



Schlussbericht zum Thema

**Grünleguminosen als Eiweiß- und
Raufuttermittel in der ökologischen
Grügel- und Schweinefütterung
(GRÜNLEGUM)**

**FKZ: 2815OE039, 2815OE077, 2815OE079,
2815OE076, 2815OE073**

**Projektnehmer: Hochschule Weihenstephan-Triesdorf,
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Johann
Heinrich von Thünen-Institut, Justus-Liebig-Universität
Gießen, Bioland Beratung GmbH**

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

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische und nachhaltige Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖLN-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn in die Praxis umgesetzt. Das Programm untergliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder, den Forschungs- und den Informationsbereich.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter
www.bundesprogramm.de

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel: 0228-6845-3280
E-Mail: boeln@ble.de

Schlussbericht zum Forschungsprojekt

Grünleguminosen als Eiweiß- und Raufuttermittel in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung (GRÜNLEGUM)



Herausgeber:

Gerhard Bellof, Peter Weindl und Petra Weindl (alle HSWT)

Autoren:

Karen Aulrich (TI-Analytik)

Konstantin Becker (Uni GI)

Gerhard Bellof (HSWT)

Herwart Böhm (TI-Pflanze)

Ralf Bussemas (TI-Tier)

Stephan Hartmann (LfL-Pflanze)

Anna Kirn (HSWT)

Peter Liebhardt (LfL-Technik)

Gwendolyn Manek (BBG)

Jan Maxa (LfL-Technik)

Diana Messinger (HSWT)

Anna Paczkowski (LfL-Pflanze)

Lydia Pleger (HSWT)

Yannick Salomon (Uni-GI)

Stefan Thurner (LfL-Technik)

Peter Andreas Weindl (HSWT)

Petra Nicole Weindl (HSWT)

Daniela Werner (TI-Tier)

Stephanie Witten (TI-Pflanze)

Laufzeit:

01.07.2016 – 31.07.2021

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bezug: BLE-Bekanntmachung Nr. 07/15/31 über die Durchführung von FuE-Vorhaben zur Förderung der nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Rahmen des BÖLN vom 27.03.2015.

Am Forschungsprojekt beteiligte Kooperationspartner:

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf,

Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme,
Fachgebiet Tierernährung (Koordinierung) (HSWT).
Förderkennzeichen: 2815OE039

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (LfL-Pflanze),
Institut für Landtechnik und Tierhaltung (LfL-Technik).
Förderkennzeichen: 2815OE077

Johann Heinrich von Thünen-Institut,

Institut für Ökologischen Landbau (TI),
Arbeitsgruppe Acker- und Futterbau (TI-Pflanze),
Arbeitsgruppe Huhn und Schwein (TI-Tier),
Arbeitsgruppe Produktqualität (TI-Analytik).
Förderkennzeichen: 2815OE079

Justus-Liebig-Universität Gießen,

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II (Uni GI).
Förderkennzeichen: 2815OE076

Bioland Beratung GmbH (BBG).

Förderkennzeichen: 2815OE073

Kontakt:

*Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme
Fachgebiet Tierernährung
Prof. Dr. Gerhard Bellof
Am Staudengarten 1
85354 Freising*

gerhard.bellof@hswt.de

Kurzfassung

In dem interdisziplinären Forschungsprojekt wurden Anbau und wertbestimmende Eigenschaften von Luzerne- und Rotkleearten untersucht. Für relevante Produkte dieser Grünleguminosen (Blätter oder Ganzpflanzen, jeweils getrocknet oder siliert) erfolgte die vergleichende Prüfung möglicher Ernte- und Werbemaßnahmen. Die genannten Grünleguminosenprodukte wurden für die ökologische Schweine- und Geflügelfütterung geprüft.

Pflanzenbauliche Aspekte

Es wurden pflanzenbauliche Versuche durchgeführt, in denen der Einfluss der Sorte und des Standortes, der Einfluss einer erhöhten Schnitffrequenz sowie der Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen sowie deren Erträge in Blättern von Rotklee und Luzerne geprüft wurden.

Verfahrenstechnische Aspekte

Es wurden unterschiedliche großtechnologische Verfahren zur Blatt-Stängeltrennung bzw. zur Ernte von hochwertigen Eiweißkomponenten der Grünleguminosen untersucht und bewertet. Die Technik zur Blatt-Stängeltrennung direkt auf dem Feld befindet sich derzeit noch im Prototypenstadium und ist somit nicht für die Praxis in Deutschland verfügbar. Eine Alternative zur Blatt-Stängeltrennung könnte das Mähen der Pflanzenspitzen, die einen erhöhten Proteingehalt aufweisen, darstellen.

Futtermittelbewertung und Fütterungseinsatz

Futtermittelbewertung

Die für Grünleguminosen-Blätter (siliert oder getrocknet) durchgeführten Verdauungsversuche für die genannten Tiergruppen liefern ein differenziertes Bild. Die ermittelten Nährstoffverdaulichkeiten für Schweine sind plausibel und für die Fütterungspraxis nutzbar. Die Ergebnisse der Verdauungsversuche für Hühner können interpretiert werden, sind aber für die Praxis aufgrund der nicht vollständig geklärten Saponin-Thematik nur bedingt zu nutzen. Die Ergebnisse der Verdauungsversuche mit Grünleguminosen-Ganzpflanzen (siliert oder getrocknet) führen zu plausiblen Ergebnissen.

Fütterungseinsatz

Im durchgeführten Leistungsversuch mit säugenden Sauen wurden Krafftuttermischungen mit Mischungsanteilen von 10 % getrockneten Rotklee- oder Luzerneblättern erfolgreich eingesetzt. In zwei Leistungsversuchen mit Mastschweinen erfolgte die Prüfung steigender Mischungsanteile an Luzernetrockenblatt in Krafftuttermischungen. Mischungsanteile von bis zu 20 % wurden problemlos aufgenommen. Die relevanten Leistungsmerkmale blieben unverändert.

Die an Masthühnern und Legehennen in Leistungsversuchen geprüften Luzernetrockenblattprodukte zeigten dagegen, dass bereits geringe Mischungsanteile (> 5 %) in Alleinfuttermi-

schungen zu Akzeptanzproblemen und Leistungsrückgängen führten. Es bedarf der intensiven wissenschaftlichen Erforschung der Saponine und deren antinutritiven Wirkung.

Abstract

The present interdisciplinary research project studied the cultivation and value determining properties of alfalfa and red clover cultivars. Suitable harvesting and processing methods were investigated by comparative examination of relevant green legume products (leaves or whole plants in each case dried or ensiled). These products were analysed for their usability in organic pig and poultry nutrition.

Plant production aspects

The impact of variety, location, higher cutting frequency and nutrient supply on the crude protein and amino acid concentrations in leaves of red clover and alfalfa as well as their yield was investigated in plant cultivation experiments.

Procedural aspects

Several industrial scale procedures of leave-stem-separation or for harvesting high protein components of green legumes were investigated and assessed. The technology of leave-stem separation directly on the field is still in prototype stage and consequently not available in Germany. An alternative to leave stem separation might be the cutting of the plant tops, which show higher protein contents.

Evaluation and application as feeding stuff

Feed stuff evaluation

The provided digestibility trials with greenlegume leaves (ensiled or dried) show a varied results for the mentioned animal groups. The determined nutrient digestibility values for pigs are plausible and applicable for feeding practice. The results of the digestibility trials in chickens can be interpreted but have to be used with caution in practice because of the not completely elucidated Saponin topic. The results according greenlegume whole plants (ensiled or dried) are also plausible.

Use as feeding stuff

Feed mixtures containing 10% dried red clover or alfalfa leave levels were used successfully in nursing sows in the conducted performance trial.

Two performance trials with fattening pigs were carried to prove increasing levels of dried alfalfa leaves in feed mixtures. Levels of up to 20% dried alfalfa leaves were ingested without any problems. The relevant performance parameters stayed unchanged.

In contrast performance trials with broilers and laying hens proved acceptance problems and the decrease of performance parameters even at low levels (>5%) of dried alfalfa leaves in single feed mixtures. Overall an intensive scientific research on saponines and their antinutritive effects is needed.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis Anhang.....	XIV
Abbildungsverzeichnis	XVI
1 Einführung (G. BELLOF)	1
1.1 Gegenstand des Vorhabens	1
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	1
1.3 Planung und Ablauf des Projekts	2
2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	4
2.1 Grundlagen (G. BELLOF, L. PLEGER, D. MESSINGER)	4
2.2 Gesetzliche Regelungen in der EU-Öko-Verordnung und Verbandsrichtlinien (G. BELLOF, L. PLEGER, D. MESSINGER)	4
2.3 Pflanzenbauliche Aspekte zum Anbau von Grünleguminosen (K. BECKER, H. BÖHM, S. HARTMANN, S. WITTEN)	6
2.4 Verfahrenstechnik zur Blatt-/Stängeltrennung und Konservierung von Grünleguminosen (J. MAXA, S. THURNER)	8
2.5 Einsatz von Grünleguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung (G. BELLOF, L. PLEGER, D. MESSINGER)	9
2.5.1 Ganzpflanzen.....	9
2.5.2 Luzerne- und Rotkleeblätter	10
2.5.3 Antinutritive Inhaltsstoffe.....	10
2.5.4 Einfluss von Grünleguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung auf die Qualität der tierischen Erzeugnisse	13
3 Darstellung der durchgeführten Untersuchungen.....	15
3.1 Pflanzenbauliche Untersuchungen zum Anbau von Grünleguminosen (Arbeitspaket Pflanzenbau (AP-Pflanze), Uni-GI, TI-Pflanze, LfL-Pflanze)	15
3.1.1 Merkmale der Standorte (S. WITTEN, K. BECKER, A. PACZKOWSKI, H. BÖHM).....	15
3.1.2 Versuchsaufbau	17
3.1.2.1 Sortenversuch (S. WITTEN, A. PACZKOWSKI, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH).....	17
3.1.2.2 Schnittfrequenzversuch (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)	19
3.1.2.3 Düngungsversuch (K. BECKER, Y. SALOMON, S. WITTEN, H. BÖHM, K. AULRICH)....	19
3.1.2.4 Landessortenversuche (S. WITTEN, H. BÖHM)	21
3.1.2.5 Norddeutschland (S. WITTEN, H. BÖHM).....	21
3.1.2.6 Süddeutschland (S. HARTMANN)	21
3.1.3 Probenvorbereitung und Analysen (K. AULRICH, S. WITTEN, H. BÖHM, K. BECKER) ...	24
3.1.3.1 Bestimmung der Trockensubstanz	25
3.1.3.2 Rohproteinanalyse.....	25
3.1.3.3 Aminosäurenanalyse	25
3.1.3.4 Nahinfrarotspektroskopie (K. AULRICH).....	26
3.1.3.4.1 NIRS-Messung	26
3.1.3.4.2 Kalibrationsentwicklung	26
3.1.4 Auswertung (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM)	26
3.1.5 Ergebnisse und Diskussion (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)	27

3.1.5.1	Sortenversuch (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH).....	27
3.1.5.1.1	Luzerne.....	27
3.1.5.1.1.1	Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration.....	27
3.1.5.1.1.2	Ertrag und Blattertrag.....	33
3.1.5.1.1.3	Rohprotein-, Lysin- und Methionin- und Cysteinertag.....	35
3.1.5.1.2	Rotklee.....	37
3.1.5.1.2.1	Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration.....	37
3.1.5.1.2.2	Ertrag und Blattertrag.....	41
3.1.5.1.2.3	Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertag.....	42
3.1.5.2	Schnittfrequenzversuch (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)	43
3.1.5.2.1	Luzerne.....	43
3.1.5.2.1.1	Rohproteinkonzentration	43
3.1.5.2.1.2	Aminosäurenkonzentration	45
3.1.5.2.1.3	Ertrag, Blattertrag, Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertag	48
3.1.5.2.2	Rotklee.....	51
3.1.5.2.2.1	Rohproteinkonzentration	51
3.1.5.2.2.2	Aminosäurenkonzentration	53
3.1.5.2.2.3	Ertrag, Blattertrag, Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertag	57
3.1.5.3	Düngungsversuch (K. BECKER, Y. SALOMON, S. WITTEN, H. BÖHM, K. AULRICH)....	61
3.1.5.3.1	Luzerne.....	61
3.1.5.3.1.1	Rohproteinkonzentration	61
3.1.5.3.1.1	Aminosäurenkonzentration	62
3.1.5.3.1.2	Ertrag und Blattertrag.....	65
3.1.5.3.1.3	Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertag.....	66
3.1.5.3.2	Rotklee.....	69
3.1.5.3.2.1	Rohproteinkonzentration	69
3.1.5.3.2.2	Aminosäurenkonzentration	70
3.1.5.3.2.3	Ertrag und Blattertrag.....	73
3.1.5.3.2.4	Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertag.....	74
3.1.5.4	Landessortenversuche	77
3.1.5.4.1	Norddeutschland (S. WITTEN, H. BÖHM).....	77
3.1.5.4.1.1	Luzerne 77	
3.1.5.4.1.2	Rotklee 78	
3.1.5.4.2	Süddeutschland (S. HARTMANN)	78
3.1.5.4.2.1	Luzerne 78	
3.1.5.4.2.2	Rotklee 79	
3.1.5.5	Nahinfrarotspektroskopie (K. AULRICH).....	81
3.1.6	Fazit Pflanzenbau (K. BECKER, S. WITTEN, H. BÖHM, K. AULRICH)	81
3.2	Untersuchungen zur Blatt-Stängeltrennung und Konservierung von Grünleguminosen (Arbeitspaket Verfahrenstechnik (AP-Technik)) (J. MAXA, P. LIEBHARDT, S. THURNER)	83
3.2.1	Verfahren 1-3.....	83
3.2.1.1	Vorgehensweise	83
3.2.1.2	Ergebnisse und Diskussion	85
3.2.2	Verfahren 4-5.....	89

3.2.2.1	Vorgehensweise	89
3.2.2.2	Ergebnisse und Diskussion	91
3.2.3	Weitere Untersuchungen zum Verfahren 5 bei Luzerne im Kleinparzellenversuch....	94
3.3	Untersuchungen zum Einsatz von Grünleguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung (Arbeitspaket Futter und Fütterung (AP-Tier)).....	98
3.3.1	Grünleguminosetrockenblatt in der Sauenfütterung (D. WERNER, R. BUSSEMAS).....	98
3.3.1.1	Einleitung und Fragestellung	98
3.3.1.2	Tiere, Material und Methoden.....	98
3.3.1.3	Ergebnisse und Diskussion	103
3.3.2	Verdauungsversuche mit Grünleguminosen bei wachsenden Schweinen (D. MESSINGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF)	107
3.3.2.1	Einleitung und Fragestellung	107
3.3.2.2	Tiere, Material und Methoden.....	108
3.3.2.3	Ergebnisse und Diskussion	108
3.3.3	Luzernetrockenblatt in der Mastschweinefütterung (D. MESSINGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF).....	110
3.3.3.1	Einleitung und Fragestellung	110
3.3.3.2	Akzeptanzversuch	110
3.3.3.2.1	Tiere, Material und Methoden.....	110
3.3.3.2.2	Ergebnisse und Diskussion	111
3.3.3.3	Leistungsversuch.....	114
3.3.3.3.1	Tiere, Material und Methoden.....	114
3.3.3.3.2	Ergebnisse und Diskussion	115
3.3.4	Verdauungsversuche mit Grünleguminosen bei wachsendem Geflügel (L. PLEGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF).....	120
3.3.4.1	Einleitung und Fragestellung	120
3.3.4.2	Verdauungsversuch 1.....	120
3.3.4.2.1	Material und Methoden	120
3.3.4.2.2	Ergebnisse und Diskussion	121
3.3.4.3	Verdauungsversuch 2.....	123
3.3.4.3.1	Tiere, Material und Methoden.....	123
3.3.4.3.2	Ergebnisse und Diskussion	124
3.3.5	Luzernetrockenblatt in der Masthühnerfütterung (L. PLEGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF)	127
3.3.5.1	Einleitung und Fragestellung	127
3.3.5.2	Tiere, Material und Methoden.....	127
3.3.5.3	Ergebnisse und Diskussion	128
3.3.6	Unterschiedliche Luzerneprodukte in der Legehennenfütterung (L. PLEGER, P. N. WEINDL, P.A. WEINDL, G. BELLOF).....	130
3.3.6.1	Einleitung und Fragestellung	130
3.3.6.2	Luzernetrockenblatt in der Legehennenfütterung.....	130
3.3.6.2.1	Tiere, Material und Methoden.....	130
3.3.6.2.2	Ergebnisse und Diskussion	131
3.3.6.3	Luzerneblattsilage in der Legehennenfütterung	132
3.3.6.3.1	Tiere, Material und Methoden.....	132
3.3.6.3.2	Ergebnisse und Diskussion	133

3.3.7	Saponine in der Luzernepflanze: Gehalte und Wirkungen beim monogastrischen Tier (P.A. WEINDL, A. KIRN, G. BELLOF)	137
3.3.7.1	Einführung	137
3.3.7.2	Einfluss von Sorte, Verteilung in der Pflanze und Erntezeitpunkt auf die Saponingehalte.....	140
3.3.7.2.1	Material und Methoden	140
3.3.7.2.2	Ergebnisse und Diskussion	141
3.3.7.3	Luzernetrockenblatt mit unterschiedlichen Saponingehalten in der Masthühnerfütterung	142
3.3.7.3.1	Tiere, Material und Methoden	142
3.3.7.3.2	Ergebnisse und Diskussion	144
3.4	Einsatz von Grünleguminosen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit Schweine- und Geflügelhaltung (Arbeitspaket Wissenstransfer (AP-Transfer)) (G. MANEK)	148
4	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertung der Ergebnisse	150
4.1	Arbeitspaket Pflanzenbau (S. WITTEN, H. BÖHM, K. BECKER, K. AULRICH)	150
4.2	Arbeitspaket Verfahrenstechnik (J. MAXA, S. THURNER).....	151
4.3	Arbeitspaket Tier – Futtermittelbewertung und Fütterung (G. BELLOF)	152
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	153
5.1	Arbeitspaket Pflanze	153
5.2	Arbeitspaket Verfahrenstechnik	154
5.3	Arbeitspaket Tier - Futtermittelbewertung und Fütterung.....	155
5.4	Arbeitspaket Wissenstransfer	160
6	Zusammenfassung	160
6.1	Pflanzenbau (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)	160
6.2	Technik (J. MAXA, S. THURNER).....	161
6.3	Tier - Futtermittelbewertung und Fütterung (G. BELLOF)	162
7	Literaturverzeichnis	163
8	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt	176
8.1	Fachwissenschaftliche Publikationen.....	176
8.1.1	Artikel in referierten Zeitschriften	176
8.1.2	Beiträge für Wissenschaftstagungen	176
8.2	Berichte in landwirtschaftlichen Zeitschriften	177
8.3	Präsentationen auf Fachveranstaltungen	177
8.4	Posterbeiträge auf Fachveranstaltungen	179
8.5	Studienarbeiten	179
9	Anhang	181
9.1	Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.1	181
9.2	Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.4.2	187
9.3	Weiterführende Tabelle zum Kapitel 3.3.6.3	207
9.4	Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.7.3	209

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.3-1: Nährstoffzusammensetzung (g kg ⁻¹ T) von Luzerne, Luzerne-Silage und Luzerneblattsilage (BELLOF 2015, unveröffentlichte Ergebnisse)	6
Tabelle 2.5.2-1: Verdaulichkeit von Rohprotein (XP), Lysin und Methionin (praecaecale Verdaulichkeit) aus in vitro (Schwein) und in vivo (Masthuhn) Untersuchungen mit Luzernegrünmehl (LM), Luzernesilage (LS) und Luzernetrockenblatt (LB) (Angaben in %).....	10
Tabelle 3.1.2-1: Merkmale der Luzernesorten (<i>Medicago sativa</i> L.) (mit 1 = geringe Ausprägung der Merkmale und 9 = hohe Ausprägung der Merkmale)*)	17
Tabelle 3.1.2-2: Merkmale der Rotkleearten (<i>Trifolium pratense</i> L.) (mit 1 = geringe Ausprägung der Merkmale und 9 = hohe Ausprägung der Merkmale)*)	18
Tabelle 3.1.2-3: Schnittdaten von Luzerne und Rotklee an den Standorten Trenthorst, Freising und Gießen für den Sortenversuch (4-Schnitt), den Schnittfrequenzversuch (5-Schnitt) und den Düngungsversuch (Düngung)	20
Tabelle 3.1.2-4: Daten-Set für die ergänzende Verrechnung ausgewählter Landessortenversuche des süddeutschen Raumes für Luzerne bezüglich des Blatt/Stängel-Verhältnisses (Sorten des Projektversuches fett)	21
Tabelle 3.1.2-5: Daten-Set für die ergänzende Verrechnung ausgewählter Landessortenversuche des süddeutschen Raumes für Rotklee bezüglich des Blatt/Stängel-Verhältnisses (Sorten des Projektversuches fett).....	23
Tabelle 3.1.3-1: Proben (Blatt/Stängel) zur Analyse vorbereitet für den Sortenversuch (4-Schnitt), den Schnittfrequenzversuch (5-Schnitt) und den Düngungsversuch (Düngung) an den Standorten Freising, Gießen und Trenthorst	24
Tabelle 3.1.5-1: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration sowie Ertragsleistungen von Futtererbsen, Ackerbohnen und Sojabohnen*)	27
Tabelle 3.1.5-2: Lysinkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)	29
Tabelle 3.1.5-3: Methioninkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)	30
Tabelle 3.1.5-4: Cysteininkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)	30
Tabelle 3.1.5-5: Threoninkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)	31
Tabelle 3.1.5-6: Argininkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)	31

Tabelle 3.1.5-7: Konzentrationen von Rohprotein und ausgewählten Aminosäuren [g kg ⁻¹ T] in den Blättern der untersuchten Luzernesorten im 1. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr an den Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) (Einzelwerte).....	32
Tabelle 3.1.5-8: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen [g kg ⁻¹ T] in den Stängeln der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an drei Standorten in Abhängigkeit vom Schnitt (Einzelwerte).....	32
Tabelle 3.1.5-9: Rohproteinkonzentrationen [g kg ⁻¹ T] in den Stängeln der Luzernesorten angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an drei Standorten in Abhängigkeit vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen).....	33
Tabelle 3.1.5-10: Blatt-Aminosäurertrag [kg ha ⁻¹] der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi für die Standorte Freising, Gießen und Trenthorst abhängig vom Schnitt (s) und dem Hauptnutzungsjahr (HNJ) (MW und SD der Wiederholungen)	36
Tabelle 3.1.5-11: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration [g kg ⁻¹ T] der Blätter der Rotkleesorten Elanus, Harmonie und Tempus für die Standorte Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)	39
Tabelle 3.1.5-12: Konzentrationen von Rohprotein und ausgewählten Aminosäuren [g kg ⁻¹ T] in den Blättern der untersuchten Rotkleesorten vom 1. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr an den Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) (Einzelwerte).....	40
Tabelle 3.1.5-13: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration in den Stängeln der Rotkleesorten Elanus und Harmonie vom 1. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr an den Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) (Einzelwerte).....	40
Tabelle 3.1.5-14: Blatt-Aminosäurertrag [kg ha ⁻¹] der Rotkleesorten Elanus, Harmonie und Tempus für die Standorte Freising, Gießen und Trenthorst abhängig vom Schnitt (s) und dem Hauptnutzungsjahr (HNJ) (MW und SD der Wiederholungen)	43
Tabelle 3.1.5-15: Rohproteinkonzentration [g kg ⁻¹ T] in Stängeln der Luzernesorten Fleetwood und Planet an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	44
Tabelle 3.1.5-16: Lysinkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	45
Tabelle 3.1.5-17: Methioninkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	46
Tabelle 3.1.5-18: Cysteinkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	46
Tabelle 3.1.5-19: Threoninkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	47

Tabelle 3.1.5-20: Argininkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	47
Tabelle 3.1.5-21: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration in ausgewählten Blattproben der Luzernesorte Planet aus dem 1. Schnitt der 4- und 5-Schnittnutzung in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) (Einzelproben).....	48
Tabelle 3.1.5-22: Ertrag und Blattertrag [t T ha ⁻¹] der Luzernesorten Fleetwood und Planet bei 4- und 5-Schnittnutzung abhängig vom Schnitt (s) in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den Standorten Freising und Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)	50
Tabelle 3.1.5-23: Rohproteinkonzentration [g kg ⁻¹ T] in Stängeln der Rotkleesorten Elanus und Titus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- und 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	53
Tabelle 3.1.5-24: Lysinkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	54
Tabelle 3.1.5-25: Methioninkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	54
Tabelle 3.1.5-26: Cysteinkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	55
Tabelle 3.1.5-27: Threoninkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	56
Tabelle 3.1.5-28: Argininkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)	56
Tabelle 3.1.5-29: Aminosäurenkonzentration in ausgewählten Blattproben der Rotkleesorte Titus aus dem 1. Schnitt der 4- und 5-Schnittnutzung in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) (Einzelproben)	57
Tabelle 3.1.5-30: Ertrag, Blattertrag und Blatt-Rohproteinertrag [t T ha ⁻¹] der Rotkleesorten Elanus und Titus in zwei Schnittnutzungsregimen (4, 5) und zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) am Standort Freising abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)	59
Tabelle 3.1.5-31: Rohproteinkonzentration [g kg ⁻¹ T] im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen).....	61

Tabelle 3.1.5-32: Lysinkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	62
Tabelle 3.1.5-33: Methioninkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	63
Tabelle 3.1.5-34: Cysteininkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	63
Tabelle 3.1.5-35: Threoninkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	64
Tabelle 3.1.5-36: Argininkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	64
Tabelle 3.1.5-37: Gesamt-Trockenmasse (T)- und Blatt-T-Ertrag [t ha ⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen).....	65
Tabelle 3.1.5-38: Blatt-Rohproteinерtrag [t ha ⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	66
Tabelle 3.1.5-39: Blatt-Lysinерtrag [kg ha ⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	67
Tabelle 3.1.5-40: Blatt-Methioninерtrag [kg ha ⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	68
Tabelle 3.1.5-41: Blatt-Cysteininерtrag [kg ha ⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	68
Tabelle 3.1.5-42: Blatt-Rohproteinkonzentration [g kg ⁻¹ T] (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei, bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	69
Tabelle 3.1.5-43: Lysinkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	70
Tabelle 3.1.5-44: Methioninkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	71
Tabelle 3.1.5-45: Cysteininkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	71
Tabelle 3.1.5-46: Threoninkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	72

