1.52	0.96
Inkarnatklee	Mittelwert	11.7	14.2	2.07	2.31	3.86	4.30	5.77	7.03
	N	31	31	31	31	31	31	31	31
	s	2.76	3.02	0.51	0.47	1.31	1.27	1.51	1.30
Perserklee	Mittelwert	11.0	14.2	1.97	2.34	3.61	4.10	5.84	7.45
	N	39	38	38	38	39	38	39	38
	s	3.87	3.09	0.59	0.44	1.28	1.18	1.79	1.45

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse der Weender Rohrnährstoffanalyse und der Faserfraktionen NDF und ADF (% der TM) in der Stängelmasse von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee. Die Mittelwerte der aufgeführten Nährstofffraktionen wiesen auch die von der Blattmasse separierte Stängelmasse von feinsamigen Leguminosen als eine gehaltvolle Futterkomponente aus. Allerdings schränken die hohen Faseranteile die Verwertung bei Monogastrier ein. Auf der anderen Seite erscheint für die Stängelmasse ein gutes Nutzungspotential bei Wiederkäuern und Pferden naheliegend. Zwar sind anhand der Mittelwerte Unterschiede in den Nährstofffraktionen zwischen den Arten erkennbar. Andererseits lässt die Variation der Ergebnisse (ausgedrückt durch die Standardabweichung) auch ein hohes Maß an Überschneidungen zwischen den Arten erkennen.

Tabelle 13: Weender Rohrnährstoffe und Faserfraktionen NDF und ADF (% der TM) in der Stängelmasse von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee

Art		XP	XF	XS	XZ	NDF	ADF
Luzerne	Mittelwert	17,3	23,4	2,33	9,28	38,3	33,1
	N	26	26	26	26	23	23
	s	3,36	4,65	0,40	2,66	5,42	6,07
Rotklee	Mittelwert	15,0	23,5	1,82	11,7	44,9	37,0
	N	32	32	32	32	32	32
	s	3,00	3,95	0,73	4,47	4,39	4,41
Weißklee	Mittelwert	17,8	20,0	2,26	12,8	38,7	31,8
	N	28	28	28	28	27	27
	s	3,59	3,41	0,58	2,32	3,90	4,34
Inkarnatklee	Mittelwert	14,3	28,4	2,09	11,3	49,5	38,6
	N	13	13	13	13	13	13
	s	2,00	3,13	0,28	3,22	5,19	4,62
Perserklee	Mittelwert	15,2	25,5	1,71	9,72	43,6	36,2
	N	15	15	15	15	15	15
	s	2,66	3,00	0,45	4,06	4,35	4,87

Tabelle 14 weist die Differenz der durchschnittlichen Gehalte an Rohnährstoffen zwischen Blattmasse und Stängelmasse aus. Die durch die Trennung von Blattmasse und Stängel hervorgerufenen Unterschiede in den Nährstoffgehalten betrafen in erster Linie die Rohprotein- und Fasergehalte, während die Gehalte an Stärke und Zucker deutlich geringere Unterschiede aufwiesen. Die deutliche Erhöhung der Rohproteingehalte und die noch deutlichere Reduzierung der ADF-Gehalte, die für Monogastrier nur bedingt verdaulich sind, weisen die Blattmasse als ein von der Stängelmasse deutlich abzugrenztes Futtermittel aus. Die Ergebnisse unterstreichen, dass durch die Separierung der Blattmasse diese in ihrem Futterwert für Monogastrier unabhängig von der Pflanzenart deutlich aufgewertet wird.

Tabelle 14: Differenz der durchschnittlichen Gehalte an Rohnährstoffen zwischen Blatt- und Stängelmasse

Art	XP	XF	XS	XZ	NDF	ADF
Luzerne	+ 11,0	- 11,0	+ 0,9	- 1,6	- 9,7	- 14,7
Rotklee	+ 11,8	- 10,5	- 0,1	- 6,0	- 10,6	- 12,7
Weißklee	+ 8,6	- 6,6	- 0,1	- 4,8	- 6,1	- 8,3
Inkarnatklee	+ 10,2	- 13,0	+ 0,5	- 2,5	- 14,0	- 14,1
Perserklee	+ 11,6	- 11,4	+ 0,3	- 3,9	- 8,6	- 11,5

4.4 Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

In Tabelle 15 sind die prozentualen Angaben zur *In vitro*-praececalen Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohstärke und Rohzucker in Ganzpflanze und Blattmasse dargestellt. Die Mittelwerte der Verdaulichkeit von Rohprotein schwankten zwischen 72,7 und 79,3 %, die von Stärke zwischen 54,6 und 66,2 % sowie die von Zucker zwischen 81,4 und 93,3 %. Die *In vitro*-praececale Verdaulichkeit unterschied sich nur geringfügig zwischen Ganzpflanze und Blattmasse.

Tabelle 15: *In vitro*-praececale Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohstärke und Rohzucker in Ganzpflanze und Blattmasse (in %)

Art		pcvXP		pcvXS		pcvXZ	
		GP	BM	GP	BM	GP	BM
Luzerne	Mittelwert	78.7	77.4	60.5	66.2	80.2	86.6
	N	44	41	42	41	41	41
	s	5.97	5.30	12.2	8.34	16.1	16.5
Rotklee	Mittelwert	73.8	72.7	60.5	62.2	83.8	81.4
	N	58	51	57	50	57	49
	s	7.29	7.28	15.6	14.9	15.2	19.6
Weißklee	Mittelwert	79.2	78.3	64.8	64.4	88.1	86.4
	N	56	54	53	52	51	53
	s	4.85	4.04	16.5	13.7	13.0	19.3
Inkarnatklee	Mittelwert	76.4	75.7	54.6	59.2	87.7	93.3
	N	31	26	31	27	31	26
	s	7.56	7.49	13.1	12.3	12.9	4.31
Perserklee	Mittelwert	77.4	78.3	63.7	56.0	89.2	88.4
	N	40	37	39	39	40	33
	s	10.08	4.94	20.2	21.6	11.6	14.5

Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der *In vitro*-praececalen Verdaulichkeit der Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein und Threonin in der Ganzpflanze und der Blattmasse. Die Werte bewegten sich

um die 80 %, variierten aber zum Teil beträchtlich sowohl zwischen der Blattmasse und der Ganzpflanze als auch zwischen den Pflanzenarten sowie innerhalb der Pflanzenarten.

Tabelle 16: *In vitro*-prae-caecale Verdaulichkeit der Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein und Threonin in Ganzpflanze und Blattmasse (in %)

Art		pcvLys		pcvMet		pcvCys		pcvThr	
		GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM
Luzerne	Mittelwert	76.6	77.7	78.1	77.5	86.5	82.5	81.6	73.1
	N	44	43	36	33	35	33	34	43
	s	7.76	13.1	6.97	5.85	7.17	5.48	15.2	20.9
Rotklee	Mittelwert	78.8	80.1	76.7	76.0	85.0	82.5	79.9	73.4
	N	57	51	37	33	29	29	57	51
	s	9.44	6.99	11.0	7.63	5.93	9.69	10.1	7.49
Weißklee	Mittelwert	80.8	83.0	82.4	84.2	88.8	86.7	81.5	77.5
	N	55	54	44	41	40	41	55	54
	s	7.32	3.49	12.8	6.09	6.62	6.53	5.79	5.95
Inkarnatklee	Mittelwert	78.9	79.7	82.6	83.2	87.7	90.6	84.9	79.3
	N	31	25	28	20	23	20	27	27
	s	4.82	4.86	8.24	8.49	6.77	11.2	7.76	6.82
Perserklee	Mittelwert	79.6	81.7	84.6	83.9	88.3	84.6	81.4	77.7
	N	40	40	31	25	24	20	36	40
	s	5.75	4.54	7.39	6.92	6.72	8.54	8.49	7.37

Basierend auf den Werten, die im *In vitro*-Verfahren für die prae-caecale Verdaulichkeit wertgebender Bestandteile von Ganzpflanze und Blattmasse ermittelt wurden, wurden die Gehalte an prae-caecal verdaulichen Nährstoffen und Aminosäuren des Ausgangsmaterials errechnet. Die zwischen den Arten deutlich variierenden Werte sind in der Tabelle 17 und Tabelle 18 wiedergegeben. Unterschiede zwischen den Gehalten der Ganzpflanze und der Blattmasse beschränkten sich auf das Rohprotein und auf die untersuchten Aminosäuren, jeweils mit höheren Werten in der Blattmasse gegenüber der Ganzpflanze.

Tabelle 17: Gehalt an Rohnährstoffen (XP, XS und XZ) und *In vitro* prae-caecal verdaulichen Rohnährstoffen (pcvXP, pcvXS und pcvXZ) in Ganzpflanze und Blattmasse (in % der TM)

Art	XP		pcvXP		XS		pcvXS		XZ		pcvXZ	
	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM
Luzerne	24.4	28.3	19.2	22.0	3.0	3.3	1.8	2.2	8.5	7.7	6.8	6.6
Rotklee	22.5	26.8	16.7	19.5	1.8	1.7	1.1	1.1	8.2	5.6	6.9	4.6
Weißklee	24.2	26.4	19.2	20.7	2.2	2.1	1.4	1.4	9.2	8.0	8.1	6.9
Inkarnatklee	21.1	24.6	16.1	18.6	2.6	2.6	1.4	1.5	9.8	8.8	8.6	8.2
Perserklee	22.7	26.7	17.6	21.0	2.0	2.0	1.3	1.1	7.8	5.8	7.0	5.1

Tabelle 18: Gehalt an Aminosäuren (Lysin, Methionin, Cystein und Threonin) und In vitro praecaecal verdaulichen Aminosäuren (pcvLys, pcvMet, pcvCys und pcvThr) in Ganzpflanze und Blattmasse (in g / 100g TM)

Art	Lys		pcvLys		Met		pcvMet		Cys		pcvCys		Thr		pcvThr	
	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM	GP	BM
Luzerne	13.3	17.4	10.2	13.5	2.2	2.8	1.7	2.2	4.7	5.9	4.1	4.8	6.3	7.8	5.1	5.7
Rotklee	11.5	15.5	9.0	12.4	1.9	2.5	1.5	1.9	3.2	3.9	2.7	3.2	6.5	8.2	5.2	6.0
Weißklee	12.0	14.8	9.7	12.3	2.0	2.4	1.6	2.0	4.1	4.7	3.6	4.1	6.6	7.7	5.4	6.0
Inkarnatklee	11.7	14.1	9.2	11.2	2.1	2.3	1.7	1.9	3.9	4.3	3.4	3.9	5.9	7.3	5.0	5.8
Perserklee	11.2	14.3	8.9	11.7	2.0	2.3	1.7	2.0	3.6	4.1	3.2	3.5	6.4	8.1	5.2	6.3

4.5 Rohproteingehalt und Rohproteinerträge

Der mittlere Rohproteingehalt der Leguminosen unterschied sich über alle Standorte nur geringfügig zwischen den Schnitten. Die Variation der Ergebnisse ist jedoch beträchtlich (Tabelle 19). Die größte Variation im Rohproteingehalt fand sich bei Proben des ersten Schnittes von Perserklee ($s = 4,6$). Hier lagen der niedrigste Gehalt bei 16 % und der maximale bei 29 %. Auch in Proben des zweiten Schnittes waren deutliche Unterschiede in den Gehalten der Ernteproben (Rohprotein zwischen 14 % und 27 %, $s = 3,8$) zu erkennen. Insbesondere bei Rotklee waren die Rohproteingehalte des ersten und zweiten Schnittes durch große Variation gekennzeichnet: Der Rohproteingehalt variierte zwischen 15 % und 30 % für Proben des ersten Schnittes ($s = 3,3$) und zwischen 16 % und 29 % für Proben des zweiten Schnittes ($s = 3,6$). Auch der dritte Schnitt der Luzerne (Rohprotein zwischen 20 % und 28 %, $s = 3,1$) und der erste Schnitt des Inkarnatklees (Rohprotein zwischen 16 % und 25 %, $s = 3,1$) waren durch deutliche Unterschiede in den Gehalten auffällig.

Allgemein wurden in der Blattmasse geringere Unterschiede des Rohproteingehalts gefunden (Tabelle 20). Eine Ausnahme stellen die Proben des ersten und dritten Schnittes des Perserklees dar, die auch in der Blattmasse deutlich unterschiedliche Rohproteingehalte zeigten. Auch in den Blattmasseproben des ersten Schnittes von Luzerne war die Variation größer als in den Proben der Ganzpflanze, mit $s = 1,9$ allerdings noch deutlich geringer als die Variation beim Perserklee ($s = 4,6$ für den 1. Schnitt und $s = 2,8$ für den zweiten Schnitt).

Tabelle 19: Rohproteingehalt (XP) in der Ganzpflanze (GP) in % der Trockenmasse

	Luzerne GP n=25		Rotklee GP n=44		Weißklee GP n=41		Inkarnatklee GP n=27		Perserklee GP n=37	
	XP	s	XP	s	XP	s	XP	s	XP	s
1. Schnitt	24,4	0,9	21,1	3,3	23,8	1,7	19,5	3,1	22,6	4,6
2. Schnitt	24,9	1,9	22,3	3,6	22,4	1,7	20,2	1,5	21,0	3,8
3. Schnitt	23,9	3,1	22,4	2,2	24,2	1,6	21,4	2,4	22,9	2,4

GP = Ganzpflanze; XP = Rohprotein in % der Trockenmasse

Tabelle 20: Rohproteingehalt (XP) in der Blattmasse (BM) in % der Trockenmasse

	Luzerne BM n=25		Rotklee BM n=40		Weißklee BM n=41		Inkarnatklee BM n=27		Perserklee BM n=34	
	XP	s	XP	s	XP	s	XP	s	XP	s
1. Schnitt	29,1	1,9	25,7	2,3	26,7	1,5	22,8	2,4	25,7	4,6
2. Schnitt	27,6	1,8	26,1	2,4	24,6	1,4	23,8	1,3	25,8	3,1
3. Schnitt	27,4	1,7	26,3	1,1	26,4	1,8	25,1	2,2	29,0	2,8

BM = Blattmasse; XP = Rohprotein in % der Trockenmasse

4.5.1 Flächenerträge

Die höchsten Rohproteinерträge pro Aufwuchsfläche wurden von Luzerne und Rotklee (28,7 dt/ha, bzw. 23,4 dt/ha) erreicht. Perserklee, der i.d.R. nicht als Hauptfrucht mit drei Schnitten genutzt wird, erreichte trotz deutlich geringerer Erträge im zweiten und dritten Schnitt insgesamt einen etwas höheren Rohproteinерtrag als Weißklee (Tabelle 21). Aufgrund unterschiedlicher Blattmasseanteile ergab sich für den Rohproteinерtrag aus der Blattmasse eine leicht abweichende Rangierung der untersuchten Leguminosen (Tabelle 22). Auch aus der Blattmasse erzielten Luzerne und Rotklee die höchsten Erträge (Luzerne 17,0 dt, Rotklee 15,4 dt) (Tabelle 22)

Tabelle 21: Mittlerer Rohproteinерtrag der Ganzpflanzen in dt/ha

	Luzerne GP	Rotklee GP	Weißklee GP	Inkarnatklee GP	Perserklee GP
1. Schnitt	9,3	10,3	6,4	5,7	10,1
2. Schnitt	10,7	7,1	5,1	3,5	3,8
3. Schnitt	8,8	6,0	4,5	2,8	3,4
Summe	28,7	23,4	16,0	11,9	17,3

GP = Ganzpflanze; Rohproteinерträge in dt/ha

Tabelle 22: Mittlerer Rohproteinерtrag der Blattmasse in dt/ha

	Luzerne BM	Rotklee BM	Weißklee BM	Inkarnatklee BM	Perserklee BM
1. Schnitt	5,5	6,3	4,8	3,7	5,8
2. Schnitt	6,3	5,1	3,9	2,5	2,8
3. Schnitt	5,2	3,9	3,8	2,1	2,5
Summe	17,0	15,4	12,6	8,3	11,0

BM = Blattmasse; Rohproteinерträge in dt/ha

Tabelle 23 und Tabelle 24 geben die Flächenerträge von *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein der Ganzpflanze und der Blattmasse in Abhängigkeit von der Schnittnutzung wieder. Die Erträge von Luzerne, Weißklee und Rotklee hoben sich dabei deutlich von den Erträgen der Arten Inkarnat- und Perserklee ab.

Tabelle 23: Mittlerer Ertrag an *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein (pcvXP) der Ganzpflanzen (GP) in dt/ha

	Luzerne GP	Rotklee GP	Weißklee GP	Inkarnatklee GP	Perserklee GP
1. Schnitt	7,3	7,4	5,2	4,3	7,8
2. Schnitt	7,9	5,3	4,0	2,8	2,9
3. Schnitt	6,4	4,5	3,5	2,2	2,7
Summe	21,6	17,1	12,7	9,2	13,5

GP = Ganzpflanze; *In vitro* praecaecal verdauliches Rohprotein in dt/ha

Tabelle 24: Mittlerer Ertrag an *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein (pcvXP) der Blattmasse (BM) in dt/ha

	Luzerne BM	Rotklee BM	Weißklee BM	Inkarnatklee BM	Perserklee BM
1. Schnitt	4,3	4,5	3,8	2,7	4,7
2. Schnitt	4,6	3,7	3,0	2,0	2,1
3. Schnitt	3,9	2,8	3,0	1,5	1,9
Summe	12,8	11,1	9,8	6,3	8,8

BM = Blattmasse; *In vitro* praecaecal verdauliches Rohprotein in dt/ha

4.5.2 Proteinerträge der feinsamigen Leguminosen im Vergleich zu Körnerleguminosen

Um das Erzeugungspotentiale von heimischen Protein für die Monogastrierernährung einschätzen zu können, werden die Erträge an Rohprotein und Lysin aus feinsamigen Leguminosen mit möglichen Erträgen von Körnerleguminosen verglichen. In aktuellen Sortenversuchen für Futtererbsen im ökologischen Landbau wurde für die Jahre 2014 – 2016 ein mittlerer Kornertag von 41,2 dt/ha und ein Rohproteinertrag von 8,0 dt/ha ermittelt (URBATZKA et al. 2017a). In Sortenversuchen für Futtererbsen, die überwiegend konventionell angebaute Versuchsfelder berücksichtigen, wurde bei einem Kornertag von 51,8 dt/ha ein mittlerer Rohproteinertrag von 10,4 dt/ha erzielt (AIGNER und SCHMIDT 2017a). In der Literatur werden Lysingehalte von 1,51 % (EVONIK NUTRITION & CARE GMBH 2016) bzw. 1,59 % (LINDERMAYER et al. 2011) angegeben. Daraus ergeben sich mögliche Lysin Erträge bei Futtererbsen von 62 bis 66 kg/ha bei mittleren Kornertagen, die unter ökologischen Bedingungen erreicht wurden und bis zu 82 kg/ha bei Kornertagen im konventionellen Anbau.

Sortenversuche für Ackerbohnen unter ökologischen Anbaubedingungen ergaben für die Jahre 2014 bis 2016 mittlere Kornertage von 41,2 dt/ha. Der Rohproteingehalt lag im Mittel bei 30,4 %, was einem Ertrag von 12,5 dt/ha entspricht (URBATZKA et al. 2017b). In der gemeinsamen Auswertung mit konventionell angebauten Ackerbohnen resultierte ein mittlerer Kornertag von 57,1 dt/ha und ein Rohproteingehalt von 28,8 %, was einen Rohproteinertrag von 16,4 dt/ha ergab (AIGNER und SCHMIDT 2017b). Der Lysingehalt von Ackerbohnen wird mit 1,54 % (EVONIK NUTRITION & CARE GMBH 2016), bzw. 1,69 % (LINDERMAYER et al. 2011) angegeben. Davon ausgehend ergeben sich Lysin Erträge aus dem Anbau von Ackerbohnen in der Höhe von 63 kg/ha bis 96 kg/ha bei höheren Kornertagen.

In Tabelle 25 werden die oben beschriebenen Erträge mit den in Vorhaben ermittelten Erträgen der feinsamigen Leguminosen verglichen. Aus dem Anbau feinsamiger Leguminosen konnten danach teilweise deutlich höhere Erträge an Lysin je Hektar erzeugt werden, als durch den Anbau von Futtererbsen und Ackerbohnen, insbesondere wenn die geringeren Erträge zugrunde gelegt werden, die die Futtererbsen und Ackerbohnen im ökologischen Anbau erzielen.

Tabelle 25: Gegenüberstellung von Rohprotein (XP) und Lysin Erträgen aus Ganzpflanze und Blattmasse feinsamiger Leguminosen und Erträgen aus dem Anbau von Futtererbsen und Ackerbohnen

		XP (dt/ha)	Lys (kg/ha)
Luzerne	Ganzpflanze	28,7	156
	Blattmasse	17,0	106
Rotklee	Ganzpflanze	23,4	124
	Blattmasse	15,4	92
Weißklee	Ganzpflanze	16,0	82
	Blattmasse	12,6	72
Inkarnatklee	Ganzpflanze	11,9	69
	Blattmasse	8,3	49
Perserklee	Ganzpflanze	17,3	87
	Blattmasse	11,0	60
Futtererbse*		8,0 – 10,4	62 – 82
Ackerbohne*		12,5 – 16,4	63 – 96

*URBATZKA et al. (2017a + b), AIGNER und SCHMIDT (2017a +b), EVONIK NUTRITION & CARE GMBH (2016), LINDERMAYER et al. (2011)

4.5.3 Ertragsleistung von Inkarnat- und Perserklee je Schnitt

Inkarnatklee erreichte über drei Schnitte einen mittleren Trockenmasseertrag von 59,4 dt/ha, Perserklee erreichte mittlere Erträge von 77,7 dt/ha. Den Hauptertrag lieferte jeweils der erste Schnitt mit 49 % bei Inkarnatklee und 57 % bei Perserklee (Tabelle 26).

Tabelle 26: Anteil der Schnitte an Trockenmasseerträgen von Inkarnat- und Perserklee

	Trockenmasseertrag			
	Inkarnatklee		Perserklee	
	GP	BM	GP	BM
Anteil 1. Schnitt	49%	46%	57%	54%
Anteil 2. Schnitt	29%	30%	23%	26%
Anteil 3. Schnitt	22%	23%	19%	20%
Gesamtertrag (dt/ha) = 100%	59,4	34,9	77,7	41,8

GP = Ganzpflanze, BM = Blattmasse

Auch wenn der Rohproteingehalt im zweiten und dritten Schnitt teilweise geringfügig über den Werten des ersten Schnittes lag, hat auch bei den Rohproteinerträgen bei beiden Kulturen der erste Schnitt den deutlich größten Anteil am Gesamtertrag (Tabelle 27).

Tabelle 27: Anteil der Schnitte an Rohproteinerträgen von Inkarnat- und Perserklee

	Trockenmasseertrag			
	Inkarnatklee		Perserklee	
	GP	BM	GP	BM
Anteil 1. Schnitt	48%	45%	58%	53%
Anteil 2. Schnitt	29%	30%	22%	25%
Anteil 3. Schnitt	23%	25%	20%	22%
Gesamtertrag (dt/ha) = 100%	11,9	8,3	17,3	11,0

GP = Ganzpflanze, BM = Blattmasse

4.5.3.1 Eiweißertrag von Inkarnat- und Perserklee als Hauptfrucht im Vergleich zur Nutzung als Zwischenfrucht

Für Inkarnat- und Perserklee waren bei gut etabliertem Bestand und zeitiger Aussaat im Frühjahr, drei Schnitte möglich. Aus der Literatur sind keine aktuellen Anbauversuche bekannt, die die Ertragsmengen von Inkarnat- und Perserklee als Hauptfrucht beleuchten. Die Trockenmasse- und Rohproteinerträge aus drei Schnitten von Inkarnat- und Perserklee überstiegen deutlich die in der Literatur angegebenen Erträge aus der Nutzung als Zwischenfrucht. In der Einschätzung zur Nutzung als Hauptfrucht zur Proteinerzeugung fallen sie hinsichtlich der Rohproteinerträge im Vergleich zu Luzerne und Rotklee jedoch deutlich ab. Allerdings erreichen sowohl Rotklee als auch Luzerne die höchsten Erträge erst in mehrjähriger Kultur.

Durch die schnelle Jugendentwicklung, die in den hohen Ertragsanteilen des ersten Schnittes zum Ausdruck kommt, sind Inkarnat- und Perserklee als Zwischenfrüchte mit hohen Proteinerträgen attraktiv. Die Winterhärte von Inkarnatklee ermöglicht den Einsatz als Winterzwischenfrucht vor einer Sommerung. Bei frühzeitiger Etablierung des Bestandes sind auch im Zwischenfruchtanbau ein Schnitt im Herbst und einen weiter im Frühjahr möglich (FRICK et al. 2013), so dass ein Eiweißertrag zwischen 4 dt/ha und 9 dt/ha aus der Ganzpflanze möglich ist. Perserklee erreichte im Vorhaben auch im ersten Schnitt höhere Trockenmasse- und Proteinerträge, als aus Anbauempfehlungen für Zwischenfrüchte zu erwarten war. Weitere Anbauversuche sind erforderlich, um diese Ertragsmengen abzusichern. Beim Zwischenfruchtanbau von Perserklee ist aufgrund der im Vergleich zu Inkarnatklee langsameren Jugendentwicklung (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER

NORDDEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFTS-KAMMERN 2012) und fehlender Winterhärte, ein Schnitt als Sommerzwischenfrucht zu erwarten. Neben der positiven Vorfruchtwirkung ist in Abhängigkeit von der Pflanzenentwicklung ein Eiweißertrag von 3 - 10 dt/ha aus der Ganzpflanze möglich.

4.5.3.2 Nutzungspotential von Inkarnat- und Perserklee in der Schweinefütterung

Inkarnat- und Perserklee sollten hinsichtlich des Einsatzes in der Schweinefütterung mit Rot- und Weißklee verglichen werden. Bezüglich der Rohnährstoffe wurden nur geringe Unterschiede zwischen den Kulturarten festgestellt. Die Unterschiede zwischen einzelnen Proben einer Kulturart waren größer als die Unterschiede zwischen den Arten. Die Rohproteingehalte lagen im Mittel der vier Kulturarten zwischen 21,1 % (Inkarnatklee) und 24,2 % (Weißklee), der Rohfasergehalt zwischen 15,3 % (Weißklee) und 18,9 % (Inkarnatklee). Zu beachten ist jedoch die Streuung der Ergebnisse (vgl. Tabelle 9). Aufgrund der Aminosäuregehalte können alle Leguminosen einen relevanten Beitrag zur Versorgung leisten. So lag der durchschnittliche Lysingehalt der vier Kulturarten zwischen 11,2 % (Perserklee) und 12 % (Weißklee). Hinsichtlich der Vorzüglichkeit im Einsatz bei der Schweinefütterung können ggf. andere Faktoren ausschlaggebend sein, die im Vorhaben nicht untersucht wurden.

4.6 Auswertung der Energiegehalte

Aus den Gehalten an Rohnährstoffen sowie den Ergebnissen der Verdaulichkeitsanalyse wurde der Gehalt an umsetzbarer Energie für Schweine und Geflügel in der Ganzpflanze und Blattmasse der untersuchten Leguminosen geschätzt. Die mittleren Energiegehalte sind in Tabelle 28 aufgeführt. Es ist zu beachten, dass in den ebenfalls dargestellten Standardabweichungen die große Heterogenität der untersuchten Proben zum Ausdruck kommt. Die Variationskoeffizienten liegen zwischen 5 % und 13 %. Die unterschiedlichen Probenzahlen für die verschiedenen Berechnungen haben ihre Ursache darin, dass für manche Proben aufgrund geringer Materialmengen nach den Verdaulichkeitsprüfungen nicht alle Parameter analysiert werden konnten.

Bei einer Nutzung der Ganzpflanzen als Futterkomponente in der Ration für Schweine wurden mittlere Energiegehalte zwischen 7,13 MJ/kg (Inkarnatklee) und 8,16 MJ/kg (Weißklee) ermittelt. Diese wurden von den Energiegehalten der Blattmasse, welche mittlere Energiegehalte zwischen 7,60 MJ/kg (Inkarnatklee) und 8,72 MJ/kg (Luzerne) aufwies, übertroffen.

Für den Einsatz in der Geflügelfütterung wurden etwas geringere Energiegehalte ermittelt. Bei der Berechnung auf der Grundlage der ermittelten Verdaulichkeiten (Formel 2) lagen die mittleren Energiegehalte in der Ganzpflanze zwischen 6,33 MJ/kg (Rotklee, Inkarnatklee) und 7,30 MJ/kg (Weißklee). In der Blattmasse wurden durchschnittliche Energiegehalte zwischen 6,78 MJ/kg (Inkarnatklee) und 7,77 MJ/kg (Luzerne) berechnet.

Bei Anwendung der Mischfutterformel zur Bestimmung des Energiegehaltes für Geflügel wurden die Energiegehalte niedriger geschätzt als bei der Berechnung unter Verwendung der ermittelten Verdaulichkeiten. Für die Ganzpflanze betragen die Unterschiede im mittleren Energiegehalt der Ganzpflanze zwischen 0,1 und 0,7 MJ/kg. Für die Blattmasse lagen die Unterschiede im mittleren Energiegehalt zwischen 0,2 und 0,8 MJ/kg.

Tabelle 28: Umsetzbare Energie (ME) für Schwein und Geflügel in der Ganzpflanze (GP) und Blattmasse (BM)

Art		ME Schwein (MJ/kg)		AME _n Geflügel [Formel 2]		AME _n Geflügel [Formel 4] (Mischfutterformel)	
		GP	BM	GP	BM	GP	BM
Luzerne	Mittelwert	7,45	8,72	6,62	7,77	6,56	7,51
	N	35	32	35	32	35	32
	s	0,8	0,6	0,8	0,5	0,5	0,4
Rotklee	Mittelwert	7,34	7,89	6,62	7,16	6,07	6,57
	N	50	41	50	41	50	41
	s	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5
Weißklee	Mittelwert	8,16	8,66	7,30	7,71	6,57	6,95
	N	45	53	45	53	45	53
	s	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
Inkarnatklee	Mittelwert	7,13	7,60	6,33	6,78	6,11	6,57
	N	24	23	24	23	24	23
	s	0,7	0,9	0,7	0,9	0,8	0,5
Perserklee	Mittelwert	7,47	8,19	6,64	7,34	5,98	6,65
	N	38	36	38	36	38	36
	s	0,8	0,9	0,7	0,8	0,7	0,6

In den Tabellen 29 und 30 sind die durchschnittlichen Energiegehalte der Proben jedes Schnittes für Schweine und Geflügel (Formel 2) dargestellt. Zwischen den verschiedenen Schnitten des Aufwuchses traten mal mehr mal weniger deutliche Unterschiede im Energiegehalt auf.

Tabelle 29: Energiegehalt (ME Schwein) in der Blattmasse (BM) (MJ/ kg Trockenmasse)

Schnitt	ME Schwein (MJ/kg)																			
	Luzerne BM				Rotklee BM				Weißklee BM				Inkarnatklee BM				Perserklee BM			
	n	s	v		n	s	v		n	s	v		n	s	v		n	s	v	
1	9,26	4	0,8	0,09	7,83	16	0,9	0,11	8,53	14	0,7	0,08	7,46	11	1,3	0,17	8,24	13	1,0	0,12
2	8,50	10	0,7	0,08	7,92	10	0,6	0,08	8,26	17	0,6	0,07	7,97	6	0,4	0,05	8,30	11	0,9	0,11
3	8,42	4	0,2	0,02	7,62	6	0,8	0,10	9,15	11	0,3	0,03	7,42	5	0,5	0,06	8,40	8	0,5	0,06

Tabelle 30: Energiegehalt (AME_n Geflügel) in der Blattmasse (BM) (MJ/ kg Trockenmasse)

Schnitt	AME _n Geflügel (MJ/kg)																			
	Luzerne BM				Rotklee BM				Weißklee BM				Inkarnatklee BM				Perserklee BM			
	n	s	v		n	s	v		n	s	v		n	s	v		n	s	v	
1	8,13	4	0,7	0,09	7,09	16	0,8	0,11	7,61	14	0,6	0,08	6,58	11	1,1	0,17	7,28	13	0,9	0,12
2	7,69	10	0,7	0,09	7,19	10	0,6	0,08	7,44	17	0,5	0,07	7,24	6	0,4	0,05	7,50	11	0,9	0,12
3	7,50	4	0,2	0,03	6,93	6	0,7	0,10	8,06	11	0,6	0,07	6,64	5	0,4	0,06	7,56	8	0,4	0,05

4.7 Sortenvergleich

In den Jahren 2012 und 2013 wurden an den Standorten Frankenberg, Frankenhausen und Freising je vier Sorten von Luzerne, Rotklee, Inkarnatklee und Perserklee sowie sechs Sorten Weißklee beerntet und aufbereitet. Die durchschnittlichen Rohproteingehalte (% i.d.TM) sowie die Aufkonzentration des Rohproteingehaltes in der Blattmasse sind in Tabelle 31 aufgeführt.

Hinsichtlich des Rohproteingehaltes zeigte sich, dass die Unterschiede zwischen den Sorten eher gering ausfielen, während die Materialart (Blattmasse bzw. Gesamtpflanze) den größten Einfluss auf den Rohproteingehalt hatte. Der Anteil des Erklärungsgehaltes an der gesamten Variation der vom Mittelwert abweichenden Rohproteingehalte durch die Materialart betrug 38,4 %. Der Einfluss des Faktors Pflanzenart für die Mittelwertabweichungen lag bei 26,7 % sowie der Einfluss der Sorte bei 15,4 %. Die Einflüsse der Faktoren Material- und Pflanzenart waren hochsignifikant.

Tabelle 31: Durchschnittlicher Rohproteingehalt in Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Sorten von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee

Art	Sorte	n	XP		Differenz BM - GP
			GP	BM	
Luzerne	Sanditi	9	23.3	28.1	4.8
	Verko	8	22.8	27.1	4.3
	Fee	8	23.5	27.7	4.2
	Filla	8	23.6	27.3	3.7
Rotklee	Titus	11	20.8	25.8	5.0
	Larus	12	22.4	26.6	4.2
	Milvus	11	21.0	25.2	4.2
	Taifun	12	23.0	26.1	3.1
Weissklee	Jura	2	21.9	26.1	4.2
	Vyscosan	10	23.0	26.2	3.2
	Merlyn	2	22.9	25.5	2.6
	Alice	10	22.5	24.8	2.3
	Lirepa	9	24.9	27.0	2.1
	Liflex	9	23.7	25.4	1.7
Inkarnatklee	Tardivo	10	19.8	23.8	4.0
	Coneta	9	20.8	24.1	3.3
	Heuser's Ostsaat	5	19.1	22.4	3.2
	Linkarus	5	21.7	24.6	2.8
Perserklee	Gorby	10	21.5	26.5	5.0
	Ciro	11	22.6	26.9	4.4
	Laser	10	21.5	25.4	3.9
	Nitro Plus	10	22.4	26.0	3.6

Für je vier Sorten der untersuchten Futterleguminosen wurden die Rohproteinerträge, differenziert in drei Schnitte, ermittelt. Den Werten liegen die Analysen der Ganzpflanzen zugrunde. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 32 bis 36 dargestellt. Die Sorten Fee und Verko unterscheiden sich im mittleren Rohproteingehalt signifikant von den Sorten Filla und Sanditi. Der höchste mittlere Rohproteingehalt (über alle drei Schnitte) war bei der Sorte Verko zu verzeichnen (Tabelle 32).

Tabelle 32: Rohproteingehalte der untersuchten Luzernesorten

XP in g / 100g	Fee			Filla			Sanditi			Verko		
	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n
1. Schnitt	21,6	2,11	6	23,7	2,49	9	22,3	2,65	9	24,6	0,19	6
2. Schnitt	24,1	1,89	9	23,2	3,21	9	23,5	3,59	9	24,6	1,28	9
3. Schnitt	23,9	4,03	6	23,9	2,44	6	23,9	3,61	6	25,8	0,39	3

Alle untersuchten Sorten von Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee unterschieden sich signifikant hinsichtlich der Rohproteingehalte. Bei Rotklee waren die höchsten mittleren Rohproteingehalt (über alle drei Schnitte) bei den Sorten Larus und Taifun zu verzeichnen (Tabelle

33). Bei den untersuchten Weißklee Sorten erreichten Lirepa und Liflex die höchsten mittleren Gehalte (Tabelle 34). Bei Perserklee war der höchste mittlere Rohproteingehalt (über alle drei Schnitte) bei der Sorte Ciro zu verzeichnen (Tabelle 35). Bei Inkarnatklee wurde der höchste mittlere Rohproteingehalt bei der Sorte Tardivo gefunden (nur zwei Schnitte) (Tabelle 36). Insgesamt waren jedoch hohe Standardabweichungen zu beobachten.

Tabelle 33: Rohproteingehalte der untersuchten Rotkleearten

XP in g / 100g	Larus			Milvus			Taifun			Titus		
	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n
1. Schnitt	21,3	2,25	15	20,2	2,88	12	22,8	3,98	15	19,6	2,90	12
2. Schnitt	23,3	2,99	9	21,1	3,25	12	24,7	4,51	9	20,3	1,25	9
3. Schnitt	23,9	1,63	9	20,8	1,17	6	21,5	1,23	9	21,8	3,02	9

Tabelle 34: Rohproteingehalte der untersuchten Weißkleearten

XP in g / 100g	Alice			Liflex			Lirepa			Vyscosan		
	±s	n	Ø	±s	±s	n	Ø	±s	±s	n	Ø	±s
1. Schnitt	1,29	9	23,8	0,93	1,29	9	23,8	0,93	1,29	9	23,8	0,93
2. Schnitt	1,36	12	23,7	1,87	1,36	12	23,7	1,87	1,36	12	23,7	1,87
3. Schnitt	0,44	9	23,5	1,92	0,44	9	23,5	1,92	0,44	9	23,5	1,92

Tabelle 35: Rohproteingehalte der untersuchten Inkarnatkleearten

XP in g / 100g	Coneta			Linkarus			Tardivo			Heuser's Ostsaat		
	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n
1. Schnitt	20,5	3,92	9	18,1	1,56	12	21,9	2,37	9	18,2	2,33	9
2. Schnitt	19,4	0,55	9	19,4	0,51	9	23,4	0,31	3	21,9	0,58	3
3. Schnitt	22,0	1,40	6	21,7	2,88	6						

Tabelle 36: Rohproteingehalte der untersuchten Perserkleearten

XP in g / 100g	Gorby			Ciro			Laser			Nitro Plus		
	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n	Ø	±s	n
1. Schnitt	22,6	4,41	9	23,6	5,44	12	22,0	3,99	12	22,1	4,23	12
2. Schnitt	19,4	4,55	12	22,4	4,14	12	21,2	3,07	9	21,0	1,50	9
3. Schnitt	23,9	1,26	6	22,5	1,74	6	21,0	2,76	6	21,0	2,24	6

4.8 Variation bezüglich der Rohproteingehalte und der Verdaulichkeit des Probenmaterials

In den dargelegten Ergebnissen zu den Ertragsentwicklungen, zum Blattmasseanteil, zum Rohproteingehalt und zur Verdaulichkeit des Rohproteins zeigte sich eine deutliche Variation in den Ergebnissen. Diesen Variationen liegen vielfältige Ursachen zugrunde, die sich nicht immer

erschließen. Anbau und Ernte der feinsamigen Leguminosen erfolgten nach Anbauempfehlungen und guter fachlicher Praxis und waren nicht in erster Linie auf die Erzielung hoher Rohproteingehalte und einer hohen Verdaulichkeit des Rohproteins in der Blattmasse ausgerichtet.

In den folgenden Tabellen sind Kennzahlen der Variation in den Gehalten an Rohprotein, *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein und der Verdaulichkeit des Rohproteins aufgeführt. Sie zeigen neben dem Mittelwert und Kennzahlen der Variation auch die Ergebnisse des schlechtesten und des besten Viertels der Proben (Tabelle 37, 38 und 39).

Die größte Variation hinsichtlich des Rohproteingehaltes wurde in den Blattmasseproben von Perserklee gefunden. Während das schlechteste Viertel der Proben zwischen 21 % und 24 % Rohprotein enthielt, waren es im besseren Viertel der untersuchten Proben zwischen 29 % und 34 %.

Tabelle 37: Variation der Rohproteingehalte in der Blattmasse feinsamiger Leguminosen

	n	MW	s	XP (%)			
				Min	1. Quartil	3. Quartil	Max
Luzerne (BM)	49	28,3	2,4	24,4	26,5	29,9	33,9
Rotklee (BM)	61	26,8	2,4	21,7	25,3	28,6	31,0
Weißklee (BM)	58	26,4	2,0	22,0	25,4	27,5	31,2
Inkarnatklee (BM)	34	24,6	2,9	18,4	22,3	26,4	31,2
Perserklee (BM)	46	26,7	3,7	21,0	24,8	29,7	33,6

BM = Blattmasse; XP = Rohprotein

Auch die Gehalte an *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein umfassten einen weiten Bereich. Während beispielsweise bei Luzerneblattmasse der Gehalt an *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein im Mittel bei 21,6 % lag, wies das schlechteste Viertel der Proben Gehalte zwischen 16,6 und 20,4 % auf, während das beste Viertel der Proben Gehalte zwischen 22,7 und 26,5 % enthielt.

Tabelle 38: Kennzahlen der Variation des Gehaltes an *In vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein in der Blattmasse (BM) in % der Trockenmasse

	n	MW	s	<i>In vitro</i> pcvXP (%)			
				Min	1. Quartil	3. Quartil	Max
Luzerne (BM)	41	21,6	1,9	16,6	20,4	22,7	26,5
Rotklee (BM)	51	19,3	2,7	13,5	18,1	21,2	15,7
Weißklee (BM)	54	20,6	2,0	16,3	19,2	22,1	24,8
Inkarnatklee (BM)	26	17,9	2,6	10,6	16,6	19,5	21,9
Perserklee (BM)	37	20,7	2,9	16,1	18,9	22,3	29,2

BM = Blattmasse; *In vitro* pcvXP = *In vitro* praecaecal verdauliches Rohprotein

Die in Tabelle 39 dargestellte Variation in der Verdaulichkeit des Rohproteins weist noch größere Unterschiede zwischen dem schlechtesten und dem besten Viertel der Proben aus.

Tabelle 39: Kennzahlen der Variation der *In vitro* praecaecalen Verdaulichkeit des Rohproteins in der Blattmasse (BM) in % der Trockenmasse*In vitro* praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins (%)

	n	MW	s	Min	1. Quartil	3. Quartil	Max
Luzerne (BM)	41	77,8	5,5	65,4	73,9	82,7	85,6
Rotklee (BM)	51	72,7	7,2	49,9	69,9	76,8	85,0
Weißklee (BM)	54	78,2	4,0	69,4	76,3	80,7	86,1
Inkarnatklee (BM)	26	75,8	7,4	49,5	72,2	81,4	84,4
Perserklee (BM)	37	78,7	4,8	65,3	76,7	81,5	89,1

BM = Blattmasse;

Hinsichtlich des Energiegehaltes, der sowohl für Schweine als auch für Geflügel anhand der ermittelten Verdaulichkeiten berechnet wurde, unterschieden sich das schlechteste und das beste Viertel der Proben i.d.R. um mehr als ein MJ ME, bzw. AME_n (Tabelle 40 und 41).

Tabelle 40: Kennzahlen der Variation der umsetzbaren Energie (Schwein) ME in der Blattmasse (BM) in MJ / kg Trockenmasse

Umsetzbare Energie Schwein (MJ ME/ kg TM)

	n	MW	s	Min	1. Quartil	3. Quartil	Max
Luzerne (BM)	32	8,7	0,6	7,6	8,4	9,1	10,0
Rotklee (BM)	41	7,9	0,8	5,6	7,4	8,5	9,3
Weißklee (BM)	53	8,7	0,6	7,3	8,2	9,2	9,6
Inkarnatklee (BM)	23	7,7	0,9	4,8	7,2	8,1	9,4
Perserklee (BM)	36	8,2	0,9	6,2	7,6	8,8	9,7

BM = Blattmasse;

Tabelle 41: Kennzahlen der Variation der umsetzbaren Energie (Geflügel) AME_n in der Blattmasse (BM) in MJ / kg TrockenmasseUmsetzbare Energie Geflügel AME_n (MJ / kg TM)

	n	MW	s	Min	1. Quartil	3. Quartil	Max
Luzerne (BM)	32	7,8	0,5	6,8	7,3	8,1	8,8
Rotklee (BM)	41	7,2	0,8	5,3	6,7	7,8	8,3
Weißklee (BM)	53	7,7	0,6	6,6	7,2	8,2	8,6
Inkarnatklee (BM)	23	6,8	0,9	4,2	6,4	7,3	8,4
Perserklee (BM)	36	7,3	0,8	5,7	6,9	7,9	8,6

BM = Blattmasse;

4.9 Kostenmodell zur Bewertung der Blattmasse als Proteinträger

Auf der Basis der im Forschungsvorhaben ermittelten Erträge, Blattmasseanteile und Rohprotein-gehalte sowie von standardisierten Informationen zu Anbau- und Verarbeitungskosten wurden die Kosten der Blattmasseerzeugung modellhaft ermittelt. In Tabelle 42 sind noch einmal die mittleren Ertragskennzahlen sowie die daraus abgeleiteten Transport- und Trocknungskosten dargestellt.

Tabelle 42: Erträge und kalkulatorische Trocknungs- und Transportkosten von unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen

Art	Blattmasse ¹ dt/ha	Stängelmasse ¹ dt/ha	Gesamtertrag ¹ dt/ha	Mittlerer TM gehalt ³	FM dt/ha	Trocknungs- kosten ² €/ha	Transport ⁴ €/ha
Luzerne	60,8	56,7	117,5	31%	379	1.569	262
Rotklee	59,2	48,4	107,6	19%	566	1.436	391
Weißklee	48,4	19,9	68,3	20%	342	912	236
Inkarnatklee	34,9	24,5	59,4	18%	330	793	228
Perserklee	41,8	35,8	77,6	16%	485	1.036	335

¹ vgl. Tabelle 7 und Tabelle 8; ² 13,35 €/dt TM; ³ aus drei Schnitten; ⁴ nach STROBEL (2013), Entfernung 14km

Werden sämtliche Direkt- und Arbeitskosten der Erzeugung sowie der Kosten für Transport- und Trocknung für den in Tabelle 42 dargestellten Frischmasseertrag auf die erzeugte Blattmasse umgelegt, betragen die Kosten für eine Dezitonne zwischen 37 € für Weißklee und 47 € für Perserklee (Tabelle 43).

Tabelle 43: Einschätzungen zu den Erzeugungskosten von Blattmasse aus unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen (ohne Wertansatz für die Stängelmasse)

		Luzerne	Rot- klee	Weiß- klee	Inkarnat- klee	Perser- klee
Direkt- und Arbeitskosten	€/ha	666 €	659 €	655 €	591 €	606 €
Transportkosten	€/ha	262 €	391 €	236 €	228 €	335 €
Trocknungskosten	€/ha	1.569 €	1.436 €	912 €	739 €	1.036 €
Kosten je ha	€/ha	2.497 €	2.486 €	1.803 €	1.558 €	1.977 €
Ertrag TM Blattmasse ¹	dt/ha	60,8	59,2	48,4	34,9	41,8
Kosten je dt Blattmasse	€/dt	41 €	42 €	37 €	45 €	47 €

¹ vgl. Tabelle 8

In den untersuchten Proben betrug der Stängelanteil im Durchschnitt zwischen 30 % (Weißklee) und 48 % (Luzerne). Dies entsprach Erträgen hinsichtlich der Stängelmasse zwischen 19,9 dt/ha (Weißklee) und 56,7 dt/ha (Luzerne). Die Stängelmasse ist im Vergleich zur Blattmasse durch höhere Gehalte an Rohfaser und geringere Rohproteinanteile gekennzeichnet. Ein Wertansatz für den Stängelanteil, der dem Marktpreis für Grascobs mit vergleichbarem Rohprotein- und Fasergehalt entspricht, reduziert die Kosten für die Dezitonne Blattmasse auf 19 € (Luzerne) bis 28 € (Inkarnatklee) (Tabelle 44).

Tabelle 44: Einschätzungen zu den Erzeugungskosten der Blattmasse als Eiweißträger incl. Wertansatz für Stängelmasse aus unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen

		Luzerne	Rot- klee	Weiß- klee	Inkarnat- klee	Perser- klee
Direkt- und Arbeitskosten	€/ha	666 €	659 €	655 €	591 €	606 €
Transportkosten	€/ha	262 €	391 €	236 €	228 €	335 €
Trocknungskosten	€/ha	1.569 €	1.436 €	912 €	739 €	1.036 €
Kosten je ha	€/ha	2.497 €	2.486 €	1.803 €	1.558 €	1.977 €
Ertrag TM Stängelmasse	dt/ha	56,7	48,4	19,9	24,5	35,8
Wert Stängelmasse ¹	€/ha	1.361 €	1.162 €	478 €	588 €	859 €
Kosten Blattmasse je ha	€/ha	1.136 €	1.324 €	1.325 €	970 €	1.118 €
Ertrag TM Blattmasse ²	dt/ha	60,8	59,2	48,4	34,9	41,8
Kosten je dt Blattmasse	€/dt	19 €	22 €	27 €	28 €	27 €

¹ Grascobs (10 % XP, 30 % XF) = 24 €/dt, ² vgl. Tabelle 8

Die Substitutionsmöglichkeiten sind abhängig vom Bedarf der zu versorgenden Tiere und weiteren verfügbaren Futterkomponenten. In Tabelle 45 sind einige kennzeichnende Nährstoffgehalte von ausgewählten Eiweißfuttermitteln zusammen mit den im Vorhaben ermittelten Werten für die Blattmasse von Futterleguminosen aufgeführt. Sojakuchen enthält im Vergleich mit der Leguminosen Blattmasse deutlich mehr Rohprotein und Aminosäuren. Der Lysingehalt im Rohproteinanteil ist bei Luzerneblattmasse jedoch vergleichbar zu Sojakuchen. Im Vergleich zu Ackerbohne und Erbse enthielt die Blattmasse der feinsamigen Leguminosen mehr Methionin, was in einem etwas günstigeren Methionin / Lysin Verhältnis zum Ausdruck kommt.

Tabelle 45: Gehalte an Rohprotein, Rohfaser, Lysin und Methionin einer Auswahl von Eiweißfuttermitteln und der Blattmasse von unterschiedlichen Futterleguminosen

Futtermittel	XP	XF	Lys	Met	Lys / XP	Met / Lys
	g/kg TS				%	
Ackerbohne ¹	263	79	16,9	1,8	6,4%	10,7%
Erbse ¹	228	57	15,9	2,0	7,0%	12,6%
Sojakuchen (Extruder) ¹	402	75	25,0	6,0	6,2%	24,0%
Sonnenblumenkuchen ¹	219	278	7,5	4,6	3,4%	61,3%
Blattmasse ²						
- Luzerne	280	125	17,4	2,8	6,1%	16,1%
- Rotklee	260	130	15,5	2,5	5,8%	16,1%
- Weißklee	258	134	14,8	2,4	5,6%	16,2%
- Inkarnatklee	236	154	14,1	2,3	5,7%	16,3%
- Perserklee	262	142	14,3	2,3	5,4%	16,1%

¹ LINDERMAYER et al (2011), ² eigene Ergebnisse

In Tabelle 46 sind die kalkulierten Kosten für Rohprotein, Lysin und Methionin aus Blattmasse (unter Berücksichtigung eines Wertansatzes für die Stängelmasse) denen aus Sojakuchen beispielhaft

gegenübergestellt. Soja-Presskuchen in Bio-Qualität wurde im Februar 2017 mit einem Rohproteingehalt von 41 % Rohprotein zu einem Preis von 91 €/dt gehandelt (vgl. Anhang 3).

Für die Blattmasse der untersuchten Feinleguminosen ergab sich bezogen auf die Kosten je kg Rohprotein ein deutlicher Kostenvorteil von 50 % bis 70 % gegenüber ökologisch erzeugtem Sojakuchen. Selbst ohne Wertansatz für die verbleibende Stängelmasse, bei Kosten von 41 € bis 47 €/dt TM, war Rohprotein aus der Blattmasse der feinsamigen Leguminosen zwischen 20 % und 35 % günstiger als Rohprotein aus ökologisch erzeugtem Soja Presskuchen.

Tabelle 46: Kostenvergleich von Sojakuchen und Blattmasse von unterschiedlichen Arten feinsamiger Leguminosen auf der Basis von Trockenmasse (TM), Rohprotein (XP), Lysin (Lys) und Methionin (Met)

	TM	XP	Lys	Met
	€/dt	€/kg		
Sojakuchen (Extruder)	91	2,22	36,4	151,7
Luzerneblattmasse	19	0,68	10,9	67,9
Rotkleeblattmasse	22	0,85	14,2	88,0
Weißkleeblattmasse	27	1,04	18,2	112,5
Inkarnatkleeblattmasse	28	1,17	19,9	121,7
Perserkleeblattmasse	27	1,04	18,9	117,4

Auf der Basis des Rohprotein- und Lysingehaltes kann 1 kg Sojapresskuchen (41 % Rohprotein) durch 1,5 kg Luzerne-Blattmasse (28 % Rohprotein) ersetzt werden. Aufgrund des geringeren Methionin Gehaltes der Blattmasse würde ohne weitere ausgleichende Komponenten der Methionin Gehalt im Futter allerdings etwas niedriger ausfallen. Um denselben Methionin Gehalt zu erreichen, müsste Sojapresskuchen etwa durch die doppelte Menge Blattmasse ersetzt werden.

Unter den dargestellten Prämissen ergibt sich für die Blattmasse der untersuchten Feinleguminosen bezogen auf die Kosten je kg Rohprotein ein deutlicher Kostenvorteil gegenüber Sojakuchen. Auch im Vergleich der Kosten je kg Lysin und Methionin bleiben die Blattmassen vorteilhaft, Allerdings ist in Futterationen ein Aminosäuren äquivalenter Austausch von Sojakuchen gegen Blattmasse durch anderer Faktoren (u.a. geringerer Energie- und höherer Rohfasergehalt) limitiert bzw. modifiziert (siehe Kapitel 4.13). Dies gilt es bei der Ermittlung und Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten im jeweiligen Kontext der Futtermiteinsätze zu berücksichtigen. Allerdings ist davon auszugehen, dass diese potentiellen Einschränkungen den generellen Kostenvorteil von Blattmasse, die von unterschiedlichen feinsamigen Leguminosen gewonnen werden, gegenüber Sojakuchen nicht in Frage stellen.

4.10 Ertragszuwachsmo­dell für verfügbare essentielle Aminosäuren

4.10.1 Entwicklung der Rohprotein und Aminosäuregehalte im Vegetationsverlauf

In einem Gewächshausversuch wurden in einem explorativen Ansatz Pflanzen der fünf untersuchten Feinleguminosen in wöchentlichem Abstand geerntet, um die Entwicklung des Rohprotein- und Aminosäuregehaltes in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanzen zu ermitteln. Die Ergebnisse für Ganzpflanze und Blattmasse werden im Folgenden vorgestellt.

4.10.1.1 Entwicklung der Rohprotein- und Lysingehalte der Ganzpflanze im Vegetationsverlauf

Zu Beginn der Pflanzenentwicklung (10 cm Wuchshöhe = Schnitzeitpunkt 1) wiesen die Pflanzen einen mittleren Rohproteingehalt von 30,1 % ($s = 1,4$) auf. Im Verlauf der vier Probenzeitpunkte sank der Rohproteingehalt in den Ganzpflanzenproben der Luzerne absolut um 2,6 %, Perserklee um 3,5 %, Inkarnatklee um 3,9 %, Weißklee um 4,5 % und Rotklee um 8,4 %. In Abbildung 8 sind die Rohproteingehalte zu den jeweiligen Schnitzeitpunkten für die untersuchten Arten dargestellt. Linien zeigen den durch eine lineare Regression beschriebenen Trend der Entwicklung der Rohproteingehalte im Wachstumsverlauf an. Zu allen Schnitzeitpunkten wies die Luzerne den höchsten Gehalt an Rohprotein auf.

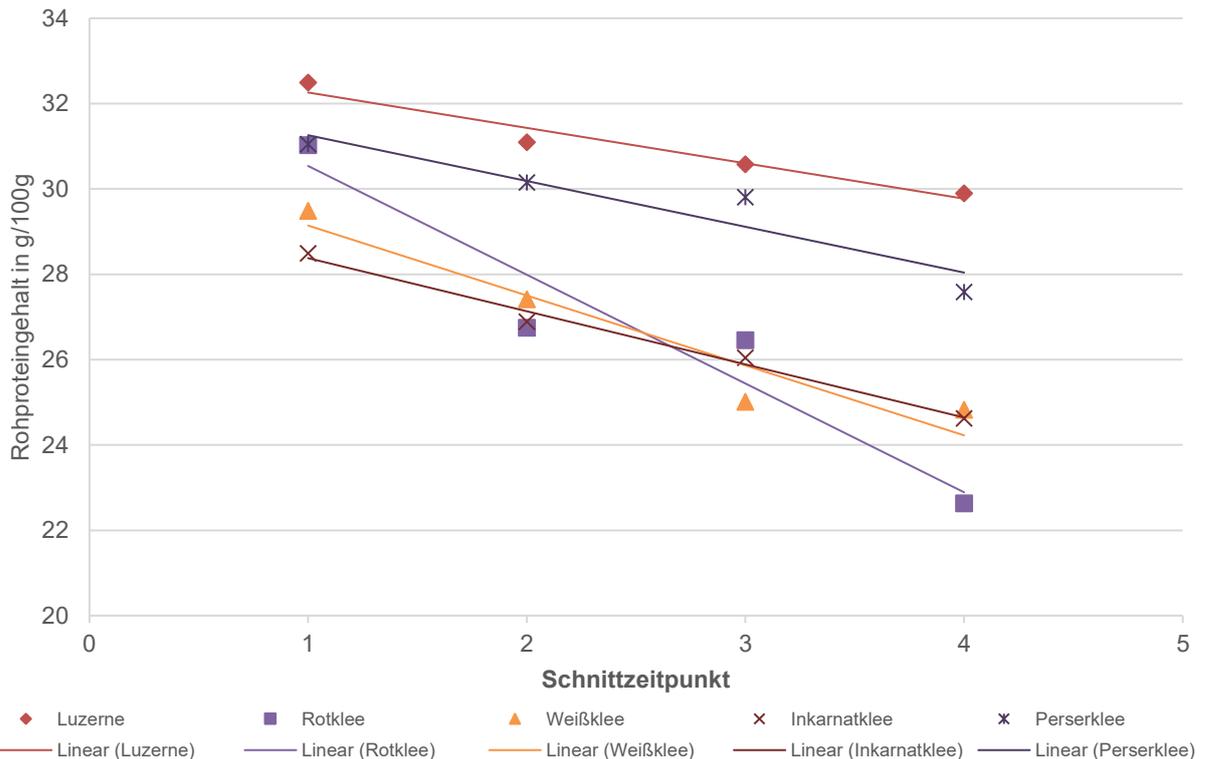


Abbildung 8: Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Schnitzeitpunkt in der Ganzpflanze

In Abbildung 9 ist die Entwicklung der Lysingehalte der Ganzpflanzen zu den Schnitzeitpunkten dargestellt. Zum ersten Schnitttermin enthielten alle Proben einen ähnlich hohen Lysingehalt (MW 20,3; $s = 0,7$), der sich im Wachstumsverlauf unterschiedlich stark verminderte. Tabelle 47 zeigt die zu den Regressionsanalysen zugehörigen Regressionsgleichungen sowie das Bestimmtheitsmaß (R^2) für Rohprotein und Lysin in Abhängigkeit vom Schnitzeitpunkt.

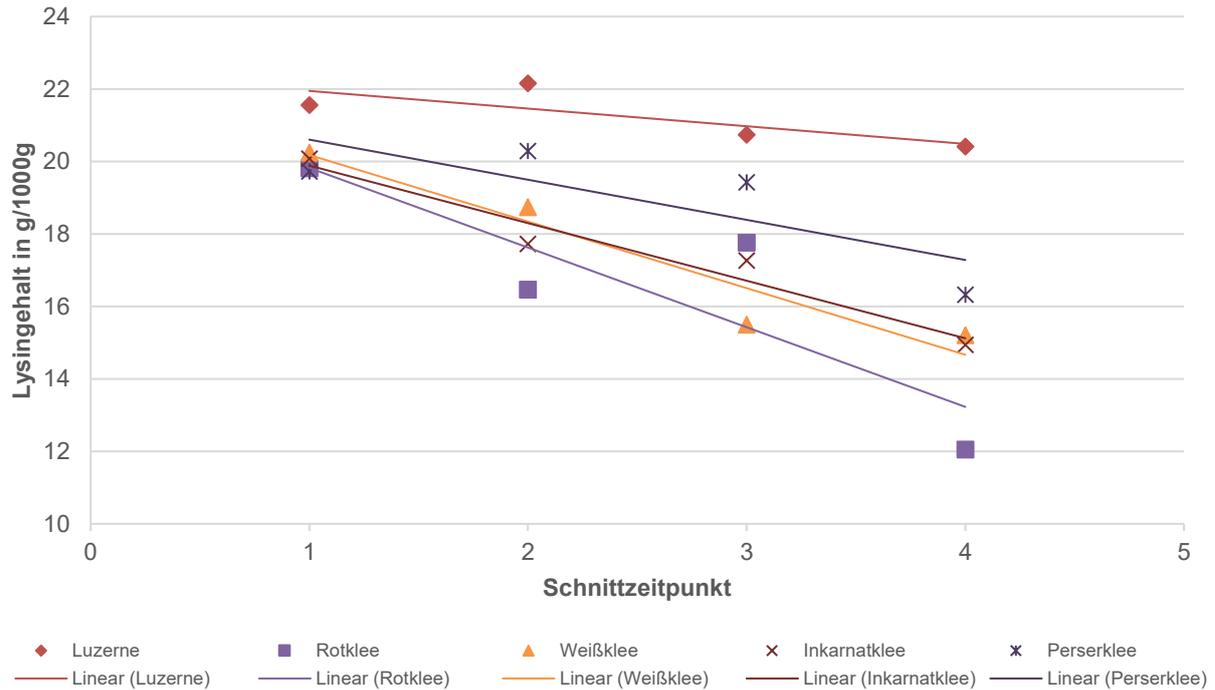


Abbildung 9: Beziehung zwischen dem Lysingehalt und dem Schnittzeitpunkt in der Ganzpflanze

Die errechneten Verläufe der Regressionsgeraden zeigen, dass sowohl der Rohproteingehalt als auch der Lysingehalt bei Luzerne im Wachstumsverlauf weniger abnehmen als bei den übrigen Arten. In der Darstellung der Lysingehalte wird jedoch auch deutlich, dass die ermittelten Gehalte teilweise deutlich von der Trendlinie abweichen, was in geringeren Bestimmtheitsmaßen zum Ausdruck kommt.

Tabelle 47: Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße des Rohprotein- und Lysingehaltes von Ganzpflanzenproben der untersuchten Leguminosenarten in Abhängigkeit vom Vegetationszeitpunkt

Art	Rohprotein		Lysin	
	Regressionsgleichung	R ²	Regressionsgleichung	R ²
Luzerne	$y = -0,8293x + 33,089$	0,95	$y = -0,4872x + 22,435$	0,63
Rotklee	$y = -2,5493x + 33,088$	0,92	$y = -2,1980x + 22,020$	0,75
Weißklee	$y = -1,6016x + 30,780$	0,88	$y = -1,7797x + 21,873$	0,86
Inkarnatklee	$y = -1,2450x + 29,623$	0,99	$y = -1,5885x + 21,475$	0,95
Perserklee	$y = -1,0729x + 32,332$	0,89	$y = -1,1071x + 21,711$	0,64

4.10.1.2 Entwicklung der Rohprotein- und Lysingehalte der Blattmasse im Vegetationsverlauf

In der Blattmasse der Proben des Aufwuchsversuches lag der mittlere Rohproteingehalt zum ersten Schnittzeitpunkt bei 31,2 % (s = 1,9). In Abbildung 10 sind die gemessenen Rohproteingehalte sowie der Trend der Entwicklung im Wachstumsverlauf dargestellt. Im Vergleich mit den Gehalten der Ganzpflanze fällt ein weitgehend paralleler Verlauf der Trendlinien mit Ausnahme des Rotklee auf. Rotklee enthielt zum ersten Schnittzeitpunkt den geringsten Rohproteingehalt in der Blattmasse (29 %), der im weiteren Verlauf der Entwicklung bis zum vierten Schnitttermin jedoch nur um 0,9 % auf 28,1 % absank. Die Rohproteingehalt in der Luzerne Blattmasse sank um 2,5 %. In der Blattmasse von Inkarnat-, Weiß- und Perserklee sank er deutlicher, um 3,9 %, 4,3 % und 4,5 %.

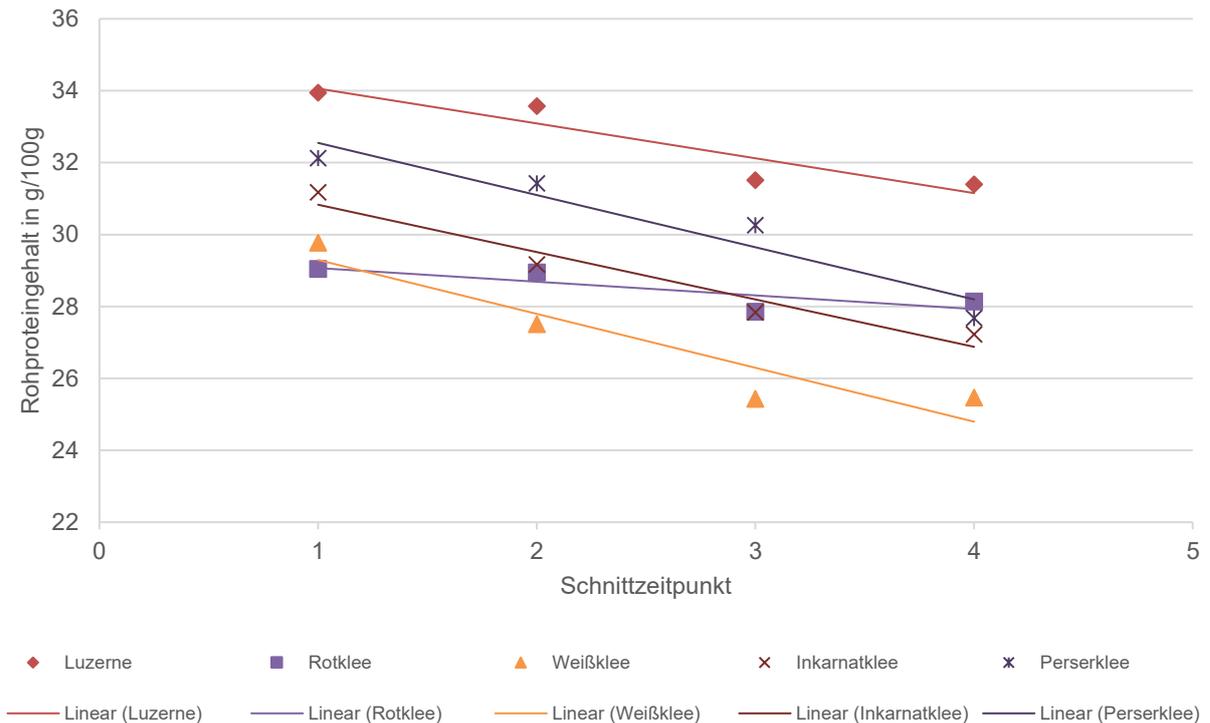


Abbildung 10: Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Schnittzeitpunkt der Ganzpflanzen

Zum ersten Schnittzeitpunkt enthielten die Blattmasseproben durchschnittlich 21,5 g Lysin/1000g TM. Im Vergleich zu den Proben der Ganzpflanzen wiesen sie jedoch größere Unterschiede auf (s = 1,9). Die in Abbildung 11 dargestellten Gehalte und Entwicklungstrends für Lysin in der Blattmasse zeigen einen vergleichbaren Trend wie die Rohproteingehalte. Allerdings nahm insbesondere bei Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee der Lysingehalt stärker ab als der Rohproteingehalt (Tabelle 48). Luzerne hatte mit durchschnittlich 23,1 g/1000g (s=1,2) den höchsten Lysingehalt in der Blattmasse, der im Wachstumsverlauf weniger stark abnahm als bei Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee.