Tabelle 3.1.5-47: Argininkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	72
Tabelle 3.1.5-48: Gesamt-Trockenmasse- und Blatt-Trockenmasseertrag [$t\ ha^{-1}$] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	73
Tabelle 3.1.5-49: Blatt-Rohproteinertrag [$t\ ha^{-1}$] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	74
Tabelle 3.1.5-50: Blatt-Lysintrag [$kg\ ha^{-1}$] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	75
Tabelle 3.1.5-51: Blatt-Methioninertrag [$kg\ ha^{-1}$] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	76
Tabelle 3.1.5-52: Blatt-Cysteinetrage [$kg\ ha^{-1}$] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)	76
Tabelle 3.1.5-53: Trockenmasse (T), Trockenmasseertrag und Blattanteil in zwei Schnitten von zwei Luzernesorten an drei Standorten im Jahr 2019	77
Tabelle 3.1.5-54: Trockenmasse (T), Trockenmasseertrag, Blattanteil und Blattertrag in zwei Schnitten von vier Rotkleesorten an zwei Standorten im Jahr 2019	78
Tabelle 3.1.5-55: Statistische Kennzahlen zur Auswertung der ergänzenden Erhebungen zum Blatt-Stängel-Verhältnis zu ausgewählten Landessortenversuchen des süddeutschen Raumes mit PROC GLM (SAS Version 9.4) für ausgewählte Sortenmerkmale bei Luzerne.....	79
Tabelle 3.1.5-56: Statistische Kennzahlen zur Auswertung der ergänzenden Erhebungen zum Blatt-Stängel-Verhältnis zu ausgewählten Landessortenversuchen des süddeutschen Raumes mit PROC GLM (SAS Version 9.4) für ausgewählte Sortenmerkmale bei Rotklee	80
Tabelle 3.1.5-57: Statistische Kennzahlen der NIRS-Kalibrationen zur Schätzung der Rohprotein- und Aminosäuregehalte: SEE=Standardfehler der Kalibration (Estimation), SEP=Standardfehler der Validation (Prediction), R_{Kal} =Regressionskoeffizient der Kalibration, R_{Val} =Regressionskoeffizient der Validation, n_{Kal} =Probenanzahl im Kalibrationsdatensatz, n_{Val} =Probenanzahl im Validationsdatensatz.....	81
Tabelle 3.2.1-1: Mittlere Trockenmasse- (TM-) Erträge in $dt\ ha^{-1}$ (Standardabweichung in $dt\ ha^{-1}$), Blattanteile und Rohproteingehalte in % (Standardabweichung in %) pro Schnitt bei Luzerne und Rotklee frei Feld der Verfahren 1-3 aus den großtechnologischen Exaktversuchen der Jahre 2017-2019.....	87
Tabelle 3.2.1-2: Mittlerer Lysin (Lys)-, Methionin (Met)-, Cystein (Cys)- und Threoningehalt (Thr)- in der Trockenmasse (TM-) in $g\ kg^{-1}$ pro Schnitt bei Luzerne und Rotklee frei Feld der Verfahren 1-3 aus den großtechnologischen Exaktversuchen der Jahre 2017-2019.....	88
Tabelle 3.2.2-1: Mittlere Trockenmasse- (TM-) Erträge in $dt\ ha^{-1}$ (Standardabweichung in $dt\ ha^{-1}$), Blattanteile und Rohproteingehalte in % (Standardabweichung in %) pro	

Schnitt bei Luzerne frei Feld der Verfahren 4-5 aus den großtechnologischen Exaktversuchen im Jahr 2020 und 2021 (unterschiedliche Standorte)	92
Tabelle 3.2.2-2: Lysin (Lys)-, Methionin (Met)-, Cystein (Cys)- und Threoningehalt (Thr) in der Trockenmasse (TM-) in g kg ⁻¹ pro Schnitt bei Luzerne frei Feld der Verfahren 4-5 aus den großtechnologischen Exaktversuchen im Jahr 2020 und 2021 (unterschiedliche Standorte).....	93
Tabelle 3.2.3-1: Mittlere Trockenmasse- (TM-) Erträge in dt ha ⁻¹ (Standardabweichung in dt ha-1), Blattanteile und TM-Rohproteingehalte in % (Standardabweichung in %) pro Jahr bei Luzerne-Pflanzenspitzen der Varianten a-f aus den Kleinparzellenversuchen der Jahre 2019-2020.	96
Tabelle 3.2.3-2: Mittlerer Lysin (Lys)-, Methionin (Met)-, Cystein (Cys)- und Threoningehalt (Thr) in der Trockenmasse (TM-) in g kg ⁻¹ bei Luzerne-Pflanzenspitzen der Varianten a-f aus den Kleinparzellenversuchen der Jahre 2019-2020.	97
Tabelle 3.3.1-1: Inhaltsstoffe der eingesetzten Rotklee- und Luzernetrockenblatt (TB) Chargen	98
Tabelle 3.3.1-2: Zusammensetzung und Inhaltsstoffe (Mittelwerte ± Standard-abweichung) der Versuchsfuttermischungen (% TS).....	99
Tabelle 3.3.1-3: Inhaltsstoffe (Mittelwerte ± Standardabweichung) der verfütterten Silagen (% TS).....	100
Tabelle 3.3.1-4: Abgesetzte und aufgezogene Ferkel sowie Ferkelverluste je Wurf nach Gruppe und Fütterungsvariante (LS Means)	104
Tabelle 3.3.1-5: Ursachen Saugferkelverluste in Prozent und absolut*	104
Tabelle 3.3.1-6: Ursachen Aufzuchtferkelverluste in Prozent und absolut*	105
Tabelle 3.3.2-1: Ausgewählte Rohnährstoffgehalte (in g/kg TM) und in vivo-Verdaulichkeiten (VQ in %) im durchgeführten Verdauungsversuch mit Mastschweinen.....	109
Tabelle 3.3.3-1: Zusammensetzung der eingesetzten Futtermischungen (Angaben in %)..	110
Tabelle 3.3.3-2: Analysierte Inhaltsstoffe des im Fütterungsversuch mit Schweinen eingesetzten Luzernetrockenblatts (in g/kg)	111
Tabelle 3.3.3-3: Analysierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen in g bzw. MJ ME/kg (bezogen auf 88 %)	111
Tabelle 3.3.3-4: Mittlere Lebendmasseentwicklung im Versuchszeitraum (kg/Tier, LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))	112
Tabelle 3.3.3-5: Zusammensetzung der eingesetzten Krafftuttermischungen (Angaben in %)	115
Tabelle 3.3.3-6: Analysierte Gehalte an Inhaltsstoffen der im Fütterungsversuch eingesetzten Luzerne-produkte (in g/kg TM)	116
Tabelle 3.3.3-7: Analysierte Gehalte an Inhaltsstoffen und ME der Krafftuttermischungen (in g bzw. MJ ME/kg (bezogen auf 88 %)).....	116
Tabelle 3.3.3-8: Merkmale zur Futteraufnahme und Mastleistung im Versuchszeitraum (LS-Means).....	117
Tabelle 3.3.3-9: Merkmale des Schlachtkörperwerts der Mastschweine (LS-Means)	118
Tabelle 3.3.3-10: Gehalte ausgewählter Fettsäuren und Fettsäuregruppen (g/100g Fettsäurenmethylester) im Rückenspeck (LS-Mittelwerte)	119

Tabelle 3.3.4-1: Praecaecale Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerneblättern (LB), Luzernesilage (LS) und Luzernegrünmehl (LM)	123
Tabelle 3.3.4-2: Praecaecale Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerneblättern (LB), Rotkleeblättern (RKB), Luzernesilage (LS) und Rotkleesilage (RKS).....	126
Tabelle 3.3.5-1: Ausgewählte Mast- und Schlachtleistungsparameter des Broilermastversuchs mit steigenden Anteilen an getrockneten Luzerneblättern (LB)	129
Tabelle 3.3.6-1: Ausgewählte Leistungsparameter im Fütterungsversuch mit Legehennen	131
Tabelle 3.3.6-2: Versuchsdesign.....	132
Tabelle 3.3.6-3: Durchschnittlicher täglicher Futtermittelverbrauch (g/Tier)	134
Tabelle 3.3.6-4: Mittlere Lebendmasseentwicklung im Versuchs- sowie Nachversuchszeitraum	134
Tabelle 3.3.6-5: Gemessene Lab-Werte der Eidotter der Kontroll- und Versuchsgruppen..	135
Tabelle 3.3.6-6: Ergebnisse des makroskopischen Scorings der Kammnekrosen (n = 6) und Befunde der histopathologisch untersuchten Kämmen	135
Tabelle 3.3.7-1: Strukturabhängige Unterschiede in der biologischen Aktivität (Wirkungsorte im tierischen Organismus) ausgewählter Saponine	138
Tabelle 3.3.7-2: Ergebnisse der Saponinanalyse von vier Luzerneprodukten (>50mg/kg eq Umbelliferon)	139
Tabelle 3.3.7-3: Zusammenstellung ausgewählter Saponine in getrockneten Luzerneblättern unterschiedlicher Sorten (Angaben in µg/g eq Umbelliferon (LS-Mittelwerte)).....	141
Tabelle 3.3.7-4: Einfluss des Entwicklungsstadiums auf die Gehalte ausgewählter Saponine in getrockneten Luzerneblättern und -stängeln der Sorte Plato (Angaben in µg/g eq Umbelliferon)	142
Tabelle 3.3.7-5: Versuchsaufbau für den Fütterungsversuch von Luzernetrockenblatt (LTB) mit Masthühnern	143
Tabelle 3.3.7-6: Zusammensetzung der Alleinfuttermischungen (in %) für den Fütterungsversuch mit Masthühnern	144
Tabelle 3.3.7-7: Durchschnittlicher täglicher Futtermittelverbrauch (g/d) im Fütterungsversuch mit Masthühnern (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE)).....	146
Tabelle 3.3.7-8: Lebendmasseentwicklung (g) im Fütterungsversuch mit Masthühnern (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))	146
Tabelle 3.3.7-9: Durchschnittlicher Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs) im Fütterungsversuch mit Masthühnern (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))	147

Tabellenverzeichnis Anhang

Tabelle A 3.3.1- 1: Übersicht der Rohdaten auf Wurfebene und Versuchsgruppen	181
Tabelle A 3.3.1- 2: Körperkondition der Sauen – Absolute Werte und Prozentuale Differenz der Körperkondition zwischen Geburt und Absetzen (LS Means)	182
Tabelle A 3.3.1- 3: Futterraufnahme der Sauen (LS Means)	183
Tabelle A 3.3.1- 4: Lebendmasseentwicklung der Ferkel abhängig vom Alter im Versuchsverlauf (LS Means)	184
Tabelle A 3.3.1- 5: Lebendmassezunahmen der Ferkel im Versuchsverlauf (LS Means) ...	185
Tabelle A 3.3.1- 6: Futterraufnahme der Ferkel (LS Means).....	186
Tabelle A 3.3.4- 1: Nährstoffgehalte der im Verdauungsversuch 1 mit Broilern eingesetzten Luzerneprodukte (% TS).....	187
Tabelle A 3.3.4- 2: Versuchsdesign des Verdauungsversuchs 1	188
Tabelle A 3.3.4- 3: Zusammensetzung des industriell hergestellten Öko-Starterfutters in Phase 1 des Verdauungsversuchs 1 (laut Deklaration Hersteller)	189
Tabelle A 3.3.4- 4: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 2 des Verdauungsversuchs 1	189
Tabelle A 3.3.4- 5: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 3 des Verdauungsversuchs 1	190
Tabelle A 3.3.4- 6: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 2 des Verdauungsversuchs 1	191
Tabelle A 3.3.4- 7: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 1	192
Tabelle A 3.3.4- 8: Analytierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phasen 1 und 2 des Verdauungsversuchs 1	193
Tabelle A 3.3.4- 9: Analytierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 1	194
Tabelle A 3.3.4- 10: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 1 mit Masthühnern: Futtermittelverbrauch und Lebendmasseentwicklung in den Phasen 1 und 2 (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))	195
Tabelle A 3.3.4- 11: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 1 mit Masthühnern: Futtermittelverbrauch und Lebendmasseentwicklung in der Phase 3 (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE)).....	196
Tabelle A 3.3.4- 12: Versuchsdesign des Verdauungsversuchs 2 mit wachsendem Geflügel	197
Tabelle A 3.3.4- 13: Nährstoffgehalte der im Verdauungsversuch 2 mit Broilern eingesetzten Luzerne- und Rotkleeerzeugnisse (% TS)	198
Tabelle A 3.3.4- 14: Zusammensetzung des industriell hergestellten Öko-Starterfutters (%) in Phase 1 des Verdauungsversuchs 2 (1. - 14. Tag) (laut Deklaration Hersteller)	199
Tabelle A 3.3.4- 15: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 2 des Verdauungsversuchs 2	199
Tabelle A 3.3.4- 16: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 3 des Verdauungsversuchs 2	200

Tabelle A 3.3.4- 17: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 2 des Verdauungsversuchs 2	201
Tabelle A 3.3.4- 18: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 2	201
Tabelle A 3.3.4- 19: Analyisierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phasen 1 und 2 des Verdauungsversuchs 2	202
Tabelle A 3.3.4- 20: Analyisierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 2	203
Tabelle A 3.3.4- 21: Relativgehalte von neun bedeutsamen Saponinen, ausgedrückt als Umbelliferon-Äquivalent ($\mu\text{g/g}$ TM) in Luzerneblättern (LB) und Luzernesilage (LS)204	
Tabelle A 3.3.4- 22: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 2 mit Masthühnern: Futterverbrauch und Lebendmasseentwicklung in den Phasen 1 und 2 (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))	205
Tabelle A 3.3.4- 23: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 2 mit Masthühnern: Futterverbrauch und Lebendmasseentwicklung in der Phase 3	206
Tabelle A 3.3.6- 1: Analyisierte Nährstoffgehalte (g/kg TM) der Einzelfutterkomponenten der Alleinfuttermischungen	207
Tabelle A 3.3.6- 2: Analyisierte Gehalte an Inhaltsstoffen der Alleinfuttermischungen (in g bzw. $\text{MJ AME}_\text{N}/\text{kg}$ (bezogen auf 88 %)).....	208
Tabelle A 3.3.7-1: Inhaltsstoffe der im Fütterungsversuch mit Masthühnern eingesetzten Luzernesorten Sanditi, Plato und Fleetwood	209
Tabelle A 3.3.7-2:Saponinverbindungen in den Luzernesorten Sanditi, Plato und Fleetwood (Umbelliferon-Äquivalente ausgewiesen ($\mu\text{g/g}$ TM)).....	210
Tabelle A 3.3.7-3: Inhaltsstoffe und ME-Gehalte der Alleinfuttermischungen für den Fütterungsversuch mit Masthühnern	211

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1.1-1: Niederschlag und Lufttemperatur in a) Freising und c) Trenthorst (DWD-Station Lübeck) in den Jahren 2017 – 2019, b) am Gladbacherhof in den Jahren 2017 - 2020 und im langjährigen Mittel (LTM, 1986-2016).....	16
Abbildung 3.1.5-1: Rohproteinkonzentration in Luzerneblättern der untersuchten Sorten für die Standorte Freising, Gießen und Trenthorst in den zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln (bei einem Ertrag von 3,5 t ha ⁻¹) in verschiedenen Schnitten (MW der Wiederholungen)	28
Abbildung 3.1.5-2: Gesamt-Trockenmasse (T)- und -Blatt-T-Ertrag über alle Schnitte von den untersuchten Luzernesorten (Sorte_Schnittanzahl) für das 1. und 2. Hauptnutzungsjahr (HNJ) an den Standorten Freising, Gießen und Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)	34
Abbildung 3.1.5-3: Blatt-Rohproteinерtrag der untersuchten Luzernesorten über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) an den beiden Standorten Freising und Trenthorst in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zum Rohproteinерtrag der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)	35
Abbildung 3.1.5-4: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cysteinерtrag über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi für zwei Hauptnutzungsjahre (HNJ) an den Standorten Freising und Trenthorst im Vergleich zum Aminosäurenertrag der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)	36
Abbildung 3.1.5-5: Rohproteinkonzentration in Rotkleeblättern der untersuchten Sorten für die drei Standorte Freising, Gießen und Trenthorst in den drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln abhängig vom Schnitt (MW der Wiederholungen)	38
Abbildung 3.1.5-6: Gesamt-Trockenmasse (T)- und -Blatt-T-Ertrag über alle Schnitte von den untersuchten Rotkleeorten (Sorte_Schnittanzahl) für die jeweiligen Hauptnutzungsjahre (HNJ) an den Standorten Freising, Gießen und Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)	41
Abbildung 3.1.5-7: Blatt-Rohproteinерtrag der untersuchten Rotkleeorten über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) an den beiden Standorten Freising und Trenthorst in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zum Rohproteinерtrag der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 39,6 %Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)	42
Abbildung 3.1.5-8: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cysteinерtrag über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) der Rotkleeorten Elanus, Harmonie und Tempus für zwei Hauptnutzungsjahre (HNJ) an den Standorten Freising und Trenthorst im Vergleich zum Aminosäurenertrag der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)	42
Abbildung 3.1.5-9: Rohproteinkonzentration in Luzerneblättern der Sorten Fleetwood und Planet an den Standorten Freising und Trenthorst abhängig vom Schnitt in der 4- und 5-Schnittnutzung sowie Hauptnutzungsjahr (HNJ) (Sorte_Schnittanzahl Ort Hauptnutzungsjahr) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln (MW der Wiederholungen)	44
Abbildung 3.1.5-10: Gesamt-Trockenmasse (T)-, -Blatt-T- und –Blatt-Rohproteinерtrag in den Luzernesorten Fleetwood und Planet über alle Schnitte bei 4- bzw. 5-Schnitt-Nutzung (Sorte_Schnittanzahl) in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an zwei Standorten im	

Vergleich zum Rohproteinерtrag der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)	48
Abbildung 3.1.5-11: Blatt-Rohproteinерtrag der Luzernesorten Fleetwood und Planet bei 4- und 5-Schnittnutzung (Sorte_Schnittanzahl) an den Standorten Freising und Trenthorst in Hauptnutzungsjahren (HNJ) anhängig vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)	49
Abbildung 3.1.5-12: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cysteinерtrag in der Luzernesorte Fleetwood über alle Schnitte bei 4- bzw. 5-Schnitt-Nutzung (Sorte_Schnittanzahl) in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) der Standorte Freising und Trenthorst im Vergleich zum Aminosäureнерtrag in der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)	51
Abbildung 3.1.5-13: Blatt-Aminosäureнерtrag der Luzernesorte Fleetwood bei 4- und 5-Schnittnutzung (Sorte_Schnittanzahl) der Standorte Freising und Trenthorst in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) anhängig vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)	51
Abbildung 3.1.5-14: Rohproteinkonzentration in Rotkleeblättern der Sorten Elanus und Titus an den Standorten a) Freising und b) Trenthorst anhängig von der Schnittfrequenz und dem Hauptnutzungsjahr (HNJ) (Sorte_Schnittanzahl_Hauptnutzungsjahr) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln (MW der Wiederholungen)	52
Abbildung 3.1.5-15: Gesamt-Trockenmasse (T)-, -Blatt-T- und -Blatt-Rohproteinерtrag über alle Schnitte in den Rotkleeorten Elanus und Titus bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) in Trenthorst im Vergleich zum Rohproteinерtrag in der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)	58
Abbildung 3.1.5-16: Blatt-Rohproteinерtrag der Rotkleeorten a) Elanus und b) Titus bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) in Trenthorst anhängig vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)	58
Abbildung 3.1.5-17: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cysteinерtrag in der Rotkleeorte Elanus über alle Schnitte bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) in Trenthorst im Vergleich zum Aminosäureнерtrag in der Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)	60
Abbildung 3.1.5-18: Blatt-Aminosäureнерtrag der Rotkleeorte Elanus bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) am Standort Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)	60
Abbildung 3.1.5-19: Gesamt-Trockenmasse (T) und Blatt-T von Luzerne (\sum 4 Schnitte) bei unterschiedlicher Düngung, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)	66
Abbildung 3.1.5-20: Blatt-Rohproteinерtrag von Luzerne (\sum 4 Schnitte), Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswert Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein).	67
Abbildung 3.1.5-21: Blatt-Lysin und -Methionin+Cysteinерtrag der Luzerne (\sum 4 Schnitte) bei unterschiedlicher Düngung, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswerte Sojabohne (3,5 t ha ⁻¹ Kornertrag, 24,5 % Lysin, 11,5% Methionin+Cystein).	69

Abbildung 3.1.5-22: Gesamt-Trockenmasse (T) und Blatt-T von Rotklee (Σ 3 Schnitte bzw. 4 Schnitte), Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen).....	74
Abbildung 3.1.5-23: Blatt-Rohproteinерtrag (Σ 3 Schnitte bzw. 4 Schnitte), Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswert Sojabohne ($3,5 \text{ t ha}^{-1}$ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein).	75
Abbildung 3.1.5-24: Blatt-Lysin- und -Methionin+Cysteinерtrag des Rotklees (Σ 3 Schnitte bzw. 4 Schnitte), Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswerte Sojabohne ($3,5 \text{ t ha}^{-1}$ Kornertrag, 24,5 % Lysin, 11,5 % Methionin+Cystein).....	77
Abbildung 3.2.1-1: Einsatz des Verfahrens 1 (MRF1) bei der Rotkleeblatternte (links); mit dem Verfahren 1 abgestreifte Luzernestängel (rechts) im Vergleich zum Ausgangsbestand.	83
Abbildung 3.2.1-2: Einsatz eines Mähaufbereiters mit Schwadfunktion (links) bei der Luzerneernte; stationäre Separierung der Luzerne in verschiedene Fraktionen in der Futteraufbereitungsanlage in Wechingen (rechts).....	84
Abbildung 3.2.2-1: Einsatz eines angepassten Mähdreschers zur Ernte von Luzerneblättern (Pick-up im Detail rechts).....	89
Abbildung 3.2.2-2: Einsatz der Top Cut Collect Maschine der Firma Zürn Harvesting bei der Ernte von Luzernespitzen (oben) mit Ausleeren des Sammelbunkers und vorbereitet für den Straßentransport hydraulisch zusammengeklappt (unten).....	90
Abbildung 3.2.2-3: Luzernebestand in einer Parzelle direkt nach dem Hochschnitt (links) und gleicher Bestand (innerhalb der blau markierten Parzelle) ca. 4 Wochen später (rechts) sowie der Luzernebestand nach normalem Schnitt (rechts, außerhalb der blau markierten Parzelle).....	94
Abbildung 3.2.3-1: Kleinparzellenversuch zur Ernte von Luzernespitzen im Hochschnittverfahren aus dem Jahr 2019 (links) und 2020 (rechts).	94
Abbildung 3.2.3-2: Schemazeichnung zu den Schnitthöhen und Schnittfrequenzen aus dem Kleinparzellenversuch zur Ernte von Luzernespitzen im Hochschnittverfahren aus dem Jahr 2019 (links) und 2020 (rechts).	95
Abbildung 3.3.1-1: Beispiel einer Futterkurve einer Sau mit 12 säugenden Ferkeln	101
Abbildung 3.3.1-2: Verlauf des Futterverbrauchs der Ferkel während der Säugephase 2 (LT 14-49) und der Aufzucht	107
Abbildung 3.3.3-1 Durchschnittliche Tageszunahmen in ausgewählten Zeiträumen während des Akzeptanzversuchs.....	113
Abbildung 3.3.6-1: Extrahiertes Ionen-Chromatogramm (EIC) von Pheophorbide a Diastereomeren (peak 1 and 2) und Pyropheophorbide a (peak 3) extrahiert aus verschiedenen Matrizen. A: frische LBS. B: Versuchsdiäten. C: Serum. D: Eidotter. Schwarz, 100%; dunkelgrau, 20%; hellgrau, 10%.....	136

1 Einführung (G. BELLOF)

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) ist - nach eigenem Bekunden - ein dynamisches Instrument des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) zur Stärkung und zum Ausbau der ökologischen und nachhaltigen Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland. Im Rahmen des BÖLN-Programms (BÖLN-Bekanntmachung Nr. 03/11/51) wurden zwei Projekte zur Nutzung von Grünleguminosen-Produkten für die Monogastrierfütterung durchgeführt (SOMMER und SUNDRUM 2015; WELTIN et al. 2014). Beide Studien weisen übereinstimmend für Grünleguminosen ein hohes Potential für die Eiweiß- bzw. Aminosäurenversorgung von Geflügel und Schweinen nach. Die von WELTIN et al. (2014) durchgeführten Fütterungsversuche mit Luzernesilagen bei Mastschweinen, Masthühnern und Legehennen zeigen, dass diese Futtermittel bei Anwendung angepasster Fütterungsstrategien ein beträchtliches Potential für die ökokonforme Fütterung solcher Tiere darstellen können. Neben dem beachtlichen Beitrag zur Eiweißversorgung erfüllen solche wirtschaftseigenen Futtermittel auch die Forderung nach Einsatz von Raufuttermitteln bei diesen Tiergruppen.

SOMMER und SUNDRUM (2015) schlagen für Grünleguminosen eine Trennung von Blattmasse und Stängel vor, um die höhere Konzentration von Eiweiß und Aminosäuren im Blatt für die monogastrische Ernährung gezielt zu nutzen. Die getrockneten Blattmassen von Grünleguminosen stellen - bei schonender Werbung - hochwertige Eiweißfuttermittel dar, welche gezielt in Kraftfuttermischungen von Schweinen und Geflügel eingesetzt werden könnten. Die Nutzung der Blattmasse erfordert verfahrenstechnische Lösungen zur Trennung von Blattmasse und Stängel im großtechnologischen Maßstab. Bislang existieren solche Lösungen nur ansatzweise. Die vorliegenden technischen Ansätze sollten im Rahmen des Projekts geprüft und weiterentwickelt werden.

Mit dem durchgeführten Projekt sollten die skizzierten Ansätze - Werbung von Grünleguminosen als „Gesamtpflanzen-Silage aus früher Nutzung“ sowie „Trockenblatt“ – zusammengeführt werden. Damit könnte das Ziel einer 100 % -Bio-Fütterung auf der Basis heimischer Futtermittel im Kontext einer ökologischen Landwirtschaft, die sich den Prinzipien regionaler Stoffkreisläufe explizit verpflichtet fühlt, auch für die Schweine- und Geflügelfütterung realisiert werden.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Folgende Ziele und Aufgaben wurden im Rahmen des durchgeführten Forschungsprojekts verfolgt:

- Anbau und Prüfung geeigneter Luzerne- und Rotkleesorten für die spezielle Nutzung als Eiweißfuttermittel für die ökologische Geflügel- und Schweinefütterung.
- Prüfung und Weiterentwicklung vorhandener bzw. angedachter großtechnologischer Werbeverfahren zur Blatt-/Stängel-Trennung bei Luzerne bzw. Rotklee.
- Einsatz von Luzerne- und Rotkleeprodukten (Ganzpflanzen-Silage und Trockenblatt) mit hohem Futterwert und gesundheitsfördernder Wirkung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung. Prüfung der Tiergesundheit, des Verhaltens, der tierischen Leistung (Merkmale der Mastleistung und des Schlachtkörperwertes) sowie der Produktqualität (Eier, Fleisch).

- Übertragung der erzielten Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis. Beurteilung der arbeitswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Aspekte eines Einsatzes von Luzerne- und Rotkleeprodukten in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung.

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Für das Projekt wurde ein interdisziplinärer, arbeitsteiliger Ansatz gewählt, um für die gesamte Produktkette miteinander verzahnte Lösungen zu erarbeiten:

- Anbau relevanter Grünleguminosen
- Werbungsverfahren für Grünleguminosen
- Prüfung und Sicherung der Futterqualität sowie der Produktqualität
- Fütterungsstrategien für Geflügel und Schweine
- Übertragung in die Praxis.

Das durchgeführte Projekt unterteilte sich in fünf Arbeitspakete. Die Gesamtlaufzeit betrug ca. 5 Jahre (1.7.2016 bis 31.7.21). Nachstehend werden die Arbeitspakete und deren organisatorische Zuordnung skizziert.

Anbau relevanter Grünleguminosen

Arbeitspaket Pflanze; Bearbeitung: TI-Pflanze, Uni-GI, LfL-Pflanze.

Es wurden drei unterschiedliche Fragestellungen in Parzellenversuchen bearbeitet, in denen der Einfluss der Sortenwahl, der Schnittfrequenz und des Düngungsregimes auf die Ertragsleistung sowie die Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration geprüft wurden. Die Parzellenversuche erfolgten an den drei klimatisch unterschiedlichen Standorten Wulmenau/Trenthorst (Schleswig-Holstein), Gladbacherhof/Gießen (Hessen), Pulling/Freising (Bayern).

Werbungsverfahren für Grünleguminosen

Arbeitspaket Technik; Bearbeitung: LfL-Technik; HSWT.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sollten für die oben genannten Grünleguminosen folgende Werbungsverfahren näher betrachtet werden:

- Trennung Blattmasse - Stängel im Zuge des Ernteverfahrens, schonende Trocknung der Teilprodukte;
- Nutzung der Gesamtpflanze (frühes Nutzungsstadium) und Werbung als Silage; Zielprodukt: „Gesamtpflanzen-Silage aus früher Nutzung“ („GP-Silage“ für die Monogastrierfütterung).

Prüfung und Sicherung der Futter- sowie der Produktqualität

Arbeitspaket Analytik; Bearbeitung: TI-Analytik.

Die aus den Anbauversuchen stammenden Proben sowie die erzeugten Futtermittel wurden auf relevante Inhaltsstoffe (Nährstoffe, essentielle Aminosäuren, Mineralstoffe sowie spezielle Inhaltsstoffe) untersucht werden. Daneben wurden die in den Fütterungsversuchen erzeugten tierischen Produkte (Geflügelfleisch, Eier, Schweinefleisch auf ihre spezielle Produktqualität (Fettsäuremuster, Cholesteringehalt) untersucht.

Fütterungsstrategien für Schweine und Geflügel

Im Teilpaket „Futtermittelbewertung“ sollten Verdauungsversuche mit wachsenden Schweinen und Hühnern absolviert werden.

Im Teilpaket „Fütterung“ wurden mit den o. g. und in den Verdauungsversuchen gepüften Futtermitteln Leistungsversuche mit folgenden Tiergruppen geplant.

Schweine:

Zuchtsauen, Ferkel (TI-Tier, Standort Trenthorst);

Mastschweine (HSWT, Standort Weihenstephan).

Geflügel:

Masthühner (HSWT, Standort Weihenstephan);
 Legehennen (HSWT, Standort Weihenstephan).

Übertragung in die Praxis

(Arbeitspaket Transfer; Bearbeitung: BBG)

Auf Praxisbetrieben sollten Feld- und Stalltage veranstaltet und für die breite Praxis angeboten werden.

Der erstellte Arbeitsplan ist in der nachstehenden Übersicht dargestellt.

Übersicht: Geplante, zeitliche und organisatorische Zuordnung der Arbeitsschritte bzw. -pakete

Arbeitsschritte (Arbeitspaket (AP))	Zuständigkeit	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Koordinierung Gesamtprojekt	HSWT						
Anbauversuche: Gefäß-, Parzellenversuche (AP 1)	Uni GI, LfL-Pflanze; TI-Pflanze						
Entwicklung der Blatt-Stängel-Trennung; Werbungsversuche (Trockenblatt, GP-Silage) (AP 2)	LfL-Technik, HSWT						
Futtermittelanalytik (Routine und Entwicklung) und Untersuchungen zur Produktqualität (AP 3)	TI-Analytik						
Durchführung der Broilerversuche (AP 4)	HSWT						
Durchführung der Legehennenversuche (AP 4)	HSWT						
Durchführung der Sauenversuche (AP 4)	TI-Tier						
Durchführung der Ferkelversuche (AP 4)	TI-Tier						
Durchführung der Mastschweineversuche (AP 4)	HSWT						
Testbetriebe: produktionstechnische Erhebungen u. Auswertungen (AP 5)	BBG						
Wissenstransfer in die Praxis (AP 5)	BBG						
Datenauswertung und -dokumentation; Erstellung von Schlussbericht sowie Publikationen	alle Projektpartner						

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

2.1 Grundlagen (G. BELLOF, L. PLEGER, D. MESSINGER)

Die Verringerung des Einsatzes von Futtermitteln, die in Nahrungskonkurrenz zum Menschen stehen, ist von zentraler Bedeutung für mehr Nachhaltigkeit in der Nutztierhaltung (EISLER et al. 2014; SCHADER et al. 2015). Das Protein des in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung in großen Mengen eingesetzten Sojakuchens weist beispielsweise humanernährungstaugliche Anteile von 50 % auf. Verglichen mit Wiederkäuern, die dank ihres Vormagensystems sehr faserhaltiges - und damit für den Menschen nicht essbares - pflanzliches Material verdauen können, ist das Verdauungssystem der monogastrischen Tiere dem des Menschen ähnlich. Mit Blick auf die Nährstoffzusammensetzung sind die Anforderungen an Futtermittel von Schweinen und Geflügel daher vergleichbar mit den Anforderungen des Menschen. Der Anteil von potenziell humanernährungstauglichem Protein in Masthühnerrationen macht 46 % aus (ERTL et al. 2016). Berechnungen zur Lebensmittelkonversionseffizienz für Protein (humanernährungstauglicher Output/human-ernährungstauglicher Input) zeigen, dass diese für Masthühner lediglich 0,52 betragen. Der Einsatz von Grünleguminosen als Protein- und AS-Quelle für Schweine und Geflügel könnte folglich den Anteil an Futtermitteln, die in Nahrungskonkurrenz zur Humanernährung stehen, reduzieren und damit die Lebensmittelkonversionseffizienz für Schweine- bzw. Geflügelfleisch verbessern.

HOISCHEN-TAUBNER und SUNDRUM (2016) prüften jeweils für die Leguminosenarten Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee beispielhaft ausgewählte Sorten. Hierbei zeichnete sich neben Luzerne vor allem Weißklee durch einen hohen XP-Gehalt (g/kg TM) in der GP aus. Auch in den Gehalten an Methionin und Lysin lag der Weißklee etwas höher als der Rotklee, in der Blattmasse zeigten hier jedoch Luzerne und Rotklee die höchsten Gehalte (g/kg TM). Sowohl in der Ganzpflanze als auch in der Blattmasse wies Weißklee höhere *in vitro* praecaecale (pc) Verdaulichkeitswerte für Methionin und Lysin auf als Luzerne und Rotklee. Diese erreichten allerdings die höchsten XP-Erträge (dt/ha) für Ganzpflanzen und Blattmasse (HOISCHEN-TAUBNER und SUNDRUM 2016). Da Weißklee aufgrund der niedrigen Wuchshöhe außerdem schwierig zu beernten ist, erscheinen Luzerne und Rotklee insbesondere für eine Schnittnutzung junger Aufwüchse zur Silagebereitung bzw. zur Trennung in Blatt und Stängel geeigneter. Aus diesen Gründen richtet sich der Blick im vorliegenden Projekt ausschließlich auf den Einsatz von Luzerne (*Medicago sativa*)- und Rotkleeprodukten (*Trifolium pratense*) in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung.

2.2 Gesetzliche Regelungen in der EU-Öko-Verordnung und Verbandsrichtlinien

(G. BELLOF, L. PLEGER, D. MESSINGER)

Die ökologische Produktion untersteht besonderen Rahmenrichtlinien der Europäischen Union (EU) und Richtlinien der Anbauverbände, wie Bioland, Naturland und Demeter. Der EU-Rechtsrahmen für die ökologische Landwirtschaft wird regelmäßig überarbeitet oder ergänzt. Die neue EU-Öko-Verordnung (VERORDNUNG (EU) 2018/848) ist seit dem 17. Juni 2018 in Kraft und sollte ab 1. Januar 2021 von allen Bio-Unternehmen und Kontrollstellen und -behörden in der EU angewendet werden. Mit der Initiative der EU-Kommission wird der Zeitpunkt der Anwendung auf den 1. Januar 2022 verschoben. Bis dahin gilt die aktuelle EG-Öko-Verordnung (VERORDNUNG (EG) Nr. 834/2007; VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008) (BÖLW - BUND ÖKOLOGISCHE LEBENSMITTELWIRTSCHAFT 2020). In den EU-Rechtsvorschriften wird auch die tierische Erzeugung reglementiert. Hier werden unter anderem Vorschriften zur Herkunft, Haltungspraktiken und Unterbringung sowie dem Futtermittel definiert.

Nachstehend wird auf die speziellen Vorschriften für die Fütterung von ökologisch gehaltenen Tieren eingegangen. Die Tiere sind mit ökologisch erzeugten Futtermitteln zu füttern, die mindestens zu 20 % im eigenen Betrieb oder in anderen ökologischen Betrieben im gleichen Gebiet erzeugt wurden (VERORDNUNG (EG) Nr. 834/2007; VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008). Ab dem 01.01.2022 beträgt der Anteil mindestens 30 % an betriebseigenen oder regional erzeugten Futtermitteln (VERORDNUNG (EU) 2018/848). Die nationalen Anbauverbände Bioland, Naturland und Demeter fordern sogar einen Mindestanteil von 50 % an Futtermitteln aus dem eigenen oder regionalen Betrieben (BIOLAND - VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU 2019; NATURLAND - VERBAND FÜR ÖKOLOGISCHEN LANDBAU E.V. 2021; UMWELTINSTITUT MÜNCHEN E.V. 2014). Bei einem Bestand von unter 60 Mastschweinen dürfen 80 % des Futters zugekauft werden, jedoch nur von durch Bioland zertifizierten Futtermittelfirmen (BIOLAND - VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU 2019). Die Rahmenrichtlinien erschweren durch den eingeschränkten Einsatz von konventionellen und importierten Futtermitteln insbesondere eine bedarfsgerechte Eiweiß- und Aminosäureversorgung der Schweine und Geflügel (BELLOF UND ANDERSSON 2008; SCHUMACHER et al. 2011; WITTEN et al. 2014). Durch die Differenz zwischen Aminosäurebedarf und -versorgung entsteht die sogenannte Aminosäurelücke (WITTEN et al. 2014). Aufgrund dieser Problematik ist es nach der noch bis 31.12.2021 geltenden VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 sowie den Anbauverbänden gestattet, bei drohender Mangelernährung oder nicht verfügbarer ökologisch erzeugter Eiweißfuttermitteln 5 % konventionelle Eiweißfuttermittel innerhalb eines Jahres einzusetzen. DER BIOLAND - VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU (2019) beschränkt die zulässigen Komponenten jedoch auf Kartoffeleiweiß für Schweine. Der Verband Bioland schreibt bereits ab dem 31. Dezember 2021, Naturland erst ab dem 31.12.2026 den vollständigen Verzicht von konventionellen Eiweißfuttermitteln vor (BIOLAND - VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU 2019; NATURLAND - VERBAND FÜR ÖKOLOGISCHEN LANDBAU E.V. 2021). Laut der ab 01.01.2022 geltenden VERORDNUNG (EU) 2018/848 ist jedoch die Verwendung nichtökologisch erzeugter Eiweißfuttermittel von 5 % in der Fütterung von Jungtieren (z.B. Ferkeln bis 35 kg) bis zum 31. Dezember 2025 möglich, wenn diese nicht als ökologisch erzeugte Eiweißfuttermittel verfügbar sind und ohne chemische Lösungsmittel produziert oder aufbereitet wurden. Im Hinblick auf die schrittweise Abschaffung dieser abweichenden Regelungen soll die Kommission die Verwendung dieser Erzeugnisse überwachen und dabei die Entwicklung der Verfügbarkeit ökologischer/biologischer Eiweißfuttermittel auf dem Markt berücksichtigen (DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 2020/464). Der Kommission wird die Befugnis übertragen, ab 1. Januar 2025 auf der Grundlage der Informationen über die Verfügbarkeit von ökologischen Eiweißfuttermitteln für Geflügel und Schweine auf dem Unionsmarkt, diese Übergangsregelung früher zu beenden oder über diesen Zeitpunkt hinaus zu verlängern (VERORDNUNG (EU) 2018/848).

Zudem ist die Verwendung synthetischer Aminosäuren zur Eiweißergänzung in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung untersagt (VERORDNUNG (EU) 2018/848; VERORDNUNG (EG) Nr. 834/2007), was eine Ergänzung von Futtermischungen mit L-Lys oder DL-Met verhindert. Dies ist in der konventionellen Fütterung möglich (DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 469/2013; DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 2020/997). Eine weitere Einschränkung verursacht die Vorschrift, dass keine chemisch-synthetischen Lösungsmittel in der Futtermittelherstellung eingesetzt werden dürfen. Zudem sind genetisch veränderte Produkte nicht zulässig (VERORDNUNG (EU) 2018/848; VERORDNUNG (EG) Nr. 834/2007). Somit ist der Einsatz von Soja- oder Rapsextraktionsschrot in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung ausgeschlossen. Als Alternativen bieten sich getoastete Sojabohnen und Soja- sowie

Sonnenblumenkuchen an, wobei deren Einsatz nicht ganz unumstritten ist (BELLOF 2013; WEISSMANN et al. 2006)

Zur Deckung des ernährungsphysiologischen Bedarfs wird zudem vorgeschrieben, den Tagesrationen von Schweinen und Geflügel frisches, getrocknetes oder siliertes Raufutter beizugeben (BIOLAND - VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU, 2019; VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008). Zu Grünfutter und Raufutter zählen Luzerne und –grünmehl, Klee und –grünmehl sowie Grünfutter aus Futterpflanzen, Grünmehl, Silage, Heu, Getreidestroh und Wurzelgemüse für Grünfutter (VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008).

2.3 Pflanzenbauliche Aspekte zum Anbau von Grünleguminosen (K. BECKER, H. BÖHM, S. HARTMANN, S. WITTEN)

Die Studien von Sommer und SUNDRUM (2015) sowie WELTIN et al. (2014) weisen übereinstimmend insbesondere für die Grünleguminose Luzerne ein hohes Potential für die Eiweiß- bzw. Aminosäurenversorgung von Geflügel und Schweinen nach. Luzerne, die sehr jung geschnitten wird, weist nach WELTIN et al. (2014) einen Rohproteingehalt von bis zu 30 % (in der Trockenmasse (T)) auf. Gleichzeitig liegt der Methioningehalt dieses Materials bezogen auf den Rohproteingehalt mit bis zu 1,8 g 16g⁻¹ Stickstoff (N) auf dem Niveau des Sojaproteins (1,5 g 16g⁻¹ N) und deutlich höher als bei der Erbse mit 0,28 g 16g⁻¹ N (DLG 2014a). Die in Tabelle 2.3-1 dargestellten Untersuchungsergebnisse für verschiedene Luzerneprodukte aus einem Praxisbetrieb bestätigen deren hohes Nährstoffpotential.

Tabelle 2.3-1: Nährstoffzusammensetzung (g kg⁻¹ T) von Luzerne, Luzerne-Silage und Luzerneblattsilage (BELLOF 2015, unveröffentlichte Ergebnisse)

Futtermittel	T	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	Lysin	Methionin
Luzerne, frisch bei Ernte	185	297	27	197	113	16	4,8
Luzerne, angewelkt	508	232	22	284	129	11	2,9
Luzerne-Ganzpflanze, siliert ¹	576	236	20	255	123	15	3,9
Luzerneblatt, siliert ²	411	385	23	134	116	21	n.a. ³

¹ Großballen, ² Vakuumbutel, ³ nicht analysiert

SOMMER et al. (2014a, 2014b, 2014c, 2015a, 2015b) prüften jeweils für die Arten Luzerne, Rotklee, Weißklee, Inkarnatklee und Perserklee beispielhaft ausgewählte Sorten. Hierbei zeichnete sich neben Weißklee vor allem Rotklee durch hohe Rohproteingehalte und hohe Erträge an *in-vitro*-verdaulichem Rohprotein (t ha⁻¹) aus. Weißklee und Luzerne wiesen gegenüber Rotklee höhere Erträge an *in-vitro*-verdaulichem Lysin auf, allerdings ist Weißklee aufgrund des niedrigen Wuchses deutlich schwerer zu beernten, sodass Luzerne und Rotklee insbesondere für eine Schnittnutzung junger Aufwüchse zur Silagebereitung bzw. zur Trennung in Blatt und Stängel geeigneter erscheinen. Luzerne und Rotklee sind Leguminosen mit vielen vorteilhaften Eigenschaften in der Fruchtfolge. Sie sind dafür bekannt, Unkräuter zu unterdrücken (HILTBRUNNER et al. 2007), Stickstoff (N) zu liefern (FUSTEC et al. 2010), die Artenvielfalt zu erhöhen und die Nährstoffausnutzung zu verbessern (MAITRA und RAY 2019). Darüber hinaus sind sie aufgrund ihrer hohen Rohprotein- und Aminosäuregehalte als vorteilhaftes Futtermittel sowohl frisch als auch siliert einsetzbar.

SOMMER und SUNDRUM (2015) weisen darauf hin, dass die Faktoren Jahr, Art, Standort und Anbaumethoden die wichtigsten Varianzursachen sind. Die Umwelteffekte Standort und Jahr (insbesondere Witterung) können jedoch kaum vom Landwirt beeinflusst werden. Allerdings

wurde der Frage der speziellen Sorteneignung von SOMMER und SUNDRUM (2014, 2015) kaum Beachtung geschenkt. Die Interaktion Sorte x Umwelt kann hingegen vom Landwirt gezielt genutzt und in seine Anbautechnik integriert werden. In den Untersuchungen von SOMMER und SUNDRUM (2013) wurden nur die beiden Rotkleearten Titus und Milvus einbezogen, wobei Titus bei einer 3-Schnittnutzung leicht höhere Rohproteinträge im Vergleich zu Milvus aufwies. Aus den Ergebnissen der Landessortenversuche sind weitere Sortenunterschiede für Rohproteinträge und -gehalte allgemein bekannt (z.B. BSA 2013 oder HARTMANN et al. 2014). Diese erfassen jedoch bisher nur den Rohproteintrag der Gesamtpflanze ohne Differenzierung nach Blatt- und Stängelanteilen. Dies verdeutlicht, dass Sortenunterschiede zu erwarten sind und näher untersucht werden müssen, um sie für die neue Verwertung gezielt nutzen zu können.

Nach Modellrechnungen von BELLOF (2014) kann eine Fläche von einem ha Luzerne unter ökologischen Anbaubedingungen ($8,5 \text{ t ha}^{-1}$) ca. 2300 kg Rohprotein mit 150 kg Lysin und 45 kg Methionin liefern, während von einem ha Ackerbohnen lediglich 1200 kg Rohprotein mit 73 kg Lysin und 9 kg Methionin zu erwarten sind.

Die Ausbildung hoher Rohproteingehalte im Aufwuchs von Grünleguminosen wird von der Verfügbarkeit verschiedener Makro- und Mikronährstoffe beeinflusst (BECKER et al. 2014, BÖHM 2013, CHAMALET et al. 1987, ISRAEL 1987). Insbesondere die Ergebnisse aus dem BÖLN-Forschungsprojekt 10OE104 „Sicherung des Ertragspotentials von Luzerne-Klee-grasbeständen durch Verbesserung des aktuellen Schwefelversorgungszustandes ökologisch bewirtschafteter Flächen...“ geben klare Hinweise darauf, dass eine ausreichende Nährstoffversorgung bei Futterleguminosen Grundlage für die Ausbildung hoher Rohproteingehalte ist (BECKER et al. 2015). Bei unzureichend mit Schwefel versorgten Futterleguminosenbeständen wurde ein Rohproteingehalt von nur ca. $150 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ festgestellt. Bei einer verbesserten Nährstoffversorgung stieg der Rohproteingehalt ($\text{N} \times 6,25$) auf knapp $300 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ an. In welchem Maße der Anstieg der Schwefelgehalte in Blättern und Stängeln Auswirkungen auf das Aminosäuremuster vor allen in den Blättern hat, wurde noch nicht untersucht, ist aber für das beantragte Vorhaben von besonderer Bedeutung. Diese Untersuchungen deuten darauf hin, dass neben einem Schwefelmangel auch weitere Nährstoffe limitierend auf Ertrag und Inhaltsstoffausbildung der Futterleguminosen wirken können. Weitergehende Untersuchungen sind hierfür erforderlich.

Einen grundlegenden Einfluss der Versorgung der Pflanzen mit solchen Nährstoffen auf die Aminosäurezusammensetzung beschreiben bereits SCHARER und LINSER (1965-1972) sowie EPPENDORFER (1971) an Pflanzenteilen von *Vicia faba*. Bislang unveröffentlichte Ergebnisse der BÖLN-Projekte 11OE110 und 11OE112 zeigen allerdings, dass sich der Rohproteingehalt und das Aminosäuremuster in den Körnern der geprüften Körnerleguminosen nicht durch Düngungsmaßnahmen beeinflussen lassen. Da in den generativen Pflanzenteilen bekanntermaßen die qualitätsgebenden Inhaltsstoffe genetisch festgelegt sind und darüber hinaus die Körnerleguminosen im Gegensatz zu den Futterleguminosen auch nicht ertraglich durch Düngungsmaßnahmen zu beeinflussen waren, sind diese Ergebnisse nicht auf vegetative Pflanzenteile (Batt/Stängel) der Futterleguminosen zu übertragen.

Die DLG-Futtermitteltabellen für Wiederkäuer (DLG 1997) weisen für Luzerne (Grünfutter, frisch) in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes (Schnittzeitpunkt zum 1. bzw. 2. und folgende Aufwüchse) unterschiedlich hohe Rohprotein -und Rohfasergehalte aus. So sind die Rohproteingehalte für den 1. Schnitt zum Zeitpunkt „vor der Knospe“ mit $254 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$, „in der Knospe“

mit $219 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ sowie zum „Beginn der Blüte“ mit nur noch $187 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ angegeben und nehmen mit zunehmend späterem Schnittzeitpunkt weiter ab. Entgegengesetzt verhalten sich die Rohfaser- und die Trockensubstanzgehalte, d.h. mit zunehmendem physiologischem Alter nehmen diese Werte zu (DLG 1997). Entsprechend reagieren auch die Gehalte der oben beschriebenen Inhaltsstoffe bei Rotklee (Grünfutter, frisch) oder Luzerne-Gras- bzw. Rotklee-Gras-Gemengen (DLG 1997). Somit ist festzuhalten, dass die Rohproteingehalte umso höher sind je früher der Schnittzeitpunkt gewählt wird. Hieraus ist die Frage abzuleiten, ob ein früherer Schnitttermin bei Rotklee- bzw. Luzernesorten ebenfalls zu höheren Rohproteingehalten bzw. zu geringeren Rohfasergehalten führen und somit durch eine höhere Schnittnutzungshäufigkeit, insbesondere bei der Trennung von Blatt und Stängel noch höhere Rohprotein- bzw. geringere Rohfasergehalte erreicht werden können. LUCKETT und KLOPFENSTEIN (1970) fanden heraus, dass das Blatt-Stängel-Verhältnis beim 1. Schnitt und beim Schneiden vor der Hülsenfüllung signifikant höher ist. Wenn Rotklee und Luzerne häufiger geschnitten werden, verringert sich der Ertrag pro Schnitt, aber der Gesamtertrag und der Rohprotein-ertrag sowie die Aminosäurezusammensetzung könnten positiv beeinflusst werden. In diesem Zusammenhang muss jedoch ebenfalls geprüft werden, ob sich eine frühere Nutzung auch positiv auf die Aminosäurezusammensetzung auswirkt. Aus den DLG-Futterwerttabellen für Schweine (DLG 2014) kann abgeleitet werden, dass die ausgewiesenen Aminosäuregehalte (Lysin, Methionin, Cystin, Threonin und Tryptophan) mit zunehmendem physiologischem Alter der Pflanzen abnehmen.

2.4 Verfahrenstechnik zur Blatt-/Stängeltrennung und Konservierung von Grünleguminosen (J. MAXA, S. THURNER)

Eine technische Trennung von Blattmasse und Stängel bei Grünleguminosen um die höhere Konzentration von Eiweiß und Aminosäuren im Blatt für die monogastrische Ernährung gezielt zu nutzen, wurde von SOMMER und SUNDRUM (2015) vorgeschlagen. Bislang aber existierten solche Lösungen nur ansatzweise.

Bereits im Jahr 1980 wurde von Schmidt ein Prototyp, der Luzerneblätter im Bestand mithilfe rotierender Zinken abstreift und erntet, entwickelt. Die verbleibenden Stängel wurden anschließend in einem weiteren Arbeitsschritt abgeschnitten. Ein Anteil von bis zu 15 % Stängel im Erntegut wurde dabei toleriert, da diese, meist aus den oberen Pflanzenteilen stammenden Stängel, einen geringeren Rohfasergehalt aufwiesen (SCHMIDT 1997). Das anfallende Erntegut wurde unter anderem als Beimischung zu Corn-Cob-Mix (mit Blattanteilen zwischen 10 – 20 %) für eine Feuchtkonservierung verwendet. Durch die Beimischung von Luzerneblatt wurde sowohl der Rohproteingehalt als auch der Aminosäuregehalt im Mastschweinefutter erhöht.