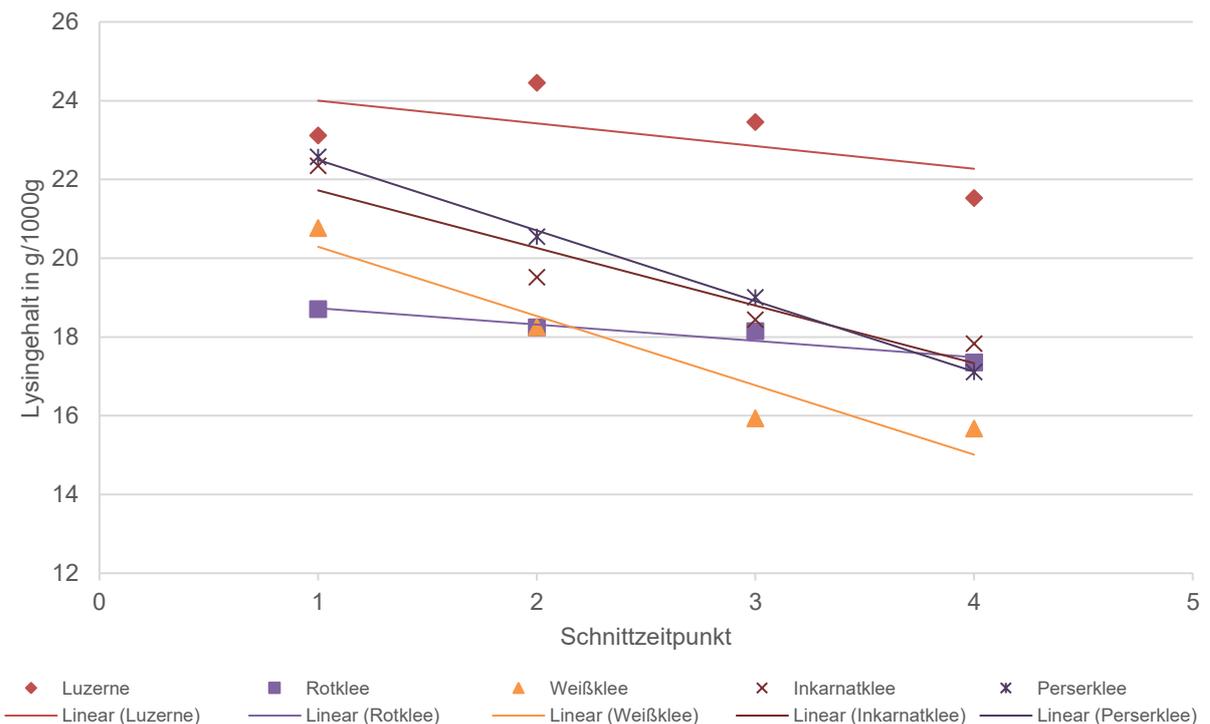


Abbildung 11: Beziehung zwischen dem Lysingehalt und dem Schnittzeitpunkt in der Blattmasse

Tabelle 48: Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße des Rohprotein- und Lysingehaltes von Blattmasseproben der untersuchten Leguminosenarten in Abhängigkeit vom Vegetationszeitpunkt

Art	Rohprotein		Lysin	
	Regressionsgleichung	R ²	Regressionsgleichung	R ²
Luzerne	$y = -0,9691x + 35,030$	0,87	$y = -0,5764x + 24,576$	0,38
Rotklee	$y = -0,3800x + 29,448$	0,70	$y = -0,4150x + 19,145$	0,91
Weißklee	$y = -1,4991x + 30,739$	0,88	$y = -1,7592x + 22,049$	0,91
Inkarnatklee	$y = -1,3175x + 31,148$	0,95	$y = -1,4630x + 23,185$	0,89
Perserklee	$y = -1,4512x + 34,001$	0,92	$y = -1,7923x + 24,288$	1,00

4.10.2 Entwicklung der Aminosäureverdaulichkeit im Vegetationsverlauf

Die Verdaulichkeit der essentiellen Aminosäuren im Erntegut der Ganzpflanze lag im Durchschnitt bei über 80 %. In Abbildung 12 wird die Entwicklung des Gehaltes an praecaecal verdaulichem Lysin (dLys) mit zunehmender Wuchshöhe und damit mit fortschreitender Pflanzenentwicklung veranschaulicht. Während alle fünf Arten zu Beginn einen ähnlich hohen Gehalt an praecaecal verdaulichem Lysin aufwiesen (dLys: Ø 17,9 g/1000 g; s = 0,54), nahmen bei der Luzerne diese Gehalte mit zunehmendem Wuchs weniger ab als bei den übrigen Arten.

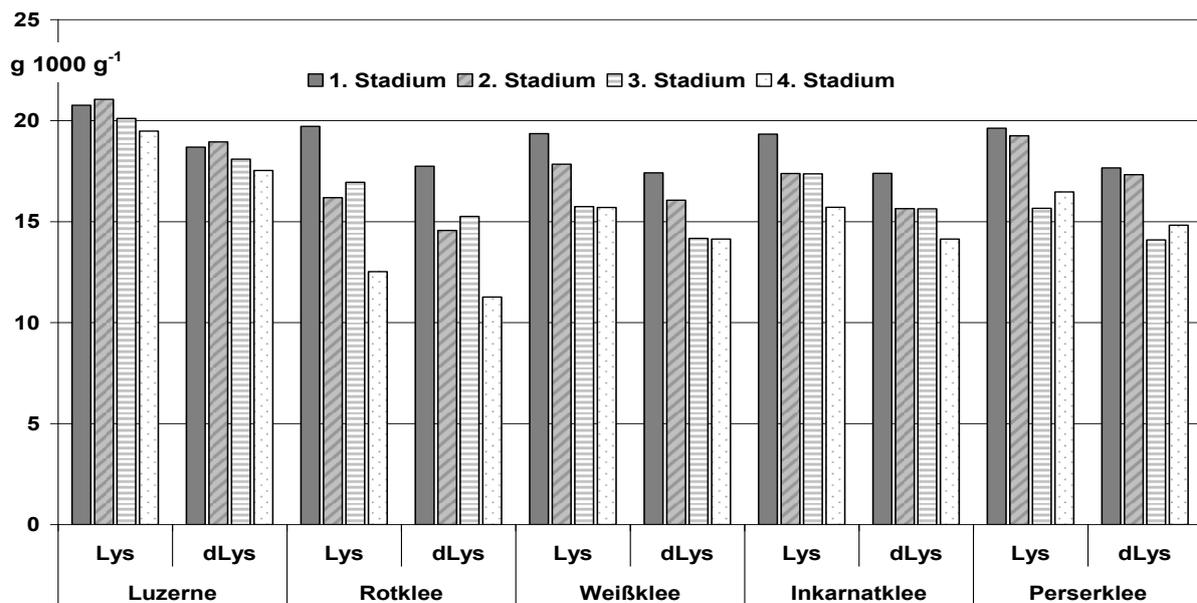


Abbildung 12: Vergleich der Entwicklung der Gehalte an Lysin und *In vitro* praecaecal verdaulichem Lysin im Vegetationsverlauf

4.11 Vergleich von *In vitro* und *In vivo* Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren am Beispiel von Mastbroilern

Futtermittel, die in Hohenheim für den *In vivo* Versuch zur Ermittlung der praecaecalen Verdaulichkeit eingesetzt wurden, wurden parallel im *In vitro* Verfahren analysiert. Unterschiedliche Rohproteingehalte der Rationen wurden durch höhere Anteile von Blattmasse erreicht, so dass Veränderungen in der Menge des praecaecal verdauten Rohproteins (resp. Methionin und Lysin) der eingesetzten Blattmasse zuzurechnen waren.

Im *In vitro* Versuch wurden zwischen 25 und 50 Wiederholungen der Verdaulichkeitsmessungen für jede Zulagestufe des Prüffuttermittels (Luzerne Anteil 10 %, 30 %, 50 %) durchgeführt. Innerhalb der Untersuchungseinheiten traten nur geringe Schwankungen auf.

Für Rohprotein wurde im *In vitro* Verfahren eine praecaecale Verdaulichkeit von 77,4 % im Starter Futter und 79,3 % im Grower Futter ermittelt. Im Fütterungsversuch wurde eine Verdaulichkeit von 91,5 % im Starter und 88,0 % im Grower Futter gemessen. Die Zusammenhänge zwischen der Aufnahme und der praecaecal verdauten Menge an Rohprotein sind in Abbildung 13 grafisch dargestellt.

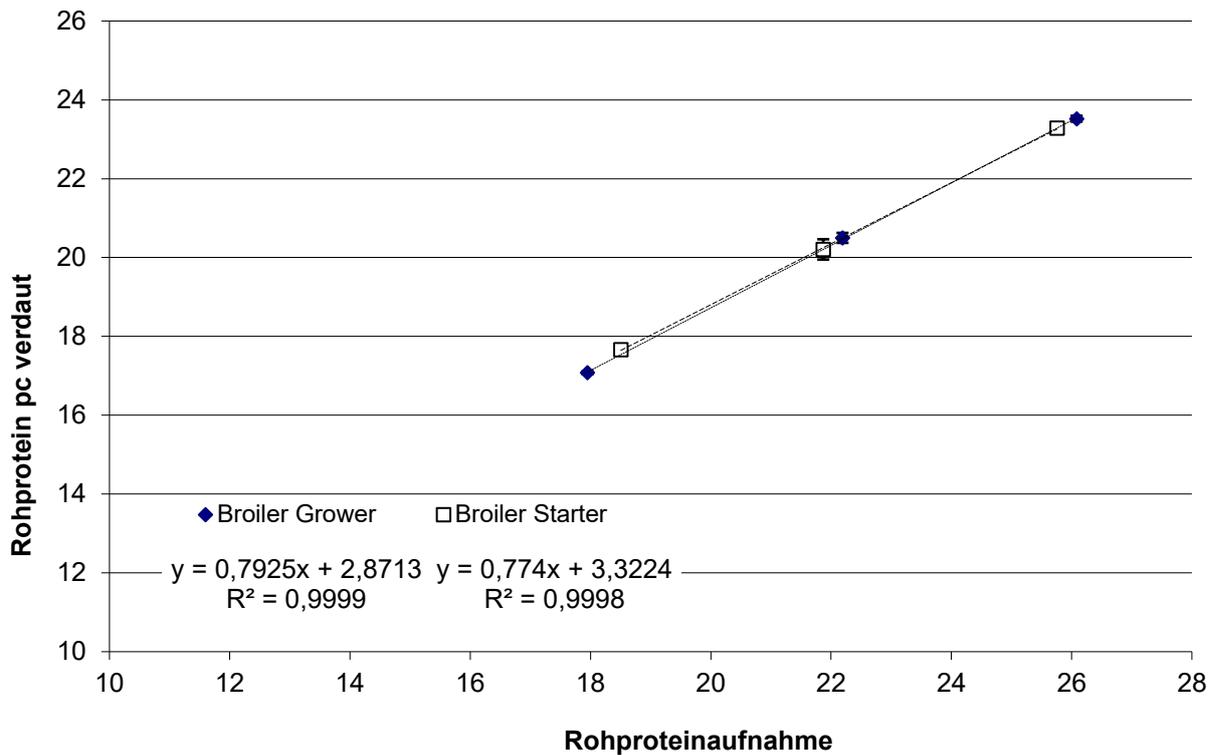


Abbildung 13: Beziehung zwischen Einsatz und In vitro praecaecal verdauter Menge Rohprotein (g XP/g pcvXP) In vitro

In Tabelle 49 sind die regressionsanalytisch ermittelten Werte der Verdaulichkeit nach beiden Verfahren mit den Bestimmtheitsmaßen der Regressionsgleichungen aufgeführt. Die Verdaulichkeit des Rohproteins wurde für beide Futterrationen im *In vitro* Verfahren im Vergleich zu den *In vivo*-Ergebnissen unterschätzt. Bei der Analyse der Aminosäuren gab es nur für Methionin und Lysin in der Grower Ration eine nennenswerte Übereinstimmung.

Tabelle 49: Übersicht über die ermittelten Verdaulichkeiten In vivo im Vergleich zum In vitro Verfahren in der Starter und Grower-Ration

	Starter		Grower	
	In vivo pcV	R²	In vitro pcV	R²
Rohprotein	91,5	0,97	77,4	0,99
Methionin	93,6	0,98	85,2	0,99
Lysin	91,9	0,96	98,6	0,99
Cystin	91,1	0,94	83,97	0,99

4.12 Einfluss der Konservierung von feinsamigen Leguminosen auf den Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein

Die Ausgangswerte der eingesandten Proben von angewelkten und getrockneten Pflanzenmaterial sowie Pellets derselben Charge waren hinsichtlich der Rohproteingehalte sehr heterogen. Mehrere Trocknungsgenossenschaften teilten mit, dass aufgrund der sehr trockenen Witterung im Frühsommer 2015 kaum Material in ausreichender Qualität zur Verfügung stand. Teilweise wurden nicht die angeforderten drei Proben (Anwelkgut, getrocknetes Material, Pellets) geschickt, sondern nur zwei der drei Proben.

Der Rohproteingehalt des Anwelkguts lag zwischen 14 und 26 % Rohprotein i.d. Trockenmasse (Mittelwert 19,5 %). Mit einem Mittelwert von 19,1 % wies das Trockengut einen mit den Anwelkgut vergleichbaren Rohproteingehalt auf. Der Rohproteingehalt der pelletierten Ware bewegte sich zwischen 13 % und 24 %, dabei lag die Hälfte der Proben unter einem Rohproteingehalt von 16,4 % (vgl. Abbildung 14).

Der Gehalt an *In vitro*-praecaecal verdaulichem Rohprotein verhielt sich in den untersuchten Proben analog zum Rohproteingehalt, allerdings auf einem um ca. 7 g je 100 g TM niedrigeren Niveau (Abbildung 15). Die Abbildungen 14 und 15 zeigen die Variation der ermittelten Gehalte für Rohprotein und *In vitro*-praecaecal verdauliches Rohprotein für die untersuchten Konservierungsabschnitte. Die *In vitro*-praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins lag zwischen 55 und 78 %.

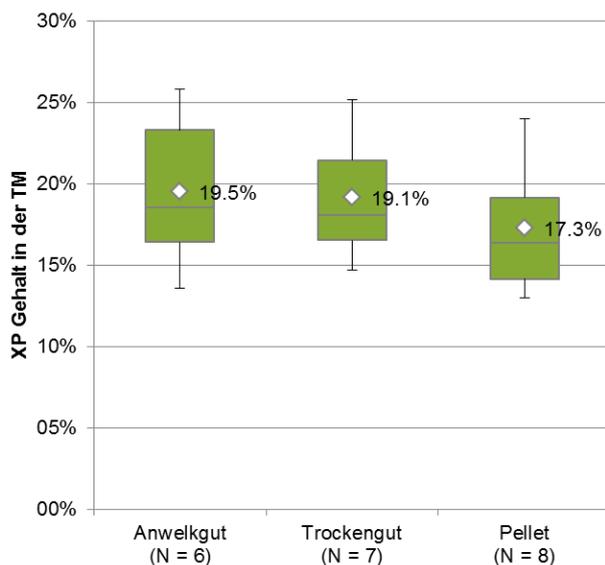


Abbildung 14: Rohproteingehalte in Anwel-, Trockengut und Pellets von Ganzpflanzenproben verschiedener Trocknungsgenossenschaften (% XP / TM)

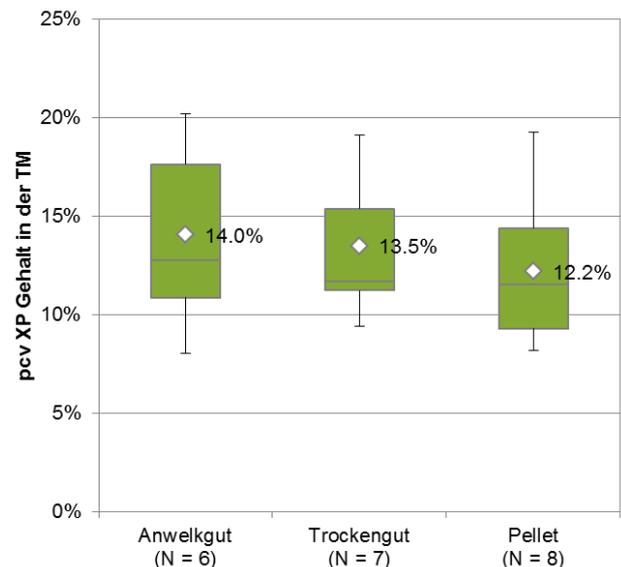


Abbildung 15: Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein in Anwel-, Trockengut und Pellets von Ganzpflanzenproben verschiedener Trocknungsgenossenschaften (% XP / TM)

Abbildung 16 und 17 veranschaulichen, dass sich die Konservierungsschritte auf einzelne Chargen unterschiedlich ausgewirkt haben. Während bei einigen Proben der Rohproteingehalt eher gleich blieb, wiesen andere Proben deutliche Verluste an Rohprotein im Verlauf der Konservierung auf. Noch deutlicher waren die Unterschiede bei der Betrachtung des Gehaltes an *In vitro*-praecaecal verdaulichem Rohprotein.

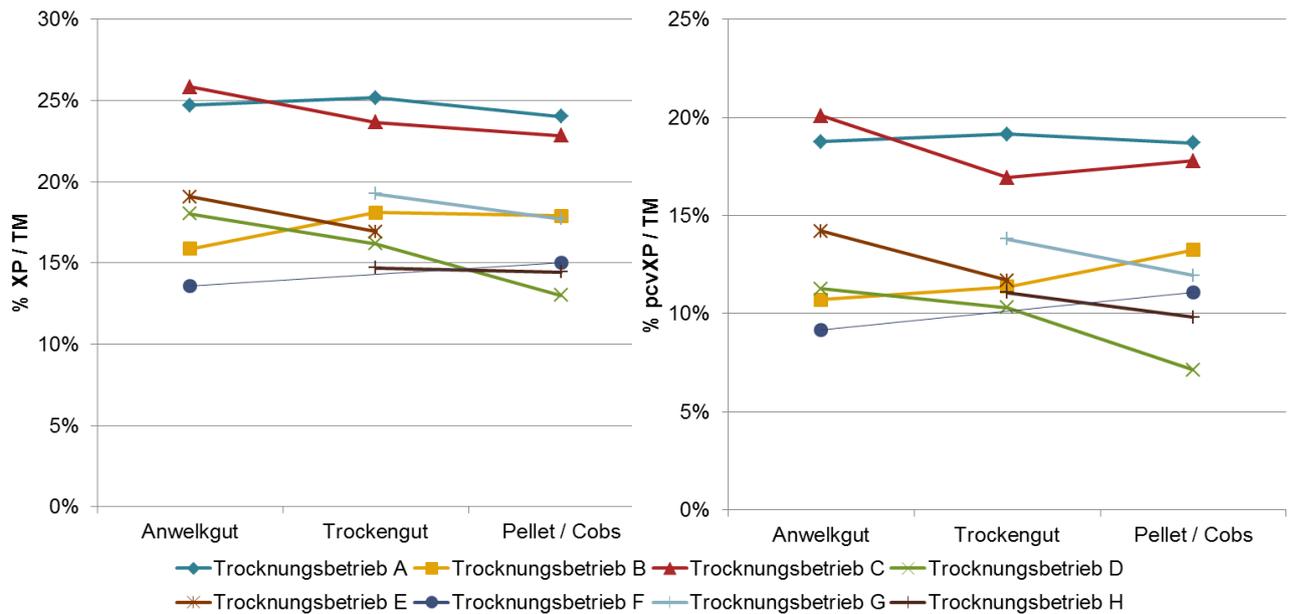


Abbildung 16: Einfluss der Konservierung auf den Rohproteingehalt in g XP je 100 g TM

Abbildung 17: Einfluss der Konservierung auf den Gehalt an praecaecal verdaulichem Rohprotein in g XP je 100 g TM

4.13 Einbindung von Blattmasse in Futtermationen

Zielsetzung dieser Untersuchung war es, zunächst die hofeigene Ration in ihren Nährstoff- und Aminosäuregehalten mit hofeigenen Einzelfuttermittelressourcen zu analysieren und im Weiteren zu klären, ob mit der Zumischung einer definierten Blattmasse ähnliche Gehalte wie in den hofeigenen Mischungen, bzw. empfohlene Gehalte erzielt werden können. Dabei wurde für alle Rationen die gleiche Luzerne-Blattmasse verwendet, welche durch einen Rohproteingehalt von 28 % charakterisiert war.

4.13.1 Analyse der betriebseigenen Futtermationen

Von 21 Betrieben konnten insgesamt 42 Hofmischungen für Schweine und Geflügel analysiert werden. Darunter waren 13 Hofmischungen für Legehennen von 11 verschiedenen Betrieben. In Abbildung 18 sind die Gehalte an Rohprotein und Rohfaser sowie die Energiegehalte zusammen mit den Versorgungsempfehlungen dargestellt. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die Leistungsansprüche von Tieren, die auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben gehalten werden, sich nicht auf dem gleichen Niveau wie konventionell gehaltene Tiere befinden. Durch eine verlängerte Mastperiode und den Einsatz von extensiveren Rassen wird von einem geringeren Leistungsniveau ausgegangen. Entsprechend wurden für die Erstellung optimierter Futtermationen nicht die Versorgungsempfehlungen der GfE herangezogen. Zur Eingrenzung des Versorgungsniveaus in den Futtermationen wurden wissenschaftliche Studien (GRASHORN und CLOSTERMANN 2002; BELLOF et al. 2005) und Erfahrungen aus der Beratungspraxis der ökologischen Anbauverbände verwendet. Abbildung 18 vermittelt, wie heterogen die Rationsgestaltung zwischen den Betrieben ausfiel. Hinsichtlich des Rohproteingehaltes enthielten zehn von 13 Futtermischungen mehr als die empfohlenen 150 g Rohprotein, sechs Mischungen überschritten die Empfehlung um mehr als 25 %. Hinsichtlich des Energiegehaltes wies etwa die Hälfte der Mischungen niedrigere als die empfohlenen Energiegehalte auf, vier Mischungen überschritten die empfohlenen Energiegehalte um bis zu 23 %.

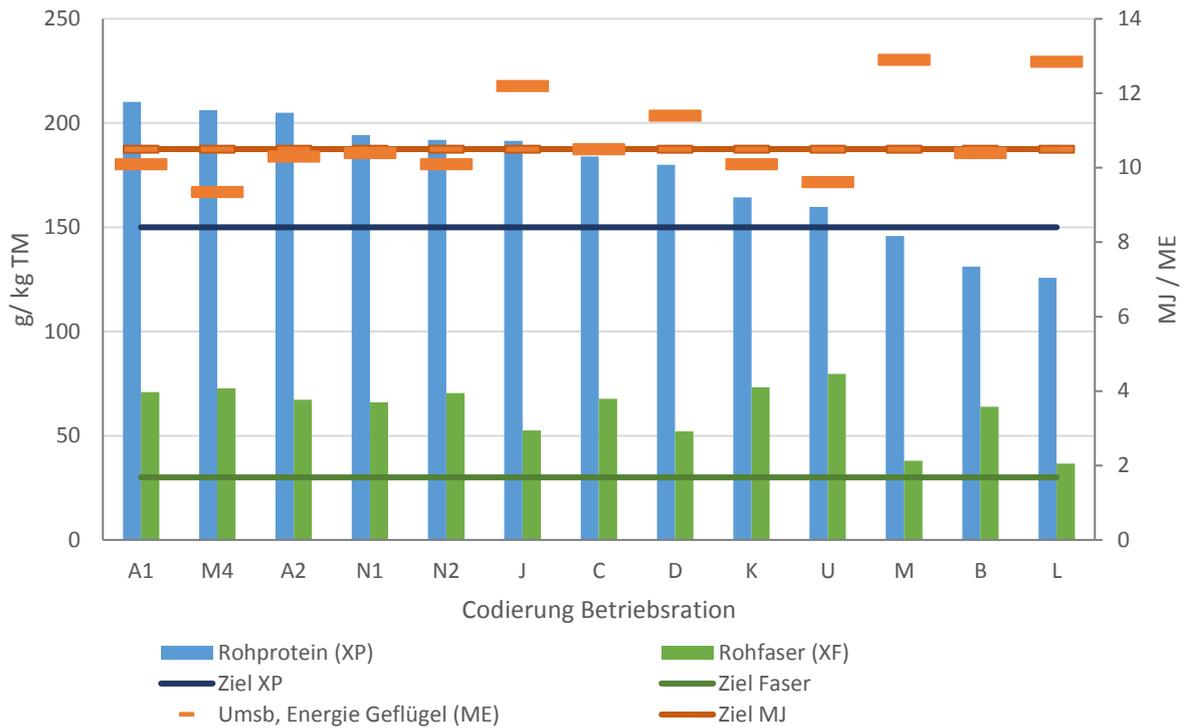


Abbildung 18: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Legehennen

Von drei Betrieben lagen vier Futtermischungen für Masthähnchen vor. Abbildung 19 zeigt, dass in drei Mischungen der empfohlene Rohproteingehalt geringfügig, zwischen 3 und 9 % überschritten wurde. Alle Rationen enthielten mindestens 10 % mehr Energie als empfohlen (bis zu 24 %).

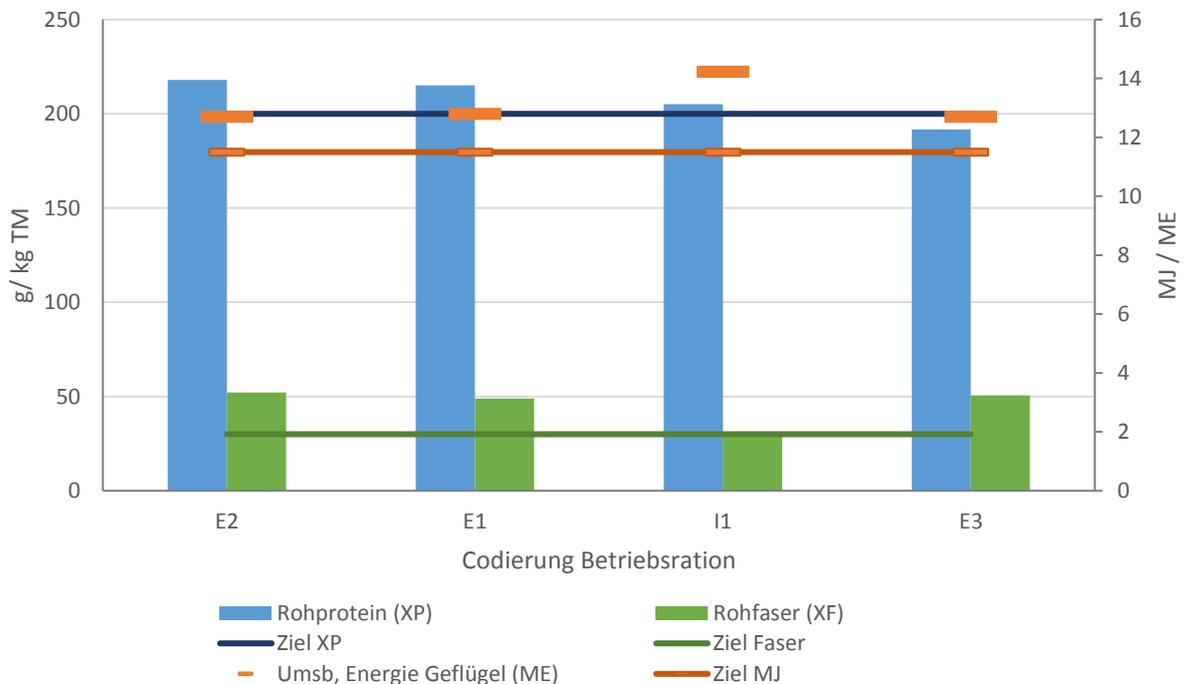


Abbildung 19: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Masthähnchen

In Abbildung 20 sind die Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Puten (ein Betrieb) und Sauen (zwei Betriebe) dargestellt. Während in der Futtermischung für Puten ein Rohproteingehalt geringfügig über den Empfehlungen gefunden wurde, unterschritten beide Mischungen für säugende Sauen deutlich die Empfehlung von 170 g Rohprotein/kg (27 % bzw. 33 % weniger). Hinsichtlich des Energiegehaltes

überschritten alle Mischungen die empfohlenen Werte. Insbesondere für tragende Sauen wurden sie deutlich überschritten (24 % bzw. 30 %).

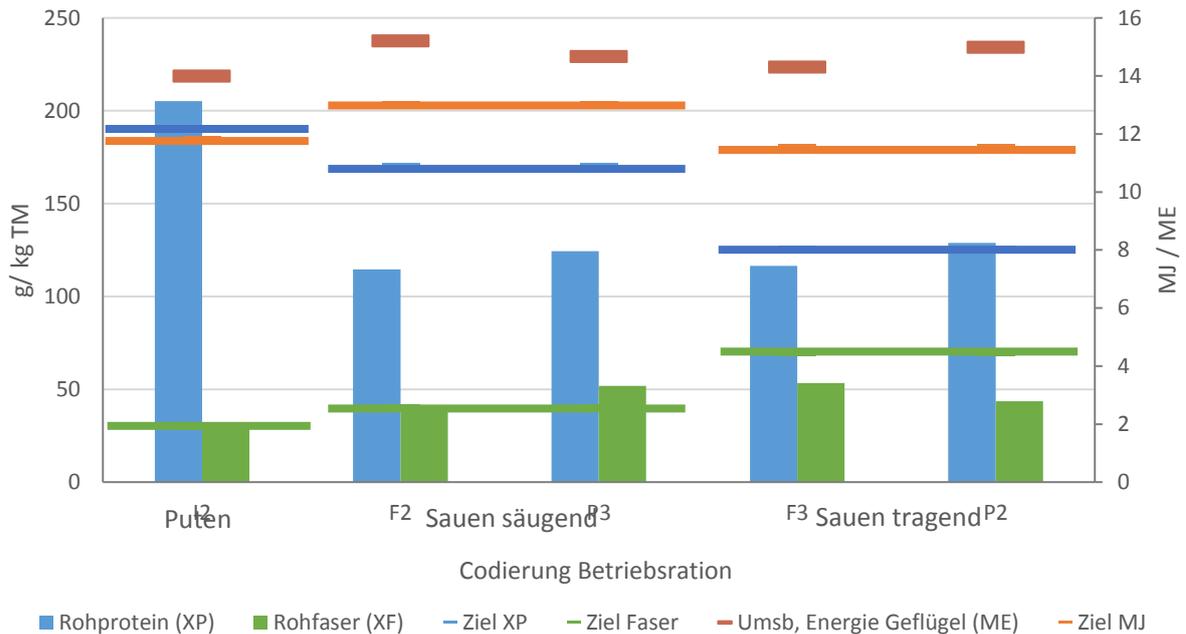


Abbildung 20: Nährstoffgehalte in den Hofmischungen für Puten (1), säugende (2) und tragende (2) Sauen

Von drei Betrieben wurden vier Futtermischungen für Ferkel analysiert (Abbildung 21). Im Vergleich der Futtermischungen mit dem Referenzwert ist zu berücksichtigen, dass ein Betrieb eine zweiphasige Fütterung der Aufzuchtferkel realisierte. Alle Rationen überschritten den empfohlenen Energiegehalt von 13 MJ/ME um mindestens 21 %. Zwei Rationen enthielten mehr Rohprotein als empfohlen, während eine Ration einen geringeren Rohproteingehalt aufwies.

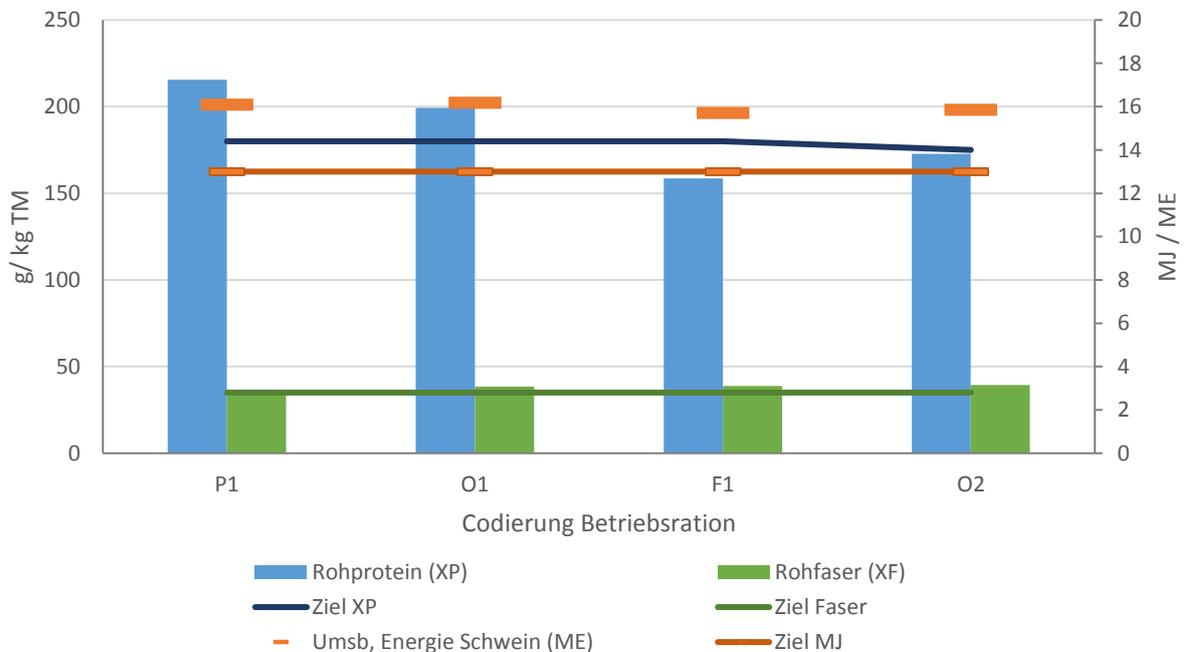


Abbildung 21: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für Absatzferkel

Von neun Betrieben wurden Futtermischungen für die Anfangsmast untersucht. Die Abweichungen hinsichtlich des Rohproteingehaltes lagen für die meisten Rationen bei weniger als 10 % (Abbildung 22). Alle Rationen überschritten den empfohlenen Energiegehalt von 13,4 MJ/ME.