Weitere Entwicklungen einer Luzerneblatterntetechnik wurden von SCHINNERS et al. (2007) in Wisconsin/USA vorangetrieben. Es handelte sich dabei um einen modifizierten Bohnenernter mit Abstreifrotor und einer Arbeitsbreite von 4,60 m mit 16 Zinkenreihen. Mit dieser Technik wurden bis zu 89,5 % Blattanteile im Erntegut erzielt. Dabei konnte ein um 38,5 % höherer Blattertrag im Vergleich zur Ernte der Luzerne als Ganzpflanze erzielt werden. Die am Feld verbleibenden Stängel mit Resten an Blättern wurden bei einer Versuchsvariante sofort gemäht und gehäckselt. Zusätzlich wurde in einer weiteren Variante ein Teil der Stängel nicht abgemäht, sondern nach 7 oder 14 Tagen erneut mit der modifizierten Erntemaschine beerntet. Der Austrieb der Blätter konnte nach drei bis fünf Tagen beobachtet werden, die Menge der zuvor geernteten Blätter konnte jedoch nicht mehr erreicht werden.

Kurz vor dem Beginn des Projekts „Grünlegum“ wurden die ersten Prototypen zur Ernte von Luzerneblattmasse aus dem stehenden Bestand mittels Abstreifen vom Stängel mithilfe einer Fingerwalze von der Firma Trust'Ing aus Frankreich entwickelt. Während des Projekts „Grünlegum“ konnten zwei Prototypen an Luzerne sowie Rotklee getestet und erprobt werden; diese Prototypen werden im Kapitel 3.2 detailliert beschrieben.

Im Vergleich zur Blatt-Stängeltrennung direkt auf dem Feld existiert seit 2013 bei der Qualitätstrocknung Nordbayern eG am Standort in Wechingen die Möglichkeit einer stationären Gewinnung der Luzerneblätter durch ein Siebverfahren in einer Trocknungsanlage. Dieses Verfahren wurde auch im Rahmen des Projekts „Grünlegum“ untersucht (Kapitel 3.2).

Neben der technischen Trennung von Blattmasse und Stängel bei Grünleguminosen wurden bereits im Jahr 1979 von EDWARDS et al. 1979 die ersten Versuche zur separaten Ernte der oberen Teile der Luzernepflanze durchgeführt. Dabei wurde ein Häcksler, mit einem 3,6 m breiten Vorsatz, eingesetzt. Dieser wurde bei der ersten Überfahrt angehoben, um nur die oberen 50 % der Luzernepflanze zu ernten. Der obere Pflanzenabschnitt, die sogenannten Luzernespitzen, wurde dann als Ausgangsprodukt für die Herstellung eines Blattproteinkonzentrats verwendet und wies einen um 4,8 % bzw. 11,9 % höheren Rohproteingehalt auf als die Luzerneganzpflanzen bzw. die übrigen Luzernestängel. Durch dieses Ernteverfahren war es demnach möglich, die Effizienz in der Blattproteinkonzentratherstellung zu erhöhen, sofern genügend Ausgangsmaterial zur Verfügung steht, in dem die Blattkonzentration gegenüber einer normalen Luzerneganzpflanze erhöht ist. Dieses Ernteprinzip wurde im Rahmen des Projekts Grünlegum mit einer neuen Verfahrenstechnik weiterverfolgt und ist ebenfalls im Kapitel 3.2 dargestellt.

2.5 Einsatz von Grünleguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung (G. BELLOF, L. PLEGER, D. MESSINGER)

2.5.1 Ganzpflanzen

Monogastrische Tiere stellen hinsichtlich der Verdaulichkeit der essenziellen Aminosäuren hohe Ansprüche. Erhöhte Rohfasergehalte in der Ration führen zu einer Minderung der Verdaulichkeit der Nährstoffe, insbesondere der Aminosäuren. Grünleguminosen mit hohem Flächenertrag - wie Luzerne und Rotklee - die in einem späten Vegetationsstadium geerntet werden, weisen vergleichsweise hohe Rohfasergehalte (ca. 300 g/kg TM) auf. Damit liegen die Verdaulichkeiten der Nährstoffe (Organische Substanz) für Schweine auf einem Niveau von lediglich 50 – 60 %. Somit sind für den Einsatz solcher Futtermittel in der Mastschweine- bzw. Geflügelfütterung im Rahmen der Futterwerbung Maßnahmen erforderlich, um das Nährstoffpotential zu erschließen.

Wie in der Studie von WELTIN et al. (2014) nachgewiesen werden konnte, kann mit einer deutlich vorverlegten Schnittnutzung von Luzerne (vor der Knospenbildung) eine Erhöhung des Rohproteingehaltes, verbunden mit einer Verringerung der Rohfaseranteile (217 g/kg TM) erreicht werden. Eine Konservierung als Silage - kann bei konsequenter Anwendung der Silierregeln - erfolgreich und verlustarm durchgeführt werden. Für solche Luzernesilagen konnten im *in vitro*-Versuch (Methode von BOISEN und FERNANDEZ (1997)) Verdaulichkeiten der Organischen Substanz zwischen 60 und 70 % ermittelt werden. Die ileale Verdaulichkeit des Rohproteins lag bei über 80 % (WELTIN et al. 2014).

In dem durchgeführten Fütterungsversuch mit Mastschweinen wurde ein hoher täglicher Verzehr an Luzernesilage erzielt. Damit konnten bis zu 100 kg Kraftfuttermischung ersetzt werden (WELTIN et al. 2015). Auch im Fütterungsversuch mit Masthühnern konnten mit bis zu 10 % in

der Aufzuchtphase und bis zu 30 % (bezogen auf die TS der Gesamtration) in der Mastphase hohe Silageaufnahmen erreicht werden (WÜSTHOLZ et al. 2016).

2.5.2 Luzerne- und Rotkleeblätter

SOMMER und SUNDRUM (2015) nehmen für verschiedene Grünleguminosen eine Trennung von Blattmasse und Stängel vor, mit dem Ziel, die höhere Konzentration von Rohprotein und Aminosäuren, bei reduziertem Rohfasergehalt im Blatt für die monogastrische Ernährung gezielt zu nutzen. Insbesondere die getrockneten Blattmassen von Luzerne, Rotklee und Weißklee weisen hohe Rohprotein- und Lysingehalte bzw. -erträge auf. Die von den Autoren durchgeführten *in vitro*-Versuche (nach BOISEN und FERNANDEZ (1997)) mit getrockneten Blättern dieser Leguminosen führten zu Verdaulichkeitsquotienten des Rohproteins und Lysins beim Schwein von fast 80 % (Tabelle 2.5.2-1). RITTESER und GRASHORN (2015) geben für die Verdaulichkeit von Rohprotein und Lysin von getrockneten Luzerneblättern beim Masthuhn Werte von fast 90 % an (Tabelle 2.5.2-1).

Tabelle 2.5.2-1: Verdaulichkeit von Rohprotein (XP), Lysin und Methionin (prae-caecale Verdaulichkeit) aus *in vitro* (Schwein) und *in vivo* (Masthuhn) Untersuchungen mit Luzernegrünmehl (LM), Luzernesilage (LS) und Luzernetrockenblatt (LB) (Angaben in %)

Merkmal	<i>In vitro</i>		<i>In vivo</i>		
	LM ¹	LB ¹	LS ²	LS ² extrudiert	LB ²
Rohprotein	79	77	49	43	88
Lysin	77	78	33	45	87
Methionin	78	78	48	50	93

¹HOISCHEN-TAUBNER und SUNDRUM (2016); Verdaulichkeitswerte ermittelt mit aus dem Gastrointestinaltrakt des Schweines stammenden Verdauungsenzymen.

²RITTESER und GRASHORN (2015)

2.5.3 Antinutritive Inhaltsstoffe

Neben den dargestellten Inhaltsstoffen enthalten Luzerne und Rotklee jedoch auch antinutritive Inhaltsstoffe, wie Saponine, Trypsininhibitoren (TI) und Tannine sowie zusätzlich im Rotklee PPO und Phenole. Diese können deren Futterwert verringern.

Saponine

Saponine kommen in vielen verschiedenen Futter- und Nutzpflanzen vor, wobei vor allem die Luzernesaponine und in geringem Maße Kleesaponine von Bedeutung sind (CHEEKE 1996). Diese stellen die wichtigsten antinutritiven Faktoren in der Luzerne dar (SEN et al. 1998). Die Einschränkung der optimalen Nutzung dieser proteinreichen Pflanze durch die ungünstigen Auswirkungen der Luzernesaponine auf die Tierleistung haben den Fokus auf die Untersuchung dieser antinutritiven Inhaltsstoffe in der Luzerne gelenkt (SEN et al. 1998). Rotklee enthält dagegen auch Saponine (OLESZEK und JURZYSTA 1986; OLESZEK und STOCHMAL 2002), die jedoch weniger besorgniserregend sind als die der Luzerne (CHEEKE 1996).

Saponine bestehen aus einer Zuckerkomponente die glykosidisch mit einem hydrophoben Aglykon (Sapogenin) verbunden ist. Die Zuckerkomponente enthält hierbei normalerweise

Glukose, Galaktose, Glucuronsäure, Xylose, Rhamnose, Arabinose oder Methylpentose, während das Aglykon triterpenoid oder steroid sein kann. Die Oligosaccharidkette kann an die C3-Position (monodesmosidisch) und zusätzlich an der C26- oder C28-Position (bidesmosidisch) gebunden sein (FRANCIS et al. 2002; OLESZEK et al. 1990). Es wurde ebenfalls von Tridesmosiden berichtet, deren Oligosaccharidketten an der C3-, C23- und C28-Position anknüpften (OLESZEK et al. 1992). Die Aglykone der Luzerne bestehen ausschließlich aus einem Triterpenskelett. Dazu gehören Medicagensäure, Zanhicsäure, Oleansäure, Hederagenin, Bayogenin und Sojasapogenole (A-F), wobei A, B und E die natürliche Form darzustellen scheinen (HUHMAN und SUMNER 2002; MASSIOT et al. 1988; OLESZEK 2000; SEN et al. 1998; TAVA und AVATO 2006). Folglich ergibt sich die große Komplexität der Saponinstruktur aus der Variabilität der Aglykonstruktur, der Art der Seitenketten und deren Position am Aglykon (FRANCIS et al. 2002). Als Aglykone der Rotkleeaponine wurden Sojasapogenol B, C, D, E und F in den Wurzeln (OLESZEK und JURZYSTA 1986), sowie nur Sojasapogenol B in den Samen (OLESZEK und STOCHMAL 2002) identifiziert.

Die Biologische Aktivität hängt sowohl von der Menge als auch von der chemischen Struktur, demnach von der Aglykonstruktur sowie der Länge und Zusammensetzung der Kohlehydratseitenketten, der einzelnen Verbindungen ab (PRICE et al. 1987; SZUMACHER-STRABEL et al. 2019). Die aus ernährungsphysiologischer Sicht wichtigsten biologischen Aktivitäten sind die verringerte Futteraufnahme, der Bittergeschmack und die Schleimhautreizung, modulierende Effekte auf die Permeabilität der Darmmembran, eine verringerte Verdauung sowie Nährstoffabsorption, ein verringertes Wachstum, Auswirkungen auf den Cholesterinstoffwechsel und hämolytische Eigenschaften (CHEEKE 1996, 1983, 1971; KALAČ et al. 1996; OLESZEK 2000; SEN et al. 1998; SZUMACHER-STRABEL et al. 2019).

Die Wachstumsdepression scheint hauptsächlich auf die verringerte Futteraufnahme luzernehaltiger Futtermischungen zurückzuführen zu sein (CHEEKE 1983). Hierbei stellen der bittere Geschmack sowie die den Rachen- und Verdauungstrakt reizende Wirkung die Hauptfaktoren für die verringerte Futteraufnahme monogastrischer Tiere dar. Aber auch die Auswirkungen auf die Passagerate könnte diese beeinflussen (CHEEKE 1996, 1983; LEAMASTER und CHEEKE 1979; SEN et al. 1998). Sensorische Tests mit menschlichen Freiwilligen zeigten, dass Zahnicsäuretridesmosid das bitterste und rachenreizendste Saponin aus verschiedenen, aus der Luzerne isolierten Saponinen war (OLESZEK et al. 1992). Aber auch ihre Fähigkeit mit mukosalen Zellmembranen zu interagieren und dadurch Permeabilitätsänderungen oder den Verlust der Aktivität membrangebundener Enzyme sowie eine Verringerung der Potentialdifferenz (PD) zu verursachen, kann zu Auswirkungen auf das Tierwachstum durch die beeinflusste Verdauung und Absorption anderer Nährstoffe führen (OLESZEK 2000; OLESZEK et al. 1994). Der Einfluss von Luzerne-Saponinen auf die transmurale PD im Dünndarm von Säugetieren war von allen getesteten pflanzlichen Glykosiden am höchsten (GEE et al. 1989), wobei Zahnicsäuretridesmosid die höchsten Raten der PD-Abnahme zeigte (OLESZEK et al. 1994). Zudem kann durch die Bildung schwer verdaulicher Saponin-Protein-Komplexe die Verdaulichkeit von Proteinen herabgesetzt werden (FRANCIS et al. 2002; POTTER et al. 1993). IKEDO et al. (1996) zeigten, dass deren in vitro Verdaulichkeit verringert war. Auch Studien an Ratten mit Luzerne-Proteinkonzentraten konnten dies bestätigen (HEGSTED und LINKSWILER 1980). Zudem können Saponine die proteolytische Aktivität von Verdauungsenzymen wie Trypsin und Chymotrypsin hemmen (ISHAAYA und BIRK 1965; SHIMOYAMADA et al. 1998). Ebenfalls können Saponine im Gastrointestinal-Trakt unlösliche Komplexe mit Cholesterin oder Gallensäuren, die für die Cholesterinabsorption notwendig sind, bilden. Dies führt zu einer Senkung des Se-

rum- oder Plasmacholesterinspiegel, resultierend aus einer verringerten Absorption von endogenem und exogenem Cholesterin und/oder einer Erhöhung der fäkalen Steroidausscheidung (CHEEKE 1983, 1971; SHI et al. 2014). Die Fähigkeit von Saponinen Komplexe mit Cholesterin zu bilden, kann weiterhin durch eine Permeabilitätsänderung der Erythrozytenmembran auch eine Hämolyse zur Folge haben (CHEEKE 1971). So kommt es durch die Wechselwirkung der Luzernesaponine mit dem membranständigen Cholesterin sowie anderen membranständigen Bestandteilen zu einer resultierenden Konformationsänderung, die vermutlich die enzymatische Aktivität nur gering beeinflusst, aber die Schädigung der Membranstruktur verstärken kann. Es wird angenommen, dass die Hämolyse nicht nur auf die Wechselwirkung mit Cholesterin allein zurückzuführen ist, sondern auch durch die Wechselwirkungen des Saponins mit den verschiedenen Membranbestandteilen die Assoziation von Cholesterin mit Phospholipiden aufgebrochen wird und in der Folge eine Hämolyse stattfindet (ASSA et al. 1973).

Der Saponingehalt sowie deren Zusammensetzung wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. In der Pflanze kommen Saponine in verschiedenen Bestandteilen wie Blättern, Blüten, Samen, Stängeln und Wurzeln vor (TAVA und AVATO 2006), wobei deren Konzentration in Blättern höher ist als in den Stängeln und Blüten (KALAČ et al. 1996; SEN et al. 1998). Folglich weisen die Blätter der Luzerne- und Rotkleepflanze höhere Saponinkonzentrationen auf als deren Ganzpflanze. Deren Gehalt in der Luzerne wird durch die Sorte, den Standort, den Schnitt und die Anzahl der Blätter (HANSON et al., 1963) sowie das Vegetationsstadium (SEN et al., 1998) beeinflusst. Nach (TAVA et al. 1999) und (PECETTI et al. 2006) können auch die Wachstumsaison, das Wachstumsjahr, möglicherweise als Folge des Grasnarbenalters, und klimatische Faktoren eine wichtige Rolle spielen. Auch die Konservierungsmethode hat Einfluss auf die Zusammensetzung und den Gehalt der Saponine (KALAČ et al. 1996; SZUMACHER-STRABEL et al. 2019). So beobachteten SZUMACHER-STRABEL et al. (2019) in einer Studie strukturelle und quantitative Veränderungen von Saponinen während des Silierprozesses in zehn Luzernesorten. Die Silierung führte in allen zehn Luzernesorten zu einem höheren Gesamtsaponingehalt als im frischen Material, bei Betrachtung der einzelnen Saponine fiel jedoch auf, dass manche Konzentrationen sanken, während andere zunahmen oder konstant blieben. Somit hat neben der Fütterung unterschiedlicher Komponenten (Ganzpflanze, Blätter) die Futterwerbung Einflüsse auf deren antinutritive Wirkung.

Trypsininhibitoren (TI)

Zu den sekundären Inhaltsstoffen einer Pflanze zählen ebenso Proteaseinhibitoren, wie z.B. TI. Sie reagieren mit Trypsin, wodurch sie die proteolytische Aktivität dieses Verdauungsenzyms hemmen, was ebenso die Hemmung anderer Verdauungsenzyme, die durch Trypsin aktiviert werden, nach sich zieht (KIRCHGEBNER et al. 2011). Aus der Luzernepflanze konnten TI isoliert werden (BROWN und RYAN 1984; CHIEN und MITCHELL 1970), wobei diese in den Blättern in der höchsten Konzentration vorhanden waren und der Gehalt mit zunehmender Reife der Pflanzen zunahm (CHANG et al. 1978). Ihre ernährungsphysiologischen Auswirkungen auf Tiere sind jedoch nicht bekannt (CHANG et al. 1978). NORIOKA et al. (1988) fanden auch in Rotkleesamen eine geringe TI-Aktivität. In Studien von MALIAR et al. (2011) wurden verschiedene Futterpflanzen, darunter *Medicago* sp. und *Trifolium* sp., auf Proteinasehemmung getestet. Während die Untergruppen der *Medicago*-Vertreter die niedrigste durchschnittliche TI-Aktivität zeigten, wies eine Untergruppe der *Trifolium*-Vertreter die höchste durchschnittliche TI-Aktivität im Vergleich zu Schwarztee-Extrakt auf.

Tannine

Tannine gehören zur Gruppe der Polyphenole. Neben dem positiven Effekt der Tannine, nämlich dem Schutz der Proteine vor dem Abbau während des Silierprozesses (ALBRECHT und MUCK 1991), führen sie zu einer verringerten Rohproteinverdaulichkeit bei monogastrischen Tieren (JANSMAN et al. 1993; ORTIZ et al. 1993). Dies ist auf die Bindung der Tannine an das Futterprotein, das körpereigene Protein und direkt an die Enzymproteine im Verdauungstrakt zurückzuführen (VAN LEEUMEN et al. 1995). Außerdem haben verschiedene Studien gezeigt, dass Tannine toxische und wachstumshemmende Effekte bei verschiedenen Tierarten haben (DOLLAHITE et al. 1962; GLICK und JOSLYN 1970; RAYUDU et al. 1970). Tannine werden jedoch beim Silieren teilweise abgebaut (GEFROM et al. 2013; LORENZ et al. 2010). Silagen können daher die Aminosäureversorgung für Nichtwiederkäuer verbessern, ohne den antinutritiven Einfluss der Tannine zu zeigen (KOFAHL 2009). Tannine werden auch durch thermische Prozesse beeinflusst (SERRANO et al. 2009). Im Vergleich zu anderen Grünleguminosen weisen Luzerne und Rotklee jedoch geringe Gehalte an kondensierten Tanninen auf (Rotklee: 0,27-1,7 % TS, Luzerne 0,07-0,5 % TS) (BARRY und MCNABB 1999; HAMACHER et al. 2015), weshalb ihre Bedeutung als antinutritive Inhaltsstoffe in Luzerne und Rotklee vermutlich als gering erachtet werden kann.

Polyphenoloxidase (PPO)

Die PPO oder auch Tyrosinase ist ein kupferhaltiges Enzym, das in den Thylakoiden der Chloroplasten enthalten ist. Durch Schneiden oder Zerkleinerung der Blätter während der Ernte und des Silierens katalysiert diese die Oxidation von ebenfalls in den Blättern vorhandenen Phenolen zu o-Chinonen unter Verbrauch von molekularem Sauerstoff (GIERUS 2009). Diese sind jedoch hochreaktive, elektrophile Moleküle, die entweder zu Melaninen polymerisieren oder - ähnlich wie Tannine - mit anderen nukleophilen Molekülen (z.B. Proteinen) eine Verbindung eingehen können (GIERUS 2009; LEE et al. 2007; LEE et al. 2004). Diese Bräunungsreaktion wird auch bei der Ernte von RB beobachtet, weshalb JONES et al. (1995) darauf schließt, das PPO ebenfalls im Rotklee enthalten ist. In weiteren Untersuchungen wurden nur bei Rotklee im Vergleich zu anderen Leguminosen, darunter auch Luzerne, eine messbare lösliche PPO-Aktivität gefunden. In Rotkleesilage war der Proteinabbau um 40 % geringer als in LS, trotz gleichem TS-Gehalt, pH-Wert-Verlauf während der Silierung und erreichtem End-pH-Wert der Silagen. Folglich führt die PPO zu einer geringeren Proteolyse während des Silierens (HATFIELD und MUCK 1999; JONES et al. 1995; LEE et al. 2004; SULLIVAN und HATFIELD 2006) bei Rotklee im Vergleich zur Luzerne.

2.5.4 Einfluss von Grünleguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung auf die Qualität der tierischen Erzeugnisse

Der Einsatz von Grünleguminosen in nennenswerten Anteilen kann sich auf die Qualität des Fleisches der Schweine in Bezug auf das Fettsäuremuster und den Cholesteringehalt auswirken. Die Zusammensetzung der Fettsäuren im Futter reflektiert und beeinflusst das Fettsäuremuster im Muskel- und Fettgewebe (KRACHT et al. 1996; LESKANICH et al. 1997; MADSEN et al. 1992; WOOD et al. 2008). Luzerne kann hohe Anteile an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, unter anderem Linol- und Linolensäure, enthalten (GAWEL und GRZELAK 2012; WOOD et al. 2003). Fettsäuren wie Linolsäure und α -Linolensäure sind für den Menschen essentiell und müssen daher über die Nahrung zugeführt werden. Studien zeigen, dass der Einsatz von Klee-, Gras-, und Luzernesilage sowie Luzernegrünmehl, den Gehalt an Omega-3-Fettsäuren und mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fettgewebe der Schweine erhöhen können (BELLON et al. 1998; HANSEN et al. 2006; RUDOLPH et al. 2011; WELTIN et al. 2014). So kann durch

die Verwendung von Futtermitteln mit geeigneten Fettsäuremustern Fleisch mit einem höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren und Omega-3-Fettsäuren erzeugt werden. Gleichzeitig bleibt ein möglichst enges Verhältnis von Omega-6-Fettsäuren zu Omega-3-Fettsäuren im Fleisch erhalten, was ernährungsphysiologisch wünschenswert ist (RILEY et al. 2000). Auf der anderen Seite kann ein zu hoher Gehalt an ungesättigten Fettsäuren zu einer höheren Lipidoxidation während der Lagerung und folglich zu negativen Auswirkungen auf die organoleptische Qualität sowie zu einer Qualitätsverschlechterung, insbesondere bei rohen oder haltbaren Produkten, und zu Problemen bei der Verarbeitung führen (AFFENTRANGER et al. 1996; EDWARDS 2005; HANSEN et al. 2006; JONSÄLL et al. 2000; PFALZGRAF et al. 1995; WOOD et al. 2003). Die ebenfalls in Grünfütter enthaltenen Antioxidantien könnten jedoch diese nachteilige Auswirkung verhindern (GAWEL und GRZELAK 2012; LEBRET 2008; LOPEZ-BOTE et al. 1998; MONAHAN et al. 1990; PFALZGRAF et al. 1995; WOOD et al. 2003). So kamen auch KARWOWSKA et al. (2008) durch gezielte Untersuchungen des Redoxpotentials und der Fettoxidation von Schweinefleisch zur Auffassung, dass die Ergänzung des Schweinefutters mit einem Luzerne-mehlextrakt keinen Einfluss auf die potentielle Redox- und Lipid-Oxidation von Schweinefleisch hatte. SHI et al. (2014) zeigten sogar, dass die Aufnahme von Luzerne-Saponin-Extrakt die Aktivität einiger antioxidativer Enzyme beim Absatzferkel steigerte.

Zudem ist bekannt, dass die in der Luzerne enthaltenen Saponine den Serum- und Plasma-cholesterinspiegel senken und die Ausscheidung von Cholesterin aus dem Körper erhöhen können (CHEEKE 1983; FRANCIS et al. 2002; GAWEL und GRZELAK 2012; KOZERA et al. 2016). Auch scheinen die Saponine Auswirkungen auf den Cholesteringehalt von Eiern und dem Fleisch von Masthühnern zu haben (CARRASCO et al. 2018; CHEEKE 1983; PONTE et al. 2004; WELTIN et al. 2014). Bezüglich einer vergleichenden Cholesterin senkenden Wirkung im Schweinefleisch wird in der Literatur wenig berichtet. WELTIN et al. (2014) stellen einen geringfügig niedrigeren Cholesteringehalt im Schweinefleisch bei der Fütterung von Luzernesilage fest. Dieser ließ sich jedoch statistisch nicht absichern. Weitere Untersuchungen hierzu sind nötig, um diesen für die menschliche Ernährung wünschenswerten Effekt beim Masthuhn auch beim Schwein zu verifizieren.

3 Darstellung der durchgeführten Untersuchungen

3.1 Pflanzenbauliche Untersuchungen zum Anbau von Grünleguminosen (Arbeitspaket Pflanzenbau (AP-Pflanze), Uni-GI, TI-Pflanze, LfL-P)

Es wurden im Projekt verschiedene pflanzenbauliche Untersuchungen durchgeführt, die hier gemeinsam beschrieben werden. An den Standorten Freising, Trenthorst und dem Gladbacherhof (Gießen) wurde ein Sortenversuch mit gleichem Aufbau durchgeführt. In Freising und Trenthorst wurde dieser durch einen Schnittfrequenzversuch und in Gießen durch einen Düngungsversuch ergänzt.

3.1.1 Merkmale der Standorte (S. WITTEN, K. BECKER, A. PACZKOWSKI, H. BÖHM)

Die Versuchsfelder in Freising (48°36'N 11°70'E, 450 m ü.d.M.) gehören zur Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Süddeutschland. Der Standort wird von Gley mit einer Textur aus schluffigem Sand dominiert, der aus dem Alluvium stammt.

Die Versuchsstation des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau (Trenthorst) in Norddeutschland (53°46'N, 10°30'E, 43 m ü. NN) arbeitet nach den europäischen Bio-Richtlinien (Verordnung der Kommission, 2008). Der Standort wird von Braunerden und stagnierenden Luvisolen dominiert und die Textur wurde als Lehm (18 % Ton, 39 % Schluff und 43 % Sand) gemäß der World Reference Base for Soil Resources (WRB) identifiziert.

Der Lehr- und Versuchsbetrieb der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gladbacherhof (50,39°N, 8,25°E, 267 m ü. NN), wird ebenso ökologisch bewirtschaftet. Bei den Böden handelt es sich um überwiegend schluffreiche Parabraunerden und Pararendzine aus Löss.

Die Monatsmitteltemperatur und der kumulierte Niederschlag variierten stark zwischen den Anbaujahren und wichen vom langjährigen Mittel ab (1986-2016, Abbildung 3.1.1-1).

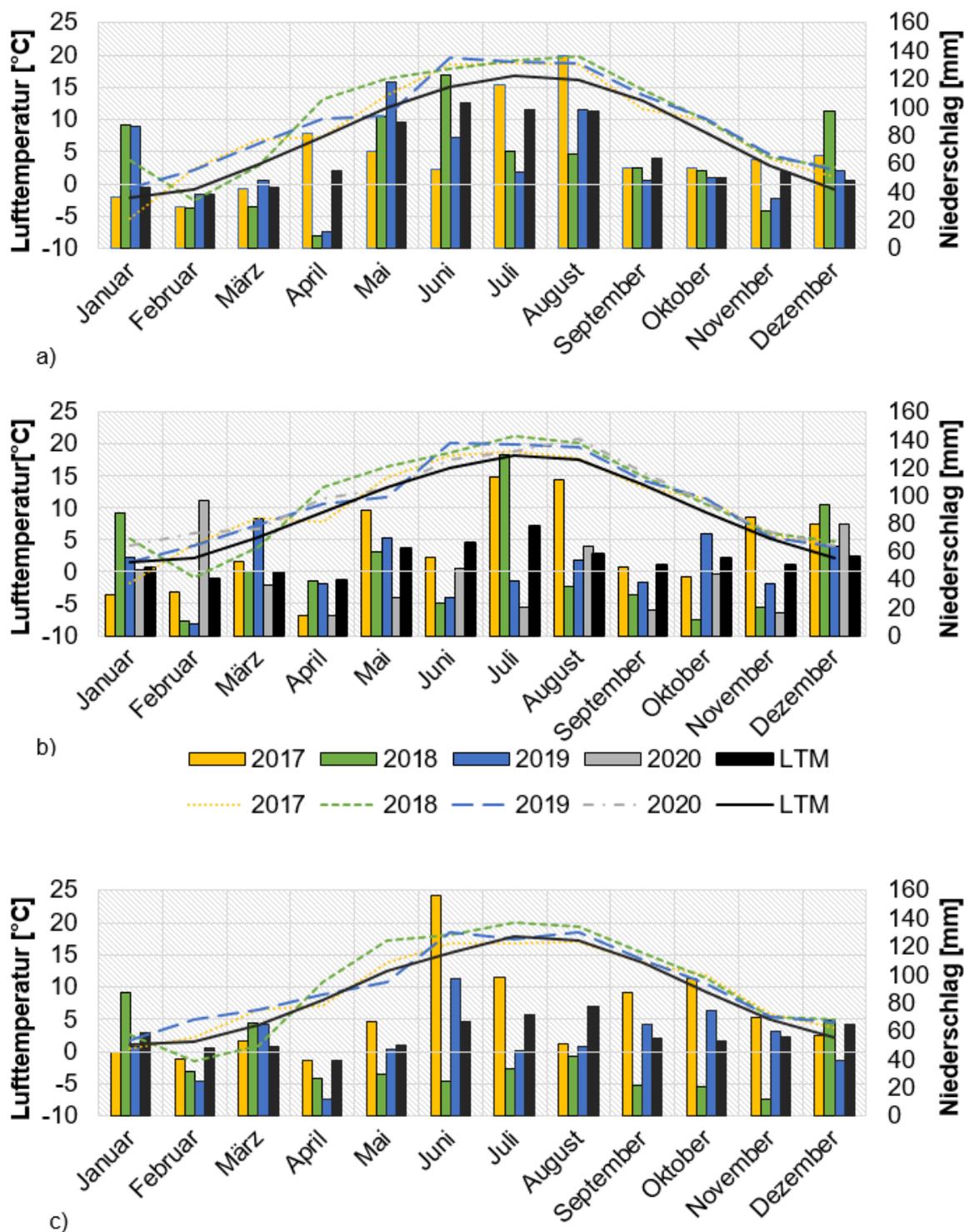


Abbildung 3.1.1-1: Niederschlag und Lufttemperatur in a) Freising und c) Trenthorst (DWD-Station Lübeck) in den Jahren 2017 – 2019, b) am Gladbacherhof in den Jahren 2017 - 2020 und im langjährigen Mittel (LTM, 1986-2016)

In Freising war der Sommer 2018 heiß, aber mit viel Regen im Mai und Juni und nur wenig Regen in den verbleibenden Sommermonaten. Im Jahr 2019 war der Mai nass und kalt, gefolgt von einem heißen und trockenen Sommer. Auch in Trenthorst war das Jahr 2017 kalt und nass und wurde von einem kalten und nassen Winter gefolgt. Der Sommer 2018 war heiß und trocken und wurde von einem milden Winter gefolgt. Im Jahr 2019 waren die Niederschläge im

März, Juni und Oktober besonders hoch und im April, Juli und August niedrig. Die Temperaturdaten für Trenthorst wurden direkt auf dem Betrieb gemessen, die Niederschlagsdaten wurden der Station des Deutschen Wetterdienstes Lübeck entnommen. Auf dem Gladbacherhof wurden vor allem in den Jahren 2018, 2019 und 2020 deutlich höhere Temperaturen gegenüber dem langjährigen Mittel gemessen. Die Niederschläge blieben dagegen häufig unterdurchschnittlich. Teilweise gab es aber auch überdurchschnittlich hohe Niederschläge, die dann zumeist als Starkregen aufgetreten sind und nicht komplett vom Boden aufgenommen werden konnten. Beispielsweise fielen am 05. Juli 2018 innerhalb einer Stunde 110 l Niederschlag, was zu Sturzbächen und Erosionsereignissen auf dem Versuchsbetrieb geführt hatte. Daher muss die Situation insgesamt als trocken angesprochen werden.

3.1.2 Versuchsaufbau

3.1.2.1 Sortenversuch (S. WITTEN, A. PACZKOWSKI, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)

Im Sortenversuch wurden jeweils acht Sorten von Luzerne und Rotklee für einen Vergleich angebaut. Von den acht verwendeten Luzernesorten (*Medicago sativa* L.), die insgesamt ähnliche Eigenschaften aufweisen, wird für die Sorte Fleetwood die höchste Rohproteinkonzentration bei durchschnittlichen Trockenmasseerträgen und geringer Wuchshöhe erwartet (Tabelle 3.1.2-1).

Tabelle 3.1.2-1: Merkmale der Luzernesorten (*Medicago sativa* L.) (mit 1 = geringe Ausprägung der Merkmale und 9 = hohe Ausprägung der Merkmale)¹⁾

	Alpha	Catera	Fleetwood	Franken neu ¹⁾	Planet	Plato	Sanditi	Verko
Kennummer LUZ	167	180	181	68	133	115	150	137
Anteil mischfarbiger Blüten	1	1	2		4	4	2	4
Blühbeginn	3	4	4	6	4	4	4	4
Wuchshöhe/Anfangsentwicklung	6	4	3	4	5	5	6	5
Stängellänge/Vollentwicklung	5	4	4		6	5	5	6
Wuchshöhe/Nachwuchs	7	4	4		5	5	6	5
Massebildung im Anfang	6	5	5		5	5	6	5
Neigung zu Auswinterung	5	5	5	4	5	5	5	5
Neigung zu Lager	4	4	6	7	5	5	5	5
Anfälligkeit für Welke						5	5	
Gesamt-Trockenmasseertrag	6	6	5	6	5	5	6	5
Trockenmasseertrag 1. Schnitt	6	6	5		6	6	6	6
Trockenmasseertrag Folgeschnitte	6	6	6		6	5	6	5
Rohproteinkonzentration	5	6	7	7	6	6	5	6

¹⁾ nach BSA (2016) und AGES (2019)¹⁾

Es wurden ebenfalls 8 Rotkleearten (*Trifolium pratense* L.) verwendet. Von diesen sollte der höchste Trockenmasseertrag bei einer etwas unterdurchschnittlichen Rohprotein-konzentration bei der Sorte Elanus auftreten (Tabelle 3.1.2-2).

Tabelle 3.1.2-2: Merkmale der Rotkleeorten (*Trifolium pratense* L.) (mit 1 = geringe Ausprägung der Merkmale und 9 = hohe Ausprägung der Merkmale*)

	Atlantis	Avanti ¹⁾	Elanus	Harmonie	Larus	Magellan	Tempus	Titus
Kennnummer RKL	216	263	219	239	169	250	108	105
Blühbeginn	5	4	1	5	2	6	5	5
Wuchshöhe/Anfangsentwicklung	6	4	5	5	7	5	6	6
Wuchsform/Anfangsentwicklung	5	6	6	5	5	7	3	6
Stängelhöhe/Volle Entwicklung	6	5	4	6	5	7	5	6
Wuchshöhe/Nachwuchs	7	5	6	6	6	6	6	5
Massebildung im Anfang	6	6	6	5	6	6	5	6
Neigung zu Auswinterung	4	4	4	4	4	4	4	4
Neigung zu Lager	4	4	7	5	6	5	4	5
Kleekrebs	5	4	4	5	4	4	5	4
Stängelbrenner	5	3	3	3	4	6		6
Mehltau	6	4	4	4	4	5	5	6
Gesamt-Trockenmasseertrag	6	6	6	5	6	6	6	5
Trockenmasseertrag 1. Schnitt	6	6	6	5	6	6	5	6
Trockenmasseertrag Folgeschnitte	6	6	7	5	7	6	5	5
Rohproteinkonzentration	6	5	5	6	4	6	6	6
Gesamt-Trockenmasseertrag im 2. HNJ	6	6	7	6	7	6	5	5
Mängel im Stand nach dem 2. Winter	5	4	4	5	5	4	6	5
Ausdauer	6	7	7	7	7	6	5	6

¹⁾ nach BSA (2016) und BSA (2011)

Zur Saatbettbereitung wurde das Feld mit einer Kreiselegge bearbeitet. Das Luzerne-Saatgut wurde vor der Aussaat beimpft (Radicin-Trifol Firma Jost GmbH). Die Feldversuche wurden in einem randomisierten Blockdesign mit vier Wiederholungen angelegt. Die Feldparzellen in Trenthorst waren 9,5 m x 1,5 m groß. Die Aussaat erfolgte in Trenthorst am 25. August 2016 mit einer Saattiefe von 1-2 cm (05. September Bestandsschluss und 10. April 2017 Schröpfschnitt). Die Feldparzellen in Freising waren 7,0 m x 1,5 m groß. In Freising wurde der Feldversuch am 10. April 2017 gesät, da die Ansaat im Herbst nicht aufgegangen war. Die Feldparzellen auf dem Gladbacherhof maßen 8,0 m x 1,5 m und wurden später als geplant am 06. September 2016 ausgesät, da eine frühere Aussaat aufgrund von Trockenheit nicht möglich war.

Zur Sicherstellung der Nährstoffstufe C wurden die Bodennährstoffe analysiert und ggf. durch Düngung angepasst. In Freising wurde keine Düngung durchgeführt, aber in Trenthorst wurde am 20. und 21. April 2017 der Boden auf das Niveau C gedüngt (60 kg S ha⁻¹ als Gips, 1,2 kg B ha⁻¹ aus Folicin und 2.138 kg Ca ha⁻¹ aus Kalk). Auf den Versuchsflächen des Gladbacherhofes wurden 1.787 kg Ca ha⁻¹ aus Kalk gedüngt, sowie 60 kg S ha⁻¹ aus Anhydrit (CaSO₄) und 52 kg P ha⁻¹ aus Rohphosphatdünger (Dolophos).

Die phänologische Entwicklung wurde mittels der BBCH-Skala (MEIER 2001) wöchentlich bestimmt und vor jedem Schnitt fand eine Unkrautbonitur statt. Es wurden unter anderem Bonituren zur Massebildung, Entwicklungsstadium beim Schnitt und Krankheiten durchgeführt.

Für die Ernte wurde das frühe Knospenstadium, also ein BBCH-Stadium von 59-61 angestrebt. Das BBCH-Stadium wurde für jede Parzelle dokumentiert. Die Pflanzen der gesamten Parzelle wurden in allen Jahren mit einem Parzellenvollernter (6-7 cm Schnitthöhe) geerntet und die Frischmasse mit der integrierten Waage zur Ertragserfassung gewogen. In Trenthorst wurde die Luzerne im Jahr 2017 zwei Pflegeschnitten unterzogen und am 16. Juni mit Radicin-Trifol

(Firma Jost GmbH) in Form einer Bodenimpfung nachgeimpft. Eine erste Beerntung eines sehr ungleichmäßigen und überalterten Luzernebestandes erfolgte aufgrund niedriger Temperaturen, ergiebiger Niederschläge und der weitestgehend fehlenden Nodulation erst am 4. August. Eine zweite Beerntung folgte im Herbst (18.09.). In Freising wurden in 2017 nur Pflegeschnitte durchgeführt. In Gießen wurden in 2017 zunächst 2 Pflegeschnitte durchgeführt, bevor eine Beerntung (3 Schnitte) möglich war. In 2018 war der Rotklee in Trenthorst und Freising nicht wie geplant beerntbar. Durch die Ausfälle in 2017 und 2018 wurden in Trenthorst und Freising die Versuche (Sortenversuch und Schnittfrequenzversuch) auch im Jahr 2019 noch weiter beerntet (siehe Tabelle 3.1.2-3 für Schnittdaten).

3.1.2.2 Schnittfrequenzversuch (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)

Der Schnittfrequenzversuch wurde an den Standorten Trenthorst und Freising durchgeführt und war in die Sortenversuche integriert. Die Behandlung der Pflanzen entsprach im gesamten zeitlichen Verlauf der, die im Sortenversuch beschrieben ist. Die Luzernesorten Fleetwood und Planet sowie die Rotkleearten Elanus und Titus wurden zusätzlich als weitere Varianten zur Fünfschnittnutzung angebaut. In Freising standen nur drei Wiederholungen des Schnittregimes mit fünf Schnitten zur Verfügung.

Die Beerntung der Luzerne war in 2018 und 2019 wie geplant durchführbar. Im Rotklee konnten in Freising in der 4-Schnitt-Nutzung nicht alle Schnitte realisiert werden, da die Parzellen von Kleeteufel und Mäusefraß stark geschädigt waren. Daher waren nur 2 bzw. 3 Schnitte in den Jahren 2018 und 2019 möglich. Die Parzellen der 5-Schnitt-Nutzung konnten jedoch in beiden Jahren 5-mal beerntet werden. In Trenthorst wurden in 2017 wie geplant 4 bzw. 5 Schnitte geerntet. In 2018 und 2019 wurden jeweils 2 Schnitte der 4-Schnitt-Nutzung und 3 Schnitte der geplanten 5-Schnitt-Nutzung beerntet, da die Wärme und Trockenheit in 2018 und im Juli und August 2019 zu vermindertem Aufwuchs führten.

3.1.2.3 Düngungsversuch (K. BECKER, Y. SALOMON, S. WITTEN, H. BÖHM, K. AULRICH)

Der Düngungsversuch war Bestandteil der Anbauversuche, die auf dem Gladbacherhof (Uni Gießen) durchgeführt wurden. Die unterschiedlichen Düngungsregime wurden bei Luzerne an der Sorte Plato durchgeführt und bei Rotklee an der Sorte Titus. Der Düngungsversuch Rotklee wurde 2016 angelegt und 2017 und 2018 beerntet, der Düngungsversuch Luzerne wurde mehrmals nachgesät (Trockenheitsprobleme) und dann 2018 wiederholt, sodass Ernteergebnisse für Luzerne im Düngungsversuch erst in 2019 und 2020 realisiert werden konnten. Die Parzellen wurden mit der drei Meter breiten Betriebssämaschine gesät, sodass die Parzellen 8,5 m x 3,0 m gemessen haben. Geerntet wurden nur die 1,50 m breiten Kernparzellen, sodass eine eventuelle Beeinflussung durch Düngungsmaßnahmen von nebeneinanderliegenden Parzellen durch jeweils 0,75 m breite unbeerntete Randstreifen minimiert wurde.

Im Herbst 2016 wurden aus allen Parzellen aus der Tiefenstufe 0-30 cm Mischproben entnommen und mit der EUF-Methode (Elektro-Ultrafiltration nach ISO/IEC 17025) auf die Konzentration von pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium, Schwefel, Bor, Mangan, Molybdän, Kupfer, Eisen und Zink untersucht.

Aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet wurden sechs Düngungsregime festgelegt:

- Var. 1: Kontrolle ohne Düngung
- Var. 2: Mit Phosphor (52 kg ha⁻¹ P als TSP mit Ausnahmegenehmigung)
- Var. 3: Mit Phosphor und Calcium (1.787 kg ha⁻¹ Ca als KSK Mikrocal Fa. Otterbein)
- Var. 4: Mit Phosphor, Calcium und Schwefel (60 kg ha⁻¹ S als CaSO₄)
- Var. 5: Mit Phosphor, Calcium, Schwefel und Bor (1 kg ha⁻¹ B)
- Var. 6: Mit Phosphor, Calcium, Schwefel, Bor und Molybdän (0,6 kg ha⁻¹ Mo)

Die Düngung erfolgte jeweils zum Beginn des 1. Hauptnutzungsjahres (HNJ) und wurde zu Beginn des 2. HNJ in gleicher Form und Menge wiederholt (Düngungstermine Rotklee: 04.04.2017 sowie 12.04.2018; Düngungstermine Luzerne: 27.03.2019 sowie 09.03.2020).

Sämtliche verwendeten Düngemittel waren zugelassen für den Einsatz im Ökologischen Landbau, mit Ausnahme des TSP (Tripel-Super-Phosphat). Hier wurde für den Versuch eine Ausnahmegenehmigung bei der Genehmigungsbehörde eingeholt, da die Gefahr bestand, dass nicht ausreichend aufgeschlossene Phosphordünger keine Wirksamkeit entfalten.

Die Erntetermine für alle pflanzenbaulichen Versuche sind in Tabelle 3.1.2-3 zusammengestellt. Für die Luzerne im Sortenversuch war in Trenthorst und Freising das Jahr 2018 das 1. HNJ (HNJ), am Gladbacherhof (Gießen) war es 2017. Für den Rotklee war in Trenthorst und Gießen 2017 und in Freising 2018 das 1. HNJ.

Tabelle 3.1.2-3: Schnittdaten von Luzerne und Rotklee an den Standorten Trenthorst, Freising und Gießen für den Sortenversuch (4-Schnitt), den Schnittfrequenzversuch (5-Schnitt) und den Düngungsversuch (Düngung)

Jahr	2017		2018		2019		2020
Luzerne							
Trenthorst	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	(04.08.)	(04.08.)	23.05.	14.05.	27.05.	13.05.	
2. Schnitt	18.09.	18.09.	25.06.	13.06.	21.06.	11.06.	
3. Schnitt	-	-	19.07.	13.07.	22.07.	05.07.	
4. Schnitt	-	-	27.08.	06.08.	30.08.	02.08.	
5. Schnitt	-	-	-	18.09.	-	09.09.	
Freising	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	-	-	30.05.	03.05.	24.05.	23.05.	
2. Schnitt	-	-	10.07.	12.06.	10.07.	11.07.	
3. Schnitt	-	-	09.08.	24.07.	14.08.	30.07.	
4. Schnitt	-	-	11.10.	22.08.	24.09.	26.08.	
5. Schnitt	-	-	-	27.09.	-	22.10.	
Gießen	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	Düngung
1. Schnitt	27.06.	-	05.06.	-	-	17.06	26.05
2. Schnitt	15.08.	-	13.07.	-	-	18.07	26.06
3. Schnitt	04.10.	-	16.08.	-	-	20.08	31.07
4. Schnitt	-	-	28.09.	-	-	15.10	21.08.
Rotklee							
Trenthorst	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	07.06.	01.06.	22.05.	14.05.	29.05./04.06.	24.05.	
2. Schnitt	07.07.	29.06.	28.06.	13.06.	26.06./02.07.	21.06.	
3. Schnitt	08.08.	27.07.	-	04.07.	-	11.07.	
4. Schnitt	18.09.	17.08.	-	-	-	-	
5. Schnitt	-	18.09.	-	-	-	-	
Freising	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	-	-	29.05.	03.05.	18.06.	18.06.	
2. Schnitt	-	-	10.07.	12.06.	17.07.	11.07.	
3. Schnitt	-	-	-	24.07.	26.08.	30.07.	
4. Schnitt	-	-	-	22.08.	-	26.08.	
5. Schnitt	-	-	-	12.10.	-	22.10.	
Gießen	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	Düngung
1. Schnitt	27.06.	30.06.	25.05.	30.05.	-	-	-
2. Schnitt	04.08.	08.08.	27.06.	09.07.	-	-	-
3. Schnitt	21.09.	28.09.	30.07.	07.08.	-	-	-
4. Schnitt	-	-	31.08.	07.09.	-	-	-

Bei Rotklee wurden die verfügbaren Ergebnisse der Anlagejahre 2016, 2017 und 2018 für die jeweiligen Hauptnutzungsjahre und hier jeweils des 1. und 3. Schnittes der Standorte Aulendorf, (BW), Eichhof (HE), Grafenreuth (BY) Haufeld (TH), Markersreuth (BY), Osterseeon (BY) Puch (BY) und Steinach (BY) ausgewertet. In einem unbalanciertem Daten-Set standen hierfür die diploiden Sorten Avisto, Columba, Harmonie, Kontiki, Loreley, Merula, Milvus, Nemaro, Regent, Saphir und Semperina sowie die tetraploiden Sorten Atlantis, Avanti, Blizzard, Elanus, Fregata, Larus, Magellan, Monsun, Taifun, Tempus und Titus zur Bestimmung des Blattanteils zur Verfügung (Tabelle 3.1.2-5).

Detaildaten zu den Prüfstandorten, den Vegetationsverläufen sowie eventuell aufgetretenen Besonderheiten sind den jeweiligen länderübergreifenden LSV-Berichten (<https://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/021755/index.php>) der Ländergruppe „Mitte-Süd“ zu entnehmen.

**Tabelle 3.1.2-5: Daten-Set für die ergänzende Verrechnung ausgewählter Landessor-
tenversuche des süddeutschen Raumes für Rotklee bezüglich des Blatt/Stängel-Ver-
hältnisses (Sorten des Projektversuches fett)**

		diploid												tetra									
Sorte		Columba		Harmonie		Kontiki		Loreley		Merula		Milvus		Nemaro		Regent		Saphir		Semperina		Atlantis	
Schnitt		1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Standort	HNJ Anlagejahr																						
Aulendorf	1	2017		X	X			X	X			X	X	X	X			X	X	X	X		
Eichhof	1	2017		X	X			X	X			X	X					X	X	X	X		
Eichhof	1	2018	X	X	X	X						X	X			X	X						
Grafenreuth	1	2016			X		X	X	X		X	X				X		X	X		X		X
Haufeld	1	2017			X	X		X	X			X	X	X	X			X	X	X	X		
Haufeld	1	2018		X		X						X				X		X	X	X			
Markersreuth	1	2018	X	X	X	X					X	X	X	X				X	X	X	X		
Osterseeon	1	2016			X		X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	
Osterseeon	1	2018	X	X	X	X					X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Puch	1	2016			X		X	X	X		X	X	X			X		X	X	X		X	
Steinach	1	2016			X		X	X	X		X	X	X			X		X	X	X		X	
Steinach	1	2018	X	X	X	X					X	X	X	X				X	X	X	X		
Eichhof	2	2016			X	X		X	X			X	X					X	X	X	X		
Grafenreuth	2	2016			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Osterseeon	2	2016			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Steinach	2	2018			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X

		tetraploid																					
Sorte		Avanti		Avisto		Blizard		Elanus		Fregata		Larus		Magellan		Monsun		Taifun		Tempus		Titus	
Schnitt		1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Standort	HNJ Anlagejahr																						
Aulendorf	1	2017						X	X	X	X					X	X						
Eichhof	1	2017						X	X	X	X					X	X						
Eichhof	1	2018		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X							X	X
Grafenreuth	1	2016						X		X		X				X		X		X		X	
Haufeld	1	2017						X	X	X	X					X	X						
Haufeld	1	2018			X		X	X	X					X	X		X		X				X
Markersreuth	1	2018		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Osterseeon	1	2016	X					X		X		X				X		X		X		X	
Osterseeon	1	2018		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puch	1	2016						X		X		X				X		X		X		X	
Steinach	1	2016						X		X		X				X		X		X		X	
Steinach	1	2018		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eichhof	2	2016						X	X	X	X					X	X						
Grafenreuth	2	2016						X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Osterseeon	2	2016	X	X				X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Steinach	2	2018						X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X

3.1.3 Probenvorbereitung und Analysen (K. AULRICH, S. WITTEN, H. BÖHM, K. BECKER)

Die Proben wurden über zwei Tage bei 40°C schonend getrocknet. Stängel und Blätter wurden dann mithilfe eines Windsichters und einer Handsortierung getrennt. Anschließend wurden Stängel und Blätter gewogen, um das Blatt-Stängel-Verhältnis zu ermitteln. Die Proben wurden auf 0,5 mm vermahlen (Foss®, Cyclotec 1093, Foss Deutschland GmbH) und anschließend in einem dunklen Raum bei 8°C bis zu den nachfolgenden Analysen von Trockensubstanz, Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration gelagert. Für die Untersuchungen standen die in Tabelle 3.1.3-1 aufgeführten Proben zur Verfügung.