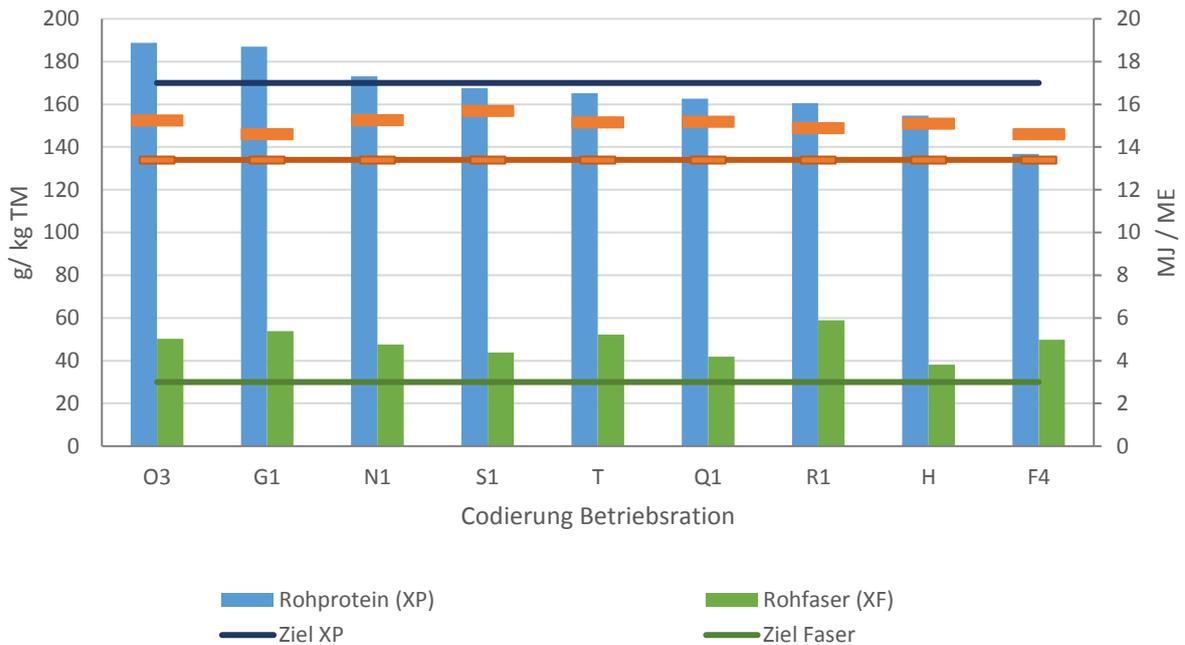


Abbildung 22: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für die Anfangsmast

Von sieben Betrieben wurden Futtrationen für Endmast Schweine analysiert. Auch in den Endmast Rationen lagen die Energiegehalte aller Mischungen über den Empfehlungen (Abbildung 23). Hinsichtlich der Eiweißversorgung gab es zwei Rationen, die um mehr als 10 % von dem empfohlenen Rohproteingehalt abwichen. Fünf Mischungen wiesen Rohproteingehalte zwischen 133 g / kg und 153 g / kg auf.

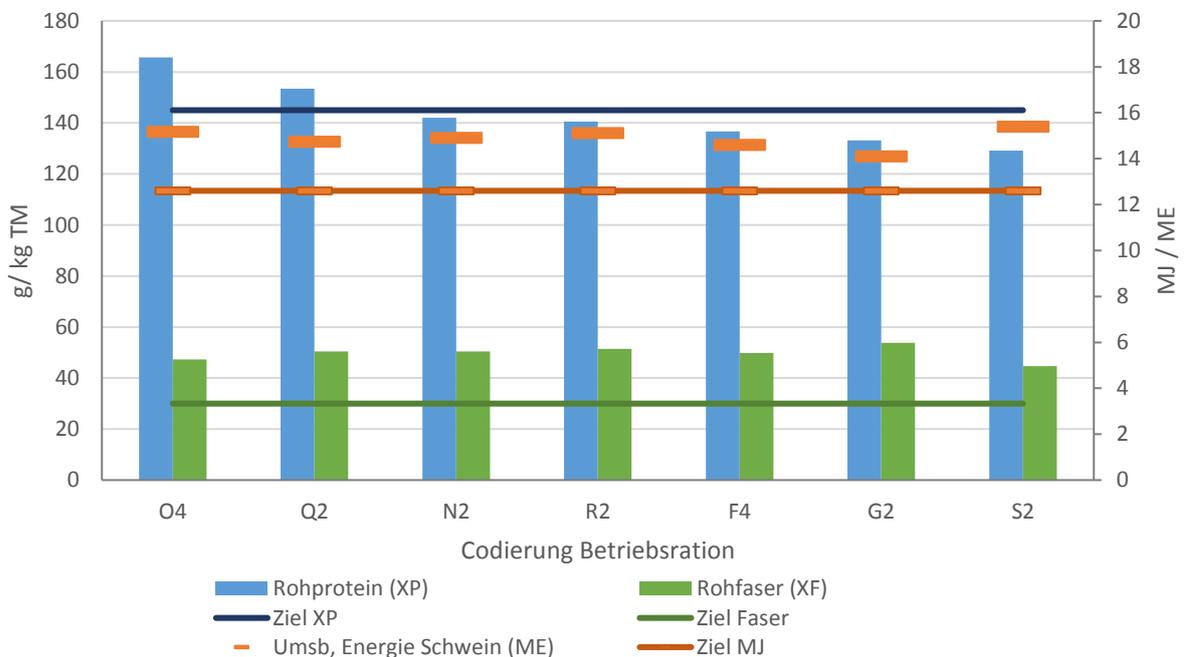


Abbildung 23: Nährstoffgehalte der Hofmischungen für die Endmast

4.13.2 Optimierte Futtrationen mit Blattmasse

Von sechs Betrieben lagen Futtrationen incl. der Mischungsrezepturen sowie Proben bzw. Nährstoffgehalte der Einzelkomponenten vor, so dass die Rationen unter Einsatz von Luzerneblattmasse hinsichtlich ihres Nährstoffgehaltes nachgebaut bzw. optimiert werden konnten.

Darunter war je eine Futtermischung für die Anfangs- und Endmast von Schweinen, drei Futtermischungen für Masthähnchen und vier Futtermischungen für Legehennen. Weil für Ferkel, Sauen und Küken sowie Mastputen keine Hofmischungen incl. Einzelkomponenten vorlagen, wurden beispielhaft Mischungen mit Blattmasse zusammengestellt

Die analysierten hofeigenen Rationen variierten beträchtlich hinsichtlich der Gehalte an Rohnährstoffen und in Relation zu den Versorgungsempfehlungen. Um die hofeigenen Rationen hinsichtlich der Gehalte an Rohprotein und Energie unter Einsatz von Blattmasse nachzubilden, wurde zwischen 10 % und 27 % der hochwertigen Blattmasse bezogen auf die Trockenmasse der Gesamtration eingesetzt (Tabelle 50). Die große Variation der Gemengeanteile der Blattmasse erklärt sich dadurch, dass sich bei den hofeigenen Futtermittelkomponenten eine große Streuung in den Nährstoffgehalten zeigte, die es zu kompensieren galt.

In allen Rationen konnte durch die Einmischung der Luzerne-Blattmasse die Versorgung mit Rohprotein im Vergleich zur beprobten hofeigenen Ration verbessert werden. Auch konnten auf der Basis der auf den Betrieben vorhandenen Einzelfuttermittel mit betriebseigenen Futterressourcen mittels Supplementierung durch Luzerne-Blattmasse Futterrationen entsprechend den Bedarfswerten für ökologisch gehaltene Tiere erstellt werden. Die Gemengeanteile aller Rationen sind im Anhang (Tabellen 4 – 17) aufgeführt.

Tabelle 50: Nährstoffgehalte und Mischungsanteile von Luzerneblattmasse von nachgebildeten Praxisrationen sowie Modellrationen

Ration	Zielwert				Hoftation				mit Blattmasse				Anteil Luzerne-Blattmasse %	
	XP	Lys	Met	MJ/ME	XP	Lys	Met	MJ/ME	XP	Lys	Met	MJ/ME		
	g/kg													
Schweine	Anfangsmast	170	9	2,8	12,6	151	8,9	2,1	13,2	170	9,4	2,8	12,6	16
	Endmast	145	7,7	2,8	12,6	145	8,3	2,2	13,2	144	8,3	2,3	12,7	12
	Ferkelstarter	220	14	3,5	14					232	14,2	3,8	13,1	16
	säugende Sauen	170	9	2,95	13					162	9,6	2,6	12,7	10
	tragende Sauen	125	6	1,9	11,5					131	7,9	2,6	11,4	12
Geflügel	Kükenstarter	220	11	5	11,5					239	10,7	5,1	11,6	21
	Masthähnchen	200	10	5,2	11,5	127	5,4	3,5	10,8	211	10,1	3,9	11,5	22
	Masthähnchen	185	8,9	5,2	11,5	182	7,1	4,4	11,2	198	8,4	4,2	11,5	15
	Masthähnchen	200	10	5,2	11,5	168	7,4	3,6	11,0	199	10,1	4,1	11,8	20
	Legehennen	150	6,5	3,8	10,5	187	7,6	4,3	10,7	155	6,9	3,3	10,5	22
	Legehennen	150	6,5	3,8	10,5	175	6,7	4,2	10,5	155	6,9	3,3	10,5	22
	Legehennen	150	6,5	3,8	10,5	143	6,7	3,6	10,5	147	7	3,7	10,5	27
	Legehennen	150	6,5	3,8	10,5	157	6,4	3,7	10,1	151	6,5	3,4	10,4	14
	Mastputen	190	9	5,2	11,8					199	10,1	4,1	11,7	20

Durch den Einsatz einer Luzerne Blattmasse mit 28 % Rohprotein konnten in verschiedenen Rationen die Mischungsanteile von Sojakuchen, Soja Extraktionsschrot, Sonnenblumenkuchen, Sesamkuchen, Rapsextraktionsschrot oder Maiskleber reduziert werden. In Abhängigkeit der Nährstoffgehalte der Hofkomponenten konnten einige Rationen nur durch den Einsatz Methionin- und Lysin-reicher Futtermittel wie Sojaprodukten oder Maiskleber so zusammengestellt werden, dass sie die Zielwerte erreichten.

4.13.3 *In vitro* praecaecale Verdaulichkeit von des Rohproteins in Futtermischungen mit Blattmasseanteil

Die Rohproteinversorgung wird neben den Gehalten an Rohnährstoffen wesentlich durch die Verdaulichkeit des Rohproteins in der jeweiligen Futterration bestimmt. Um die Auswirkung

unterschiedlicher Blattmasseanteile auf die Proteinverdaulichkeit zu prüfen, wurde die Verdaulichkeit des Rohproteins von 15 Hofrationen mit der *In vitro* Methode ermittelt. Dann wurden 30 Mischungen aus Komponenten der Hofrationen und Luzerne Blattmasse hergestellt und auch für diese Mischungen die Verdaulichkeit des Rohproteins mit der *In vitro* Methode ermittelt gemessen. In 28 von 30 Modellmischungen wurde der Rohproteingehalt der Hofmischung durch den Blattmasseanteil erhöht. In 24 Fällen war das Rohprotein besser verdaulich als in der Hofmischung. Durchschnittlich wurde in den Mischungen mit Blattmasseanteil eine um 8,8 % ($\pm 3,1$ %) verbesserte praecaecale Verdaulichkeit im *In vitro* Verfahren ermittelt.

Tabelle 51: Verdaulichkeit von Hofrationen und Modellmischungen (M) mit unterschiedlichen Blattmasseanteilen

Betrieb	Ration	Anteil BM in Ration %	XP %	in vitro pcVxp %	Betrieb	Ration	Anteil BM in Ration %	XP %	in vitro pcVxp %
G1	Hof	0	21,0	87,8	G8	Hof	0	19,2	87,8
	M 1	22	19,1	97,5		M 2	45	20,8	95,6
	M 2	25	23,0	94,9		M 1	37	21,2	95,0
G2	Hof	0	20,5	87,9	S9	Hof	0	15,9	89,1
	M 1	18	18,1	98,5		M 1	30	18,4	95,3
	M 2	20	21,5	96,3		M 2	25	20,7	95,2
G3	Hof	0	13,1	81,0	S10	Hof	0	11,5	86,6
	M 1	22	16,8	97,5		M 1	12,5	11,8	85,4
	M 2	25	19,2	96,5		M 2	33	19,8	95,2
G4	Hof	0	18,4	85,3	S11	Hof	0	11,7	87,1
	M 1	25	21,2	96,6		M 1	10	12,2	79,2
	M 2	27	21,8	96,6		M 2	21	14,9	86,3
G5	Hof	0	18,0	83,7	S12	Hof	0	13,7	89,0
	M 1	25	18,7	95,5		M 1	15	14,2	99,4
	M 2	30	20,1	94,4		M 2	21	14,9	98,8
G6	Hof	0	21,5	89,2	S13	Hof	0	18,7	89,5
	M 1	42	22,7	93,7		M 1	25	19,7	96,7
	M 2	50	24,2	85,4		M 2	25	20,2	97,5
G7	Hof	0	21,8	87,4	S14	Hof	0	13,3	86,3
	M 1	40	22,0	94,1		M 1	15	14,6	84,2
	M 2	42	22,0	94,3		M 2	23	16,7	86,2
					S15	Hof	0	15,5	88,8
						M 2	28	19,9	94,0
						M 1	25	20,4	91,7

4.14 Präsentation des Forschungsvorhabens auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin

Im Januar 2016 wurde das Projekt anlässlich der Grünen Woche auf dem Stand des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung präsentiert. Mitarbeiter des Fachgebietes und der Projektleiter konnten im Verlauf der Woche viele Gespräche mit einer breiten Palette von interessierten Personen aus diversen Stakeholder-Gruppierungen führen. Am Messestand informierten sich die Besucher über mögliche Futtermittel auf der Basis von Blattmasse. Dazu stand u.a. ein NIRS Gerät zur Demonstration der Schnellanalyse bereit. Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge und der Ergebnisse des Vorhabens wurde eine Posterserie erstellt, in der die Komplexität der Herausforderungen und das Potential zum Ausdruck kommt, das in der Diversität des Einsatzes von Rohprotein aus der Blattmasse feinsamiger Leguminosen liegt (Abbildung 24 bis 29).

Nationale Eiweißstrategie

Herausforderungen auf *Tierebene*

Sicherstellung der bedarfsgerechten Versorgung von Schweinen und Hühnern mit heimischem Eiweiß

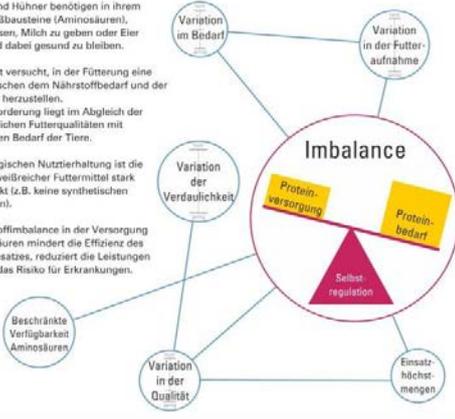


Schweine und Hühner benötigen in ihrem Futter Eiweißbausteine (Aminosäuren), um zu wachsen, Milch zu geben oder Eier zu legen und dabei gesund zu bleiben.

Der Landwirt versucht, in der Fütterung eine Balance zwischen dem Nährstoffbedarf und der -versorgung herzustellen. Die Herausforderung liegt im Abgleich der unterschiedlichen Futterqualitäten mit dem variablen Bedarf der Tiere.

In der ökologischen Nutztierhaltung ist die Auswahl eiweißreicher Futtermittel stark eingeschränkt (z.B. keine synthetischen Aminosäuren).

Eine Nährstoffimbalance in der Versorgung mit Aminosäuren mindert die Effizienz des Nährstoffeinsatzes, reduziert die Leistungen und erhöht das Risiko für Erkrankungen.



UNIKASSEL ÖKOLOGISCHE AGRAR WISSENSCHAFTEN
ptble BÖLN

Abbildung 24: Poster 1 Herausforderungen auf Tierebene

Nationale Eiweißstrategie

Lösung auf *Tierebene*

Blattmasse bietet großes Potential zum Ausgleich von Imbalancen in betriebseigenen Futterrationen



Es kommt auf die Passgenauigkeit an!



Minimumprinzip





Synergieeffekte

1+1>2

Nach dem Minimumprinzip limitiert die am wenigsten verfügbare Aminosäure das Gesamtpotential des verfügbaren Proteins.

Durch den optimierten Einsatz von Aminosäuren aus Blattmasse kann das Gesamtpotential des Futters deutlich erhöht werden.

UNIKASSEL ÖKOLOGISCHE AGRAR WISSENSCHAFTEN
ptble BÖLN

Abbildung 26: Poster 3 Lösungen auf Tierebene

Nationale Eiweißstrategie

Herausforderungen auf *Betriebsebene*

Erschließung betrieblicher Potentiale bei der Nutzung eiweißhaltiger Futterressourcen

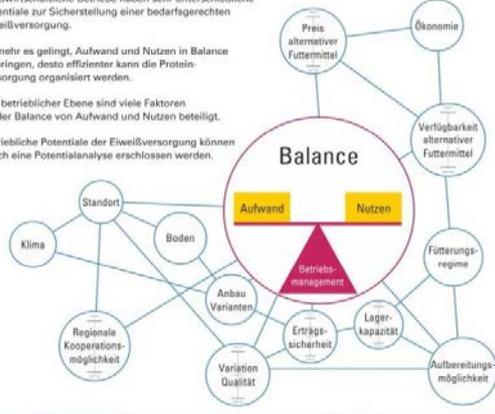


Landwirtschaftliche Betriebe haben sehr unterschiedliche Potentiale zur Sicherstellung einer bedarfsgerechten Eiweißversorgung.

Je mehr es gelingt, Aufwand und Nutzen in Balance zu bringen, desto effizienter kann die Proteinversorgung organisiert werden.

Auf betrieblicher Ebene sind viele Faktoren an der Balance von Aufwand und Nutzen beteiligt.

Betriebliche Potentiale der Eiweißversorgung können durch eine Potentialanalyse erschlossen werden.



UNIKASSEL ÖKOLOGISCHE AGRAR WISSENSCHAFTEN
ptble BÖLN

Abbildung 25: Poster 2 Herausforderungen auf Betriebsebene

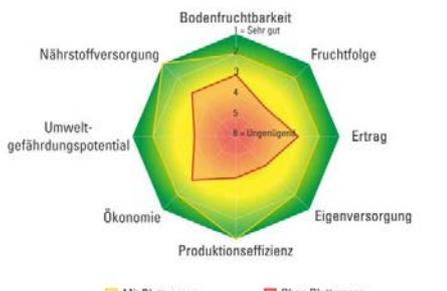
Nationale Eiweißstrategie

Lösung auf *Betriebsebene*

Feinsamige Leguminosen bieten vielfältigen Zusatznutzen in diversen Bereichen



Zusatznutzeneffekte erhöhen Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Anbau und Einsatz feinsamiger Leguminosen in der Fütterung gegenüber dem Zukauf von Eiweißergänzungsfuttermitteln



Gegenüberstellung von Zusatznutzeneffekten mit und ohne Anbau und Einsatz von Blattmasse aus betriebseigenen Leguminosen in der Fütterung von Schweinen und Geflügel.

UNIKASSEL ÖKOLOGISCHE AGRAR WISSENSCHAFTEN
ptble BÖLN

Abbildung 27: Poster 4 Lösungen auf Betriebsebene

Nationale Eiweißstrategie

Umsetzung auf Tierebene

Der Sojaanteil kann durch passgenaue Zuteilung von Blattmasse feinsamiger Leguminosen ersetzt werden



Erforderlich sind: analysieren, messen, zuteilen, kontrollieren!

Grünmehl Ganzpflanze - Luzerne

Grünmehl Blätter - Luzerne

Grünmehl Stängel - Luzerne



Kostengünstige und schnelle Analyse der Inhaltsstoffe mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

Analytisierte Komponenten für Mischfutter:
Erbsenschrot, Luzernegrünmehl, Maisschrot, Gerstenschrot, Haferschrot, Weizenschrot

Mischfutter 10% Blattmasse 20% Blattmasse 50% Blattmasse

Anteile von Blattmasse in verschiedenen Futterrationen bei vollständigem Verzicht auf Soja unter Berücksichtigung der Rohfasergehalte

Blattmasseanteil*	Blattmasseanteil*
Ferkel bis 25%	Kükenstarter 25 - 50%
Vormast bis 25%	Geflügelmast I bis 40%
Endmast bis 20%	Geflügelmast II bis 30%
Sauen trächtig bis 20%	Legehennen bis 25%
Sauen säugend bis 25%	

*20,5 % Rohproteinanteil in der Blattmasse Eigene Berechnungen (BÖLN Projekt 1102098)

UNIKASSEL VERBUND UNIVERSITÄT

ÖKOLOGISCHE AGRAR WISSENSCHAFTEN

Bundesinstitut für Landwirtschaft und Ernährung

ptble

BÖLN

Abbildung 28: Poster 5 Umsetzung auf der Tierebene

Nationale Eiweißstrategie

Umsetzung auf Betriebsebene

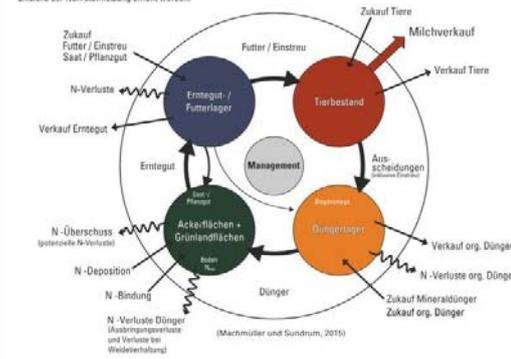
Synergien bei der Nutzung von Blattmasse erschließen sich erst durch die Steuerung der Nährstoffflüsse

Nährstoffe

Durch Steuerung des Nährstoffflusses zwischen verschiedenen Sub-Systemen des Betriebes können Verluste minimiert und die innerbetriebliche Effizienz der Nährstoffnutzung erhöht werden.

Ökonomie

Durch Minimierung von Nährstoffverlusten und Leistungssteigerungen können die Produktivität erhöht und Produktionskosten gesenkt werden.



(Machmüller und Gundrum, 2015)

Umwelt

Eine effizientere Nutzung betriebseigener und externer Nährstoffressourcen reduziert Futterrisiko und die Nährstoffausträge in die Umwelt und verbessert die Klimabilanz des Betriebes.

UNIKASSEL VERBUND UNIVERSITÄT

ÖKOLOGISCHE AGRAR WISSENSCHAFTEN

Bundesinstitut für Landwirtschaft und Ernährung

ptble

BÖLN

Abbildung 29: Poster 6 Umsetzung auf der Betriebs-ebene

5 Diskussion der Ergebnisse

Ziel dieses Vorhabens war es, die Nährstoffgehalte von verschiedenen feinsamigen Leguminosen zu ermitteln und die Einsatzmöglichkeiten in der Monogastrierfütterung durch Separierung der Blattmasse vom Stängel und unter Einbeziehung der Blattmasse in den Futterrationen aufzuzeigen.

5.1 Erträge

Luzerne

Luzerne erreichte im Durchschnitt der Versuchsjahre einen Trockenmasseertrag von 117,5 dt/ha und einen Rohproteinерtrag von 28,7 dt/ha. In Landessortenversuchen der Jahre 2012 – 2014 wurden die durchschnittlichen Trockenmasseerträge von Luzerne mit 125 dt/ha im ersten bis dritten Hauptnutzungsjahr (HNJ) angegeben (1. HNJ 81 dt/ha, 2. und 3. HNJ je 148 dt/ha), während der durchschnittliche Rohproteinерtrag bei 21 dt/ha lag (HARTMANN et al. 2015a). Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen gibt für die Jahre 2010 bis Jahr 2013 einen durchschnittlichen Trockenmasseertrag von 127 dt/ha bei einem mittleren Rohproteingehalt von 25,6 % an (BERENDONK 2014). Dagegen lagen die Trockenmasseerträge der Luzerne von LOGES (2013) bei ca. 100 dt/ha. In Relation zu den Literaturangaben wurden im Vorhaben vergleichsweise niedrigere Trockenmasseerträge erzielt. Auf der anderen Seite lagen die Rohproteinерträge höher als in den Landessortenversuchen von HARTMANN et al. (2015a), aber etwas geringer als in den Berichten der Landwirtschaftskammer NRW.

Rotklee

Rotklee erzielte im Vorhaben einen durchschnittlichen Trockenmasseertrag von 107,6 dt/ha und einen Rohproteinерtrag von 23,4 dt/ha. Aus Landessortenversuchen berichten HARTMANN et al. (2015b) von Rohproteinерträgen zwischen 113 dt/ha und 179 dt/ha sowie Rohproteinерträgen zwischen 27,4 dt/ha und 38,6 dt/ha. Auf Haus Riswick wurde im dreijährigen Mittel ein Trockenmasseertrag von 101 dt/ha bei einem Rohproteingehalt von 23,1 % erreicht (BERENDONK 2014). LOGES (2013) ermittelte für Rotklee einen Trockenmasseertrag von ca. 105 dt/ha. Die im Vorhaben gemessenen Ertragszahlen für Rotklee stimmen mit diesen Angaben weitgehend überein.

Weißklee

Im Durchschnitt der Anbaujahre wurden im vorliegenden Versuch für Weißklee Trockenmasseerträge von 68,3 dt/ha und Rohproteinерträge von 16 dt/ha realisiert. In Versuchen des Landes Sachsen (SMUL 2015) erreichte Weißklee im Mittel von drei Jahren Erträge von 46,5 dt/ha und 72,6 dt/ha im 2. HNJ. Der Rohproteinерtrag lag im Durchschnitt bei 10,7 dt/ha mit 16,2 dt/ha im 2. HNJ. LOGES (2013) erzielte bei Weißklee einen Trockenmasseertrag von ca. 75 dt/ha. Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen berichtet für die Jahre 2010 bis Jahr 2013 einen durchschnittlichen Trockenmasseertrag bei Weißklee von 58 dt/ha bei einem mittleren Rohproteingehalt von 24,5 % (BERENDONK 2014). Der im Vorhaben realisierte Trockenmasse- und Rohproteinерtrag bei Weißklee liegt innerhalb der Spannweite der Erträge in den zitierten Literaturquellen.

Inkarnatklee

Inkarnat- und Perserklee werden i.d.R. als Zwischenfrucht angebaut, so dass sich Ertragsdaten in der Literatur auf diese Nutzungsform, also die Ertragsermittlung aus einem Schnitttermin beschränken. Für Inkarnatklee als Sommerzwischenfrucht (Saat bis Ende Juli, Ernte nach 50 – 60 Tagen) werden Trockenmasseerträge von 20 – 30 dt/ha berichtet. Als Winterzwischenfrucht (Saat bis Ende September, Ernte nach 220 – 240 Tagen) werden 30 – 45 dt/ha angegeben (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER NORDDEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN 2012). RIECKMANN und MÖHRING (2003) geben für Inkarnatklee Trockenmasseerträge von 30 – 40 dt/ha und einen

Rohproteingehalt von 19,2 % an. Im hier berichteten Vorhaben erreichte Inkarnatklée einen Trockenmasseertrag von 59,4 dt/ha aus drei Schnitten. Der Hauptertrag entfiel auf den ersten Schnitt mit 29,3 dt/ha. Der Rohproteingehalt unterschied sich nur wenig zwischen den Schnitten und betrug im Mittel 21,1 %.

Perserklee

Die ARBEITSGEMEIN-SCHAFT DER NORDDEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (2012) gibt für Perserklee einen Ertrag im Zwischenfruchtanbau von 15 – 30 dt/ha an. Dieselbe Spannweite nennen auch RIECKMANN und MÖHRING (2003) und weisen einen Rohproteingehalt von 20 % in der Trockenmasse aus. Die BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2017) gibt auf Ihrer Internetseite Erträge von 15 – 20 dt/ha an. Der Trockenmasseertrag lag im vorliegenden Versuch mit 77,7 dt/ha aus drei Schnitten deutlich höher. Auch der im ersten Schnitt erreichte Trockenmasseertrag von 44,6 dt lag deutlich über den oben genannten erwartbaren Ertragsmengen. Der durchschnittliche Rohproteingehalt erreichte mit 22,7 % ebenfalls höhere Werte.

5.2 Nährstoffgehalte von Grünleguminosen

Die durchschnittlichen Rohproteingehalte der Ganzpflanzen bewegten sich in den vier Erntejahren auf einem hohen Niveau, wobei Inkarnatklée den geringsten Gehalt und Luzerne den höchsten Gehalt aufwies (siehe 4.2). Besonders auffällig war das Ausmaß der Heterogenität der Rohprotein- und Fasergehalte innerhalb der Arten. Die größte Variation, ausgedrückt durch die Standardabweichung, lag bei den Faserfraktionen NDF und ADF vor. Das Ausmaß der Variation resultiert aus der Beprobung von verschiedenen Sorten, Standorten und Schnittzeitpunkte, und vermittelt einen Eindruck von der Heterogenität der Praxisverhältnisse, auch wenn die Auswahl der Proben keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben kann. Unter dem Gesichtspunkt der Repräsentativität ist eher eine noch größere Variation in der Zusammensetzung der Ganzpflanzen zu erwarten. Der Rohfasergehalt der Pflanzen steigt im Verlauf der Vegetation immer weiter an, so dass der frühe Schnittzeitpunkt (Beginn der Knospe) den Futterwert von Leguminosen für Monogastrier erheblich beeinflusst (JÄNICKE et al. 2011). Außerdem können weitere Faktoren, wie die Versorgung der Pflanzen während der Vegetation mit den Nährstoffen Kalium und Phosphor (RODER et al. 1961) sowie Schwefel, Einfluss auf die Inhaltsstoffe und den Ertrag der geernteten Pflanzen nehmen (AULAKH et al. 1976, FISCHINGER et al. 2011, RIFFEL et al. 2015). Das Ausmaß der gefundenen Heterogenität unterstreicht die Notwendigkeit der Futteranalysen von Stichproben aus repräsentativ genommenen Sammelproben der zum Einsatz kommenden Futterchargen und widerspricht jedweder Belastbarkeit von Tabellenwerten, die daher nicht für Rationsberechnungen verwendet werden sollten.

5.3 Mehrwert durch Separierung der Blattmasse vom Stängel

In der vorliegenden Studie konnte zwischen den verschiedenen Leguminosen erhebliche Unterschiede hinsichtlich des Anteiles der Blattmasse an der Gesamtpflanze ermittelt werden. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Leguminosen in Bezug auf die Abnahme der Blattmasse in den einzelnen Schnitten. Bei Luzerne sowie Weiß- und Rotklée konnte im zweiten Schnitt ein erhöhter Blattmasseanteil festgestellt werden. Für das Nutzungspotential der Blattmasse ist maßgeblich, dass sie in der Regel eine höhere Konzentration an Rohprotein enthält als die Stängelmasse. Entsprechend ist eine Separierung der Blattmasse für die Verwendung der Leguminosen in der Monogastrierfütterung naheliegend (POPOVIC et al. 2001, SOMMER und SUNDRUM 2014, SOMMER und SUNDRUM 2015). Dies gilt allerdings nur, wenn die Mehraufwendungen für die Separierung von einer erhöhten Wertschöpfung aufgefangen bzw. Übertroffen werden.

Bei den Trockenmasseerträgen der Blattmasse konnte die Luzerne die höchsten Erträge pro Hektar erzielen. In der Blattmasse wurden Rohproteingehalte von 24,6- 28,4 % ermittelt, wobei Inkarnatklée

die geringsten und Luzerne die höchsten Gehalte aufwies. Auf der anderen Seite wurde bei der Luzerne der geringste und beim Inkarnatklée der höchste Rohfasergehalt gemessen. Die Gehalte an Stärke und Zucker sind im Vergleich zu den oben genannten Nährstoffen eher konstant geblieben. Aus den vorliegenden Ergebnissen wird ersichtlich, dass durch die Separierung der Blatt- von der Stängelmasse die Rohproteingehalte pro kg Trockenmasse deutlich erhöhen werden konnten. Gleichzeitig wurden die Rohfasergehalte deutlich abgesenkt und somit auch die Anteile, der für Monogastrier nicht enzymatisch aufzusplittenden Faserfraktionen NDF und ADF (siehe 4.2.1). Wird die Ganzpflanze der Blattmasse gegenübergestellt, enthielt Luzerne die höchsten Gehalte an essentiellen Aminosäuren in allen Proben. Auch in den Kleearten konnten die Gehalte an essentiellen Aminosäuren pro kg Trockenmasse in der Blattmasse gesteigert werden. Dennoch fanden sich in diesen Ergebnissen eine hohe Varianz in den einzelnen Proben innerhalb der Arten wieder.

Luzerne Blattmasse enthielt im Vergleich mit Ackerbohnen und Futtererbsen im Mittel der Proben geringfügig mehr Lysin und Methionin je kg TM. Die übrigen Leguminosen erreichten in der Blattmasse knapp die Vergleichswerte von Ackerbohne und Erbse, enthielten aber ebenfalls mehr Methionin (URBATZKA et al. 2017a + b, AIGNER und SCHMIDT 2017a +b, EVONIK NUTRITION & CARE GMBH 2016, LINDERMAYER et al. 2011). Der höhere Methioningehalt kommt in einem etwas günstigeren Methionin / Lysinverhältnis zum Ausdruck (vgl. Tabelle 45)

In gehäckselter Luzernesilage konnten Lysin- und Methionin Gehalte von 1,2 bzw. 0,33 % der TM nachgewiesen werden (WÜSTHOLZ et al. 2016a) und entsprechen damit den vorliegenden Ergebnissen für die Ganzpflanzen. Diese Ergebnisse stimmen in der Größenordnung auch mit den Resultaten aus vorherigen Untersuchungen überein (BEYER et al. 1977). In den Studien von BELLOF et al. (1998) und ROTH und REETS (2001) mit Kleegrasssilagen wurden jedoch deutlich geringere *In vivo* Verdaulichkeiten ermittelt.

Aus diesen Resultaten wird ersichtlich, dass der frühe Schnitzeitpunkt der Leguminosen für eine gute Verdaulichkeit für Monogastrier von maßgeblicher Bedeutung ist. Durch die Separierung der Blattmasse vom Stängel wird es möglich, Futterrationen für Monogastrier mit einheimischen Proteinquellen bedarfsgerecht und aus hundertprozentigem ökologischem Anbau zu erstellen. Für den weiteren Ausbau in der Nutzung von feinsamigen Leguminosen in der Monogastrierfütterung wäre künftig eine pflanzenzüchterische Ausrichtung auf einen hohen Blattmasseanteil wünschenswert.

5.4 Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

Die Gegenüberstellung von Ganzpflanzen und Blattmasse ergaben in Bezug auf die *In vitro*-*praecaecale* Verdaulichkeit nur geringfügige Abweichungen (siehe 4.2.2). Das Rohprotein wies Verdaulichkeiten bis zu 79 % in den Leguminosen auf. Die *In vitro* *praecaecale* Verdaulichkeit von Methionin (85-94 %) und Lysin (88-98 %) in der Blattmasse konnten als sehr hoch eingestuft werden. Demgegenüber wurden in den Untersuchungen von WÜSTHOLZ et al. (2016a) in gehäckselter Luzernesilage *In vitro* *praecaecale* Verdaulichkeiten von 65,6 % ermittelt. Aufgrund fehlender Datenbasis kann über die Hintergründe der Diskrepanzen derzeit nur spekuliert werden.

Aufgrund der vielen Einflussfaktoren (Art, Sorte, Standort und Schnitzeitpunkt) lassen sich die vorliegenden Ergebnisse nicht für eine allgemein gültige Verdaulichkeitsaussage heranziehen. Für den Einsatz von Leguminosen auf landwirtschaftlichen Betrieben ist eine einzelbetriebliche Analyse der Ernteaufwüchse zur Entscheidungsfindung für den betreffenden Landwirt unersetzlich. Nur unter diesen Voraussetzungen ist eine bedarfsangepasste Nährstoffversorgung der Tiere zu gewährleisten.

5.5 Bewertung der Umsetzbaren Energie für Schweine und Geflügel

Für feinsamige Leguminosen sind in der Literatur nur wenige Angaben zum Gehalt an umsetzbarer Energie für Schweine und Geflügel aufgeführt. So enthält die Datenbank Futtermittel (DLG 2017) für Luzerne und verschiedene Kleearten keine Energiegehalte für Schweine und Geflügel. JEROCH et al. (1993) nennen in der Futterwerttabelle für Schweine BFS- (bakteriell fermentierbare Substanz) korrigierte Energiegehalte von 6,8 MJ/kg TM für Luzernegrünmehl und 7,17 MJ/kg TM für Klee Grünmehl. Da seit 2006 bei der Schätzung der Futterenergie auf eine Bewertung der bakteriell fermentierbaren Substanz verzichtet wird, sind diese Werte jedoch nicht direkt vergleichbar. Die im Vorhaben geschätzten Energiegehalte in der Luzerne (Ganzpflanze) liegen geringfügig über dem Energieniveau, das LINDERMAYER et al. (2011) für Luzernecobs zur Verwendung in der Schweinefütterung angeben.

Für Geflügel sind nur wenige Vergleichswerte zum Energiegehalt von Futterleguminosen verfügbar. Die World's Poultry Science Association (WPSA 1989) listet in einer Futterwerttabelle für Geflügel Luzernemehl in drei Qualitätsstufen (definiert durch den Rohproteingehalt) auf und ermittelt für Luzernegrünmehl mit mehr als 21,5 % Rohprotein einen Gehalt an umsetzbarer Energie von 5,7 MJ/kg. Die in Tabelle 28 genannten Gehalte liegen deutlich über diesem Wert. Die hier ausgewerteten Luzerne Proben waren allerdings im Mittel der Ganzpflanzen durch einen geringeren Rohfasergehalt (17,2 % im Vergleich zu 25 % in der WPSA Tabelle) gekennzeichnet. In der vorliegenden Untersuchung wurde außerdem eine höhere Verdaulichkeit des Rohproteins ermittelt (79 %) als sie in der Literatur angegeben wird (67 %, WPSA 1989).

Aufgrund der Unterschiede bei den von der WPSA (1989) genannten Verdaulichkeitswerten schien die Verwendung der ebenfalls an dieser Stelle genannten Kalkulations-Faktoren zur Schätzung der umsetzbaren Energie nicht geeignet, da diese Faktoren auf den geringeren Verdaulichkeitswerten basieren. Darüber hinaus sind keine Kalkulationsfaktoren für Rotklee, Weißklee, Inkarnat- oder Perserklee verfügbar. Daher wurde die Berechnung der umsetzbaren Energie für Geflügel auf der Basis der im Vorhaben ermittelten verdaulichen Rohnährstoffe vorgenommen. Dabei handelt es sich um praecaecale Verdaulichkeiten, die im *In vitro* Verfahren analysiert wurden. Die von der WPSA veröffentlichten Koeffizienten zur Schätzung der umsetzbaren Energie auf der Basis von verdaulichem Rohprotein, verdaulichem N-freien Extraktstoffen und verdaulichem Rohfett wurden im Zusammenhang mit „scheinbaren“ (apparent) Verdaulichkeitskoeffizienten entwickelt. Diese Verdaulichkeitskoeffizienten berücksichtigen keine endogenen N-Freisetzen, welche zu höheren Stickstoffgehalten im Kot führen können. Demgegenüber treten im Rahmen der *In vitro* Verdaulichkeits-Analyse keine Verzerrungen durch endogene Verluste auf.

Weil im Vergleich der *In vitro* Methode mit dem Fütterungsversuch an Masthähnchen, die Verdaulichkeit des Rohprotein um 8,5, bzw. 13,8 Prozentpunkte niedriger eingeschätzt wurde, wurde die umsetzbare Energie zusätzlich nach der häufig verwendeten Formel für Mischfutter berechnet, für die keine Angaben zur Verdaulichkeit der Futtermittel erforderlich sind. Die Berechnung anhand der Mischfutterformel resultierte in niedrigeren Energiegehalten.

In der Zusammensetzung ihrer Nährstofffraktionen entsprechen die Grünmehle der Feinleguminosen nicht einem durchschnittlichen Mischfutter, für das diese Formel entwickelt wurde. So kann das abweichende Verhältnis der Nährstofffraktionen ebenso eine Ursache für eine unterschiedliche Energiebewertung sein wie unterschiedliche Verdaulichkeitskoeffizienten.

Abgesehen vom Perser- und Weißklee wichen die Ergebnisse der beiden Berechnungen nur geringfügig voneinander ab. Die Berechnung der Energiegehalte nach der Mischfutterformel hat den Vorteil, dass sie ohne Kenntnis der Verdaulichkeit möglich ist. Diese spezifische Eigenschaft der jeweiligen Probe bleibt so allerdings unberücksichtigt.

Die Bestimmung der Umsetzbaren Energie auf der Grundlage der für die einzelne Probe ermittelten Verdaulichkeiten reflektiert direkt die Eigenschaften der jeweiligen Probe. Trotz der möglichen Einschränkung der Anwendbarkeit der Kalkulationsfaktoren im Zusammenhang mit der im *In vitro* Verfahren ermittelten praecaecalen Verdaulichkeit, erscheint die gewählte Herangehensweise aufgrund der standardisierten Vorgehensweise gerechtfertigt. Angesichts der großen Variation, die zwischen den verschiedenen Arten und der verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten bestehen, erscheint sie auch erforderlich, um zu einer belastbaren Aussage zu den tatsächlichen Energiegehalten der Futterkomponenten beim Einsatz in der Monogastrierfütterung zu gelangen.

5.6 Vergleich *In vitro* und *In vivo* Verdaulichkeit von Rohprotein und ausgewählten essentiellen Aminosäuren

Im Vergleich der *In vitro* Methode zur Ermittlung der Verdaulichkeit mit den Ergebnissen eines Fütterungsversuches an Mastbroilern wurde durch das *In vitro* Verfahren für beide Futterrationen eine geringere Verdaulichkeit ermittelt. Für die Starter-Ration betrug der absolute Unterschied 13,8 Prozentpunkte, für die Grower-Ration waren es 8,5 Prozentpunkte.

Verantwortlich für die Abweichungen könnte die Verwendung von Pepsin und Pankreatin sein, das aus dem Gastro-Intestinaltrakt von Schweinen gewonnen wurde und bei der Inkubation der Proben nach dem Protokoll von BOISEN und FERNANDEZ (1997) verwendet wurde. Enzyme aus dem Gastro-Intestinaltrakt von Geflügel sind nicht auf dem freien Markt verfügbar und konnten daher nicht für die *In vitro* Analyse genutzt werden. Die Verdaulichkeit von Proteinen in Einzelfuttermitteln unterscheidet sich bei Schweinen und Geflügel. Insbesondere Pepsin aus unterschiedlicher Herkunft (Schwein und Huhn) führte in Abhängigkeit u.a. des pH- Wertes zu differenzierten Verdaulichkeitswerten (CREVIEU - GABRIEL et al. 1999).

Gegenüber den weitgehend standardisierten Bedingungen des *In vitro* Versuches kommen in Fütterungsversuchen Effekte eines lebenden Systems zum Tragen, dessen Prozesse zur Selbstregulation nicht vollständig bekannt sind. So nennen RITTESER und GRASHORN (2015) die Möglichkeit, dass bei marginaler Aminosäureversorgung die Verwertung der Aminosäuren im Tier gesteigert sein könnte. Dieser Effekt könnte eine Erklärung für die höhere Verdaulichkeit von Methionin und Cystin des Starterfutters im Fütterungsversuch bieten. Des Weiteren sind Ergebnisse eines *In vivo* Versuches nicht frei von tierindividuellen und umweltbedingten Einflüssen. Auch wenn eine Diskrepanz zwischen der *In vitro*-praecaecalen Verdaulichkeit und den *In vivo* ermittelten Werten bestand, sind die ermittelten Werte der Verdaulichkeit für beide Analyseverfahren dennoch als hoch einzustufen.

Die Ergebnisse des *In vitro* Versuches waren durch eine geringe Variation gekennzeichnet. Gleichzeitig erlaubt die *In vitro* Analyse eine Standardisierung des Analyseverfahrens und den Ausschluss von Verzerrungsfaktoren wie Genetik- und Umwelteinflüsse bei *in vivo* Versuchen. Die anhand des standardisierten *In vitro* Verfahren ermittelten Ergebnisse sind sehr gut reproduzierbar. Das Verfahren ermöglicht vergleichende Untersuchungen von diversen Futtermitteln, Futterchargen und Futtermischungen in großer Zahl. Aufgrund der erheblichen monetären Aufwendungen für *In vivo* Versuche, die für jede einzelne Futtermittelcharge aufgebracht werden muss, und der Notwendigkeit der Beantragung eines Tierversuches stellt das *In vitro* Verfahren eine adäquate Ersatzmethode dar.

5.7 Sortenvergleiche

Für die Luzerne sind beim Bundessortenamt insgesamt 15 Sorten zugelassen (Stand August 2016); die vier Luzernesorten, die in dieser Studie verwendet wurden, sind für die ökologische Landwirtschaft zugelassen. Der Einfluss der Sorte auf den Rohproteingehalt ist vergleichsweise gering. Maßgeblicher als die einzelne Sorte haben Pflanzenart und Pflanzenmaterial (Blattmasse oder Ganzpflanze) Einfluss auf den Rohproteingehalt.

Bei Luzerne konnten (JÄNICKE et al. 2011) im Mehrjahresvergleich zwischen verschiedenen Sorten nur zwischen den einzelnen Schnitten, nicht aber zwischen den verschiedenen Sorten, signifikante Unterschiede identifizieren. Der im Sortenvergleich ermittelte höchste Rohproteinertrag der Luzernesorte Verko deckt sich mit den Ergebnissen aus der länderübergreifenden Auswertung der Landessortenversuche aus Bayern, Hessen, Sachsen, Thüringen (2006-2008) (HARTMANN et al. 2014). Bei dieser Sorte war auch die niedrigste Standardabweichung zu beobachten. Die Futterqualitätsparameter von Luzerne werden im Wesentlichen vom Schnittzeitpunkt bestimmt. WILLNER und JÄNIKE (2005) geben im 1. Hauptnutzungsjahr einer Luzerne-Reinsaat Rohproteingehalte von 159 g/kg TM für den 1. Schnitt, 213 g/kg TM für den 2. Schnitt und 239 g/kg TM für den 3. Schnitt an. Diese Rohproteingehalte sind vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (z.B. LOGES und TAUBE 1999b). Die Schwankungsbreite des Rohproteingehaltes im 1. HNJ in der Untersuchung von WILLNER und JÄNIKE (2005) liegen jedoch zwischen 135-177 g/kg TM für den 1. Schnitt, 200-223 g/kg TM für den 2. Schnitt 210-254 g/kg TM für den 3. Schnitt. Die hier vorliegenden Rohproteingehalte der Sorten Fee, Sanditi und Verko übertreffen die bei HARTMANN et al (2013) aufgeführten Werte.

Sowohl die Rohproteingehalte als auch die Gehaltsschwankungen bei den untersuchten Rot- und Weissklee Proben liegen in einem zu erwartenden Bereich (vgl. ANONYMUS 2001, ANONYMUS 2012, MEINSEN et al. 2005). Für Inkarnat- und Perserklee können über die Vergleichbarkeit der Rohproteingehalte und Gehaltsschwankungen mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen keine Aussagen getroffen werden. Der Einsatz von Inkarnat- und Perserklee in der Nutztierfütterung spielt bislang eine untergeordnete Rolle, so dass ein Literaturvergleich zu den erarbeiteten Ergebnissen schwierig ist. Die vorliegenden Ergebnisse lassen jedoch einen stärkeren Einsatz dieser Ressource in der Fütterung sinnvoll erscheinen. Während bisherige Untersuchungen vorwiegend auf den Aspekt der Anreicherung von Bodenluftstickstoff im Betriebssystem und daraus resultierende Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit (vgl. HAAS 2003) sowie die ökonomische Situation abzielen (vgl. URBATZKA et al. 2012), fehlen Untersuchungen über eine effiziente Nutzung in der Nutztierernährung. Dazu ist es allerdings auch notwendig, die Ertragssituation zu beachten.

5.8 Variation und Potential

Die im vorliegenden Projekt untersuchten Proben wiesen ein hohes Maß an Variationen bezüglich der Nährstoffgehalte und der Verdaulichkeit auf. Anhand der vorliegenden Daten kann der jeweilige Erklärungsgehalt nicht näher beleuchtet werden. Gleichwohl können Schlussfolgerungen hinsichtlich des Umgangs mit der festgestellten Variation gezogen werden.

Zunächst gilt es hervorzuheben, dass mit der Blattmasse feinsamiger Leguminosen kein standardisiertes Eiweißfuttermittel vorliegt, das rezeptartig gegen andere Eiweißkomponenten ausgetauscht werden kann. Wie auch bei anderen Einzelfuttermitteln sind Futteranalysen zwingend erforderlich, um die tatsächlichen Nährstoffgehalte sowie die Optionen hinsichtlich der Verwendung in spezifischen Futterrationen ausloten zu können. Schließlich sind auch die Strategien zur Erschließung der heimischen Proteinquelle abhängig vom Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen. Mit der NIRS Analytik steht eine schnelle und kostengünstige Analysemöglichkeit zur Verfügung, um sich die erforderlichen Informationen zeitnah zu beschaffen. Trotz dieser Möglichkeiten machen noch viel zu wenige Landwirte von den Analysemöglichkeiten Gebrauch. Es muss unterstellt werden, dass sehr vielen Landwirten nicht hinreichend an einer bedarfsgerechten Versorgung der Nutztiere gelegen ist und auch eine effiziente Nutzung betriebseigener Ressourcen nicht im Fokus der Betriebsführung liegt.

Das Ausmaß der Variation war nicht auf die Inhaltsstoffe beschränkt, sondern umfasste auch die Gehalte an *in vitro* praecaecal verdaulichem Rohprotein. Die Ergebnisse der besten 25 % der Proben deuten das Qualitätspotential an, das in der Rohproteinerzeugung aus Blattmasse feinsamiger Leguminosen liegt. Es bleibt den Ergebnissen weiterer Untersuchungen vorbehalten, ob durch gezielte

Bestandsführung und die Wahl des Schnittzeitpunktes die Variation eingeeignet und das durchschnittliche Niveau hinsichtlich der Verdaulichkeit weiter angehoben werden kann. Eine Rohproteinverdaulichkeit von über 80 %, wie sie die besseren Proben erreichten (außer bei Rotklee), ermöglichen den Einsatz von Blattmasse als Proteinträger auch in Futtermitteln von Monogastriern, die einen hohen Anspruch an die Verdaulichkeit des Rohproteins stellen. Hier bleibt insbesondere zu prüfen, welchen Einfluss neben der Bestandsführung das Trennungsverfahren (Güte der Trennung) und die Verarbeitung (Trennung, ggf. Pelletierung) auf die Verdaulichkeit des Rohproteins haben.

5.9 Einschätzung zur Wirtschaftlichkeit der Blattmasse von feinsamigen Leguminosen als Eiweißfuttermittel

In der modellhaften Berechnung der Kosten der Blattmasseerzeugung konnten einige Kostenpositionen auf der Grundlage von KTBL Daten vorgenommen werden, während die Kosten für den Transport des Erntegutes zu einer externen Trocknungsanlage, die Kosten für die Trocknung selbst und der Wertansatz für die Stängelmasse aus anderen Quellen und Zusammenhängen hergeleitet wurden. Es wurde unterstellt, dass das Erntegut nicht auf dem Betrieb, sondern in einer externen Trocknungsanlage getrocknet wird. Das bedeutet, dass die gesamte geerntete Frischmasse zu der Trocknungsanlage transportiert werden muss. Die Transportkosten wurden in Anlehnung an die Transportkosten für Biomasse für Biogasanlagen mit 6,90 €/t Frischmasse berechnet (STROBL, 2013). MITTERLEITNER et al. (2007) errechneten für eine Entfernung von 15 km Transportkosten von 5,60 €/t Frischmasse, BOLLMANN (2012) gab bei einer Entfernung von 15 km je nach Transportverfahren Kosten zwischen 5 €/t Frischmasse (Schlepper, 40km/h und Wagen, 15 t Beladung) und ca. 2,10 €/t Frischmasse an (Transport mit LKW Sattel, 20 t Beladung).

Die Brennpunkt Energie GmbH berechnet für die Abholung von Gras zur Trocknung je Fuhre 85,00 € zuzüglich 1,50 € je gefahrenem Kilometer. Bei 15 t Beladung und einer Entfernung von 15 km (30 gefahrene Kilometer) ergibt das Kosten von 8,67 €/t Frischmasse. Die Trocknungsgenossenschaft Lamerdingen stellt für die Abholung von Schnittgut mit einem 45m³ fassenden Ladewagen 3,15 €/dt Trockengut +0,55 € je km und Fuhre in Rechnung. Je nach Trockenmassegehalt des Schnittgutes ergeben sich daraus Transportkosten zwischen 5,43 € und 10,15 € / dt Frischmasse. Während die zuletzt angeführten Kosten als Dienstleistung durch die Trocknungsgenossenschaft zu verstehen sind, beziehen sich die zuvor genannten Kosten für den Frischmassetransport für Biogasanlagen auf betriebseigene Direkt und Arbeitskosten.

Ein erheblicher Anteil der geernteten Frischmasse entfällt auf die Stängelmasse. Die Bewertung der Stängelmasse hat somit einen erheblichen Einfluss auf die Kosten für die erzeugte Blattmasse. In der hier vorgenommenen Berechnung wurde für die Stängelmasse auf der Grundlage ihrer Inhaltsstoffe wie vergleichbare Grascobs bewertet. Dies setzt voraus, dass die Stängel entweder innerbetrieblich oder überbetrieblich, beispielsweise in einer Kooperation entsprechend dieses Wertansatzes verwertet werden können. Ein Verkauf der verbleibenden Stängelmasse bedarf spezifischer Vermarktungsstrukturen, die mit entsprechenden Kosten verbunden sind. Diese Möglichkeit scheint eher in einem überbetrieblichen Szenario der Blattmasseerzeugung denkbar, in dem die Stängelmasse als Futtermittel mit sehr spezifischen Eigenschaften für besondere Einsatzzwecke vermarktet werden könnte. Luzernestängel finden Einsatz in der Fütterung von Milchvieh (Strukturwert, pansenstabiles Protein), Pferden (eiweißarm, rohfaserreich, kalziumreich) und Geflügel (Beschäftigung gegen Federpicken, Rohfaser, Farbstoff). Luzernestängel werden häufig in kleinen Gebinden für Pferde- und Geflügelhalter angeboten. Für rohfaserreiche Ware wurden in Februar 2017 Preise zwischen 936 und 2.700 €/t ermittelt. Aufgrund sehr kleiner Gebinde können diese Endverbraucherpreise allerdings nicht sinnvoll in der Modellrechnung für Blattmasseprotein angenommen werden. Sie zeigen jedoch, dass die verbleibenden Stängel keinesfalls ein „Abfallprodukt“ sind, sondern in anderen Situationen eine passgenaue Ergänzung der Fütterung darstellen und entsprechend bewertet werden können.

Der Kostenvergleich von Sojakuchen und Blattmasse zeigt sowohl das Potential der Blattmasse als auch die Komplexität der Bewertung. Dieselbe Menge an Rohprotein, Lysin oder Methionin kann in der Modellrechnung teils erheblich günstiger aus einer Blattmasse als aus Sojapresskuchen bereitgestellt werden. Aufgrund des unterschiedlichen Aminosäuremusters kann jedoch nicht einfach ein Austausch der Eiweißträger in der Mischung erfolgen. Für Tiere mit besonders hohen Ansprüchen an die Methionin Versorgung müssen ggf. weitere Eiweißkomponenten mit einem hohen Methionin Gehalt, ergänzend zur Blattmasse eingesetzt werden.

BELLOF et al. (2005) zeigten, dass bei langsam wachsenden Masthähnchen die Futtermittelaufnahme anstieg, wenn sie mit einer Ration, charakterisiert durch einen reduzierten Energie- und Aminosäuregehalt, gefüttert wurden. In dieser Studie unter ökologischen Mastbedingungen wurde in der Aufzuchtphase Energiegehalte von 11,0 MJ ME gefüttert und in der Mastphase von 11,7 MJ ME. Durch die gesteigerte Futtermittelaufnahme wurden die benötigten essentiellen Aminosäuren, trotz geringerer Rohproteingehalte von den Tieren aufgenommen und gute Mast- und Schlachtergebnisse erzielt. Zu beachten ist dabei das Verhältnis von essentiellen Aminosäuren zu dem Energiegehalt (GfE 1999). So kann für die ökologische Geflügelproduktion abgeleitet werden, dass durch die verlängerte Mastphase und den Einsatz von langsam wachsender Genetik Futtermitteln mit 20-25 % reduziertem Energiegehalt verwendet werden können (BELLOF et al. 2005).

Die Bewertung der Blattmasse erfolgte auf der Basis der gemessenen mittleren Nährstoffgehalte der Blattmasse. Die Qualität der Blattmasse hinsichtlich der wertgebenden Bestandteile wies jedoch eine erhebliche Variation auf, die durch unterschiedliche Schnittnummern, Schnittzeitpunkte, Standorte, Arten und Sorten erklärt werden können (vgl. Kapitel 5.8). Mit einer auf hohe Eiweißgehalte ausgerichteten Blattmasseerzeugung können voraussichtlich erheblich höhere Gehalte an Rohprotein erzielt werden.

Durch die in diesem Bericht aufgezeigten Analyseergebnisse können 1,5 kg Blattmasse 1 kg Sojapresskuchen ersetzen. Durch Fütterungsversuche mit optimierten Rationen, die Blattmasse enthalten, muss überprüft werden inwiefern das erhöhte Volumen von der Blattmasse im Vergleich zu dem Sojapresskuchen einen Einfluss auf die Futteraufnahme der Monogastrier hat.

Die Preiswürdigkeit der Blattmasse kann letztlich nur unter Berücksichtigung betriebsspezifischer Gegebenheiten wie den spezifischen Bedarf der Tiere und weitere Komponenten der Futtermitteln, d.h. nur kontextbezogen belastbar bewertet werden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass dabei die Qualität der verfügbaren Blattmasse von ausschlaggebender Bedeutung ist.

5.10 Entwicklung der Verdaulichkeit von Aminosäuren im Vegetationsverlauf

Zu Beginn der Pflanzenentwicklung (Aufwuchshöhe von 10 cm) lagen die Rohproteingehalte auf einem hohen Niveau (vgl. z.B. HARTMANN et al. 2014). Zum vierten Schnitttermin befanden sich die Rohproteingehalte bei Luzerne (29,9 % Rohprotein), Perserklee (27,6 % Rohprotein), und Inkarnatklee (24,6 % Rohprotein) über den in der Literatur angegebenen Durchschnittswerten (BERENDONK 2014, RIECKMANN und MÖHRING 2003). Die Ganzpflanzenproben von Rotklee (22,6 % Rohprotein) und Weißklee (25,0 %) sanken bis zum vierten Schnitttermin auf ein mit der Literatur vergleichbares Niveau (BERENDONK 2014, MEINSEN et al. 2005).

SCHEFFER und SCHMIDTKE (2017) berichten von durchschnittlichen N-Gehalten bei früh und häufig beernteten Futterleguminosen zwischen 3,6 % bei Luzerne (Mittelwert aus 6 Schnitten) und 4,4 % bei Weißklee (Mittelwert aus 11 Schnitten). Das entspricht mittleren Rohproteingehalten zwischen 22,5 % (Luzerne) und 27,5 % (Weißklee). Verglichen mit dem Rohproteingehalt, nahm der Lysingehalt bei Luzerne und Rotklee im Verlauf der vier Proentertine weniger ab, während er bei Inkarnatklee stärker absank als der Rohproteingehalt.

In der Ganzpflanze wird die Abnahme des Rohproteingehaltes im Vegetationsverlauf einerseits dadurch verursacht, dass der Aufbau an Pflanzenmasse im Wachstum die vorausseilende Stickstoffaufnahme einholt (JEROCH et al. 2008); andererseits verändert sich das Verhältnis von Blatt und Stängel im Vegetationsverlauf. Diese Entwicklung dürfte für die untersuchten Leguminosenarten unterschiedlich verlaufen. So wird bei der Betrachtung der Rohproteingehalte der Blattmasse deutlich, dass Rotklee, dessen Rohproteingehalt bezogen auf die Ganzpflanze über die vier Probezeitpunkten am stärksten absank, in den Blattmasseproben des vierten Termins nur 0,9 % weniger Rohprotein enthielt als zum ersten Schnitttermin.

Bei der Betrachtung der Abnahme des Lysingehaltes in der Blattmasse zeigte sich, dass außer bei Luzerne der Lysingehalt bei allen Leguminosen etwas stärker abnimmt als der Rohproteingehalt. Allerdings weist die Trendlinie der Regressionsgraden für die Lysingehalte der Luzerne Blattmasse nur ein geringes Bestimmtheitsmaß von 0,38 auf. Dies hat seine Ursache darin, dass die Proben des zweiten und dritten Schnitttermins entgegen dem Trend höhere Lysingehalte aufwiesen als die Probe des ersten Termins.

Analoge Ergebnisse finden sich auch bei den präcaecalen Verdaulichkeiten der essentiellen Aminosäuren. Aufgrund der geringen Menge verfügbaren Probenmaterials und der hohen Verdaulichkeit der Proben konnte die Aminosäureverdaulichkeit nur für die Proben der Ganzpflanze bestimmt werden. Zum ersten Schnittzeitpunkt wiesen alle Leguminosen eine Verdaulichkeit der essentiellen Aminosäuren von etwa 80 % auf. Bei den darauffolgenden Schnitten konnte bei allen Kleearten eine Absenkung der Verdaulichkeit von essentiellen Aminosäuren gekoppelt mit einem geringeren Rohproteingehalt festgestellt werden. Nur bei der Luzerne blieb die Verdaulichkeit insbesondere von Lysin in einer gleichbleibenden Größenordnung. Aufgrund dieser Ergebnisse kann der Luzerne eine größere Nutzungselastizität zugesprochen werden.

Aufgrund der Anlage als Gewächshausversuch haben die berichteten Ergebnisse lediglich vorläufigen Charakter. So war es nicht möglich, die Auswirkung einer Ernte in frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen auf folgende Schnitte im Jahresverlauf zu prüfen. Es konnte auch nur eine geringe Anzahl von Proben in die Auswertung einbezogen werden. Während die Pflanzenproben zu anderen Fragestellungen des Vorhabens jeweils auf 1 m² im Freiland geerntet wurden, beruhen die Ergebnisse der hier beschriebenen Auswertung für jeden Termin auf der Pflanzenmasse aus zwei Ansaattöpfen. Während einerseits im Gewächshaus optimale Aufwuchsbedingungen simuliert wurden, bedeutet die im Vergleich zu Freilandversuchen reduzierte Erntefläche, dass Unterschiede zwischen Einzelpflanzen stärker zum Tragen kommen. Ferner konnten mögliche Unterschiede zwischen früh und spät entwickelnden Sorten sowie Sorten mit unterschiedlichen Blattmasseanteilen nicht berücksichtigt werden.

Gleichwohl zeigen die Ergebnisse, dass sich durch die Wahl eines früheren Erntezeitpunktes höhere Rohprotein- und Lysin-Erträge realisieren lassen. Auch die Verdaulichkeit der Aminosäuren scheint im früheren Stadium des Pflanzenwachstums besser zu sein. Luzerne zeigte sowohl in den Proben der Ganzpflanze als auch bei den Blattmasseproben im Verlauf eine geringere Abnahme der Rohprotein- und Lysingehalte. Daraus leitet sich die Frage ab, ob es bei Luzerne weniger lohnend ist, durch die Wahl eines sehr frühen Schnitttermins auf Trockenmasseerträge zu verzichten.

Die Zeitpunkte der Beprobung waren so gewählt, dass vor dem Erreichen eines Aufwuchsstadiums, zu dem gewöhnlich ein erster Ernteschnitt erfolgen würde, bereits vier Probetermine lagen. Bei einer so frühzeitigen Ernte sind in Abhängigkeit von der Pflanzenart und ihrer Schnittverträglichkeit geringere TM Erträge zu erwarten, die im Versuch jedoch nicht ausgewertet werden konnten. SCHEFFER und SCHMIDTKE (2017) berichten bei 11-maliger Schnittnutzung von Rot- und Weißklee zur Erzeugung eines Düngemittels mit einem engen C/N Verhältnis von Trockenmasseerträgen zwischen 4 und 11 dt/ha bei 9 von 11 Schnittterminen. Die kumulierten TM Erträge addierten sich für Rotklee auf 96 dt/ha und für Weißklee auf 77,3 dt/ha. Luzerne konnte nur 6-mal beerntet werden und erreichte einen Ertrag

von 61,2 dt/ha. Im hier berichteten Vorhaben wurden mit drei Schnitten jährlich 107 dt Rotklee-, 68,3 dt Weißklee- und 117,5 dt Luzerne-Trockenmasse je Hektar geerntet. Durch die sehr frühe und häufige Nutzung des Aufwuchses im Versuch von SCHEFFER und SCHMIDTKE (2017) konnten durch häufige Nutzung nur bei Weißklee höhere Trockenmasseerträge als im vorliegenden Projekt erreicht werden. Der Vergleich der kumulierten N-Erträge mit den hier berichteten Rohproteinträgen ergibt bei 11-maliger Schnittnutzung für Weißklee einen deutlichen Mehrertrag von 5,2 dt/ha und bei Rotklee von 1,8 dt/ha. Luzerne erreichte mit 6 Schnitten 14,9 dt/ha weniger als in drei Schnitten des hier berichteten Vorhabens.