Tabelle 3.1.3-1: Proben (Blatt/Stängel) zur Analyse vorbereitet für den Sortenversuch (4-Schnitt), den Schnitffrequenzversuch (5-Schnitt) und den Düngungsversuch (Düngung) an den Standorten Freising, Gießen und Trenthorst

Jahr	2017		2018		2019		2020
Luzerne							
Trenthorst	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	-	-	32/32	8/8	32/32	8/8	
2. Schnitt	32/32	-	32/32	8/8	32/32	8/8	
3. Schnitt	-	-	32/32	8/8	32/32	8/8	
4. Schnitt	-	-	32/32	8/8	32/32	8/8	
5. Schnitt	-	-	-	8/8	-	8/8	
Freising	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	-	-	32/2	6/0	32/8	6/3	
2. Schnitt	-	-	32/2	6/0	32/8	6/3	
3. Schnitt	-	-	32/2	6/0	32/8	6/3	
4. Schnitt	-	-	32/2	6/0	32/8	6/3	
5. Schnitt	-	-	-	6/0	-	6/3	
Gießen	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	Düngung
1. Schnitt	32/32	-	16/16	-	-	24/24	24/24
2. Schnitt	-	-	-	-	-	24/24	24/24
3. Schnitt	16/16	-	16/16	-	-	24/24	24/24
4. Schnitt	-	-	-	-	-	24/24	24/24
Rotklee							
Trenthorst	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	32/32	8/8	32/32	8/8	32/32	8/8	
2. Schnitt	32/32	8/8	32/32	8/8	32/32	8/8	
3. Schnitt	32/32	8/8	-	8/8	-	8/8	
4. Schnitt	32/32	8/8	-	-	-	-	
5. Schnitt	-	8/8	-	-	-	-	
Freising	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	
1. Schnitt	-	-	32/2	6/0	32/2	6/1	
2. Schnitt	-	-	32/2	6/0	32/2	6/1	
3. Schnitt	-	-	-	6/0	32/2	6/1	
4. Schnitt	-	-	-	0/0	-	6/1	
5. Schnitt	-	-	-	6/0	-	6/1	
Gießen	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	4-Schnitt	Düngung	Düngung
1. Schnitt	16/16	24/24	16/16	24/24	-	-	-
2. Schnitt	-	24/24	-	24/24	-	-	-
3. Schnitt	16/16	24/24	16/16	24/24	-	-	-
4. Schnitt	-	-	-	24/24	-	-	-

Von allen in Tabelle 3.1.3-1 aufgeführten Proben wurden Analysen der Trockensubstanz sowie der Rohproteinkonzentration durchgeführt. Die Konzentration von 17 Aminosäuren wurde in einer Auswahl der Proben durchgeführt, wie im Folgenden aufgeführt:

- Sortenversuch
Von der Luzerne wurde in beiden Jahren von jedem Standort von je einer Wiederholung von jeder Sorte die Aminosäurenkonzentration in den Blättern bestimmt. Zusätzlich wurden in allen Schnitten (Gießen 1. und 3. Schnitt) die Proben aller zur Verfügung stehenden Wiederholungen der Sorten Fleetwood und Sanditi und je einer Wiederholung der Stängel dieser Sorten auf ihre Aminosäurenkonzentration analysiert. Vom Rotklee wurde im 1. Schnitt 2017, im 1. Schnitt 2018 in Freising und im 1. Schnitt 2019 in Trenthorst und Freising in je einer Blattprobe je Wiederholung von allen Sorten und je einer Stängelprobe je einer Wiederholung der Sorten Elanus und Harmonie die Aminosäurenkonzentration analysiert. Zudem wurden auch alle zur Verfügung stehenden Blattproben von Elanus, Harmonie und Tempus zur Analyse der Aminosäurenkonzentration genutzt.
- Schnittfrequenzversuch
Die Blattproben der Luzerne aller Wiederholungen aller Schnitte der Sorte Fleetwood wurden auf die Aminosäurenkonzentration analysiert.
Die Blattproben des Rotkleees aller Wiederholungen und aller Schnitte der Sorte Elanus wurden ebenso auf ihre Aminosäurenkonzentration untersucht.
- Düngungsversuch
In allen Schnitten wurden in 2 Wiederholungen der Blätter die Aminosäurenkonzentration bestimmt und in 2020 auch in 2 Wiederholungen der Luzernestängel.

3.1.3.1 Bestimmung der Trockensubstanz

Die Bestimmung der Trockensubstanz erfolgte in den auf 0,5 mm vermahlenden Proben für 4 h bei 105 °C im Trockenschrank entsprechend den Vorschriften der Verordnung (EG) Nr. 152/2009 (EG 2009).

3.1.3.2 Rohproteinanalyse

Die Rohproteingehalte wurden rechnerisch aus den Ergebnissen der Stickstoffanalyse mit Hilfe des Faktors 6,25 ermittelt. Die N-Analysen erfolgten mit der Verbrennungsmethode nach Dumas am Elementaranalysator (vario max cube, Elementar, Hanau) entsprechend der Verbandsmethode 4.1.2 des VDLUFA (VDLUFA 2012).

3.1.3.3 Aminosäurenanalyse

Die Analyse der Aminosäuregehalte erfolgte in Anlehnung an die Vorschriften der Verordnung (EG) Nr. 152/2009 (EG 2009). Die offizielle Methode wurde bezüglich der Derivatisierung und der anschließenden Quantifizierung folgendermaßen angepasst (WITTEN et al. 2019): jeweils nach der Hydrolyse, entweder nach vorangegangener Oxidation für die Bestimmung von Methionin und Cystein oder direkt für alle anderen Aminosäuren, erfolgte die Derivatisierung der Proben im Gegensatz zur EU-Richtlinie mit 6-Aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl-carbamat als Vorsäulenderivatisierung nach Cohen & Michaud 1993. Die Trennung und Quantifizierung wurde mittels HPLC (Infinity 1260, Agilent Technologies, Waldbronn) und Fluoreszenzdetektion vorgenommen. Die Anregungswellenlänge betrug 250 nm, die Emissionswellenlänge 400 nm. Die Trennung erfolgte mittels Gradientenelution an einer C18-Säule (3µ C18 – Luna 150 x 2mm, Phenomenex).

3.1.3.4 Nahinfrarotspektroskopie (K. AULRICH)

3.1.3.4.1 NIRS-Messung

Die Aufnahme der NIR-Spektren erfolgte am FT-NIR-Polarisationsinterferometer N500 (Büchi, Essen) im Spektralbereich von 1000–2500 nm in diffuser Reflexion. Dazu wurden die vermahlenden Proben jeweils in Doppelbestimmung vermessen. Beide Spektren jeder Probe wurden anschließend in die Chemometrie-Software NIRCal (Büchi, Essen) überführt.

3.1.3.4.2 Kalibrationsentwicklung

Die Weiterverarbeitung der spektralen Daten erfolgte unter Zuhilfenahme chemometrischer Verfahren. Hierfür war es erforderlich, die Referenzdaten für die zu schätzenden Inhaltsstoffe einzubeziehen. Als Referenzdaten für die Kalibrationsentwicklung kamen die Ergebnisse der Rohprotein- und der Aminosäureanalyse zur Anwendung. Es wurden Kalibrationen für Rohprotein und jede einzelne Aminosäure erstellt. Für die Kalibrationsentwicklung wurden jeweils ca. zwei Drittel der Spektren genutzt. Die Validierung erfolgte an ca. einem Drittel der Proben. Es kamen verschiedene mathematische Verfahren zum Einsatz, die im Einzelnen mit dem Ziel getestet wurden, das beste mathematische Modell für die Vorhersage des zu bestimmenden Parameters zu finden, das den geringsten Fehler der Vorhersage aufweist.

Die erreichten Schätzgenauigkeiten wurden anhand statistischer Kennzahlen bewertet, dies waren vorrangig der Standardfehler der Kalibrierung (SEE: standard error of estimation), der Standardfehler der Validierung (SEP: standard error of prediction) und die Regressionskoeffizienten von Kalibration und Validation. Das Ziel waren möglichst kleine SEE- und SEP-Werte. Diese können allerdings nie kleiner sein als der Fehler der jeweiligen Referenzmethode. Statistisch gesehen ist der erwartete Fehler einer Applikation mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 % in einem Intervall von +/- SEP und mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % in einem Intervall von +/- 2 SEP. Die Regressionskoeffizienten sollen so nahe wie möglich bei 1 liegen. Sind diese Forderungen erfüllt, kann von einer guten Kalibration gesprochen werden.

3.1.4 Auswertung (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM)

Die Auswertung wurde rein deskriptiv durchgeführt, um die umfangreichen Daten abzubilden. Mit Hilfe von MS Excel wurden Tabellen und Abbildungen erstellt, die sowohl Einzelwerte als auch Mittelwerte und Standardabweichungen enthalten. Die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichung erfolgte aus den vorhandenen Ergebnissen. Der Biomasse- und Blattmasseertrag wurde aus je vier Feldwiederholungen pro Variante gemittelt. Die Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration sowie die daraus abgeleiteten Rohprotein- und Aminosäuren-erträge wurden in Freising und Trenthorst aus vier und am Gladbacherhof (Gießen) aus zwei Feldwiederholungen je Variante gemittelt.

Da die Versuchsanlage witterungsbedingt in unterschiedlichen Jahren erfolgte, wurden für den Sortenversuch die Hauptnutzungsjahre (HNJ) als Vergleichsgrundlage eingesetzt. Wie in Tabelle 3.1.2-3 und in Tabelle 3.1.3-1 dargestellt, konnten beim Rotklee nicht an allen Standorten in allen Nutzungsjahren vier bzw. fünf Schnitte realisiert werden. Zudem standen vom Standort Gladbacherhof (Gießen) nur Laboranalysen vom 1. und 3. Schnitt für die Auswertung zur Verfügung. Dies wurde in der Auswertung berücksichtigt.

Folgende Berechnungen wurden durchgeführt:

Frischmasseertrag ($t\ ha^{-1}$): $FY = PY/P*10$, wobei FY der Frischmasseertrag in $t\ ha^{-1}$, PY der Parzellenertrag (kg je Parzelle) und P die Parzellengröße in m^2 ist.

Trockenmasseertrag ($t\ ha^{-1}$): $DMY = FY * DM40 * DM105$, wobei DMY der Trockenmasseertrag in $t\ ha^{-1}$, FY der Frischmasseertrag in $t\ ha^{-1}$, DM40 die Trockenmasse-Konzentration nach $40^{\circ}C$ -Trocknung und DM105 die Trockenmasse-Konzentration nach $105^{\circ}C$ -Trocknung ist.

Blattertrag ($t\ ha^{-1}$): $LY = LR * DMY$, wobei LY der Blattertrag in t Trockenmasse ha^{-1} , LR das Blatt-Stängel-Verhältnis und DMY der Trockenmasseertrag der ganzen Pflanze in $t\ ha^{-1}$ ist.

Rohprotein- und Aminosäureertrag aus Blättern ($kg\ ha^{-1}$): $LY * CP$ (oder AA)*1000, wobei LY der Blattertrag in t Trockensubstanz ha^{-1} , CP die Rohproteinkonzentration in $g\ 100\ g^{-1}$ und AA die Konzentration jeder Aminosäure in $g\ 100\ g^{-1}$ ist.

Aminosäurekonzentration im Rohprotein ($g\ 16g^{-1}\ N$): $AACP = AA/CP * 100$, wobei AACP die Aminosäurekonzentration im Rohprotein in $g\ 16g^{-1}\ N$ ist, AA die Aminosäurekonzentration in der Trockenmasse in $g\ 100\ g^{-1}$ und CP die Rohproteinkonzentration in $g\ 100\ g^{-1}$ Trockenmasse.

3.1.5 Ergebnisse und Diskussion (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der pflanzenbaulichen Versuche mit Luzerne und Rotklee dargestellt und diskutiert. Dabei wird zunächst jeweils auf die Rohprotein- und Aminosäurekonzentrationen im Blatt eingegangen, die wesentlich für die Bewertung des Produktes als Futtermittel sind. Im Anschluss wird die Ertragsleistung der Pflanze unter den verschiedenen Bedingungen betrachtet. Zum Vergleich werden die Leistungen der Proteinfuttermittel Futtererbse, Ackerbohne und Sojabohne bei einem angenommenen Kornertrag von $3,5\ t\ ha^{-1}$ herangezogen (Tabelle 3.1.5-1).

Tabelle 3.1.5-1: Rohprotein- und Aminosäurekonzentration sowie Ertragsleistungen von Futtererbsen, Ackerbohnen und Sojabohnen^{*)}

:	Futtererbse	Ackerbohne	Sojabohne
Rohprotein [$g\ kg^{-1}\ T$]	212	296	396
Lysin [$g\ kg^{-1}\ T$]	17,3	18,9	24,5
[$g\ 16g^{-1}\ N$]	8,2	6,4	6,2
Methionin [$g\ kg^{-1}\ T$]	2,2	2,1	5,5
[$g\ 16g^{-1}\ N$]	1,0	0,7	1,4
Cystein [$g\ kg^{-1}\ T$]	3,3	2,9	5,9
[$g\ 16g^{-1}\ N$]	1,4	1,1	1,5
Threonin [$g\ kg^{-1}\ T$]	8,4	10,0	15,4
[$g\ 16g^{-1}\ N$]	4,0	3,4	3,9
Arginin [$g\ kg^{-1}\ T$]	16,3	25,8	28,5
[$g\ 16g^{-1}\ N$]	7,7	8,7	7,2
Ertrag [$t\ T\ ha^{-1}$]	3,5	3,5	3,5
Rohproteinertrag [$kg\ ha^{-1}$]	742	1036	1386
Lysinertrag [$kg\ ha^{-1}$]	60,6	66,2	85,8
Met+Cys-Ertrag [$kg\ ha^{-1}$]	18,9	17,7	40,2

^{*)} Ackerbohne und Futtererbse aus Witten et al. (2019), Sojabohne aus Heuzé et al. (2017)¹⁾

3.1.5.1 Sortenversuch (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)

3.1.5.1.1 Luzerne

3.1.5.1.1.1 Rohprotein- und Aminosäurekonzentration

Die Rohproteinkonzentration der Luzerneblätter lag zwischen 250 und $350\ g\ kg^{-1}\ T$ und entsprach somit in etwa der der Ackerbohne. Sortenunterschiede über alle Schnitte waren nur in geringem Maße erkennbar (Abbildung 3.1.5-1). Die Sorte Fleetwood hatte an allen Standorten in beiden Jahren eine hohe Rohproteinkonzentration.

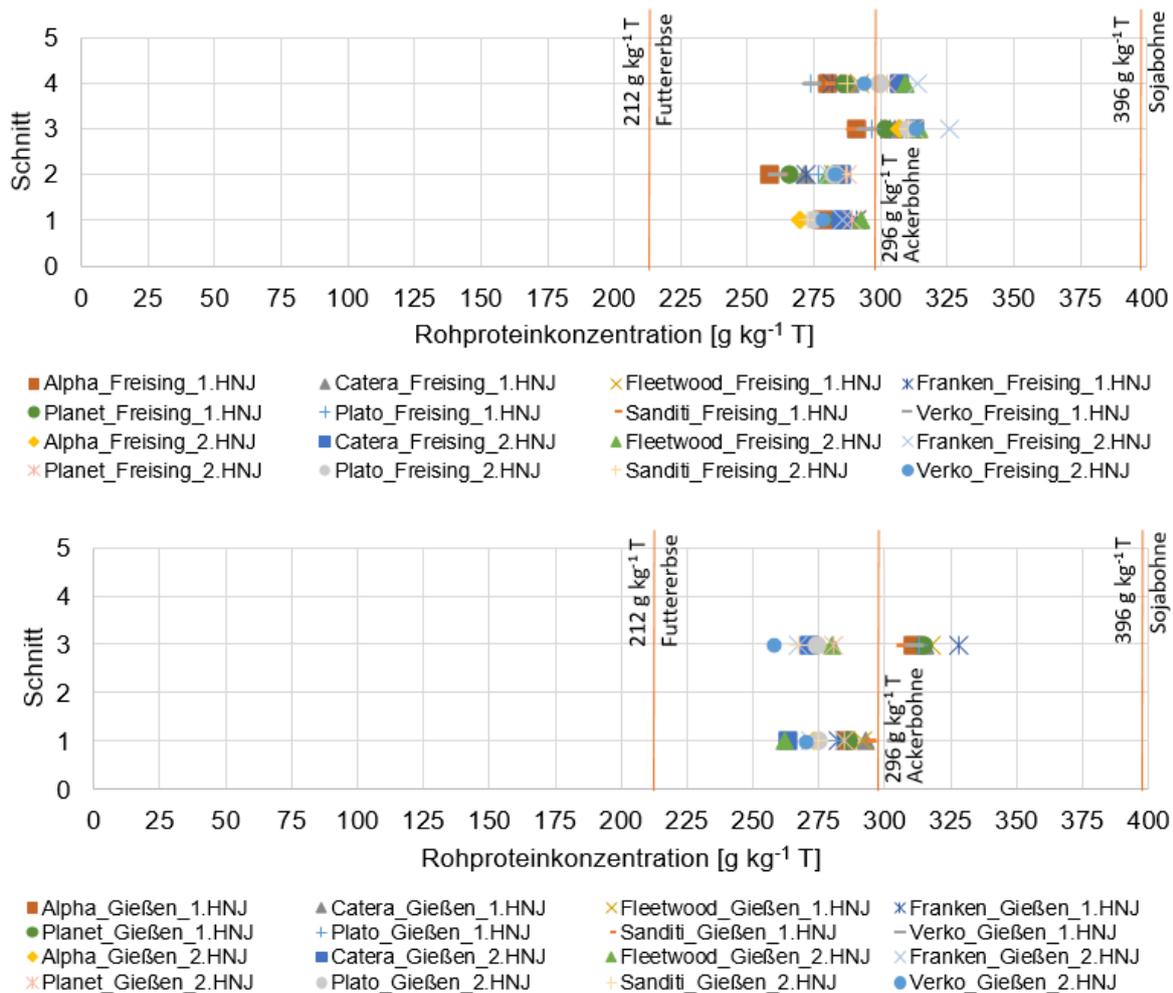


Abbildung 3.1.5-1: Rohproteinkonzentration in Luzerneblättern der untersuchten Sorten für die Standorte Freising, Gießen und Trenthorst in den zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln (bei einem Ertrag von 3,5 t ha⁻¹) in verschiedenen Schnitten (MW der Wiederholungen)

In Freising war die Rohproteinkonzentration im 1. und 2. Schnitt unter der der Ackerbohne. Im 1. HNJ war auch die Rohproteinkonzentration im 3. und 4. Schnitt unter dem Niveau der Ackerbohne. In beiden HNJ war die Rohproteinkonzentration im 3. Schnitt am höchsten gefolgt vom 4., 1. und 2. Schnitt.

Auf dem Gladbacherhof (Gießen) war die Rohproteinkonzentration aller Sorten im 1. HNJ beim 1. Schnitt deutlich geringer als beim 3. Schnitt. Im 2. HNJ war die Rohproteinkonzentration bei den Sorten Alpha, Catera, Fleetwood und Plato im 3. Schnitt im Vergleich zum 1. Schnitt gleich

oder etwas erhöht, bei den übrigen Sorten jedoch verringert. Nur im 3. Schnitt im 1. HNJ war die Rohproteinkonzentration höher als in der Ackerbohne.

In Trenthorst war die Rohproteinkonzentration im 1. HNJ in der Tendenz von Schnitt zu Schnitt steigend, wobei der vierte Schnitt wieder geringere Rohproteinkonzentrationen aufwies. Im 2. HNJ waren die höchsten Rohproteinkonzentrationen im 2. Schnitt, gefolgt vom 3., 1. und 4. Schnitt zu finden.

Im Etablierungsjahr 2017 wurde in Trenthorst ein Schnitt durchgeführt, in dem die Sorten Rohproteinkonzentrationen zwischen 302 – 322 g kg⁻¹ T aufwiesen. Die Blätter der Sorten Franken und Planet gefolgt von Fleetwood enthielten am meisten Rohprotein, Sanditi und Alpha am wenigsten.

Im 1. HNJ war die Konzentration an Rohprotein, Lysin, Methionin, Cystein, Threonin und Arginin mit Ausnahme der Lysinkonzentration im 1. Schnitt in Freising in der Sorte Fleetwood höher als in der Sorte Sanditi. In Gießen war die Konzentration dieser Inhaltsstoffe in beiden Sorten ähnlich und in Trenthorst war die Rohproteinkonzentration im 2. und 4. Schnitt sowie die Konzentration der betrachteten Aminosäuren im 2. Schnitt in der Sorte Sanditi, in allen anderen Fällen in der Sorte Fleetwood höher. Im 2. HNJ war in Freising im 2. Schnitt die Konzentration an Rohprotein, Lysin, Threonin und Arginin und in Gießen alle betrachteten Inhaltsstoffe außer Arginin im 1. Schnitt in der Sorte Sanditi höher. In Trenthorst war die Lysinkonzentration in den Schnitten 1, 2 und 4, die Methioninkonzentration im 3. Schnitt, die Threoninkonzentration im 2. und 4. Schnitt sowie die Argininkonzentration im 2. Schnitt in der Sorte Sanditi höher, als in der Sorte Fleetwood.

Die Lysinkonzentration der Luzerneblätter lag in etwa der Hälfte der Fälle über der von Futtererbsenkorn. Der Anteil im Rohprotein unterschritt den Anteil an Lysin im Rohprotein von Futtererbsen, Ackerbohnen und Sojabohnen (Tabelle 3.1.5-2).

Tabelle 3.1.5-2: Lysinkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)

s	Lysin [g kg ⁻¹ T]				Lysin [g 16g ⁻¹ N]				
	1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	
F	1	14,5 ± 0,81	15,2 ± 1,59	14,7 ± 1,69	14,6 ± 0,63	5,0 ± 0,37	5,5 ± 0,25	5,0 ± 0,55	5,4 ± 0,33
	2	15,5 ± 0,82	13,9 ± 0,33	16,0 ± 0,52	16,7 ± 0,77	5,5 ± 0,10	5,3 ± 0,15	5,7 ± 0,12	5,8 ± 0,05
	3	16,7 ± 0,66	16,2 ± 0,81	17,9 ± 0,56	17,3 ± 0,31	5,5 ± 0,13	5,6 ± 0,12	5,7 ± 0,15	5,6 ± 0,18
	4	15,0 ± 1,01	14,4 ± 0,49	17,8 ± 0,40	16,4 ± 0,57	5,1 ± 0,33	5,2 ± 0,16	5,8 ± 0,18	5,7 ± 0,13
G	1	16,1 ± 0,14	16,8 ± 1,03	13,9 ± 0,08	14,7 ± 1,2	5,5 ± 0,43	5,7 ± 0,03	5,3 ± 0,17	5,4 ± 0,34
	3	17,6 ± 0,18	17,1 ± 0,39	16,4 ± 1,08	15,0 ± 1,51	5,5 ± 0,08	5,6 ± 0,11	5,9 ± 0,23	5,6 ± 0,39
T	1	17,8 ± 0,77	16,6 ± 1,17	16,4 ± 0,62	16,6 ± 0,71	5,9 ± 0,24	5,8 ± 0,37	5,5 ± 0,17	5,6 ± 0,25
	2	17,4 ± 0,63	18,4 ± 0,21	18,4 ± 0,74	19,3 ± 0,56	5,5 ± 0,22	6,0 ± 0,17	5,3 ± 0,18	5,7 ± 0,10
	3	17,5 ± 0,32	17,5 ± 0,33	18,0 ± 0,71	17,9 ± 0,40	5,3 ± 0,21	5,5 ± 0,04	5,5 ± 0,15	5,6 ± 0,08
	4	16,8 ± 0,54	16,6 ± 0,69	15,0 ± 0,31	15,5 ± 0,65	5,3 ± 0,14	5,5 ± 0,13	5,2 ± 0,07	5,4 ± 0,26

In Trenthorst im Jahr 2017 war die Lysinkonzentration im Blatt mit 14,5 g kg⁻¹ T (4,7 g 16g⁻¹ N) geringer als in den Hauptnutzungsjahren. Bei regional erzeugten Rationen mit hohen Anteilen an Futtererbsen und Ackerbohnen ist Lysin in der Regel nicht erstlimitierend, sondern Methionin und Cystein. Die Methioninkonzentration der Luzerneblätter überstieg diejenige in Futtererbsen und Ackerbohnen deutlich. Auch der Anteil im Rohprotein war höher als in den beiden

Körnerleguminosen und in fast allen Fällen auch höher als der Anteil an Methionin im Rohprotein von Sojabohnen (Tabelle 3.1.5-3).

Tabelle 3.1.5-3: Methioninkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)

s	Methionin [g kg ⁻¹ T]				Methionin [g 16g ⁻¹ N]				
	1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	
F	1	4,6 ± 0,16	4,7 ± 0,34	4,4 ± 0,25	4,4 ± 0,18	1,6 ± 0,08	1,7 ± 0,03	1,5 ± 0,07	1,6 ± 0,07
	2	4,5 ± 0,21	4,2 ± 0,16	4,4 ± 0,17	4,4 ± 0,05	1,6 ± 0,03	1,6 ± 0,03	1,6 ± 0,05	1,5 ± 0,06
	3	5,2 ± 0,17	5,0 ± 0,38	5,2 ± 0,10	5,1 ± 0,23	1,7 ± 0,02	1,8 ± 0,03	1,6 ± 0,02	1,6 ± 0,01
	4	4,3 ± 0,06	4,0 ± 0,03	5,2 ± 0,06	4,8 ± 0,10	1,5 ± 0,02	1,5 ± 0,03	1,7 ± 0,04	1,7 ± 0,03
G	1	4,7 ± 0,09	4,7 ± 0,12	4,0 ± 0,02	4,2 ± 0,44	1,6 ± 0,11	1,6 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,13
	3	4,5 ± 0,07	4,4 ± 0,09	4,7 ± 0,23	4,4 ± 0,12	1,4 ± 0,02	1,4 ± 0,03	1,7 ± 0,04	1,6 ± 0,01
T	1	5,1 ± 0,17	4,9 ± 0,21	4,8 ± 0,24	4,6 ± 0,03	1,7 ± 0,07	1,7 ± 0,07	1,6 ± 0,09	1,6 ± 0,04
	2	5,2 ± 0,28	5,4 ± 0,27	5,3 ± 0,22	5,2 ± 0,14	1,6 ± 0,06	1,8 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,03
	3	5,7 ± 0,12	5,3 ± 0,05	5,1 ± 0,18	5,2 ± 0,08	1,7 ± 0,05	1,7 ± 0,05	1,6 ± 0,02	1,6 ± 0,02
	4	5,2 ± 0,08	5,1 ± 0,15	4,5 ± 0,03	4,5 ± 0,10	1,6 ± 0,03	1,7 ± 0,04	1,6 ± 0,02	1,6 ± 0,02

Auch die Methioninkonzentration der Luzerneblätter war in Trenthorst im Jahr 2017 mit 4,3 g kg⁻¹ T (1,4 g 16 g⁻¹ N) geringer als in den Hauptnutzungsjahren.

Die CysteinKonzentration der Luzerneblätter war höher als die von Ackerbohnen und Futtererbsen, erreichte jedoch nicht die von Sojabohnen. Der Anteil im Rohprotein war in der Regel höher als in Ackerbohnen und bis auf wenige Ausnahmen im letzten Schnitt 2018 geringer als in Futtererbsen (Tabelle 3.1.5-4).