5.11 Konservierungsverluste beim Rohprotein

Um Ernteprodukte von Leguminosen möglichst über längere Zeit mit gleichbleibender Qualität lagern zu können, ist eine nahezu witterungsunabhängige Ernte (VON NORDENSKJÖLD, 1970) und eine schnelle Konservierung des Schnittgutes unabdingbar. Durch die schwierigen Witterungsverhältnisse im Erntejahr 2015 konnte dies nicht für alle geplanten Proben sichergestellt werden. Insgesamt wiesen die gesammelten Futterproben eine große Heterogenität auf. Rohproteingehalte von 14-26 % konnten im Anwelkgut und getrockneten Material nachgewiesen werden. Bei dem pelletierten Produkt waren Rohproteingehalte von 13-24 % enthalten. Auffällig war, dass die Hälfte der Ergebnisse unter 16 % Rohprotein lagen. Die Heterogenität des Ausgangsmaterials kam besonders in den Ergebnissen der Gehalte an *In vitro*-praecaecalen Verdaulichkeiten zur Geltung. Dabei fiel auf, dass bei einigen Futterproben die Rohproteingehalte konstant blieben und andere Proben einen deutlichen Verlust an Rohprotein im Verlauf der Konservierung aufwiesen. Daraus lässt sich für die landwirtschaftliche Praxis schließen, dass jede Futtermittelcharge analysiert werden sollte, da nur unter diesen Voraussetzungen eine belastungsfähige Aussage über den Futterwert für die Tiere getroffen werden kann. Die Heißlufttrocknung bietet gute Voraussetzungen für eine qualitätsvolle Konservierungsform für Monogastrier. Dabei wird dem Erntegut zur Konservierung bei 100-200°C zügig das Wasser entzogen. Allerdings können während des Trocknungsprozesses die Temperaturen an einzelnen Stellen auf bis zu 600°C erhöht werden (STEINHÖFEL 2008). Während dieses Prozesses kann es zur Maillardreaktion in den Pflanzen kommen. Die Maillardreaktion beschreibt eine Verminderung der Verdaulichkeit des enthaltenen Proteins durch starke Hitzeeinwirkungen auf das Erntegut. Dabei kommt es zur stofflichen Veränderungen im zugeführten Material, die eine enzymatische Aufspaltung durch Monogastrier verhindert (HENK und LAUBE 1968, PRYM und WEISBACH 1985, KUCINSKAS et al. 2004, GONZÁLES-VEGA et al. 2011).

5.12 Einbindung von Blattmasse in Futtrationen

Für die Optimierung der Futtrationen von landwirtschaftlichen Betrieben wurde Blattmasse mit einem Rohproteingehalt von 28 % eingesetzt. Dies entspricht einer Blattmasse mit einem durchschnittlichen Rohproteingehalt (vgl. Tabelle 10). Durch die Beimischung dieser Luzerne-Blattmasse konnte in vielen Fällen die *In vitro* praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins in Futtermischungen verbessert werden. Für die verschiedenen Tierarten und Altersklassen konnte ein Blattmasseanteil von 10-27 % bezogen auf die Trockenmasse der Gesamtration eingemischt werden. Die große Varianz der Gemengeanteile von der Blattmasse kam durch die sehr differenzierte Ausgangslage in den verschiedenen Futtrationen aus der landwirtschaftlichen Praxis zustande. Die Analyse betriebseigener Futtermischungen ergab, dass die Nährstoff- und Energiegehalte der Futtrationen sehr heterogen ausfielen. Während einige Betriebe Rationen sehr nah an den Versorgungsempfehlungen, teils durch den Einsatz vielfältiger Einzelkomponenten, realisierten, wiesen andere Rationen deutliche Abweichungen von den angestrebten Gehalten an Energie und/oder Rohprotein auf. Hofeigene Einzelkomponenten, bzw. Nährstoffanalysen der Komponenten lagen nicht in allen Fällen vor. Bei den vorliegenden Komponenten wurden teilweise erhebliche Unterschiede in

den Nährstoffgehalten gleichartiger Futtermittel ermittelt. Für eine Optimierung von Futtrationen im Hinblick auf Bedarfsdeckung ist es daher von ausschlaggebender Bedeutung, die Nährstoffgehalte der Einzelkomponenten analytisch zu ermitteln, da Tabellenwerte keinen hinreichend belastbaren Informationen beinhalten.

Beachtlich ist, dass in alle Futtrationen durch Verwendung der Blattmasse die Rohproteinversorgung der Tiere im Vergleich zu der hofeigenen Futtermischung verbessert werden konnte. Es konnten Rationen erstellt werden, die den Empfehlungen für ökologisch wirtschaftende Betriebe entsprachen. Zur Definition der Zielwerte in den Rationen wurden wissenschaftliche Studien (GRASHORN und CLOSTERMANN 2002, BELLOF et al. 2005) und Erfahrungen aus der Beratungspraxis der Verbände herangezogen.

Fütterungsversuche mit Legehennen zeigten, dass 10-20 % der Trockenmasseaufnahme durch gehäckselte Luzernesilage realisiert werden konnten (WÜSTHOLZ et al. 2016b). Mit dieser Fütterung wurden die Leistungsparameter der Legehennen nicht negativ beeinflusst. In Fütterungsversuchen mit Mastbroilern konnten diese Ergebnisse bekräftigt werden. Mastbroiler, die Luzernesilage vorgelegt bekamen, nahmen pro kg Lebensgewicht 20 % mehr Energie auf und wiesen folglich das höchste Schlachtgewicht der verschiedenen Versuchsgruppen auf. Es konnte eine Trockenmasseaufnahme bis zu 30 % erzielt werden, wenn gleichzeitig ein, auf die Fütterung angepasstes Konzentrat, mit hohem Energie- und niedrigem Proteingehalt gefüttert wurde (WÜSTHOLZ et al. 2016c).

In Zukunft könnte durch den Einsatz von feinsamigen Leguminosen importierte Proteinträger substituiert und der Anbau von einheimischen Proteinträgern gesteigert werden. Daraus könnten sich Synergieeffekte für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb ergeben, die von dem positiven Vorfruchtwert der Leguminosen über das Leitziel: Fütterung aus Einhundert Prozent ökologischen Anbau sowie eine bedarfsgerechte Proteinversorgung der Nutztiere in allen Altersstufen erstreckt. Zusätzlich ist eine weitere Wertschöpfung für die Praxisbetriebe denkbar, in dem diese die Leguminosen, die nicht für die Tierernährung verwendet werden, in neue Märkte für ein hochwertiges Leguminosen-Blattmasse-Produkt absetzen könnten. Des Weiteren wurden bei den Schlachtkörpern der Mastbroiler Qualitätsparameter, die für die Humanernährung von Bedeutung sind positiv beeinflusst. Im Fleisch konnte ein höherer Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFAs) nachgewiesen werden und die Farbintensität wurde verbessert, ohne die sensorischen Eigenschaften negativ zu beeinflussen (WÜSTHOLZ et al. 2016d). Diese Kriterien könnten Möglichkeiten aufzeigen, das Fleisch von Mastbroilern, die mit Luzernesilage gefüttert worden sind, auf dem Markt als Produkt mit einem gesundheitlichen Nutzen zu positionieren.

6 Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse

Im Forschungsvorhaben konnte erstmals das Nutzungspotential von feinsamigen Leguminosen als Proteinquelle für Monogastrier umfänglich untersucht und eingeschätzt werden. Mit der Blattmasse feinsamiger Leguminosen kann eine regionale Ressource erschlossen werden, die einen relevanten Beitrag zur Deckung des Proteinbedarfs in der Ernährung ökologisch gehaltener Monogastrier leisten kann. Insbesondere das stufen- und schrittweise Vorgehen offenbarte die Potentiale bezogen auf die Erträge an Biomasse und an wertgebenden Inhaltsstoffen bis hin zu den *In vitro*-praececal verdaulichen Aminosäuren. Gleichzeitig brachte die Stufenfolge in den Analyseschritten die große Variabilität zwischen den Proben in Abhängigkeit von diversen Einflussfaktoren zum Vorschein. Die besten Viertel der Proben jeder Leguminosenart erreichten Rohproteingehalte zwischen 25 % und 34 %. Im *In vitro* Verfahren wurde für diese qualitativ hochwertigen Blattmasseproben eine praececale Verdaulichkeit zwischen 82 % und 89 % ermittelt. Solch hochwertige Komponenten ermöglichen auch den Einsatz als Proteinträger in Rationen für anspruchsvollen Tiergruppen wie Küken und Ferkel. Durch die Planung des Erntezeitpunktes kann gezielt Einfluss auf den Rohproteingehalt und die Verdaulichkeit genommen werden. Dabei nehmen die wertgebenden Bestandteile bei Luzerne im Wachstumsverlauf weniger schnell ab als bei den untersuchten Kleearten.

In einer Modellierung der Wirtschaftlichkeit ergaben sich für Rohprotein aus der Blattmasse von Leguminosen deutliche Kostenvorteile gegenüber Soja Presskuchen aus ökologischer Erzeugung. Die Nutzung feinsamiger Leguminosen in der Fütterung von Schweinen und Geflügel kann somit einen Beitrag zur besseren Wertschöpfung aus betriebseigenen Ressourcen leisten. Auch im Zwischenfruchtanbau können Inkarnat- und Perserklee relevante Eiweißerträge liefern.

Für die Verwendbarkeit der Ergebnisse des Vorhabens hat die Variation der Nährstoffgehalte und der Verdaulichkeit verschiedene Implikationen. So haben die Ergebnisse gezeigt, dass aus der Kenntnis von einzelnen Faktoren (z.B. Schnittnummer, Art) keine belastbaren Vorhersagen zu den wertgebenden Inhaltsstoffen abgeleitet werden können. Um ein gutes Verhältnis von Aufwand und Nutzen bei der Verfügbarmachung der heimischen Proteinressource zu erreichen, sind bei den jeweiligen Chargen, die zur Weiterverarbeitung vorgesehen sind, Nährstoffanalysen, ggf. ergänzt um die Analyse der *In vitro*-Verdaulichkeit, erforderlich. Erst auf diese Weise lässt sich das Nutzungspotential der Blattmasse in Abhängigkeit von den Ausgangsmengen und -qualitäten im jeweiligen Kontext angemessen abschätzen und effizient verwerten. Dabei sind sowohl die Anforderungen und Prozesse auf der Tierebene als auch auf der Betriebsebene zu berücksichtigen, um über Synergieeffekte zwischen kostengünstiger Erzeugung wertvoller Futterkomponenten und effizienter Nutzung in der Fütterung das Potential zu erschließen. Durch die Etablierung der NIRS Analytik für verschiedene Arten feinsamiger Leguminosen und deren Fraktionen sowie die Möglichkeit der *In vitro* Analyse der Verdaulichkeit stehen nunmehr kostengünstige Analysemethoden zur Verfügung.

Weitere Potentialanalysen auf unterschiedlichen Betrieben wären eine probate Vorgehensweise, um das Nutzungspotential weiter zu konkretisieren. Schon jetzt kann aus den bisher vorliegenden Ergebnissen geschlussfolgert werden, dass mit den feinsamigen Leguminosen ein geeigneter heimischer Proteinträger für die Versorgung von Monogastrier vorliegt, der bei weiteren Entwicklungen und Optimierungen hinsichtlich der Nutzbarmachung den Einsatz von importierten Proteinträgern weitgehend ersetzen kann.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Zu den Zielen des Forschungsvorhabens gehörten:

- die Ermittlung der Nährstoffgehalte von Grünleguminosen,
- die Überprüfung eines potentiellen Mehrwertes durch Separierung der Blattmasse,
- die Ermittlung der praecaecalen Verdaulichkeit von Blattmasse im Vergleich zur Ganzpflanze,
- der Vergleich von *In vitro*- und *In vivo*-Verdaulichkeit essentieller Aminosäuren am Beispiel von Mastbroilern,
- die Entwicklung eines Ertragszuwachsmodells für verfügbare essentielle Aminosäuren,
- die Analyse des Erzeugungspotentials für Grünmehle,
- die Überprüfung des Einflusses der Konservierung von feinsamigen Leguminosen,
- die Einbindung von Blattmasse in Futterationen,
- die Präsentation des Vorhabens auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin,
- die Durchführung eines Praxis-Workshop.s

Im Projektverlauf konnten die geplanten Ziele weitgehend erreicht werden. Es wurden diverse Reinsaatbestände von Luzerne (*Medicago sativa*), Rotklee (*Trifolium pratense*), Weißklee (*Trifolium repens*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum*) beprobt. Insgesamt wurden im Projektverlauf ca. 250 Pflanzenproben geerntet, in Blatt- und Stängelmasse separiert und der jeweilige Nährstoffgehalt sowie die Verdaulichkeit bestimmt. Wesentliche Voraussetzung zur Analyse einer so großen Zahl von Proben war die Entwicklung und Etablierung einer NIRS-Kalibration für die Bestimmung der Weender Rohnährstoffe, NDF, ADF und von Stärke. Auf diese Weise konnte der großen Variabilität in der Zusammensetzung der jeweiligen Proben durch eine korrespondierende Zahl von Analysen begegnet werden. Die Analysen von feinsamigen Leguminosen sind in dieser Form bislang noch nicht durchgeführt worden und wären allein mit der nass-chemischen Analyse nicht leistbar gewesen.

Das Trockengut wurde in Blatt- und Stängelfraktion getrennt und die Gehalte und die Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren der Blattmasse sowie der Ganzpflanze analysiert und miteinander verglichen. Die Bestimmung der Aminosäuremuster der Proben erfolgt mittels Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie (HPLC) im Labor von Frank Gutjahr Chromatographie. Auf der Grundlage der Ergebnisse konnte eine NIRS-Kalibration entwickelt werden. Allerdings zeigte sich, dass die Bestimmung der schwefelhaltigen Aminosäuren mittels saurer Hydrolyse ohne vorherige Oxidation zu einer Fehlinterpretation der Ergebnisse geführt hat, weil dadurch diese instabilen Aminosäuren teilweise zerstört wurden. Durch Einführung eines zusätzlichen Oxidationsschritts vor der sauren Hydrolyse konnten bei zusätzlichen Proben die schwefelhaltigen Aminosäuren bestimmt und die NIRS- Kalibration entsprechend erweitert werden.

Die Verdaulichkeit der Blattmasse wurde mit einem modifizierten *In vitro*-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997) bestimmt. Anhand des Vergleiches der Verdaulichkeit von Luzerneblattmasse *In vitro* und *In vivo* (Projekt: „Bestimmung praecaecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast“, Prof. Dr. Grashorn, Universität Hohenheim FKZ: 11OE070) konnte die Aussagefähigkeit des *In vitro*-Verfahrens geprüft und geklärt werden, in wie weit *In vitro*-Verfahren zur Bestimmung der praecaecalen Eiweißverdaulichkeit herangezogen werden können. Bei der Anwendung des *In vivo* Modells wurden im Vergleich zur *In vitro*-Methode tendenziell höhere Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren nachgewiesen. Trotz gewissen Abweichungen zwischen den Ergebnissen des *In vitro*- mit denen des *In vivo*-Verfahrens ist die *In vitro*-Methode als ein standardisiertes Verfahren anders als das *In vivo* Verfahren durchaus geeignet, eine Vielzahl unterschiedlicher Einzelfuttermittel schnell und kostengünstig zu analysieren und mit guten

Einschätzungen hinsichtlich der Verdaulichkeit des Probenmaterials miteinander zu vergleichen und daraus eine Priorisierung hinsichtlich der jeweiligen Vorzüglichkeit vorzunehmen.

Die Entwicklung der Rohprotein- und Aminosäuregehalte im Wachstumsverlauf der feinsamigen Leguminosen wurde in einem Gewächshausversuch ermittelt. Der Gehalt an Rohprotein sowie an essentiellen Aminosäuren nahm mit zunehmender Wuchshöhe und damit mit fortschreitender Pflanzenentwicklung ab. Während alle fünf Arten zu Beginn einen ähnlich hohen Rohprotein- und Lysingehalt aufwiesen, wurden diese Gehalte bei der Luzerne mit zunehmendem Wuchs im Vergleich zu den übrigen Arten deutlich weniger reduziert.

Auf der Basis der im Vorhaben ermittelten Ertragsleistungen und Nährstoffgehalte sowie Kennzahlen der Kosten- und Leistungsrechnung wurde eine Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Blattmasse feinsamiger Leguminosen als Eiweißkomponente modelliert. Rohprotein aus der Blattmasse feinsamiger Leguminosen stellte sich teilweise deutlich günstiger als Rohprotein aus Bio-Soja-Presskuchen dar.

Die Einbindung von Blattmasse in Futtermischungen konnte anhand von neun Praxisrationen für Schweine und Geflügel modelliert werden. Dabei kam für alle Rationen dieselbe Luzerne-Blattmasse mit einem Rohproteingehalt von 28 % zum Einsatz. Unter Verwendung von Blattmasse wurden, teilweise ergänzt durch weitere Eiweißkomponenten, diverse bedarfsgerechte Rationen für Schweine und Geflügel berechnet. Der Einsatz von Blattmasse als Futterkomponente in Mischung mit hofeigenen Komponenten wirkte sich trotz geringfügig erhöhter Rohfasergehalte i.d.R. positiv auf die Verdaulichkeit des Rohproteins in den Mischungen aus.

Durch die Präsentation des Projektes anlässlich der Grünen Woche am Stand des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung konnten Ergebnisse des Vorhabens sowie die praxisbezogene Forschungsförderung des Bundesprogramms einer breiten Öffentlichkeit präsentiert werden.

Einige der gesteckten Ziele konnten im Projektverlauf nicht erreicht werden. So war eine Analyse des Erzeugungspotentials für Grünmehle auf die Modellierung der Erzeugungskosten von Blattmasse beschränkt. Es war nicht möglich, die Kapazitäten der Blattmasseerzeugung auf der Ebene der Futtermittelerzeuger und -verarbeiter abzubilden, da nur sechs Trocknungsgenossenschaften zur Zusammenarbeit bereit waren. Auf dieser Basis konnte keine valide Ermittlung der Trocknungskapazitäten erfolgen. Eine Zusammenarbeit mit dem Vorhaben 028OE001 zum Abgleich der Berechnung der Kosten-Nutzen Relation kam trotz mehrmaliger Absprachen leider nicht zustande.

Auch die Untersuchungen zur Auswirkung der Konservierungsschritte auf den Gehalt an Rohprotein und verdaulichem Rohprotein konnten nicht im vollen Umfang realisiert werden. Abweichend von der Planung wurden nur von acht Trocknungsgenossenschaften Proben bereitgestellt. Teilweise wurde dies von den Trocknungsgenossenschaften mit witterungsbedingten Engpässen in der Ernte von Luzerne begründet. Aus logistischen Gründen musste auf die Probenahme beim Mähen verzichtet und die Probenahmen nach dem Anwelken und beim Abladen in die Trocknungsanlage zusammengelegt werden. Die verfügbaren Proben wurden hinsichtlich des Gehalts an Rohprotein und praecaecal verdaulichem Rohprotein analysiert. Die entsprechenden Auswertungen auf der Ebene der essentiellen Aminosäuren konnten dagegen nicht durchgeführt werden, da die entwickelte NIRS-Kalibration nicht auf die gesammelten Proben angewendet werden konnte. Aus diesem Grund wurde an dieser Stelle die Auswertung nicht weiter fortgesetzt.

Ferner konnte der geplante Feldversuch zum Vergleich von schonender Trocknung bei 60°C, der Trocknung bei 200°C und einem Silierversuch nicht durchgeführt werden. Bei den Praxisversuchen hatte sich herausgestellt, dass in den verwendeten Trommeltrocknern eine Temperatur von über 700°C verwendet wird, der das zu trocknende Material kurze Zeit ausgesetzt ist. Umso weiter das Material in der Trocknungstrommel vorangeschoben wird, umso mehr kühlt es ab. Diese Trocknungsvariante konnte mit den im Labor für Tierernährung und Tiergesundheit zur Verfügung

stehenden Methoden nicht nachgebildet werden. Die Silierversuche waren nicht erfolgreich, weil das einsilierte Material mit Schimmel durchsetzt war.

Die zum Abschluss des Projektes vorgesehenen Praxisworkshops für Berater und Praktiker der Geflügel- sowie Schweinehaltung mussten angesichts der zu geringen Teilnehmerzahl (5 verbindliche Anmeldungen) zunächst abgesagt werden, sollen jedoch zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt werden.

7.1 Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Voraussetzung für die Nutzbarmachung der Blattmasse feinsamiger Leguminosen ist die Entwicklung kostengünstiger Verfahren zur Separierung und werterhaltenden Konservierung und Aufbereitung der Blattmasse. Neben der Evaluierung der Möglichkeiten überregionaler Erfassung und Verarbeitung sollte künftig auch das Potential dezentraler Lösungen, beispielsweise durch Kooperationen, untersucht werden.

Um das Potential beim Einsatz von Blattmasse als heimischen Proteinträger auch unter ökonomischen Prämissen ausschöpfen zu können, ist gleichzeitig eine sinnvolle Nutzung der anfallenden Stängelmasse (Abbildung 30) anzustreben. Hier sind weitere Untersuchungen zu den Einsatzmöglichkeiten und den wertbestimmenden Bestandteilen und deren Nutzungsoptionen erforderlich.

Der Anbau feinsamiger Leguminosen zur Gewinnung hochwertiger Blattmasse als Proteinträger für die Ernährung von Monogastrier erfordert voraussichtlich eine andere Bestandführung und Verwertungsstrategie als die Erzeugung hoher Trockenmasseerträge, wie sie beispielsweise für die Wiederkäuerfütterung angestrebt wird. Aus pflanzenbaulicher Sicht sind daher Fragen zur Optimierung der Bestandführung zur vorrangigen Gewinnung von Blattmasse zu formulieren und zu bearbeiten.

Neben der Erzeugungs- und Einsatzmöglichkeit auf einzelbetrieblicher Ebene sollten Erzeugungs- und Einsatzmöglichkeiten im Zusammenhang mit überbetrieblichen Kooperationen näher untersucht werden. Der Einsatz eines Futtermittels auf Blattmassebasis in der betrieblichen Praxis ist weitaus komplexer als der Austausch von Einzelkomponenten in Futtermitteln. Um für Einzelbetriebe praxistaugliche Empfehlungen aussprechen zu können, sollte ein strukturiertes Beratungskonzept entwickelt werden. Darüber hinaus ist es erforderlich, die Kosten-Nutzen-Relationen bei der Umsetzung diverser Fütterungsstrategien in der landwirtschaftlichen Praxis der ökologischen und konventionellen Geflügel- und Schweinehaltung genauer einzuschätzen.



Abbildung 30: Unterschiedliche Grünmehle von Stängelmasse

8 Zusammenfassung

Feinsamige Leguminosen wie Luzerne und diverse Kleearten sind ertragreiche heimische Proteinpflanzen, deren Nutzung durch Monogastrier unter anderem ein hoher Faseranteil in der Ganzpflanze entgegensteht. Angesichts zu erwartender Unterschiede in den Nährstoffzusammensetzungen zwischen Blatt- und Stängelmasse stellte sich die Frage, ob durch eine Separierung der Blattmasse vom Stängel eine Proteinressource verfügbar wird, die auch für die Versorgung von Monogastriern genutzt werden kann. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in mehrstufigen Schritten diverse Aspekte untersucht, um das Nutzungspotential besser einschätzen zu können.

Zunächst wurden Ertragspotentiale von feinsamigen Leguminosen in Abhängigkeit von Pflanzenart, Standort, Sorte und Schnittnutzung ermittelt. Aus der Trennung der Blattmasse vom Stängel resultierten Einschätzungen zum Verhältnis der Blattmasse zur Stängelmasse in Abhängigkeit von diversen Einflussfaktoren. Durch umfassende nass-chemische Analysen der verschiedenen Nährstofffraktionen in der Blattmasse und der Ganzpflanze und durch parallel durchgeführte Scans mittels der Nah-Infrarot-Spektroskopie konnten Kalibrationsgleichungen erstellt werden. Dadurch konnte die Zahl der Probenanalysen maßgeblich erweitert werden. Ferner wurde eine Methode zur Bestimmung der *In vitro*-Verdaulichkeit von Futtermitteln im Labor des Fachgebietes etabliert, um die *In vitro*-praececale Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren bestimmen und damit eine möglichst realitätsnahe Einschätzung zum Futterwert der Blattmasse abgeben zu können. Ausgehend von den Gehalten an Rohnährstoffen sowie der jeweiligen Verdaulichkeit wurde die Umsetzbare Energie in den Ganzpflanzen und den Blattmasseproben für Schweine und Geflügel ermittelt. Neben den im Mittelpunkt der Untersuchung stehenden Proteinqualitäten konnten so auch die für Futterrationenberechnungen erforderlichen Energiegehalte bewertet werden. Insbesondere für den Einsatz bei Geflügel lagen hierzu bislang nur wenige Angaben in der Literatur vor. Untersuchungen zum Vergleich der Ergebnisse des *In vitro*-Verfahrens mit einem *In vivo*-Verfahren sowie Untersuchungen zur Beeinflussung des Futterwertes der Blattmasse durch das Trocknungsverfahren ergänzten die Untersuchungen weiterer Einflussfaktoren auf das Nutzungspotential der Blattmasse. Die Einsatzmöglichkeiten der Blattmasse in der landwirtschaftlichen Praxis wurden durch die Berechnung von Futterrationen auf der Grundlage von Praxismischungen und den dort verwendeten Hofkomponenten geprüft. Die Auswirkung der Zumischung von Blattmasse auf die Proteinverdaulichkeit wurde durch Analysen mit Hilfe des *In vitro*-Verfahrens bestimmt. Die Erzeugungskosten von Blattmasse wurden auf der Basis von Kennzahlen der Kosten-Leistungsrechnung sowie der im Vorhaben ermittelten Rohproteinträge geschätzt.

Die Rohproteinträge pro Fläche von feinsamigen Leguminosen unterschieden sich beträchtlich zwischen den Pflanzenarten. Im Projektverlauf konnten insgesamt 250 Ganzpflanzenproben von Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee hinsichtlich ihrer Nährstoff- und Fasergehalte analysiert werden. Die mittleren Rohproteingehalte der Ganzpflanzenproben der Grünleguminosen lagen zwischen 21,1 % und 24,4 % mit dem höchsten mittleren Gehalt bei Luzerne und dem niedrigsten Gehalt bei Inkarnatklee. Die Variation innerhalb der Pflanzenarten trat insbesondere bei den Fasergehalten aber auch bei den Rohproteingehalten in Erscheinung. So lag bei Luzerne die Spannweite zwischen 18,0 und 32,5 % Rohprotein.

Analoge Variationsbreiten lagen bei der Blattmasse vor. Es wurden mittlere Rohproteingehalte zwischen 18,4 % (Inkarnatklee) und 28,3 % (Luzerne) gemessen. Im Durchschnitt wurde in der Blattmasse 3,6 Prozentpunkte mehr Rohprotein und 3,6% weniger Rohfaser ermittelt als in der Ganzpflanze, jedoch mit großen Schwankungen zwischen und innerhalb der Arten. Im besten Viertel der Proben konnten Rohproteingehalte zwischen 27,5 % (Weißklee) und 33,9 % (Luzerne) ermittelt werden. Diese Rohproteingehalte konnten durch einen frühzeitigen Schnitt des Pflanzenmaterials erreicht werden. Mit fortschreitender Pflanzenentwicklung sank der Gehalt an verdaulichen

Aminosäuren bei allen untersuchten Grünleguminosen. Bei Luzerne war die Verminderung der wertgebenden Inhaltsstoffe jedoch weniger ausgeprägt als bei den Kleearten.

Der Gehalt an Lysin in der Blattmasse der Leguminosen erreichte im Durchschnitt knapp die in der Literatur genannten Gehalte von Ackerbohne und Erbse, bei im Mittel geringfügig höheren Methionin Gehalten. Dies wird in einem besseren Methionin/Lysin Verhältnis der Blattmasse im Vergleich mit Ackerbohne und Erbse deutlich.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch Separierung der Blatt- von der Stängelmasse der Futterwert der Blattmasse deutlich aufgewertet werden kann. Die Blattmasse weist gegenüber der Stängelmasse höhere Rohprotein- und Energiegehalte und gleichzeitig reduzierte Faseranteile auf. Die mittels *In vitro*-Verfahren bestimmte praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren ist dadurch erhöht. Entsprechend wird die Verfügbarkeit von essentiellen Aminosäuren in der Blattmasse gegenüber der Nutzung der Ganzpflanze signifikant gesteigert.

Allerdings bestehen große Unterschiede in den Nährstoff- und Energiegehalten zwischen den Pflanzenarten, den verschiedenen Schnittnutzungen und Konservierungsverfahren. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren, welche die Ertragsmengen und die Inhaltsstoffe als auch die Anteile an hochwertige Nährstoffkomponenten in der separierten Blattmasse beeinflussen, lassen sich aus Durchschnittswerten kaum hinreichend belastbare Aussagen zum tatsächlichen Futterwert des jeweiligen Erntegutes ableiten. Die im Forschungsvorhaben aufgezeigte große Variation der Nährstoff- und Energiegehalte von Ganzpflanzen sowie von der separierten Blattmasse legen den Schluss nahe, dass der Rückgriff auf Tabellenwerte keine hinreichend belastbaren Informationen bereithält, um einen zielgerichteten Einsatz von Blattmasse in der landwirtschaftlichen Praxis zu befördern. Vielmehr sind die Analysen von repräsentativ gezogenen Sammelproben erforderlich, um das Nutzungspotential von Blattmasse im jeweiligen Kontext der Nutzung angemessen abschätzen und unter Berücksichtigung von Aufwand und Nutzen kostengünstig verwertbar machen zu können.

Bei der Berücksichtigung einer hochwertigen Blattmasse wurden in Abhängigkeit von den vorhandenen Futterkomponenten in Futtermischungen für Geflügel und Schweine zwischen 10 % (Ration säugende Sauen) und 27 % (Ration Legehennen) bezogen auf die Trockenmasse der Gesamtration eingesetzt. In allen Rationen konnte durch die Einmischung der Luzerne-Blattmasse die Versorgung mit Rohprotein im Vergleich zur beprobten hofeigenen Futtermischung verbessert werden. Auch konnten auf der Basis der auf den Betrieben vorhandenen Einzelfuttermittel mittels Supplementierung durch Luzerne-Blattmasse Futtermischungen entsprechend den Versorgungsempfehlungen für ökologisch gehaltene Tiere erstellt werden. Durch den Einsatz von Luzerne-Blattmasse konnte die Proteinverdaulichkeit in den meisten Rationen verbessert werden. Die Größenordnungen der Rationsanteile von Blattmasse in den modifizierten Futtermischungen, mit denen die Praxisrationen aufgewertet werden konnten, zeigen das Nutzungspotential der Blattmasse und ihre vielseitigen Einsatzmöglichkeiten. Anders als bei Körnerleguminosen sind bei der Blattmasse von feinsamigen Leguminosen keine antinutritiven Faktoren bekannt, welche die Einsatzmengen begrenzen. Allerdings bedarf es der Durchführung von Fütterungsversuchen, um die Verträglichkeit hoher Blattmasseanteile zu prüfen.

Die Konkurrenzfähigkeit des hinlänglich verfügbaren heimischen Proteinträgers wird nicht allein vom Proteingehalt der gewonnenen Blattmasse bestimmt. Relevant sind sowohl der realisierte Ertrag an praecaecal verdaulichen essentiellen Aminosäuren pro Fläche als auch die Kosten der Aufbereitung sowie die Verwertung der Stängelmasse. Die Einschätzungen zu den Erzeugungskosten von Blattmasse ergaben für die Blattmasse der untersuchten Feinleguminosen bezogen auf die Kosten je kg Rohprotein einen deutlichen Kostenvorteil von 50 % bis 70 % gegenüber ökologisch erzeugtem Soja-Presskuchen. Selbst ohne Wertansatz für die verbleibende Stängelmasse war Rohprotein aus der Blattmasse der feinsamigen Leguminosen zwischen 20 % und 35 % günstiger als Rohprotein aus ökologisch erzeugtem Soja-Presskuchen. Auch im Vergleich der Kosten je kg Lysin und Methionin

bleiben die Blattmassen vorteilhaft, wenn auch der Aminosäuren äquivalente Austausch von Sojakuchen gegen Blattmasse durch anderer Faktoren (u.a. geringerer Energie- und höherer Rohfasergehalt) limitiert ist.

Im Vergleich der Ertragsleistungen der feinsamigen Leguminosen mit den Erträgen von Futtererbsen und Ackerbohnen aus Sortenversuchen konnten insbesondere durch Luzerne und Rotklee deutlich höhere Rohprotein- und Lysin-Erträge je Hektar realisiert werden.

Die große Variabilität in den Ertragsmengen pro Fläche in Abhängigkeit von Pflanzenart, Sorte, Standort und Schnittnutzung sowie die Variabilität im Gehalt an den wertgebenden Inhaltsstoffen erfordert eine Abkehr von der Vorstellung von Blattmasse als eine proteinreiche Einheitsware analog z.B. zur Sojabohne. Vielmehr basiert die Erschließung des Nutzungspotentials von Blattmasse auf der Realisierung von Synergieeffekten und auf eine Abstimmung zwischen der Erzeugung und der Nutzung dieser Proteinressource. Dies erfordert eine prozessorientierte, den jeweiligen Kontext berücksichtigende Vorgehensweise. Die einzelnen Prozessschritte sollten auf einer möglichst umfassenden Quantifizierung der Ertragsmengen und der erzielten Inhaltsstoffe der Zwischenprodukte basieren, um Kosten-Nutzen-Abwägungen bereits im Gewinnungsprozess durchführen und die hinsichtlich der Inhaltsstoffe variationsreichen Blatt- und Stängelmassen in die jeweils am besten geeigneten Nutzungszusammenhänge einspeisen zu können.

Es wird geschlussfolgert, dass Blattmasse ein hochwertiger heimischer Proteinträger ist, der in Futtermitteln für Geflügel und Schweine in allen Produktionsabschnitten zu vergleichsweise hohen Anteilen eingesetzt werden kann und dadurch importierte Proteinträger weitgehend zu ersetzen vermag.

9 Literatur

- AIGNER, A., SCHMIDT, M. (2017a): Versuchsergebnisse aus Bayern 2016 Körnererbsen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, <http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=71421> [06.06.2017].
- AIGNER, A., SCHMIDT, M. (2017b): Versuchsergebnisse aus Bayern 2016 Ackerbohnen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, <http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=71963> [06.06.2017].
- ANONYMUS (2001): Versuchsbericht Landessortenversuch für Weißklee, Hayn. Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt.
- ANONYMUS (2012): Landessortenversuche in Thüringen. Luzerne und Rotklee. Versuchsbericht 2008 – 2011. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Grünland und Futterbau.
- ARBEITS-GEMEINSCHAFT DER NORDDEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (2012): Zwischenfrüchte für Futternutzung und Gründüngung, Hinweise zur Artenwahl, Nutzungsmöglichkeiten und Anbauverfahren. URL: <https://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/16684.html>.
- AULAKH, M.S., DEV, G., ARORA, B.R. (1976): Effect of sulphur fertilization on the nitrogen-sulphur relationships in alfalfa (*Medicago sativa* L. Pers.), *Plant and Soil*, 45 (1), 75-80.
- BARTEL-KRATOCHVIL, R. (2005): Bio & Regional – zwei logische Partner, Vortrag im Rahmen der Konsumenten-Produzenten Tagung "Bio + Regional = Optimal", Bio Vorarlberg, 19. November 2005, Bildungshaus St. Arbogast, Götzis, http://orgprints.org/14940/1/3_Manuskript_Bio%26Regional_Kopra2005.pdf.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2017a): Perserklee – *Trifolium resupinatum* L. (engl.: persian clover). URL www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/022560/ [06.06.2017].
- BECKMANN, E. (1998): Zum Wert von *Vicia Sativa* L. und *Trifolium Resupinatum* L. unter variierenden Bedingungen im Zwischenfruchtanbau. Dissertation, Univ. Giessen.
- BELLOF, G. (2013): Heimische Sojaprodukte in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere. Abgerufen von www.sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Fuetterungsfibel/soja_fuetterungsfibel.pdf.
- BELLOF, G., GAUL, C., FISCHER, K., LINDERMAYER, H. (1998): Der Einsatz von Grassilage in der Schweinemast, *Züchtungskunde*, 70 (5), 372-388.
- BELLOF, G., SCHMIDT E., RISTIC, M. (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 69 (6), 252-260.
- BERENDONK, C. (2014): Erfolgreicher Luzerneanbau 2013. Hrsg. Landwirtschaftskammer NRW. URL: https://www.landwirtschaftskammer.de/riswick/pdf/erfolgreicher_luzerneanbau_2013.pdf.
- BERGERON, R., BOLDUC, J., RAMONET, Y., MEUNIER-SALAÜN, M.C., ROBERT, S. (2000): Feeding motivation and stereotypies in pregnant sows fed increasing levels of fibre and/or food, *Applied Animal Behaviour Science*, 70 (1), 27-40.
- BEYER, M., CHUDY, A., HOFFMANN, B., HOFFMANN, L., JENTSCH, W., LAUBE, W., NEHRING, K., SCHIEMANN, R. (1977): Das DDR-Futterbewertungssystem, Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs für Fütterung und Futterplanung mit einer Anleitung zu ihrem Gebrauch, 4. unveränderte Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 122-123 und 146-147.
- BINDELLE, J., BULDGEN, A., LETERME, P. (2008): Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review, *Base (en ligne)*, 12, 69-80.
- BOISEN, S. AND J.A. FERNANDEZ (1997): Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by In vitro analyses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68:277-286.
- BOLLMANN, C. (2012): Sachgerechte Kalkulation der Ernte- u. Transportkosten für Biogassubstrate. Präsentation KWS. www.kws.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaajvrim [letzter Aufruf: 28.02.2017].
- BRENNPUNKT ENERGIE (2016): Allgäuer Trocknungs-Magazin, Das Informationsblatt für den cleveren Landwirt, Ausgabe 1/2016, <http://www.brennpunkt-energie.com/schmid/web.nsf/gfx/Trocknungsmagazin.pdf?file/Trocknungsmagazin.pdf> [zuletzt abgerufen 01.03.2017].
- BUXTON, D.R. and J.R. RUSSELL (1988): Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. *Crop Sci.* 28, 553-558.
- CANDEK-POTOKAR, M., ZLENDER B., LEFAUCHEUR, L., BONNEAU, M. (1998): Effect of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs, *Meat Science*, 48 (3-4), 287-300.
- CARLSON, D., LÆRKE, H.N., POULSEN, H.D., JØRGENSEN, H. (1999): Roughages for Growing pigs, with Emphasis on Chemical Composition, Ingestion and Faecal Digestibility, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science*, 49 (3), 129-136.

- CARLSSON, G., HUSS-DANEL, K. (2003): Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field, *Plant and Soil*, 253 (2), 353-372.
- CASTELL, A.G., CLIPLEF, R.L., POSTE-FLYNN, L.M., BUTLER, G. (1994): Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine:energy ratio, *Canadian Journal of Animal Science*, 74(3), 519-528.
- CASTELLINI, C., MUGNAI, C., DAL BOSCO, A. (2002): Effect of organic production systems on broiler carcass and meat quality, *Meat Science*, 60 (3), 219-225.
- CHIBA, L.I., LEWIS, A.J., PEO JR., E.R. (1991): Amino Acid and Energy Interrelationships in Pigs Weighing 20 to 50 Kilograms: Weight and Efficiency of Weight Gain, *Journal of Animal Science*, 69 (2), 694-707.
- CLARK, E. AND WISEMAN, J. (2005): Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya bean meals on true and apparent ileal digestibility of amino acids and pancreas size in broiler chicks. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 121, S. 125-138.
- CREVIEU-GABRIEL, I, GOMEZ, J., CAFFIN, J.P., CARRE, B. (1999): Comparison of pig and chicken pepsins for protein hydrolysis. *Reprod. Nutr. Devel* 39(4): 443-454.
- DAMME, K. (2004): Ökologische Hähnchenmast – Perspektive 100 % Biozucht und Fütterung, *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach*, 43 (165), 223-228.
- DE LEEUW, J.A., BOLHUIS, J.E., BOSCH, G., GERRITS, W.J.J. (2008): Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs, Symposium on 'Behavioural nutrition and energy balance in the young', *Proceedings of the Nutrition Society*, 67, 334-342.
- DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2015/2017): Datenbank Futtermittel, <http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (18.09.2015, 26.06.2017).
- DOURMAD, J.Y., SÈVE, B., LATIMIER, P., BOISEN, S., FERNÁNDEZ, J., VAN DER PEET-SCHWERING, C., JONGBLOED, A.W. (1999): Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark, *Livestock Production Science*, 58 (3), 261-264.
- EBERT, U., BERK, A. (2013): Buntblühende Wintererbsen in der Schweinefütterung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus, Abschlussbericht Projekte 2811 NA 036 und 2811 NA 059, http://orgprints.org/25293/1/25293-11NA036-059-fli-koen-2013-ebert-berk-wintererbsen-ferkel_fuetterung.pdf (15.04.14).
- EVONIK NUTRITION & CARE GmbH (2016): AMINODat® 5.0.
- FANATICO, A. (2010): Organic Poultry Production: Providing Adequate Methionine, A publication of ATTRA – National Sustainable Agricultural Information Service, <https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=336> (17.09.2015).
- FREUDENBERGER FELDSAATEN (2017): Kleesaaten, URL: <http://www.freudenberger.net/aussaatkalender-kee.html> [14.01.2017].
- FISCHINGER, S.A., BECKER, K., LEITHOLD, G. (2011): Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N-Flächenertrag eines Luzerne-Kleegrasbestandes. In: LEITHOLD, G., BECKER, K., BROCK, C., FISCHINGER, S., SPIEGEL, A.-K., SPORY, K., WILBOIS, K.-P., WILLIGES, U. (Hrsg.), *Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen*, 15.-18. März 2011, Band 1: Boden, Pflanze, Umwelt, Lebensmittel und Produktqualität, 183-184.
- FRICK, R., MOSIMANN, E., AEBI, P., SUTER, D. und HIRSCHI, H. (2013): Alexandriner- und Inkarnatklée: Ergebnisse der Sortenversuche 2010 bis 2012, *Agrarforschung Schweiz*, 4(6), 296 – 301.
- FRÜH B., B. SCHLATTER, A. ISENSEE, V. MAURER AND H. WILLER (2015): Report on organic protein availability and demand in Europe. *Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Switzerland*.
- FUJITA, K., OFUSO-BUDU, K.G. UND OGATA, S. (1992): Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems, *Plant and Soil*, 141 (1), 155-175.
- GAWEL, E., GRZELAK, M. (2012): The effect of a protein-xanthophyll concentrate from alfalfa (phytobiotic) on animal production – a current review, *Annals of Animal Science*, 12 (3), 281-289.
- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GONZÁLEZ-VEGA, J.C., KIM, B.G., HTOO, J.K., LEMME, A., STEIN, H.H. (2011): Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs, *Journal of Animal Science* 89 (11), 3617-3625.
- GRASHORN M. und CLOSTERMANN G. (2002): Mast- und Schlachtleistung von Broilerherkünften für die Extensivmast. *Arch. Geflügelk.* 2002, 66 (4), 173-181, ISSN 0003-9098. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.

- HAAS, G. (2003): Leistungsfähigkeit von Winter-Zwischenfrucht- Leguminosen. Beitrag präsentiert bei der Konferenz 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau "Ökologischer Landbau der Zukunft", Wien, 24 - 26.2.2003, Seite(n) 515-516. Universität für Bodenkultur Wien - Institut für ökologischen Landbau.
- HANSEN, L.L., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., JENSEN, S.K., ANDERSEN, H.J. (2006): Effect of organic pig production systems on performance and meat quality, *Meat Science* 74 (4), 605-615.
- HARMS, R.H., DAMRON, B.L., SIMPSON, C. F. (1977): Effect of Wet Litter and Supplemental Biotin and/or Whey on the Production of Foot Pad Dermatitis in Broilers, *Poultry Science*, 56 (1), 291-296.
- HARTMANN, S., BÖHM, C. und SCHULZE S. (2013): Cetera und Fleetwood zwei neue Luzernesorten aus dem bayerischen Genpool. 57. Jahrestagung der AGGF 2013 in Triesdorf: Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau; Potenziale, Chancen und Risiken.
- HARTMANN, S., ECKL, T., H. HEGNER, H., NEFF, R., PROBST, M. SCHMIDT, M., STEFFEN, E. und WOJTKE, E. (2014): Ergebnisse aus Feldversuchen Luzerne 2006 – 2008. Herausgeber: Ländergruppe Mitte Süd.
- HARTMANN, S., ECKL, T., H. HEGNER, H., PROBST, M., SCHMIDT, M., KINERT, C., PROBST, M., WOSNITZA, A. UND WURTH, W. (2015a): Ergebnisse aus Feldversuchen Luzerne 2012 – 2014. Herausgeber: Ländergruppe Mitte Süd.
- HARTMANN, S., ECKL, T., H. HEGNER, H., SCHMIDT, M., KINERT, C., PREDIGER, G., WOSNITZA, A. UND WURTH, W. (2015b): Ergebnisse aus Feldversuchen Rotklee 2014. Herausgeber: Ländergruppe Mitte Süd.
- HENK und LAUBE (1968): Untersuchungen zur Heißlufttrocknung von Grünfutter. Pages 385-394 | Received 14 Jun 1968, Published online: 25 Sep 2009, <http://dx.doi.org/10.1080/17450396909424536>.
- HETLAND, H., SVIHUS, B. (2001): Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens, *British Poultry Science*, 42 (3), 354-361.
- HETLAND, H., CHOCT, M., SVIHUS, B. (2004): Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition, *World's Poultry Science Journal*, 60 (4), 415-422.
- HEYLAND, K.U. (1996): Spezieller Pflanzenbau, 7. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- HOY, S., BRAUNER, J., HICKL, E., GOßMANN, J., LUTTERMANN, C., RUETZ, M. (2015): Möglichkeiten zur Verminderung von Technopathien beim Schwein, *Praktische Tierarzt*, 96 (5), 508-512.
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) (2014): Information on the EU organic regulation and action plan proposals, http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/page/files/ifoameu_reg_regulationproposal_201403_media_briefing_.pdf (14.09.15).
- JÄNICKE, H. (2004): Luzernesilierung – Ergebnisse und Empfehlungen in M-V, in: Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Beiträge zur Tierproduktion, Aufzucht, Fütterung, Haltung und Gesundheit von Milchkühen, Heft 31, Teil 2, S. 39-45, http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content_downloads/Hefte/Heft_31/Teil2.pdf (18.05.2016).
- JÄNIKE, H. (2011): Grobfutter- und Substraterzeugung, in: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, DLG e.V. (HRSG.), 8. Vollständig überarbeitete Auflage, DLGVerlags-GmbH, Frankfurt.
- JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (2008): Ernährung Landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage, Verlag Eugen Ulmer.
- JEROCH, H. FLACHOWSKY, G. UND F. WEIßBACH (1993): Futtermittelkunde, Gustav Fischer Verlag.
- JIANG, J. F., X. M. SONG, X. HUANG, J. L. WU, W. D. ZHOU, H. C. ZHENG, and Y. Q. JIANG (2012): Effects of alfalfa meal on carcass quality and fat metabolism of Muscovy ducks. *Br. Poult. Sci.* 53:681–688.
- JØRGENSEN, H., ZHAO, X.-Q., BACH KNUDSEN, K.E., EGGUM, B.O. (1996): The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens, *British Journal of Nutrition*, 75 (3), 379-395.
- JUNG, R. (2003): Stickstofffixierungsleistung von Luzerne, Rotklee und persischem Klee in Reinsaat und in Gemenge mit Poaceen. Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Univ. Göttingen.
- KALLABIS, K.E., KAUFMANN, O. (2012): Effect of a high-fibre diet on the feeding behaviour of fattening pigs, *Archiv Tierzucht*, 55 (3), 272-284.
- KALMENDAL, R., ELWINGER, K., HOLM, L., TAUSON, R. (2011): High-fibre sunflower cake affects small intestine digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*, 52 (1), 86-96.
- KALMENDAL, R., WALL, H. (2012): Effects of high oil and fibre diet and supplementary rough-age on performance, injurious pecking and foraging activities in two layer hybrids, *British Poultry Science*, 53 (2), 153-161.
- KARSTEN, H.D., PATTERSON, P.H., STOUT, R., CREWS, G. (2010): Vitamins A, E and fatty acid composition of the eggs of caged hens and pastured hens, *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (Special Issue 1), 45-54.

- KERR, B.J., SHURSON, G.C. (2013): Strategies to improve fiber utilization in swine, *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 (11), 1-12.
- KOLBE, H. (2006): Fruchtfolgegestaltung im ökologischen und extensive Landbau: Bewertung von Vorfruchtwirkungen, *Pflanzenbauwissenschaften*, 10 (2), 82-89.
- KÜHNE, S., LUDWIG, T., ULBER, B., DÖRING, A., SAUCKE, H., WEDEMEYER, R., BÖHM, H., IVENS, B., ULRICH, E. (2013): Schädlingsregulierung im ökologischen Winterrapsanbau, Abschlussbericht zum Verbundvorhaben mit den Projekten Julius-Kühn-Institut (JKI), Institut für Strategien und Folgenabschätzung (FKZ 06OE050), Universität Göttingen (FKZ 06OE351), Universität Kassel-(FKZ 06OE352), Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau (FKZ 06 OE350), Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (KÖN), <http://orgprints.org/22515/> (18.05.2016).
- KUCINSKAS, A., DÄNICKE, S., V. LENGERKEN, J. (2004): Lysinverfügbarkeit von Tiermehlen für Broiler, *Archiv für Geflügelkunde*, 68 (2), 71-76.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (2016). Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau, URL: <http://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html> [15.01.2017].
- LATSHAW, J.D. (2008): Daily energy intake of broiler chickens is altered by proximate nutrient content and form of the diet. *Poultry Science*, 87(1), 89-95.
- LE, P.D., AARNINK, A.J.A., JONGBLOED, A.W. (2009): Odour and ammonia emission from pig manure as affected by dietary crude protein level, *Livestock Science*, 121(2-3), 267-274.
- LEEK, A. B. G., HAYES, E.T., CURRAN, T. P., CALLAN, J. J., BEATTIE, V.E., DODD, V. A., O'DOHERTY, J. V. (2004): The influence of manure composition on emissions of odour and ammonia from finishing pigs fed different concentrations of dietary crude protein, *Bioresource Technology*, 98 (18), 3431-3439.
- LEIBER F., T. GELENCSE, A. STAMER, Z. AMSLER, J. WOHLFAHRT, B. FRÜH, V. MAURER (2015): Insect and legume-based protein sources to replace soybean cake in an organic broiler diet: Effect on growth performance and physical meat quality. *Renewable Agriculture and Food Systems*, online.
- LINDBERG, J.E. UND C. ANDERSSON (1998): The nutritive value of barley-based diets with forage meal inclusion for growing pigs based on total tract digestibility and nitrogen utilization. *Livest. Prod. Sci.* 56, 43-52.
- LINDBERG, J. E. (2014): Fiber effects in nutrition and gut health in pigs, *Animal Science and Biotechnology*, 5 (1).
- LINDERMAYER, H., PROBSTMEIER, G., PREISSINGER, W, PIERINGER, E. (2011): Fütterungsfibel Ökologische Schweinehaltung. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). URL: www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_34976.pdf.
- LINDERMAYER, H., PREISSINGER, W., PROPSTMEIER, G. (2011): Schweinefütterung mit heimischen Eiweißfuttermitteln, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) URL: www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_39080.pdf [06.06.2017].
- LODWIG, E.M., HOSIE, A.H.F., BOURDÈS, A., FINDLAY, K., ALLAWAY, D., KARUNAKARAN, R., DOWNIE, J.A. UND POOLE, P.S. (2003): Amino-acid cycling drives nitrogen fixation in the legume-Rhizobium symbiosis, *Nature*, 422 (6933), 722-726.
- LOGES, R. (2013): Leguminosen im Futterbau: Aktuelle und zukünftige Bedeutung sowie Forschungsbedarf. In AGGF - Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau Potenziale, Chancen und Risiken, 57. Jahrestagung der AGGF.
- LOGES, R. und F. TAUBE (1999a): Ertrag und N₂-Fixierungsleistung unterschiedlich bewirtschafteter Futterleguminosenbestände. In: HOFMANN, HEIDE und S. MÜLLER (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 101-104.
- LOGES, R. und F. TAUBE (1999b): Ertrag und Futterqualität von Rotklee und Luzerne als Reinsaat sowie im Gemenge mit Gräsern. In: HOFMANN, HEIDE und S. MÜLLER (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 101-104.
- LOPEZ-BOTE, C.J., SANZ ARIAS, R., REY, A.I., CASTAÑO, A., ISABEL, B., THOS, J. (1998): Effect of free-range feeding on n-3 fatty acid and α -tocopherol content and oxidative stability of eggs, *Animal Feed Science and Technology*, 72 (1-2), 33-40.
- LOPOTZ, H.-G. (1996): Biologische N₂-Fixierung von Klee-Reinbeständen und Klee-Gras-Gemengen unter besonderer Berücksichtigung der N-Nachlieferung des Bodens. Diss. Bonn.
- MAURER V., M. HOLINGER, Z. AMSLER, B. FRÜH, J. WOHLFAHRT, A. STAMER, F. LEIBER (2015): Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015 online.
- MEINSEN, C., STERZ, L. und DITMANN, L. (2005): Dynamik der Futterqualität von Rotklee-Grasgemengen in Abhängigkeit von der Sortenwahl und dem Graspartner. 49. Jahrestagung, 25.-27. August 2005. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005, Band 7. Seite 111-114.

- MEUNIER-SALAÜN, M.C., EDWARDS, S.A., ROBERT, S. (2001): Effect of dietary fibre on the behaviour and health of the restricted fed sow, *Animal feed science and technology*, 90 (1-2), 53-69.
- MITTERLEITNER, H., SCHILCHER, A. UND DEMMEL, M. (2007): Konzepte zur Reduzierung der Kosten beim Transport von nachwachsenden Rohstoffen für Biogasanlagen. In Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), LfL-Information NawaRo-Transport. www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_28561.pdf [28.02.2017].
- NAUMANN und BASSLER (1988): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik: Methodenbuch. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln mit 1. und 2. Ergänzungslieferung, Grundwerk, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- NUSSBAUM, H. (2011): Schmutz, in: Dlg e.V. (Hrsg.), *Praxishandbuch Futter- und Substrat-konservierung*, 8. Vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags- GmbH, Frankfurt.
- OAKENFULL, D., SIDHU, G.S. (1990): Could saponins be a useful treatment for hypocholesterolaemia? *European Journal of Clinical Nutrition*, 44 (1), 79-88.
- PEDERSEN, M.A., THAMSBORG, S.M., FISKER, C., RANVIG, H., CHRISTENSEN, J.P. (2003): New Production Systems: Evaluation of Organic Broiler Production in Denmark, *The Journal of Applied Poultry Research*, 12 (4), 493-508.
- PHILLIPS, D. (1980): Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes, *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 29-49.
- PÖLLINGER, A., NEUPER, C., ROHRER, F. (2013): Technische Möglichkeiten zur Reduktion der Feldverluste bei der Grünlandernte, in: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.), *Fachtagung für biologische Landwirtschaft, Grünlandbasierte BIO-Rinderhaltung, Ergebnisse aus Forschung und Umsetzung*, ISBN: 978-3-902559-97-5, 129-132, http://orgprints.org/24616/1/4b_2013_tagungsband_gesamt.pdf (18.05.2016).
- POND, W.G., JUNG, H.G., VAREL, V.H. (1987): Effect of Dietary Fiber on Young Adult Genetically Lean, Obese and Contemporary Pigs: Body Weight, Carcass Measurements, Organ Weights and Digesta Content, *Journal of Animal Science*, 66 (3), 699-706.
- POPOVIC, S., M. STJEPANOVIC, S. GRLJUSIC, T. CUPIC und M. TUCAK (2001): Protein and fibre contents in alfalfa leaves and stems. In Delgado I. (ed.), Lloveras, J. (ed.). *Quality in lucerne and medics for animal production = Qualité de la luzerne et des medics pour la production animale*. Zaragoza (Spain): CIHEAM-IAMZ, 2001. p. 215-218.
- PORTEJOIE, S., DOURMAD, J.Y., MARTINEZ, J. UND LEBRETON, Y. (2004): Effect of lowering die-tary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs, *Livestock Production Science*, 91 (1-2), 45-55.
- PRYM und WEISBACH (1985): Analytische Möglichkeiten zur Kennzeichnung des Rückganges der Proteinverdaulichkeit bei der Heißlufttrocknung von Grünfütter, *Archiv für Tierernährung*, 35 (7), 515-526.
- RIECKMANN, C. UND MÖBIUS, N. (2003): Nachhaltiger Ackerbau mit Zwischenfrüchten. URL: www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm?file=178,ACF389~pdf [06.06.2017].
- RIFFEL, A., BECKER, K., LEITHOLD, G. (2015): Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Kleegrassbestand im 2. Hauptnutzungsjahr, in: HÄRING, A.M., B. HÖRNING, R. HOFFMANN-BAHNSEN, H. LULEY, V. LUTHRHARDT, J. PAPE, G. TREI (Hrsg.), *Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung*, Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Eberswalde 17. – 20. März 2015, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- RITTESER, C. und GRASHORN, M. (2015): Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast, Anschlussbericht zu Vorhaben 11OE070. <http://orgprints.org/29363> [14.06.2017].
- RODEHUTSCORD M., M. KAPOCIUS, R. TIMMLER AND A. DIEKMANN (2004): Linear Regression approach to study amino acids digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science* 45, 85-92.
- RODER, W. (1961): Die Luzerne – unser wichtigster Eiweißlieferant, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- ROSENFELDER P., M. EKLUND, R. MOSENTHIN (2013): Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition. A review. *Animal Feed Science and Technology* 185, 3-4/2013, S. 107–125.
- ROSENFELDER P., R. MOSENTHIN, H.K. SPINDLER, H. JØRGENSEN, K.E. BACH KNUDSEN, N. SAUER, J.K. HTOO, M. EKLUND (2015): Standardized ileal digestibility of amino acids in eight genotypes of soft winter wheat fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 93, 1133–1144.
- ROTH, F.X., REENTS, H.J. (2001): Futterwert von frischem und siliertem Kleegrass aus ökologischem Anbau für Mastschweine, in: Reents, H.J. (Hrsg.), *Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, 6.-8. März 2001, Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin.

- RUDOLPH, G., GEßL, R., STARK, H. (2011): Praxisversuch zur Verfütterung von Kleesilage und Luzernegrünmehl an Bioschweine, in: LEITHOLD, G.; BECKER, K.; BROCK, C.; FISCH-INGER, S.; SPIEGEL, A.-K.; SPORY, K.; WILBOIS, K.-P., WILLIGES, U. (Hrsg.), Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Band 2: Tierproduktion, Sozioökonomie, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- SAUTER, G. J., KIRCHMEIER, H., NEUHAUSER, H. (2002): Ernte von Luzernenheu mittels Schwadwendeverfahren, *Landtechnik*, 57 (4), 202-203.
- SAPPOK, M., W. PELIKAAN, M. VERSTEGEN and A. SUNDRUM (2009): Assessing fibre-rich feedstuffs in pig nutrition – comparison of methods and their implications. *J. of the Science of Food and Agriculture* 89:2541-2550.
- SCHAACK, D., RAMPOLD, C., WILLER, H., RIPPIN, M., VON KOERBER, H. (2011): Analyse der Entwicklung des ausländischen Angebots bei Bioprodukten mit Relevanz für den deutschen Biomarkt, Schlussbericht Projektnummer 09OE065 im Rahmen des Programms des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau, http://www.ami-informiert.de/fileadmin/redaktion/bio_daten/importdaten/ Schlussbericht_Bioimporte.pdf [15.09.15].
- SCHEFFER, S. und SCHMIDTKE, K. (2017): Entwicklung und Erprobung eines neuartigen, aus dem ökologischen Landbau stammenden stickstoffreichen Düngemittels für den ökologischen Gemüsebau. Abschlussbericht zu Vorhaben 11OE109, <http://orgprints.org/31177/> [15.06.2017].
- SCHUBIGER, F. X., H.-R. BOSSHARD UND J. LEHMANN (1998): Futterwert von Rotklee. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau. Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich.
- SCHUMACHER, U., FIDELAK, C., KOOPMANN, R., WEIßMANN, F., SNIGULA, J., BRÜGGEMANN, R.; NAATJES, M., SIMONEIT, C., BENDER, S. (2011): Wissenstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100% Biofütterung Monogastrier, Gemeinsamer Abschlussbericht des Verbundprojekts, <http://orgprints.org/25088/1/25088-10OE088-bioland-schumacher-2011-wissenstandanalyse-tiergesundheit.pdf> [15.09.2015].
- SCHMIDTKE, K. (1999): N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. In: HOFMANN, HEIDE und S. MÜLLER (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau „Vom Rand zur Mitte“, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 101-104.
- SEN, S., MAKKAR, H. P., BECKER, K. (1998): Alfalfa Saponins and Their Implication in Animal Nutrition, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46 (1), 131-140.
- SIBBALD, I.R., WOLYNETZ, M.S. (1987): Effects of Dietary Fat Level and Lysine: Energy Ratio on Energy Utilization and Tissue Synthesis by Broiler Chicks, *Poultry Science*, 66 (11), 1788-1797.
- SIMON, S., VOGT-KAUTE, W. (2014): 100-Prozent-Biofütterung: theoretisch ja, praktisch schwierig, *Ökologie & Landbau*, 170 (2), 12-14.
- SMUL - SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2015): Prüfung der regionalen Anbaueignung von Weißklee, 2012 – 2014, Wertprüfung in Kombination LSV, Weißklee WKL. URL: www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/WKL16_1_12_2015.pdf.
- SOMMER H., A. SUNDRUM (2014): Amino acids in the leaf mass of alfalfa and various clover species. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 23, 134.
- SOMMER H., A. SUNDRUM (2015): Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung. In: HÄRING, A.M., B. HÖRNING, R. HOFFMANN-BAHNSEN, H. LULEY, V. LUTHRHARDT, J. PAPE, G. TREI (Hrsg.), Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 350- 353.
- STARZ, W., PETSCH, G., FREYER, B. (2005): Verbesserung der Eiweißversorgung durch angepasste Fruchtfolge, in: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Bericht über die: Österreichische Fachtagung für Landwirtschaft, „Low-Input“ Milchproduktion bei Vollweidehaltung und Eiweißversorgung in der biologischen Nutztierfütterung gemäß Lehrer- und Beraterfortbildungsplan 2005 am 09. und 10. November 2005, <http://core.ac.uk/download/files/311/10924159.pdf#page=43> [24.01.2016].
- STEENFELDT, S., KJAER, J.B., ENGBERG, R.M. (2007): Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behavior, *British Poultry Science*, 48 (4), 454-468.
- STEINHÖFEL, O. (2008): Konservierung von Futtermitteln, in: JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (Hrsg.), Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- STROBL, M., (2013): Merkblatt: Biomasse-Ernte-Logistik Begriff und Faustformel für den Praxiseinsatz. In: Biogas Forum Bayern Nr. II – 22/2013, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Faustzahlen_Biomassetransport.pdf, Stand [01.03.2017].
- SUNDRUM, A., SCHNEIDER, K., RICHTER, U. (2005): Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. Report, Project title: Research to support revision of the EU Regulation on organic agriculture, 75-76, <http://orgprints.org/10983/> (15.09.15).

- URBATZKA, P., CAIS, K., REHM, A., SALZEDER, G. & SCHÄTZL, R. (2012): Ökonomische Betrachtung des Anbaus legumer Zwischenfrüchte im Ökolandbau. In: Wiesinger, Klaus und Cais, Kathrin (Hrsg.) Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, Tagungsband - Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Nr. 4/2012, S. 150-155.
- URBATZKA, P., REHM, A. UND SCHMIDT, M. (2017a): Versuchsergebnisse aus Bayern 2016, Ökologischer Landbau, Sortenversuche zu Futtererbsen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, <http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=71957> [06.06.2017].
- URBATZKA, P., REHM, A. UND SCHMIDT, M. (2017b): Versuchsergebnisse aus Bayern 2016, Ökologischer Landbau, Sortenversuche zu Ackerbohnen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, <http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=72149> [06.06.2017].
- URDL, M., L GRUBER UND A. SCHAUER (2009): Eiweißverdaulichkeit von Kleesilage und Luzernegrünmehl in der Schweinemast. Bericht der ALVA – Jahrestagung 2009 „Landwirtschaft – Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global?“ vom 18. – 19. Mai 2009, St. Virgil.
- VAN EYS, J.E. (2012): Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry. Ph.D. thesis, U.S. Soybean export council.
- VAN KRIMPEN, M.M., KWAKKEL, R.P., REUVEKAMP, B.F.J., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C., DEN HARTOG, L.A., VERSTEGEN, M.W.A. (2005): Impact of feeding management on feather pecking in laying hens, *World's Poultry Science Journal*, 61 (4), 663-686.
- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H. (1967): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 50, 50-55.
- VÖP - VERBUND ÖKOLOGISCHE PRAXISFORSCHUNG (2014): Strategieoptionen zur Realisierung einer 100%igen Biofütterung bei Monogastriern im ökologischen Landbau.
- VON NORDENSKJÖLD, R. (1970): Stand der Technik der Grünfütter-Heißlufttrocknung, *Grundlagen der Landtechnik*, 20 (1).
- WANG, G., EKSTRAND, C., SVEDBERG, J. (1998): Wet litter and perches as risk factors for the development of foot pad dermatitis in floor housed hens, *British Poultry Science*, 39 (2), 191-197.
- WEIßBACH (1993): Grünfütter und Grünfütterkonservate, in JEROCH, H. FLACHOWSKY, G. UND F. WEIßBACH, *Futtermittelkunde*, Gustav Fischer Verlag.
- WERNER, C., SUNDRUM, A. (2008): Zum Einsatz von Raufutter bei Mastschweinen, *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 320*, 61-68.
- WESTENDARP, H. (2006): Zur Wirkung von Nicht-Stärke-Polysacchariden in der Fütterung von Monogastriern, *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 113 (10), 379-384.
- WHITTAKER, X., SPOOLDER, H.A.M., EDWARDS, S.A., LAWRENCE, A.B., CORNING, S. (1998): The influence of dietary fibre and the provision of straw on the development of stereotypic behavior in food restricted pregnant sows, *Applied animal behaviour science*, 61 (2), 89-102.
- WILLNER, E. und JÄNIKE, H. (2005): Futterwertigenschaften von Luzerne – ausgewählte Ergebnisse. AGGF-49. Jahrestagung, 25.-27. August 2005. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005, Band 7. Seite 186-189.
- WITTEN, S. PAULSEN, H. M., WEIßMANN, F.; BUSSEMAS, R. (2014): Praxisbefragung zur Aminosäurenlücke und praktische Möglichkeiten zur Verbesserung der Eiweißversorgung der Monogastrier in der Fütterung im Ökologischen Landbau, Thünen Working Paper, No. 23, www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/97638/1/787184934.pdf (10.01.2016).
- WPSA – Working Group No. 2 – Nutrition (1984): The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds. *World's Poult. Sci. J.* 40, 181 – 182
- WPSA (1989): European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs. Subcommittee Energy of Branches of the Working Group nr. 2 Nutrition of the European Federation of Branches of the World's Poultry Science Association
- WÜSTHOLZ, R., BAHRS, E. (2013): Effiziente Nährstoffbilanzierungsmethoden in der Landwirtschaft zur Erreichung des guten Wasserzustands gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht*, 2, 197-226.
- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2016a): Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (*Medicago sativa*) in organic pig production. Publikation in: *Livestock Science*.
- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2016b): Silage of young harvested alfalfa (*Medicago sativa*) as home-grown protein feed in the organic feeding of laying hens. Publikation in: *Organic Agriculture*.

- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2016c): Silage from alfalfa (*Medicago sativa*) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers. Publikation in: European Poultry Science.
- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., HAHN, G., BELLOF, G. (2016d): Cholesterol levels, fatty acid contents and sensory characteristics of meat from organic broilers fed with high levels of young harvested ensiled alfalfa (*Medicago sativa*). Publikation in: Meat Science.
- ZOLLITSCH, W., WLCEK, S., LEEB, T., BAUMGARTNER, J. (2000): Aspekte der Schweine- und Geflügelfütterung im biologisch wirtschaftenden Betrieb, 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 6-8. Juni 2000, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irding.
- ZOLLITSCH W., T. KRISTENSEN, C. KRUTZINNA, F. MACNAEIHDE, D. YOUNIE (2003): Feeding for Health and Welfare: the Challenge of Formulating Well-balanced Rations in Organic Livestock Production. In: Vaarst M, Roderick S, Lund V, Lockeretz W (eds) Animal Health and Welfare in Organic Agriculture, Wallingford, UK, pp 329-356.
- ZOLLITSCH, W., KRISTENSEN, T., KRUTZINNA, C., MACNAEIHDE, F., YOUNIE, D. (2004): Chapter 15: Feeding for Health and Welfare: the Challenge of Formulating Well-balanced Rations in Organic Livestock Production, in: VAARST, M., RODERICK, S., LUND, V., LOCKERETZ, W. (Ed.), Animal health and welfare in organic agriculture, DOI: 10.1079/9780851996684.0329.
- ZOLLITSCH, W. (2007): Perspective Challenges in the nutrition of organic pigs, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87 (15), 2747-2750.

Rechtsquellenverzeichnis

- VERORDNUNG (EG) NR. 834/2007 DES RATES vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, ABl. Nr. L 189, zuletzt geändert am 18.10.2014 (EG-ÖKO-BASISVERORDNUNG).
- VERORDNUNG (EG) NR. 889/2008 DER KOMMISSION vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle, ABl. Nr. L 250, zuletzt geändert am 19.12.2014.

Forschungsvorhaben

- 03OE434 „Entwicklung von Futtermitteln für 100%tige Biofütterung von Freilandlegehennen unter besonderer Berücksichtigung von Raps- und Leinkuchen, optimierter Grundfüttereinsatz (Silage) und anderen Eiweißpflanzen“.
- 03OE599 „Die Sonnenblume - eine Eiweißpflanze für den ökologischen Landbau?“
- 12NA077 „Status Quo Analyse der Forschung zur nachhaltigen Produktion und Verwertung von Ackerbohnen und Erbsen“.
- 11OE077 „Luzernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung“.
- 11OE021 „Untersuchung von sechs Fütterungsstrategien mit Futtermitteln 100% ökologischer Herkunft auf biologische Leistungen, Gesundheitsstatus, Verlustgeschehen und Wirtschaftlichkeit bei Saug- und Aufzuchtferkeln im ökologischen Landbau“.
- 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeit der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“.
- 11OE077 „Kleegrassilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung“.

10 Veröffentlichungen

10.1 Tagungsbeiträge mit Begutachtung

2017

Hoischen-Taubner, Susanne; Sommer, Hendrik; Sundrum, Albert (2017): Blattmasse feinsamiger Leguminosen als Eiweißkomponente für Schweine und Geflügel. In: S Wolfrum, H Heuwinkel, H J Reents und u.a. (Hg.): Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Ökologischen Landbau weiterdenken Verantwortung übernehmen, Vertrauen stärken. Ökologischen Landbau weiterdenken - Verantwortung übernehmen - Vertrauen stärken. 1. Aufl. Berlin: Verlag Dr. Köster, S. 600–603.

2016

Sundrum, Albert; Hoischen-Taubner, Susanne (2016): Wertschöpfungspotential heimischer Proteinträger in der ökologischen Monogastrierfütterung. In: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Hg.): Tagungsband. Kongress "Hülsenfrüchte - Wegweiser für eine nachhaltige Landwirtschaft". Hülsenfrüchte - Wegweiser für eine nachhaltige Landwirtschaft. Berlin, 3. - 4.11., S. 127–129.

Sundrum, Albert; Sommer, Hendrik; Hoischen-Taubner, Susanne (2016): Blattmasse feinsamiger Leguminosen als wettbewerbsfähige Eiweißkomponente für Schweine und Geflügel? In: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Hg.): Tagungsband. Kongress "Hülsenfrüchte - Wegweiser für eine nachhaltige Landwirtschaft". Hülsenfrüchte - Wegweiser für eine nachhaltige Landwirtschaft. Berlin, 3. - 4.11., S. 117–119.

Sommer, H.; Grashorn, M.; Sundrum, A. (2016): Comparison of the praecaecal digestibility of selected amino acids in alfalfa leaf mass (med. Sativa) *In vivo* and *In vitro*. In: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (ed.): Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 25.

2015

Sommer, H.; Sundrum, A. (2015): Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung. Beiträge 13. Wiss.-Tagung Ökologischer Landbau, 18.-20. März 2015, Eberswalde, S. 598-601.

2014

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): Amino acids in the leaf mass of alfalfa and various clover species. In: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (ed.): Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 23, S. 134.

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): Determining the feeding value and digestibility of the leaf mass of alfalfa (*Medicago sativa*) and various types of clover. In: Schobert, H.; Riecher, M.-C.; Fischer, H.; Aenis, T. a. Knierim, A. (eds.): Farming systems facing global challenges: Capacities and strategies, S. 1698–1704.

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): Leaf mass of clover-like legumes as a protein source in organic pig nutrition. In: Rahmann, G. a. Aksoy, U. (eds.): Building Organic Bridges. Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference at the Organic World Congress 2014, 13 - 15 October 2014 in Istanbul, Turkey. Thünen-Report 20,2. Braunschweig, S. 489–492. (Posterpreis der IFOAM.)

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): Pig related *In vitro*-digestibility of crude protein in the leaf mass of alfalfa and various clover species. In: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (ed.): Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 23, S. 130.

2013

Sommer, H., Sundrum, A. (2013): Blattmasse von Rotklee als Proteinquelle für Schweine. Beiträge 12. Wiss.-Tagung Ökologischer Landbau, 05.-08. März 2013, Bonn, S. 598-601.

10.2 Tagungsbeiträge ohne Begutachtung

2015

Sommer, H.; Sundrum, A. (2015): Entwicklung der Gehalte an verdaulichen essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 27 Multifunktionale Agrarlandschaften - Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen, S. 35-36.

Sommer, H.; Schulz, H.; Hartmann, S.; Sundrum, A. (2015): Über den Beitrag von Inkarnatklée (*trif. incarnatum*) als Zwischenfrucht zur Versorgung von Nutztieren mit essentiellen Aminosäuren. In: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LZABW, ed.): Grünland effizient und umweltschonend nutzen, S. 168-170.

Sommer, H.; Schulz, H.; Hartmann, S.; Sundrum, A. (2015): Über den Beitrag von Perserklee (*trif. resupinatum*) als Zwischenfrucht zur Versorgung von Nutztieren mit essentiellen Aminosäuren. In: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LZABW, ed.): Grünland effizient und umweltschonend nutzen, S. 171-173.

Sommer, H.; Grashorn, M.; Sundrum, A. (2015): Vergleich der praececalen Eiweißverdaulichkeit von Luzerneblattmehl bei Mastgeflügel mit einer neuen *In vitro*-Methode. 14. Schweine- und Geflügeltagung der Universität Halle.

2014

Sommer, H.; Schulz, H.; Hartmann, S.; Sundrum, A. (2014): Entwicklung des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen. In: Pekrun, C.; Wachendorf, M. a. Francke-Weltmann, L. (eds.): Technik der Pflanzenproduktion. Tagungsband 2014. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26. Göttingen, S. 222–223.

Sommer, H.; Schulz, H.; Sundrum, A. (2014): Über den Beitrag von Luzerne zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland. In: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.): Multifunktionalität des Dauergrünlandes erhalten und nutzen, S. 139–142.

Sommer, H.; Schulz, H.; Hartmann, S.; Sundrum, A. (2014): Über den Beitrag von Weißklée zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland. In: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.): Multifunktionalität des Dauergrünlandes erhalten und nutzen, S. 147–149.

Sommer, H.; Schulz, H.; Hartmann, S.; Sundrum, A. (2014): Über den Beitrag von Rotklée zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland. In: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.): Multifunktionalität des Dauergrünlandes erhalten und nutzen, S. 143–146.

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): Eignung der NIRS-Methode zur Analyse von Aminosäuren in Luzerne und kleeartigen Leguminosen. In: Pekrun, C.; Wachendorf, M. a. Francke-Weltmann, L. (eds.): Technik der Pflanzenproduktion. Tagungsband 2014. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26. Göttingen, S. 224–225.

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): *In vitro*-Verdaulichkeiten der Parameter Rohprotein und Lysin von Blattmasse und Ganzpflanze von Luzerne und anderen Kleeartigen. In: Pekrun, C.; Wachendorf, M. a. Francke-Weltmann, L. (eds.): Technik der Pflanzenproduktion. Tagungsband 2014. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26. Göttingen, S. 98–99.

10.3 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften mit Praxisbezug

Sommer, H. (2016): Konzentriertes Eiweiß aus dem Blatt. Bioland 06/2016, S. 25-27.

Sommer, H.; Sundrum, A. (2014): Weniger Masse, mehr Inhalt. In: Dlz primus Schwein 2014, S. 25–27.

11 Anhang

Anhang 1: KTBL, Leitungs-Kostenrechnung Pflanzenbau, Anwelksilage

Luzerne-Kleegras-Gemenge - Anwelksilage, Anwelksilage Ladewagen, ökologisch, Schlaggröße 2 ha, Ertragsniveau mittel, mittlerer Boden, 67-kW-Mechanisierung, Hof-Feld-Entfernung 2 km

Arbeitsvorgänge		Arbeitsvorgang	Menge	Arbeitszeitbedarf	Dieselbedarf	Ab-schreibung	Maschinenkosten				Dienstleistung	
Häufigkeit	Zeitraum						.../ha	h/ha	l/ha	Zinskosten		Sonstiges
0,2	OKT1	Bodenprobe										
		BP Entnahme von Hand; Fahrten mit Pick-up		0,04	0,03	0,11	0,01	0,04	0,03	0,02	0,00	
0,5	OKT2	Pflügen mit Drehpflug										
		FA 4 Schare, 1,4 m, angebaut; 67 kW		0,94	11,42	6,93	1,99	0,97	12,28	8,00	0,00	
0,5	OKT2	Säen mit Kreiselegge und Sämaschine										
		FA 2,5 m; 67 kW		0,59	6,17	6,24	1,67	0,76	8,67	4,32	0,00	
		Luzerne-Kleegras, Z-Saatgut, ökologisch	30,00 kg									
0,5	OKT2	Wälden Saatbett oder Ansaat										
		FA 4,5 m; 45 kW		0,30	1,70	2,39	0,71	0,53	2,49	1,19	0,00	
0,5	MRZ2	Abschleppen von Grünland										
		FA 4,5 m; 45 kW		0,30	1,84	1,33	0,38	0,50	2,81	1,29	0,00	
1	MAI2	Mähen mit Mähauflbereiter	18,00 t									
		FA 2,4 m; 45 kW		0,64	4,90	5,60	1,36	0,52	5,87	3,43	0,00	
1	MAI2	Wenden mit Kreiselzettwender										
		FA 4,5 m; 45 kW		0,43	2,79	2,34	0,59	0,37	4,09	1,95	0,00	
1	MAI2	Schwaden										
		FA 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20	0,00	
1	MAI2	Anwelkgut mit Ladewagen bergen und festfahren										
		KO Dienstleistung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,00	
		Luzerne-Kleegras-Gemenge-Silage, 1. Schnitt	9,50 t									
1	MAI2	Silo reinigen und mit Folie verschließen	9,50 t									
		TL Grassilage, Fahrsilo 900 m³		0,87	0,00	46,06	16,66	0,00	0,00	12,64	0,00	
1	JUN2	Mähen mit Mähauflbereiter	14,00 t									
		FA 2,4 m; 45 kW		0,64	4,60	5,60	1,36	0,52	5,87	3,22	0,00	
1	JUN2	Wenden mit Kreiselzettwender										
		FA 4,5 m; 45 kW		0,43	2,79	2,34	0,59	0,37	4,09	1,95	0,00	
1	JUN2	Schwaden										
		FA 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20	0,00	
1	JUN2	Anwelkgut mit Ladewagen bergen und festfahren										
		KO Dienstleistung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,00	
		Luzerne-Kleegras-Gemenge-Silage, 2. Schnitt ff.	7,40 t									
1	JUN2	Silo reinigen und mit Folie verschließen	7,40 t									
		TL Grassilage, Fahrsilo 900 m³		0,68	0,00	35,88	12,97	0,00	0,00	9,84	0,00	
1	JUL2	Mähen mit Mähauflbereiter	10,00 t									
		FA 2,4 m; 45 kW		0,64	4,35	5,60	1,36	0,52	5,87	3,05	0,00	
1	JUL2	Wenden mit Kreiselzettwender										
		FA 4,5 m; 45 kW		0,43	2,79	2,34	0,59	0,37	4,09	1,95	0,00	
1	JUL2	Schwaden										
		FA 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20	0,00	
1	JUL2	Anwelkgut mit Ladewagen bergen und festfahren										
		KO Dienstleistung		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,00	
		Luzerne-Kleegras-Gemenge-Silage, 2. Schnitt ff.	5,30 t									
1	JUL2	Silo reinigen und mit Folie verschließen	5,30 t									
		TL Grassilage, Fahrsilo 900 m³		0,49	0,00	25,70	9,29	0,00	0,00	7,05	0,00	
0,33	AUG2	Kalk ab Feld streuen										
		Frontlader, 1 500 daN; Mineralküngerschaufel, 0,55 m²; 45 kW		0,05	0,24	0,25	0,07	0,04	0,31	0,17	0,00	
		FA Anhängeschleuderstreuer, 4 m²; 67 kW		0,10	0,83	2,80	0,66	0,32	1,09	0,58	0,00	
		Kohlensäurer Kalk	3,00 t									
0,5	AUG2	Stoppelbearbeitung, flach, schräg (30°)										
		FA 2,5 m; 67 kW		0,42	3,82	2,86	0,82	0,65	5,33	2,67	0,00	
		Summe ohne Zinsen		9,52	57,69	163,28	53,33	8,79	77,59	69,92	231,00	
		Zinskosten (3 %, 3 Monate)							0,58	0,52	1,73	
		Summe		9,52	57,69	163,28	53,33	8,79	78,17	70,44	232,73	

Haftungsausschluss:

Für Schäden, die durch die Benutzung der Internetseiten entstehen, sowie für Entscheidungen, die auf Basis der bereitgestellten Informationen und Datenbanken getroffen werden und deren Folgen daraus, schließt das KTBL jegliche Haftung aus.

Anhang 2: KTBL, Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau, Belüftungsheu

Dauergrünland, kleebetont - Belüftungsheu, Ladewagen, ökologisch, Schlaggröße 2 ha, Ertragsniveau mittel, mittlerer Boden, 67-kW-Mechanisierung, Hof-Feld-Entfernung 2 km

Arbeitsvorgänge		Arbeitsvorgang	Menge	Arbeitszeitbedarf	Dieselbedarf	Ab-schreibung	Maschinenkosten			Dienstleistung				
Häufigkeit	Zeit-raum						.../ha	h/ha	l/ha		Zins-kosten	Sonsti-ges	Repara-turen	Betriebs-stoffe
0,25	SEP2	Bodenprobe												
		BP Entnahme von Hand; Fahrten mit Pick-up		0,05	0,03	0,13	0,02	0,05	0,04	0,02	0,00			
1	MRZ1	Gülle ausbringen, ab Hof												
		FA Pumptankwagen, 5 m³, 3 m; 45 kW		2,37	12,41	18,75	4,61	3,02	25,68	8,69	0,00			
		Gülle, Rind	20,00 m³											
0,25	MRZ2	Striegeln von Grünland												
		FA 4,5 m; 45 kW		0,09	0,52	0,64	0,17	0,18	1,03	0,36	0,00			
0,75	MRZ2	Übersaat, pneumatisch mit Striegel												
		FA 4,5 m; 45 kW		0,43	1,98	4,94	1,33	0,96	3,20	1,39	0,00			
		Klee-Gras-Gemenge, Z-Saatgut, grasbetont, ökologisch	3,00 kg											
1	MAI2	Mähen mit Mähauflbereiter												
		FA 2,4 m; 45 kW	15,30 t	0,64	4,68	5,60	1,36	0,52	5,87	3,28	0,00			
2	MAI2	Wenden mit Kreiselzettwender												
		FA 4,5 m; 45 kW		0,86	5,58	4,68	1,19	0,75	8,18	3,90	0,00			
1	MAI2	Schwaden												
		FA 3,5 m; 45 kW		0,51	3,14	2,97	0,75	0,77	4,90	2,20	0,00			
1	MAI2	Belüftungsheu bergen mit Ladewagen												
		FA 20 m³, 2,25 t; 67 kW		0,88	3,68	10,86	2,31	1,41	7,02	2,58	0,00			
		EL Heukran, 5 mt, 30 m Schiene, 2 t		0,88	0,00	2,76	0,93	0,00	0,46	0,77	0,00			
		Belüftungsheu, lose, 1. Schnitt, im Rispenschieben, 60 % TM	4,60 t											
1	MAI2	Gülle ausbringen, ab Hof												
		FA Pumptankwagen, 5 m³, 3 m; 45 kW	15,00 m³	1,97	11,10	15,53	3,82	2,43	21,19	7,77	0,00			
0,25	JUN1	Nachsaat von Gras, Grasnachsämaschine												
		FA 2,5 m; 67 kW		0,26	2,07	2,39	0,59	0,26	2,36	1,45	0,00			
		Klee-Gras-Gemenge, Z-Saatgut, grasbetont, ökologisch	15,00 kg											
0,25	JUN1	Walzen Grünland												
		FA 3 m; 45 kW		0,20	1,20	1,20	0,39	0,25	1,19	0,84	0,00			
3	-	Mähen mit Mähauflbereiter												
		FA 2,4 m; 45 kW	9,90 t	1,91	13,05	16,80	4,08	1,55	17,61	9,15	0,00			
6	-	Wenden mit Kreiselzettwender												
		FA 4,5 m; 45 kW		2,58	16,74	14,03	3,56	2,25	24,54	11,70	0,00			
3	-	Schwaden												
		FA 3,5 m; 45 kW		1,53	9,42	8,91	2,24	2,30	14,70	6,60	0,00			
3	-	Belüftungsheu bergen mit Ladewagen												
		FA 20 m³, 2,25 t; 67 kW		1,73	8,04	21,31	4,54	2,77	13,83	5,64	0,00			
		EL Heukran, 5 mt, 30 m Schiene, 2 t		1,73	0,00	5,40	1,82	0,00	0,90	1,50	0,00			
		Belüftungsheu, lose, 2. Schnitt ff., im Rispenschieben, 60 % TM	3,00 t											
		Summe ohne Zinsen		18,62	93,64	136,90	33,71	19,47	152,70	67,84	0,00			
		Zinskosten (3 %, 3 Monate)							1,15	0,51	0,00			
		Summe		18,62	93,64	136,90	33,71	19,47	153,85	68,35	0,00			

Haftungsausschluss:

Für Schäden, die durch die Benutzung der Internetseiten entstehen, sowie für Entscheidungen, die auf Basis der bereitgestellten Informationen und Datenbanken getroffen werden und deren Folgen daraus, schließt das KTBL jegliche Haftung aus.

Anhang 4: Futtermischungen für Ferkel (Starterfutter); Beispielration mit Blattmasse

Ferkelstarter- beispielhaft – keine Betriebsration verfügbar		
Futterkomponenten	Zielwerte	Optimiert mit Blattmasse (Anteile in %)
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537		16
Weizen		21,4
Körnermais		23
Sojaöl		3
BierHefe, trocken		2
MaisKleberfutter 23-30% RP		7
SojaExtrSchrot, 42% RP		21,8
Kartoffeleiweiß		3,6
Mineralfutter		2
Viehsalz		0,2
Summe		100
Inhaltsstoffe in g/kg TM		
Umsb, Energie Schwein (ME)	14	13,06
Rohprotein (XP)	220	232
Lysin	14	14,17
Methionin	3,46	3,83
Methionin + Cystin	8	7,37
Rohfaser (XF)	30	54
Kalzium (Ca)	9	7,3
Phosphor (P)	7	4,8
Natrium (Na)	2	1,9

Anhang 5: Futtermischungen für säugende Sauen; Beispielration mit Blattmasse

Säugende Sauen- beispielhaft – keine Betriebsration verfügbar		
Futterkomponenten	Zielwerte	Optimiert mit Blattmasse (Anteile in %)
Weizen Kopie		26
Ackerbohnen		6
Körnermais		27
Süßlupine		13
# Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537		10
KleeGrasHeu ab 2.Schnitt		12
Mineralfutter ZuchtSau, säug 3%		3
Sonnenblumenöl		3
Summe		100
Inhaltsstoffe in g/kg TM		
Umsb, Energie Schwein (ME)	13	12,74
Rohprotein (XP)	170	162
Lysin	9	9,56
Methionin	2,95	2,64
Methionin + Cystin	5,4	7,37
Rohfaser (XF)	40	73
Kalzium (Ca)	9	9,8
Phosphor (P)	6,5	4,1
Natrium (Na)	2	2

Anhang 6: Futtermischungen für tragende Sauen; Beispielration mit Blattmasse

Säugende Sauen- beispielhaft – keine Betriebsration verfügbar		
Futterkomponenten	Zielwerte	Optimiert mit Blattmasse (Anteile in %)
# Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537		11,7
Mineralfutter ZuchtSau, säug 3%		3
Gerste, 4-zeilig		36,8
Triticale		37
KleeGrasHeu ab 2.Schnitt		10
Kohlensaurer Kalk		1,5
Summe		100
Inhaltsstoffe in g/kg TM		
Umsb, Energie Schwein (ME)	11,5	11,38
Rohprotein (XP)	125	131
Lysin	6	7,93
Methionin	1,87	2,6
Methionin + Cystin	5	4,84
Rohfaser (XF)	70	62
Kalzium (Ca)	7	15,2
Phosphor (P)	5	4,1
Natrium (Na)	2	2

Anhang 7: Futtermischungen für Küken (Starterfutter); Beispielration mit Blattmasse

Kükenstarter- beispielhaft – keine Betriebsration verfügbar		
Futterkomponenten	Zielwerte	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537		21
Weizen		28,5
Körnermais		6
Ackerbohnen		9,64
Erbsen		13
Kohlensäurer Kalk		0,65
Viehsalz		0,21
Leinöl		3
BierHefe, trocken		4
MaisKleber		12
Mineralfutter Geflügel		2
Summe		100
Inhaltsstoffe in g/kg TM		
Umsb, Energie Geflügel (ME)	11,5	11,58
Rohprotein (XP)	220	239
Methionin	5	5,14
Methionin + Cystin	9	8,67
Lysin	11	10,71
Rohfaser (XF)	40	52
Kalzium (Ca)	11	11
Phosphor (P)	7	4,7
Natrium (Na)	2	2

Anhang 8: Futtermischungen für Mastschweine (Anfangsmast); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Mastschweine Anfangsmast			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Mineralfutter		2,5	
Gerste		15	
Weizen		42,5	
Erbsen		25	
Ackerbohnen		15	
Summe		100	
Mineralfutter			2,5
Gerste			22
Weizen			38
Erbsen			7,5
Ackerbohnen			5
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			16
SojaExtrSchrot, 42% RP			8
Sojaöl			1
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Schwein (ME)	12,6	13,18	12,6
Rohprotein (XP)	170	151	170
Lysin	9	8,87	9,4
Methionin	2,84	2,13	2,84
Methionin + Cystin	5,7	4,65	5,7
Rohfaser (XF)	30	41	43
Kalzium (Ca)	6,9	4,9	6,9
Phosphor (P)	5,3	4,2	5,3
Natrium (Na)	2	1,4	2

Anhang 9: Futtermischungen für Mastschweine (Endmast); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Mastschweine Anfangsmast			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Gerste		15	
Weizen		50	
Ackerbohnen		16	
Erbsen		16	
Mineralfutter		3	
Summe		100	
Gerste			17
Weizen			50
Ackerbohnen			8
Erbsen			10
Mineralfutter			3
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			12
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Schwein (ME)	12,6	13,16	12,7
Rohprotein (XP)	145	145	144
Lysin	7,7	8,29	8,32
Methionin	2,84	2,21	2,31
Methionin + Cystin	4,6	4,7	4,78
Rohfaser (XF)	30	39	43
Kalzium (Ca)	6,9	5,7	7,4
Phosphor (P)	5,3	4,2	4,1
Natrium (Na)	2	1,6	1,6

Anhang 10: Futtermischungen für Masthähnchen (Betrieb 1); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Masthähnchen (Betrieb 1)			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Weizen		36,5	
Körnermais		14	
Kohlensaurer Kalk		8	
Mineralfutter		2,5	
Gerste		16	
Erbsen getoastet		11	
Rapsöl		1	
RapsExtraktionsSchrot		11	
Summe		100	
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			22
Weizen			22
Körnermais			20
Kohlensaurer Kalk			1,5
Mineralfutter			1,5
SojaExtrSchrot, 42% RP			17
MaisKleber			4,59
Süßlupine			8,1
Sojaöl			3
Viehsalz			0,3
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	11,5	10,77	11,48
Rohprotein (XP)	200	127	211
Methionin	5,2	3,53	3,91
Methionin + Cystin	8	6,22	7,2
Lysin	10	5,38	10,13
Rohfaser (XF)	30	57	56
Kalzium (Ca)	11	28,9	12
Phosphor (P)	7,5	5,4	4,5
Natrium (Na)	2	1,2	1,8

Anhang 11: Futtermischungen für Masthähnchen (Betrieb 2); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Masthähnchen			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Weizen		32,3	
Triticale		10	
SonnenblKuchen		12	
SojaKuchen		10	
Gerste		10	
Erbsen		10	
Mineralfutter		2,5	
Luzerne-Pellets		6	
Rapsöl		0,5	
MaisKleber		4,7	
Kohlensaurer Kalk		2	
Summe		100	
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			15
Gerste			7,3
Triticale			11
Weizen			30
Erbsen			3
Süßlupine			5,2
Kohlensaurer Kalk			1,5
Viehsalz			0,3
Sojaöl			2
MaisKleber			4,7
SojaKuchen			9
SonnenblKuchen			9
Mineralfutter Geflügel			2
Summe			100
Inhaltstoffe in g/kg in TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	11,5	11,19	11,53
Rohprotein (XP)	185	182	198
Methionin	5,2	4,43	4,21
Methionin + Cystin	7,6	7,62	7,51
Lysin	8,9	7,13	8,44
Rohfaser (XF)	30	74	65
Rohfett (XL)	60	45	57
Stärke (XS)	500	363	322
Zucker (XZ)	50	32	36
Rohasche (XA)	60	62	64
Kalzium (Ca)	11	12,1	11,3
Phosphor (P)	7,5	5,5	5,1
Natrium (Na)	2	1,2	1,9

Anhang 12: Futtermischungen für Masthähnchen (Betrieb 2); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Masthähnchen			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Weizen		49	
Kohlensaurer Kalk		7	
SojaKuchen 8% RFe		15	
Mineralfutter		2	
Luzerne Cobs,-Grünmehl Beg.Blüte		8	
Nackt-Gerste		10	
Nack-Hafer		2	
Sojabohnen, getoastet		5	
Sesam-Kuchen		2	
Summe		100	
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			20
Nackthafer			2
Weizen			23,05
Körnermais			24
Kohlensaurer Kalk			1
Rapsöl			3
SojaKuchen 8% RFe			20
Mineralfutter			2
Viehsalz			0,25
MaisKleberfutter bis 23% RP			4,7
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	11,5	10,96	11,76
Rohprotein (XP)	200	168	199
Methionin	5,2	3,62	4,05
Methionin + Cystin	8	6,6	7,22
Lysin	10	7,44	10,11
Rohfaser (XF)	30	51	53
Rohfett (XL)	60	43	68
Stärke (XS)	500	385	322
Zucker (XZ)	50	36	40
Rohasche (XA)	60	101	68
Kalzium (Ca)	11	26,7	11,2
Phosphor (P)	7,5	4,8	5,1
Natrium (Na)	2	1	2

Anhang 13: Futtermischungen für Legehennen 1 (Betrieb 2); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Legehennen 1			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Weizen		25	
Triticale		20	
SonnenblKuchen		10	
SojaKuchen		14	
Erbsen		10	
Mineralfutter		2,5	
Rapsöl		0,5	
MaisKleber		4	
Kohlensaurer Kalk		7	
Austernschalen		2	
Luzerne-Pellets		5	
Summe		100	
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			22
Gerste			10
Triticale			21
Weizen			14,67
Erbsen			8
Austernschalen			2
Kohlensaurer Kalk			9
Viehsalz			0,33
Rapsöl			3
MaisKleber			2
SonnenblKuchen			6
Mineralfutter			2
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	10,5	10,67	10,54
Rohprotein (XP)	150	187	155
Methionin	3,75	4,33	3,3
Methionin + Cystin	5,5	7,41	5,67
Lysin	6,5	7,6	6,93
Rohfaser (XF)	30	67	57
Rohfett (XL)	60	41	54
Stärke (XS)	500	330	318
Zucker (XZ)	50	30	32
Rohasche (XA)	60	106	129
Kalzium (Ca)	40	32,9	40,2
Phosphor (P)	5	5,4	4,4
Natrium (Na)	2	1,2	2

Anhang 14: Futtermischungen für Legehennen 2 (Betrieb 2); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Legehennen 2			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Triticale		20	
Weizen		27	
Erbsen		10	
Austernschalen		2	
Kohlensaurer Kalk		7	
Rapsöl		0,5	
SonnenblKuchen		10	
Mineralfutter		2,5	
Luzerne-Pellets		7	
SojaKuchen		10	
MaisKleber		4	
Summe		100	
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			22
Gerste			10
Triticale			21
Weizen			14,67
Erbsen			8
Austernschalen			2
Kohlensaurer Kalk			9
Viehsalz			0,33
Rapsöl			3
MaisKleber			2
SonnenblKuchen			6
Mineralfutter			2
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	10,5	10,51	10,54
Rohprotein (XP)	150	175	155
Methionin	3,75	4,17	3,3
Methionin + Cystin	5,5	7,08	5,67
Lysin	6,5	6,76	6,93
Rohfaser (XF)	50	71	57
Rohfett (XL)	50	40	54
Stärke (XS)	500	339	318
Zucker (XZ)	50	29	32
Rohasche (XA)	120	106	129
Kalzium (Ca)	40	33	40,2
Phosphor (P)	5	5,2	4,4
Natrium (Na)	2	1,2	2

Anhang 15: Futtermischungen für Legehennen (Betrieb 4); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Legehennen			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Weizen		36,7	
Körnermais		22	
Erbsen		12,7	
Muschelschalenschrot		3	
Kohlensaurer Kalk		9	
Rapsöl		0,5	
SojaExtrSchrot		13,7	
Mineralfutter Geflügel		2,4	
Summe		100	
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			27
Weizen			19
Körnermais			32
Muschelschalenschrot			2
Kohlensaurer Kalk			8
Leinöl			3
SojaExtrSchrot			7
Mineralfutter			2
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	10,5	10,53	10,47
Rohprotein (XP)	150	143	147
Methionin	3,75	3,58	3,65
Methionin + Cystin	5,5	6,1	5,85
Lysin	6,5	6,74	7,04
Rohfaser (XF)	50	30	34
Rohfett (XL)	50	31	35
Stärke (XS)	500	397	373
Zucker (XZ)	50	28	30
Rohasche (XA)	120	132	133
Kalzium (Ca)	40	40,4	40,5
Phosphor (P)	5	4,7	4,5
Natrium (Na)	2	1,2	1,9

Anhang 16: Futtermischungen für Legehennen (Betrieb 5); Hofmischung und mit Blattmasse optimierte Mischung

Legehennen			
Futterkomponenten	Zielwert	Hofmischung (Anteil in %)	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Nackt-Hafer		8	
Weizen		29,7	
Ackerbohnen		9,2	
Süßlupine		3	
Kohlensaurer Kalk		8,4	
Viehsalz		0,1	
MaisKleber		4,1	
Sonnenblumen Kuchen		17	
Mineralfutter		2	
Hafer		8	
Erbsen		7,2	
Grünmehl		3,3	
Summe		100	
Nackt-Hafer			13,5
Weizen			30
Ackerbohnen			5
Süßlupine			5,5
Kohlensaurer Kalk			10,5
Viehsalz			0,1
MaisKleber			4
Sonnenblumen Kuchen			5
Mineralfutter			2
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537			14
Körnermais			10,4
Summe			100
Inhaltsstoffe in g/kg TM			
Umsb, Energie Geflügel (ME)	10,5	10,09	10,38
Rohprotein (XP)	150	157	151
Methionin	3,75	3,65	3,39
Methionin + Cystin	5,5	6,45	6,01
Lysin	6,5	6,44	6,48
Rohfaser (XF)	50	74	54
Rohfett (XL)	50	44	40
Stärke (XS)	500	345	355
Zucker (XZ)	50	63	43
Rohasche (XA)	120	106	132
Kalzium (Ca)	40	30,1	38,6
Phosphor (P)	7,5	5,1	4,4
Natrium (Na)	2	1,3	1,9

Anhang 17: Futtermischungen für Mastputen; Beispielration mit Blattmasse

Mastputen		
Futterkomponenten	Zielwert	Optimiert mit Blattmasse (Anteil in %)
Luzerne-Blattmasse- i.d.K. MXP 1537		20
Weizen		23,05
Körnermais		26
Kohlensaurer Kalk		1
Viehsalz		0,25
Rapsöl		3
Maiskleberfutter		4,7
Sojakuchen		20
Mineralfutter		2
Summe		100
Inhaltsstoffe g/kg TM		
Umsb, Energie Geflügel (ME)	11,8	11,73
Rohprotein (XP)	190	199
Methionin	5,2	4,08
Methionin + Cystin	6,8	7,22
Lysin	9	10,11
Rohfaser (XF)	30	53
Rohfett (XL)	60	67
Stärke (XS)	500	322
Zucker (XZ)	50	39
Rohasche (XA)	60	68
Kalzium (Ca)	11	11,3
Phosphor (P)	7,5	5,1
Natrium (Na)	2	2