Tabelle 3.1.5-4: CysteinKonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)

s	Cystein [g kg ⁻¹ T]				Cystein [g 16g ⁻¹ N]				
	1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	
F	1	3,3 ± 0,25	3,3 ± 0,26	3,4 ± 0,25	3,3 ± 0,14	1,1 ± 0,04	1,2 ± 0,04	1,2 ± 0,06	1,2 ± 0,02
	2	3,6 ± 0,24	3,2 ± 0,23	3,6 ± 0,26	3,6 ± 0,16	1,3 ± 0,03	1,2 ± 0,03	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,01
	3	4,0 ± 0,18	3,7 ± 0,33	4,0 ± 0,15	4,0 ± 0,29	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,03	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,03
	4	4,0 ± 0,12	3,7 ± 0,12	4,1 ± 0,09	3,9 ± 0,30	1,4 ± 0,04	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,03	1,3 ± 0,06
G	1	3,5 ± 0,93	3,5 ± 0,53	3,5 ± 0,07	3,6 ± 0,15	1,2 ± 0,22	1,2 ± 0,11	1,3 ± 0,02	1,3 ± 0,03
	3	4,4 ± 0,17	4,2 ± 0,08	3,7 ± 0,31	3,6 ± 0,07	1,4 ± 0,05	1,4 ± 0,02	1,3 ± 0,08	1,3 ± 0,01
T	1	3,9 ± 0,12	3,8 ± 0,11	3,7 ± 0,09	3,5 ± 0,05	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,03	1,2 ± 0,05	1,2 ± 0,03
	2	4,0 ± 0,15	4,1 ± 0,15	3,8 ± 0,04	3,5 ± 0,08	1,3 ± 0,03	1,3 ± 0,02	1,1 ± 0,01	1,1 ± 0,02
	3	4,2 ± 0,03	3,9 ± 0,05	4,0 ± 0,19	4,0 ± 0,07	1,3 ± 0,02	1,2 ± 0,02	1,2 ± 0,04	1,3 ± 0,01
	4	4,3 ± 0,06	4,1 ± 0,06	3,8 ± 0,11	3,6 ± 0,15	1,3 ± 0,01	1,4 ± 0,03	1,3 ± 0,05	1,3 ± 0,02

Die CysteinKonzentration der Luzerneblätter war in Trenthorst im Jahr 2017 mit 4,1 g kg⁻¹ T (1,4 g 16g⁻¹ N) ebenfalls geringer als in den Hauptnutzungsjahren.

Die Threoninkonzentration der Luzerneblätter übertraf die der Ackerbohnen und Futtererbsen und zu einigen Schnittzeitpunkten auch die der Sojabohne. Der Anteil im Rohprotein war in allen Fällen höher als in Futtererbsen, Ackerbohnen und Sojabohnen (Tabelle 3.1.5-5). Im Jahr 2017 war in Trenthorst auch die Threoninkonzentration der Luzerneblätter mit 13,7 g kg⁻¹ T (4,5 g 16g⁻¹ N) geringer als in den Hauptnutzungsjahren.

Tabelle 3.1.5-5: Threoninkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)

s	Threonin [g kg ⁻¹ T]				Threonin [g 16g ⁻¹ N]				
	1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	
F	1	13,5 ± 1,00	13,2 ± 0,88	13,3 ± 0,80	12,6 ± 0,38	4,6 ± 0,08	4,8 ± 0,07	4,5 ± 0,19	4,6 ± 0,06
	2	13,4 ± 0,85	12,1 ± 0,89	12,5 ± 0,66	12,8 ± 0,55	4,8 ± 0,05	4,6 ± 0,11	4,5 ± 0,05	4,5 ± 0,01
	3	15,0 ± 0,64	14,2 ± 1,11	14,8 ± 0,61	14,6 ± 0,52	4,9 ± 0,12	4,9 ± 0,07	4,7 ± 0,23	4,7 ± 0,07
	4	13,5 ± 0,36	12,9 ± 0,43	14,9 ± 0,37	13,9 ± 0,58	4,6 ± 0,11	4,6 ± 0,10	4,8 ± 0,04	4,8 ± 0,05
G	1	13,0 ± 0,29	13,6 ± 0,46	12,1 ± 0,11	12,3 ± 0,64	4,5 ± 0,28	4,6 ± 0,11	4,6 ± 0,13	4,5 ± 0,15
	3	14,3 ± 0,22	14,1 ± 0,63	13,0 ± 0,70	12,9 ± 0,30	4,5 ± 0,09	4,6 ± 0,19	4,7 ± 0,13	4,8 ± 0,04
T	1	14,8 ± 0,28	13,9 ± 0,51	13,4 ± 0,51	13,2 ± 0,20	4,9 ± 0,05	4,8 ± 0,12	4,5 ± 0,12	4,5 ± 0,10
	2	14,9 ± 0,56	15,0 ± 0,24	15,3 ± 0,46	15,8 ± 0,42	4,7 ± 0,12	4,9 ± 0,05	4,4 ± 0,11	4,7 ± 0,08
	3	15,8 ± 0,13	15,2 ± 0,25	15,2 ± 0,36	14,9 ± 0,34	4,8 ± 0,09	4,8 ± 0,05	4,6 ± 0,05	4,6 ± 0,08
	4	14,9 ± 0,35	14,8 ± 0,43	12,6 ± 0,10	12,8 ± 0,50	4,7 ± 0,09	4,9 ± 0,08	4,4 ± 0,10	4,5 ± 0,19

Die Argininkonzentration war nur in wenigen Fällen höher als in der Futtererbse und der Anteil an Arginin im Rohprotein unterschritt den Anteil am Rohprotein in Futtererbsen, Ackerbohnen und Sojabohnen (Tabelle 3.1.5-6).

Tabelle 3.1.5-6: Argininkonzentration der Blätter der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den drei Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)

s	Arginin [g kg ⁻¹ T]				Arginin [g 16g ⁻¹ N]				
	1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	Fleetwood	Sanditi	
F	1	13,7 ± 0,49	13,9 ± 1,35	13,2 ± 1,54	12,7 ± 0,61	4,7 ± 0,27	5,0 ± 0,21	4,5 ± 0,48	4,7 ± 0,32
	2	13,9 ± 0,52	12,6 ± 0,63	13,7 ± 0,66	14,3 ± 0,40	4,9 ± 0,12	4,8 ± 0,08	4,9 ± 0,12	5,0 ± 0,09
	3	16,0 ± 0,44	15,1 ± 0,66	15,7 ± 0,39	15,4 ± 0,35	5,2 ± 0,06	5,3 ± 0,12	5,0 ± 0,14	5,0 ± 0,16
	4	12,1 ± 0,60	11,5 ± 0,45	15,4 ± 0,30	14,1 ± 0,40	4,1 ± 0,19	4,1 ± 0,13	5,0 ± 0,07	4,9 ± 0,09
G	1	13,8 ± 2,04	15,2 ± 2,24	12,2 ± 0,24	12,1 ± 0,93	4,7 ± 0,29	5,2 ± 0,47	4,7 ± 0,09	4,4 ± 0,26
	3	13,9 ± 0,56	13,7 ± 0,80	13,4 ± 0,86	12,3 ± 0,97	4,4 ± 0,19	4,5 ± 0,25	4,8 ± 0,18	4,6 ± 0,22
T	1	15,6 ± 0,57	14,4 ± 0,84	14,3 ± 0,58	14,2 ± 0,39	5,1 ± 0,19	5,0 ± 0,24	4,8 ± 0,17	4,8 ± 0,17
	2	15,5 ± 0,83	15,7 ± 0,27	16,7 ± 0,56	17,2 ± 0,72	4,9 ± 0,19	5,1 ± 0,09	4,8 ± 0,14	5,1 ± 0,16
	3	16,8 ± 0,35	15,9 ± 0,12	16,4 ± 0,44	16,4 ± 0,55	5,1 ± 0,03	5,0 ± 0,08	5,0 ± 0,05	5,1 ± 0,14
	4	17,2 ± 0,99	16,5 ± 1,05	12,6 ± 0,18	12,6 ± 0,46	5,4 ± 0,26	5,5 ± 0,19	4,3 ± 0,03	4,4 ± 0,20

In Trenthorst war im Jahr 2017 auch die Argininkonzentration der Luzerneblätter mit 12,7 g kg⁻¹ T (4,1 g 16g⁻¹ N) geringer als in den Hauptnutzungsjahren.

In Tabelle 3.1.5-7 ist zu sehen, dass sich die Konzentration der Aminosäuren im 1. Schnitt zwar zwischen den betrachteten Sorten unterscheidet, die Variation jedoch zwischen den Orten und den Anbaujahren deutlich stärker ist.

Die Stängel der Luzernesorte Fleetwood wiesen mit Ausnahme des 3. Schnittes im 2. HNJ am Gladbacherhof (Gießen) und des 4. Schnittes in Freising höhere Konzentrationen an Rohprotein, Lysin sowie den schwefelhaltigen Aminosäuren auf (Tabelle 3.1.5-8) als die Sorte Sanditi. Insgesamt waren auch bei den Stängeln deutliche Jahres- und Standorteffekte zu erkennen, die die Unterschiede zwischen den Sorten überlagerten.

Tabelle 3.1.5-7: Konzentrationen von Rohprotein und ausgewählten Aminosäuren [g kg⁻¹ T] in den Blättern der untersuchten Luzernesorten im 1. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr an den Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) (Einzelwerte)

Sorte	Ort	Rohprotein	Lysin	Methionin	Cystein	Threonin	Arginin
Alpha	F	280,6	15,3	4,6	3,3	13,4	13,7
	G	287,4	14,7	4,4	3,8	12,1	14,1
	T	284,4	17,9	4,9	3,7	14,2	15,2
Catera	F	292,6	14,8	4,6	3,3	13,7	13,7
	G	296,4	15,3	4,7	4,1	13,0	14,3
	T	295,4	17,9	5,1	4,0	14,6	15,4
Fleetwood	F	290,8	14,5	4,6	3,3	13,5	13,7
	G	291,5	16,1	4,7	3,5	13,0	13,8
	T	303,2	17,8	5,1	3,9	13,8	15,6
Franken	F	274,6	14,9	4,4	2,9	12,7	13,8
	G	288,3	14,8	4,3	3,8	12,2	14,5
	T	292,8	18,2	5,3	3,9	14,5	15,7
Planet	F	278,2	15,0	4,5	3,1	13,3	13,9
	G	280,1	15,6	4,3	3,6	12,7	13,7
	T	298,6	17,3	4,8	3,6	14,6	15,2
Plato	F	296,2	15,2	5,0	3,5	14,8	15,4
	G	279,7	15,7	4,5	3,4	12,6	14,1
	T	299,3	19,2	5,3	4,0	15,0	16,2
Sanditi	F	276,2	15,2	4,7	3,3	13,2	13,9
	G	293,7	16,8	4,7	3,5	13,6	15,2
	T	289,4	16,6	4,9	3,8	13,9	14,4
Verko	F	291,4	15,7	4,7	3,4	14,1	14,5
	G	306,9	16,8	4,7	3,9	13,1	15,3
	T	289,8	16,5	4,9	3,7	14,0	14,6

Tabelle 3.1.5-8: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen [g kg⁻¹ T] in den Stängeln der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an drei Standorten in Abhängigkeit vom Schnitt (Einzelwerte)

Standort	Schnitt	1. HNJ				2. HNJ			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Fleetwood									
Freising	Rohprotein	183,2	147,3	184,4	186,1	187,3	126,1	157,3	171,1
Gießen		158,4	n.a.	182,9	n.a.	134,3	n.a.	136,4	n.a.
Trenthorst		130,8	165,1	172,4	173,0	177,7	177,3	152,4	133,6
Freising	Lysin	6,8	7,5	9,0	8,7	7,5	6,6	7,5	8,2
Gießen		7,6	n.a.	9,3	n.a.	6,6	n.a.	7,1	n.a.
Trenthorst		5,8	10,0	9,8	9,1	6,4	7,0	7,2	7,3
Freising	Methionin+Cystein	3,5	3,4	4,1	4,6	3,4	2,5	3,2	3,4
Gießen		3,7	n.a.	3,9	n.a.	3,0	n.a.	2,8	n.a.
Trenthorst		2,9	4,0	4,1	4,3	2,8	3,1	3,4	3,3
Sanditi									
Freising	Rohprotein	146,6	133,0	169,4	155,6	146,5	127,9	127,3	152,5
Gießen		155,5	n.a.	149,8	n.a.	126,1	n.a.	138,9	n.a.
Trenthorst		117,5	134,4	166,4	156,1	143,4	149,1	127,8	153,5
Freising	Lysin	6,7	6,9	9,0	7,5	6,9	6,7	6,7	7,4
Gießen		8,5	n.a.	8,2	n.a.	5,5	n.a.	7,6	n.a.
Trenthorst		5,7	8,9	9,2	9,3	5,9	6,5	6,5	5,7
Freising	Methionin+Cystein	3,0	2,9	4,0	3,7	2,8	2,8	2,8	3,6
Gießen		3,7	n.a.	3,6	n.a.	2,6	n.a.	3,5	n.a.
Trenthorst		2,8	3,4	3,7	4,0	2,7	3,0	3,0	3,4

n.a. = nicht analysiert

Tabelle 3.1.5-9 zeigt, dass die Rohproteinkonzentration der Stängel je nach Ort, Sorte, HNJ und Schnitt sehr unterschiedlich sein kann.

Tabelle 3.1.5-9: Rohproteinkonzentrationen [g kg⁻¹ T] in den Stängeln der Luzernesorten angebaut in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an drei Standorten in Abhängigkeit vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)

s	Sorte	1. HNJ			2. HNJ		
		Freising	Gießen	Trenthorst	Freising	Gießen	Trenthorst
1	Alpha		14,4 ± 0,48	11,0 ± 0,46		13,4 ± 0,18	14,2 ± 1,10
	Catera		16,0 ± 1,72	12,1 ± 0,22		13,7 ± 0,59	15,5 ± 0,72
	Fleetwood	18,3	15,2 ± 0,93	13,1 ± 0,72	18,6 ± 1,45	13,3 ± 0,17	16,1 ± 1,30
	Franken		15,4 ± 0,37	12,3 ± 0,77		15,3 ± 0,76	13,9 ± 0,49
	Planet		14,6 ± 0,24	12,5 ± 0,23		14,8 ± 2,10	14,7 ± 0,85
	Plato		13,7 ± 0,08	11,9 ± 0,53		14,0 ± 1,61	15,0 ± 0,52
	Sanditi	14,7	14,5 ± 1,44	11,5 ± 0,64	15,9 ± 1,61	13,4 ± 1,18	14,3 ± 0,47
	Verko		15,4 ± 0,43	11,7 ± 0,61		14,3 ± 0,72	14,2 ± 0,73
2	Alpha			13,9 ± 0,20			16,3 ± 0,83
	Catera			14,6 ± 0,75			17,0 ± 0,42
	Fleetwood	14,7		16,3 ± 1,37	12,5 ± 0,29		18,0 ± 0,66
	Franken			14,9 ± 0,32			16,5 ± 0,51
	Planet			14,7 ± 1,04			16,2 ± 0,42
	Plato			14,7 ± 0,88			16,0 ± 0,73
	Sanditi	13,3		13,8 ± 0,73	12,7 ± 1,24		15,1 ± 0,56
	Verko			13,2 ± 0,79			16,0 ± 0,42
3	Alpha		15,7 ± 1,14	16,2 ± 0,51		12,4 ± 0,41	13,8 ± 0,50
	Catera		17,6 ± 0,82	16,9 ± 0,51		13,4 ± 1,53	14,0 ± 0,58
	Fleetwood	18,4	18,6 ± 0,40	17,2 ± 0,88	15,0 ± 0,58	14,4 ± 1,02	15,0 ± 0,93
	Franken		16,7 ± 0,04	16,6 ± 0,78		14,1 ± 1,01	14,1 ± 0,72
	Planet		18,3 ± 0,72	16,9 ± 0,56		12,9 ± 0,71	15,0 ± 0,56
	Plato		16,8 ± 0,64	17,4 ± 0,60		13,3 ± 1,55	14,1 ± 0,68
	Sanditi	16,9	15,3 ± 0,48	16,8 ± 1,26	13,1 ± 0,49	13,5 ± 0,54	13,4 ± 0,61
	Verko		16,6 ± 1,83	16,3 ± 0,47		12,9 ± 0,30	13,9 ± 0,55
4	Alpha			14,7 ± 1,11			13,0 ± 0,53
	Catera			16,1 ± 0,39			13,5 ± 0,88
	Fleetwood	18,6		16,9 ± 1,05	17,0 ± 0,22		14,2 ± 0,82
	Franken			15,7 ± 0,76			13,8 ± 0,67
	Planet			16,5 ± 1,13			13,6 ± 0,67
	Plato			15,1 ± 0,66			13,3 ± 0,40
	Sanditi	15,7		15,5 ± 0,54	14,9 ± 0,50		13,5 ± 1,34
	Verko			15,1 ± 0,28			13,4 ± 0,63

Die Rohproteinkonzentration der Luzernestängel war erwartungsgemäß deutlich niedriger als die der Luzerneblätter und auch deutlich unter der Rohproteinkonzentration von Körnerleguminosen (vgl. auch Tabelle 3.1.5-1). Da mit den untersuchten Grünleguminosen eine Alternative zu den zur Fütterung im Monogastriebereich eingesetzten Körnerleguminosen gefunden werden sollte, konzentriert sich die weitere Ergebnisdarstellung auf die Blattfraktion der Luzerne.

3.1.5.1.1.2 Ertrag und Blattertrag

Der Biomasseertrag und der Blattertrag, summiert für alle Schnitte, war im 1. HNJ in Freising am höchsten, gefolgt von Gießen und Trenthorst. Im 2. HNJ waren die höchsten Erträge in Trenthorst zu finden, gefolgt von Gießen und Freising (Abbildung 3.1.5-2).

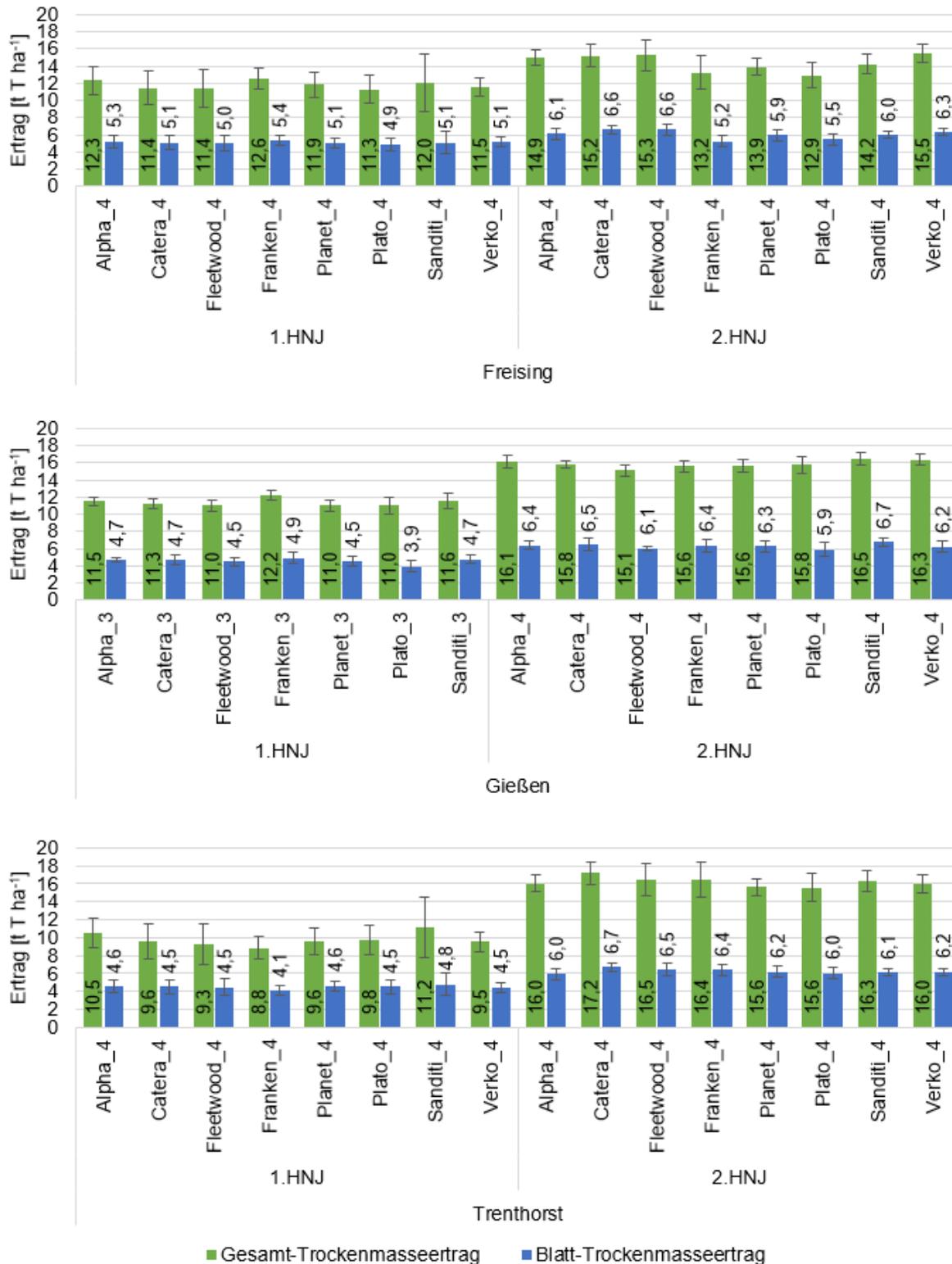


Abbildung 3.1.5-2: Gesamt-Trockenmasse (T)- und -Blatt-T-Ertrag über alle Schnitte von den untersuchten Luzernesorten (Sorte_Schnittanzahl) für das 1. und 2. Hauptnutzungsjahr (HNJ) an den Standorten Freising, Gießen und Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)

Dabei ist zu beachten, dass in Gießen im 1. HNJ nur drei Schnitte gemacht wurden. In Freising und Gießen brachte im 1. HNJ die Sorte Franken den höchsten Blattertrag. Im 2. HNJ wurden in Freising für die Sorten Fleetwood, Catera und Verko und in Gießen für die Sorte Sanditi die

höchsten Blatterträge verzeichnet. Die Sorte Plato brachte an beiden Standorten in beiden Jahren den geringsten Blattertrag. In Trenthorst war der Blattertrag der Sorte Franken im 1. HNJ und der Sorten Alpha und Plato im 2. HNJ am geringsten. Im 1. HNJ konnte für die Sorte Sanditi und im 2. HNJ für die Sorten Catera und Fleetwood die höchsten Blatterträge gemessen werden. Der 1. Schnitt lieferte mit Ausnahme vom 1. HNJ in Gießen mit Abstand die höchsten Erträge. Diese erreichten im Mittel ein Maximum von 7,6 t T ha⁻¹ im 2. HNJ in Trenthorst. Der 2. Schnitt erreichte im 1. HNJ bis zu 2,6 und im 2. HNJ bis zu 3,9 t T ha⁻¹ in Trenthorst. Der Schnitt in 2017 lieferte 2,6 – 3,3 t T ha⁻¹ und war damit auf einem normalen Niveau für einen Folgeschnitt.

3.1.5.1.1.3 Rohprotein-, Lysin- und Methionin- und Cysteinernertrag

Der Rohproteinерtrag der geernteten Blätter war höher als der Rohproteinерtrag von Sojabohnen bei einem angenommenen Kornertrag von 3,5 t ha⁻¹ T. Im 2. HNJ waren die Blattrohproteinерträge an beiden Standorten höher als im 1. HNJ. Im 1. HNJ erbrachte die Sorte Franken in Freising und die Sorte Sanditi in Trenthorst die höchsten Erträge. Im 2. HNJ waren die Sorten Fleetwood und Catera an beiden Standorten am ertragreichsten (Abbildung 3.1.5-3).

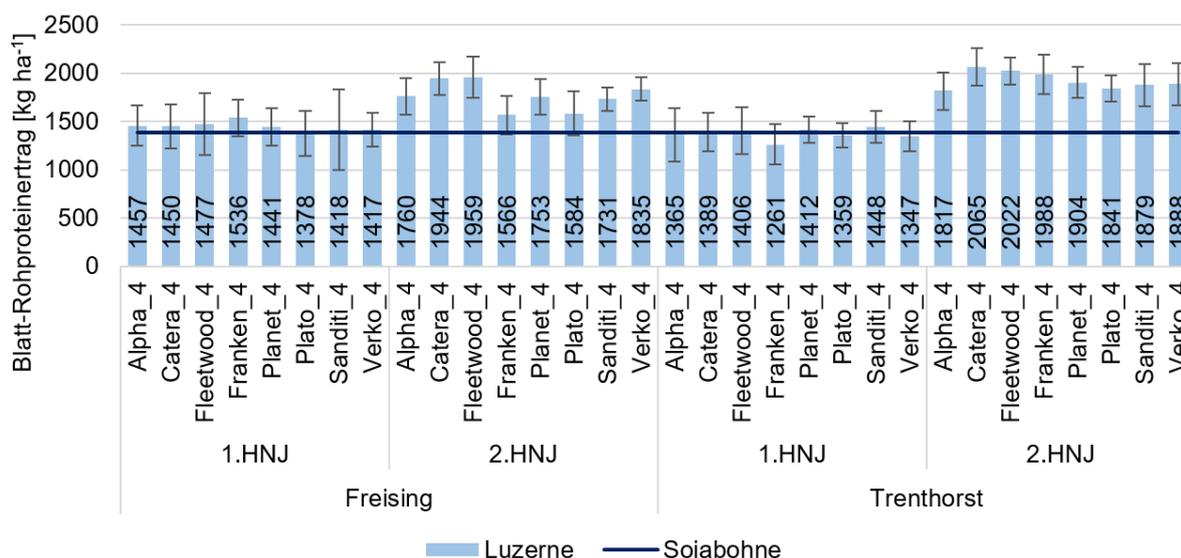


Abbildung 3.1.5-3: Blatt-Rohproteinерtrag der untersuchten Luzernesorten über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) an den beiden Standorten Freising und Trenthorst in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zum Rohproteinерtrag der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)

Abhängig vom Blatt-Trockenmasseertrag sank auch der Blatt-Rohproteinерtrag mit jedem Schnitt. Die höchsten Blatt-Rohproteinерträge wurden in Trenthorst im 2. HNJ mit 755 kg ha⁻¹ erreicht. Mit 438 kg ha⁻¹ ordnete sich der Schnitt aus 2017 in der Größenordnung des 2. und 3. Schnitts des 2. HNJ ein. Zwischen den beiden Sorten gab es keinen Unterschied.

Der Lysinertrag über vier Schnitte war in Freising und Trenthorst für beide Sorten höher als der von Sojabohnen (3,5 t ha⁻¹ T Kornertrag). Der Methionin- und Cysteinernertrag war nur in Freising im 1. HNJ in der Sorte Sanditi geringer als in Sojabohnen. Insgesamt erbrachte die Sorte Fleetwood höhere Lysin- sowie Methionin- und Cysteinernerträge als die Sorte Sanditi (Abbildung 3.1.5-4).

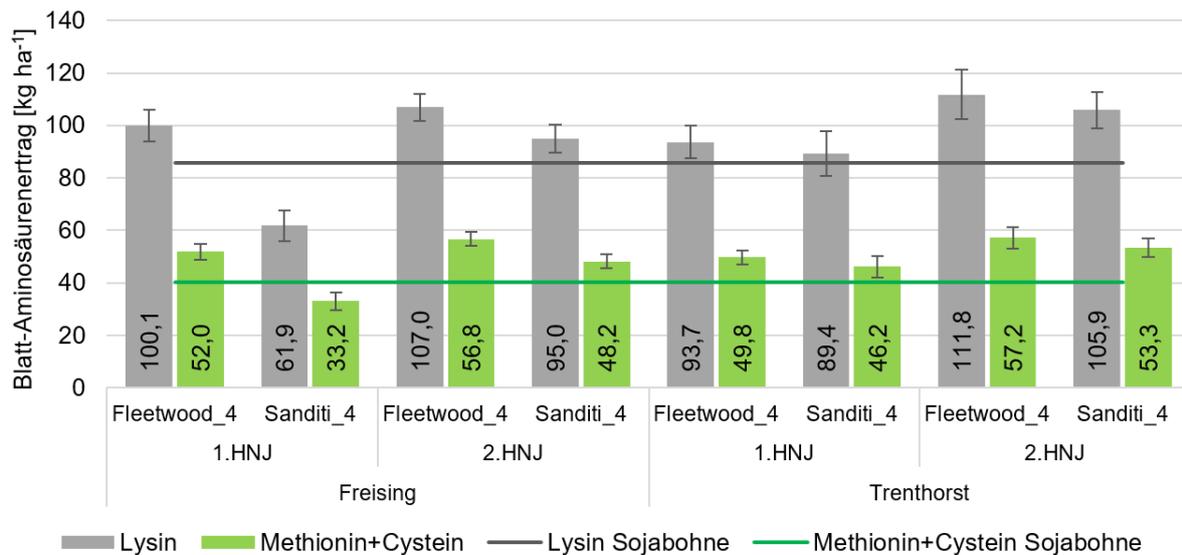


Abbildung 3.1.5-4: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cystein ertrag über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi für zwei Hauptnutzungsjahre (HNJ) an den Standorten Freising und Trenthorst im Vergleich zum Aminosäureertrag der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)

Mit Ausnahme vom Gladbacherhof (Gießen) im 1. HNJ war der Aminosäureertrag im 1. Schnitt am höchsten und nahm tendenziell mit jedem Schnitt ab (Tabelle 3.1.5-10)

Tabelle 3.1.5-10: Blatt-Aminosäureertrag [kg ha⁻¹] der Luzernesorten Fleetwood und Sanditi für die Standorte Freising, Gießen und Trenthorst abhängig vom Schnitt (s) und dem Hauptnutzungsjahr (HNJ) (MW und SD der Wiederholungen)

HNJ	s	Freising		Gießen		Trenthorst	
		Lysin	Methionin+Cystein	Lysin	Methionin+Cystein	Lysin	Methionin+Cystein
		Fleetwood					
0						19,9 ± 2,82	11,3 ± 1,13
1	1	24,1 ± 4,62	13,3 ± 2,33	7,2 ± 1,28	3,7 ± 0,23	28,0 ± 4,89	14,3 ± 2,26
	2	19,9 ± 6,05	10,3 ± 2,78			19,0 ± 3,71	10,1 ± 1,90
	3	20,4 ± 4,56	11,2 ± 2,45	15,6 ± 0,36	7,9 ± 0,47	16,6 ± 2,23	9,4 ± 1,27
	4	13,5 ± 3,01	7,5 ± 1,30			14,4 ± 3,75	8,1 ± 1,99
2	1	33,2 ± 8,28	17,7 ± 3,48	27,0 ± 3,53	14,6 ± 1,81	40,1 ± 1,75	20,7 ± 0,80
	2	28,1 ± 1,38	14,2 ± 0,79			26,3 ± 2,51	13,1 ± 1,16
	3	27,0 ± 3,34	13,9 ± 1,61	25,4 ± 0,84	13,1 ± 0,41	22,8 ± 1,31	11,6 ± 0,38
	4	19,3 ± 1,65	10,1 ± 0,84			19,6 ± 1,40	10,9 ± 1,04
		Sanditi					
0					21,2 ± 1,60	12,2 ± 0,78	
1	1	27,8 ± 5,97	14,7 ± 2,75	7,1 ± 0,23	3,5 ± 0,17	29,2 ± 5,90	15,1 ± 2,67
	2	18,7 ± 3,70	9,9 ± 2,18			22,2 ± 0,91	11,5 ± 0,52
	3	17,6 ± 10,41	9,6 ± 5,89	14,6 ± 0,82	7,4 ± 0,40	17,6 ± 1,92	9,3 ± 1,20
	4	12,8 ± 3,25	6,9 ± 1,56			14,0 ± 1,91	7,7 ± 1,20
2	1	27,9 ± 1,58	14,9 ± 1,24	34,9 ± 1,24	18,4 ± 0,53	37,7 ± 4,58	18,4 ± 2,16
	2	27,7 ± 1,92	13,4 ± 0,99			26,8 ± 2,22	12,2 ± 0,94
	3	24,1 ± 1,45	12,6 ± 0,38	26,6 ± 1,99	14,1 ± 0,03	21,8 ± 2,62	11,2 ± 1,39
	4	17,1 ± 0,95	9,0 ± 0,66			18,9 ± 2,97	9,9 ± 1,43

3.1.5.1.2 Rotklee

3.1.5.1.2.1 Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration

Die Rohproteinkonzentration der Rotkleeblätter lag auf dem Gladbacherhof (Gießen) und in Trenthorst zwischen 250 und 350 g kg⁻¹ und war damit vergleichbar mit der Rohproteinkonzentration der Ackerbohne (vgl. Tabelle 3.1.5-1) und der Luzerne (vgl. Abbildung 3.1.5-1). Aufgrund der Trockenheit und eines Befalls mit Kleekrebs war die Rohproteinkonzentration der Rotkleeblätter in Freising geringer (Abbildung 3.1.5-5). Vor allem der 3. Schnitt im 1. HNJ in Freising enthielt geringe Rohproteinkonzentrationen. Insgesamt sank die Rohproteinkonzentration vom 1. zum 3. Schnitt tendenziell ab. Die Sorte Titus wies im 1. HNJ die höchste und im 2. HNJ die geringste Rohproteinkonzentration auf. Die Sorte Atlantis hatte eine vergleichsweise hohe Rohproteinkonzentration. Es wurden für den Gladbacherhof (Gießen) je zwei Wiederholungen aus dem 1. und 3. Schnitt auf die Rohproteinkonzentration hin untersucht. Im 1. HNJ war die Rohproteinkonzentration im 1. Schnitt geringer und im 2. HNJ im 3. Schnitt. Die Sorte Harmonie und im 2. Jahr Magellan wiesen die höchsten, Larus, Elanus und Avanti die geringsten Rohproteinkonzentrationen auf.

In Trenthorst wurden im 1. HNJ vier Schnitte (von der Sorte Larus fünf Schnitte) und in den beiden Folgejahren jeweils nur zwei Schnitte geerntet. Dies war vor allem durch die feuchte warme Witterung in 2017 sowie die trockene warme Witterung in 2018 begründet (vgl. Abbildung 3.1.1-1). Im 1. HNJ wies, mit Ausnahme der Sorte Larus, der 1. Schnitt die höchsten Rohproteinkonzentrationen auf. Im 2. HNJ war die Rohproteinkonzentration im 1. Schnitt höher als im 2. Schnitt und im 3. HNJ war es umgekehrt. In allen drei Jahren wies die Sorte Harmonie die höchsten Rohproteinkonzentrationen auf. Die geringste Rohproteinkonzentration wurde in allen drei Jahren in den Sorten Avanti und Larus (im 4. und 5. Schnitt im 1. HNJ sehr hohe Rohproteinkonzentration) sowie im 2. HNJ in der Sorte Elanus gefunden.

Die Lysinkonzentration in der Trockenmasse der Rotkleeblätter unterschritt die der Futtererbse in den meisten Fällen und war am höchsten in der Sorte Harmonie in Trenthorst im 1. HNJ. Auch der Lysinanteil im Rohprotein war geringer als bei den zum Vergleich genutzten Körnerleguminosen und befand sich im Bereich zwischen 4,3 und 6,1 g 16g⁻¹ N. Die Methioninkonzentration unterschied sich nicht deutlich zwischen den Sorten und erreichte ein Niveau zwischen Futtererbse und Sojabohne mit einem Maximalwert von 5,5 g kg⁻¹ T. Der Anteil im Rohprotein war mit 1,1 – 1,7 g 16g⁻¹ N höher als in der Futtererbse und Ackerbohne, jedoch geringer als in der Sojabohne. Die Cysteinkonzentration sowie der Anteil am Rohprotein war in den Rotkleeblättern deutlich geringer als in den zum Vergleich herangezogenen Körnerleguminosen. Genauso verhielt es sich mit der Aminosäure Arginin. Die Threoninkonzentration bewegte sich auf einem Niveau zwischen der Ackerbohne und der Sojabohne. Der Anteil an Threonin im Rohprotein war mit 4,0 – 4,9 g 16g⁻¹ N höher als in den Körnerleguminosen. Ein gerichteter Effekt von Sorte, HNJ und Schnitt konnte zunächst nicht beobachtet werden (Tabelle 3.1.5-11).

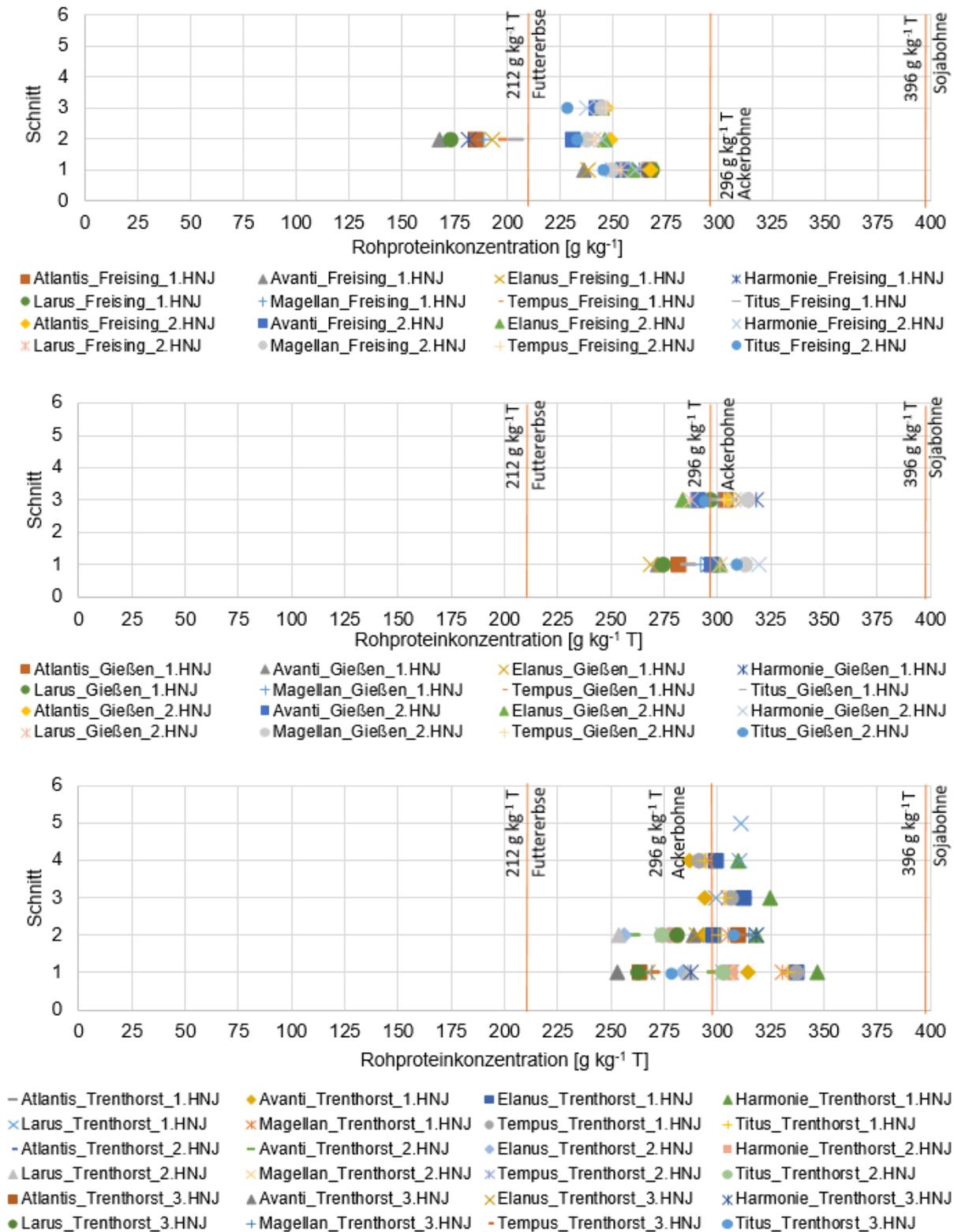


Abbildung 3.1.5-5: Rohproteinkonzentration in Rotkleeblättern der untersuchten Sorten für die drei Standorte Freising, Gießen und Trenthorst in den drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln abhängig vom Schnitt (MW der Wiederholungen)

Tabelle 3.1.5-11: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration [g kg⁻¹ T] der Blätter der Rotkleeorten Elanus, Harmonie und Tempus für die Standorte Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)

HNJ	Ort	Schnitt	Rohprotein	Lysin	Methionin	Cystein	Threonin	Arginin	
Elanus									
1	F	1	238,2 ± 28,47	13,0 ± 1,45	3,6 ± 0,43	2,2 ± 0,30	11,2 ± 1,30	11,7 ± 1,16	
		2	192,8 ± 14,74	10,2 ± 1,15	2,7 ± 0,30	1,8 ± 0,16	8,4 ± 0,77	8,8 ± 0,88	
	G	1	268,6 ± 5,41	13,2 ± 0,95	4,0 ± 0,08	2,2 ± 0,14	12,0 ± 0,36	13,5 ± 0,41	
		3	311,7 ± 3,57	17,1 ± 0,18	4,6 ± 0,12	2,9 ± 0,03	13,8 ± 0,25	15,2 ± 0,36	
	T	1	337,2 ± 6,47	18,3 ± 0,22	4,8 ± 0,17	3,2 ± 0,09	14,6 ± 0,28	15,8 ± 0,41	
		2	297,7 ± 4,26	16,5 ± 0,57	4,2 ± 0,18	2,9 ± 0,09	13,6 ± 0,25	14,4 ± 0,48	
		3	312,1 ± 4,78	17,5 ± 0,54	4,5 ± 0,16	3,0 ± 0,06	14,0 ± 0,37	14,9 ± 0,47	
		4	299,4 ± 8,31	16,8 ± 0,65	4,1 ± 0,09	2,8 ± 0,04	13,4 ± 0,15	13,8 ± 0,33	
	2	F	1	259,4 ± 22,82	13,9 ± 0,98	3,8 ± 0,32	2,2 ± 0,18	11,4 ± 0,82	12,1 ± 0,93
			2	246,2 ± 10,30	14,1 ± 0,60	3,6 ± 0,23	2,3 ± 0,15	11,2 ± 0,53	12,4 ± 0,58
			3	244,7 ± 12,47	11,6 ± 0,86	2,9 ± 0,19	2,1 ± 0,14	10,2 ± 0,60	10,3 ± 0,64
		G	1	301,0 ± 7,52	15,2 ± 0,54	4,0 ± 0,23	2,9 ± 0,15	12,5 ± 0,21	13,3 ± 0,70
3			283,7 ± 2,80	14,9 ± 1,09	4,0 ± 0,28	2,7 ± 0,07	12,4 ± 0,53	12,7 ± 0,65	
T		1	283,8 ± 8,78	16,1 ± 1,58	4,2 ± 0,30	2,8 ± 0,12	13,1 ± 0,73	13,7 ± 0,84	
		2	256,1 ± 3,55	15,6 ± 0,16	4,2 ± 0,07	2,7 ± 0,05	12,6 ± 0,14	13,4 ± 0,17	
3	T	1	267,5 ± 2,64	15,5 ± 0,42	4,1 ± 0,11	2,6 ± 0,06	12,6 ± 0,19	13,4 ± 0,23	
		2	289,9 ± 4,11	15,6 ± 0,45	4,1 ± 0,16	2,7 ± 0,07	13,3 ± 0,27	13,6 ± 0,44	
Harmonie									
1	F	1	262,5 ± 33,45	14,0 ± 1,96	3,7 ± 0,63	2,3 ± 0,40	12,1 ± 1,76	12,7 ± 1,72	
		2	181,6 ± 19,14	9,4 ± 1,00	2,5 ± 0,25	1,6 ± 0,20	7,7 ± 0,96	8,1 ± 1,04	
	G	1	296,1 ± 8,25	14,2 ± 1,44	4,5 ± 0,20	2,4 ± 0,27	12,7 ± 0,55	14,2 ± 1,06	
		3	318,2 ± 1,56	16,9 ± 0,50	4,5 ± 0,30	2,9 ± 0,01	13,8 ± 0,40	15,1 ± 0,38	
	T	1	346,9 ± 10,39	19,4 ± 0,63	5,0 ± 0,17	3,3 ± 0,11	15,2 ± 0,44	16,8 ± 0,54	
		2	318,2 ± 4,12	17,4 ± 0,81	4,3 ± 0,16	2,9 ± 0,06	14,4 ± 0,59	15,5 ± 0,75	
		3	324,6 ± 9,26	18,1 ± 0,72	4,8 ± 0,16	3,1 ± 0,07	14,6 ± 0,47	15,6 ± 0,69	
		4	309,6 ± 7,08	17,2 ± 1,10	4,4 ± 0,17	3,0 ± 0,05	13,8 ± 0,49	14,2 ± 0,76	
	2	F	1	260,5 ± 5,85	14,3 ± 0,47	3,9 ± 0,13	2,4 ± 0,12	11,6 ± 0,36	12,4 ± 0,45
			2	245,0 ± 8,46	14,0 ± 0,49	3,6 ± 0,17	2,2 ± 0,15	11,2 ± 0,42	12,3 ± 0,52
			3	237,2 ± 4,01	11,2 ± 0,83	2,8 ± 0,18	2,0 ± 0,08	9,6 ± 0,28	9,8 ± 0,24
		G	1	319,6 ± 7,92	15,8 ± 0,40	4,2 ± 0,20	2,9 ± 0,06	13,2 ± 0,19	14,2 ± 0,08
3			308,0 ± 8,05	14,0 ± 0,35	3,8 ± 0,26	2,7 ± 0,10	12,1 ± 0,01	13,3 ± 0,00	
T		1	305,8 ± 5,26	17,2 ± 0,93	4,5 ± 0,23	3,0 ± 0,11	13,9 ± 0,31	14,7 ± 0,44	
	2	280,1 ± 6,33	16,1 ± 0,59	4,4 ± 0,24	2,9 ± 0,11	13,6 ± 0,47	14,4 ± 0,54		
3	T	1	287,6 ± 4,93	15,9 ± 0,27	4,1 ± 0,07	2,7 ± 0,04	13,2 ± 0,27	13,3 ± 0,27	
		2	317,9 ± 3,00	17,6 ± 0,25	4,6 ± 0,09	2,9 ± 0,06	14,8 ± 0,22	15,7 ± 0,26	
Tempus									
1	F	1	254,9 ± 17,18	13,3 ± 1,66	3,9 ± 0,60	2,3 ± 0,45	11,7 ± 1,86	12,3 ± 1,56	
		2	195,9 ± 6,54	9,9 ± 0,58	2,7 ± 0,11	1,8 ± 0,05	8,2 ± 0,25	8,4 ± 0,29	
	G	1	295,7 ± 9,89	14,8 ± 0,92	4,2 ± 0,08	2,5 ± 0,09	12,9 ± 0,58	14,8 ± 1,04	
		3	305,8 ± 13,05	16,0 ± 0,04	4,4 ± 0,14	2,9 ± 0,16	13,2 ± 0,06	14,2 ± 0,05	
	T	1	337,0 ± 6,07	17,8 ± 1,98	4,6 ± 0,34	3,2 ± 0,06	14,6 ± 0,71	16,1 ± 0,86	
		2	308,6 ± 4,41	17,2 ± 0,46	4,5 ± 0,06	2,9 ± 0,03	14,1 ± 0,28	15,0 ± 0,44	
		3	306,4 ± 3,36	16,7 ± 0,13	4,3 ± 0,11	2,8 ± 0,04	13,6 ± 0,18	14,3 ± 0,15	
		4	291,7 ± 7,03	16,4 ± 0,78	4,2 ± 0,23	2,7 ± 0,10	13,2 ± 0,45	13,5 ± 0,80	
	2	F	1	253,7 ± 8,03	14,5 ± 0,42	3,6 ± 0,13	2,3 ± 0,07	12,0 ± 0,43	13,0 ± 0,40
			2	240,5 ± 13,99	14,1 ± 1,01	3,6 ± 0,28	2,3 ± 0,21	11,2 ± 0,66	12,1 ± 0,89
			3	246,5 ± 10,84	11,0 ± 1,05	2,7 ± 0,21	2,1 ± 0,18	10,0 ± 0,83	10,1 ± 0,79
		G	1	309,3 ± 5,92	15,0 ± 0,31	3,8 ± 0,02	2,8 ± 0,03	13,0 ± 0,10	13,4 ± 1,14
3			303,5 ± 9,15	14,6 ± 0,23	3,7 ± 0,24	2,7 ± 0,14	12,5 ± 0,48	13,1 ± 0,41	
T		1	302,6 ± 3,94	17,1 ± 0,96	4,3 ± 0,26	2,9 ± 0,08	13,9 ± 0,40	14,3 ± 0,68	
	2	274,7 ± 2,28	15,9 ± 0,91	4,3 ± 0,23	2,8 ± 0,08	13,1 ± 0,34	13,7 ± 0,62		
3	T	1	269,4 ± 6,11	14,1 ± 0,40	3,9 ± 0,09	2,5 ± 0,06	12,2 ± 0,26	12,5 ± 0,40	
		2	309,4 ± 3,58	17,3 ± 0,20	4,8 ± 0,06	3,1 ± 0,03	14,7 ± 0,19	15,3 ± 0,28	

Ein klarer Effekt des Standortes kann bei dem Vergleich der Sorten im 1. Schnitt im 1. HNJ erkannt werden (Tabelle 3.1.5-12). Die besten Ergebnisse wurden immer in Trenthorst erzielt, gefolgt von Gießen und Freising.

Tabelle 3.1.5-12: Konzentrationen von Rohprotein und ausgewählten Aminosäuren [g kg⁻¹ T] in den Blättern der untersuchten Rotkleesorten vom 1. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr an den Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) (Einzelwerte)

Sorte	Ort	Rohprotein	Lysin	Methionin	Cystein	Threonin	Arginin
Atlantis	F	222,3	11,6	3,2	1,9	9,9	10,1
	G	275,0	13,7	4,1	2,3	12,3	14,0
	T	333,5	18,6	4,9	3,2	15,0	16,1
Avanti	F	255,9	14,1	4,0	2,4	12,3	12,9
	G	273,4	13,5	3,9	2,4	11,6	13,7
	T	314,4	16,5	4,5	3,0	13,2	14,5
Elanus	F	238,2	13,0	3,6	2,2	11,2	11,7
	G	268,6	13,2	4,0	2,2	12,0	13,5
	T	337,2	18,3	4,8	3,2	14,6	15,8
Harmonie	F	262,5	14,0	3,7	2,3	12,1	12,7
	G	296,1	14,2	4,5	2,4	12,7	14,2
	T	346,9	19,4	5,0	3,3	15,2	16,8
Larus	F	261,3	14,7	4,2	2,5	12,6	13,4
	G	269,1	11,7	3,9	1,7	11,6	11,9
	T	298,7	16,8	4,8	3,0	13,3	15,0
Magellan	F	230,7	13,6	3,7	2,1	11,3	12,3
	G	301,3	14,9	4,6	2,4	13,4	15,4
	T	337,6	19,5	4,9	3,3	15,0	16,5
Tempus	F	254,9	13,3	3,9	2,3	11,7	12,3
	G	295,7	14,8	4,2	2,5	12,9	14,8
	T	337,0	17,8	4,6	3,2	14,6	16,1
Titus	F	268,5	15,0	4,5	2,7	13,1	13,9
	G	282,5	13,9	4,1	2,4	12,3	14,0
	T	344,2	18,5	4,7	3,3	15,1	16,5

Erwartungsgemäß war die Rohproteinkonzentration in den Rotkleestängeln deutlich geringer als in den Blättern und auch den Körnerleguminosen (vgl. Tabelle 3.1.5-13 und Tabelle 3.1.5-1). Daher konzentriert sich die weitere Auswertung auf die Blätter.

Tabelle 3.1.5-13: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration in den Stängeln der Rotkleesorten Elanus und Harmonie vom 1. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr an den Standorten Freising (F), Gießen (G) und Trenthorst (T) (Einzelwerte)

Sorte	Elanus						Harmonie					
	[g kg ⁻¹ T]			[g 16g ⁻¹ N]			[g kg ⁻¹ T]			[g 16g ⁻¹ N]		
Ort	F	G	T	F	G	T	F	G	T	F	G	T
Rohprotein	128,8	133,5	127,1				145,5	148,4	141,8			
Lysin	5,8	6,5	6,4	4,5	4,9	5,0	6,3	6,8	6,8	4,4	4,6	4,8
Methionin	1,4	1,8	1,5	1,1	1,3	1,2	1,6	1,9	1,5	1,1	1,3	1,1
Cystein	1,1	1,2	1,3	0,9	0,9	1,0	1,27	1,1	1,3	0,9	0,8	0,9
Threonin	4,8	5,5	5,1	3,7	4,1	4,0	5,2	6,0	5,5	3,6	4,1	3,9
Arginin	4,6	5,6	5,0	3,6	4,2	4,0	5,0	5,8	5,3	3,4	3,9	3,7

3.1.5.1.2.2 Ertrag und Blattertrag

Abbildung 3.1.5-6 zeigt den Trockenmasse- und Blatt-Trockenmasseertrag über alle erfolgten Schnitte abhängig vom HNJ und vom Standort. Die Erträge waren aufgrund der Witterung sowie aufgrund des Kleekrebstes in Freising in den meisten Fällen unterdurchschnittlich. Im 1. HNJ in Trenthorst zeigte sich das Potenzial des Rotklee. In der Regel lieferte der 1. Schnitt die höchsten Trockenmasseerträge, die Blatt-Trockenmasseerträge sind jedoch teilweise im Folgeschnitt höher.

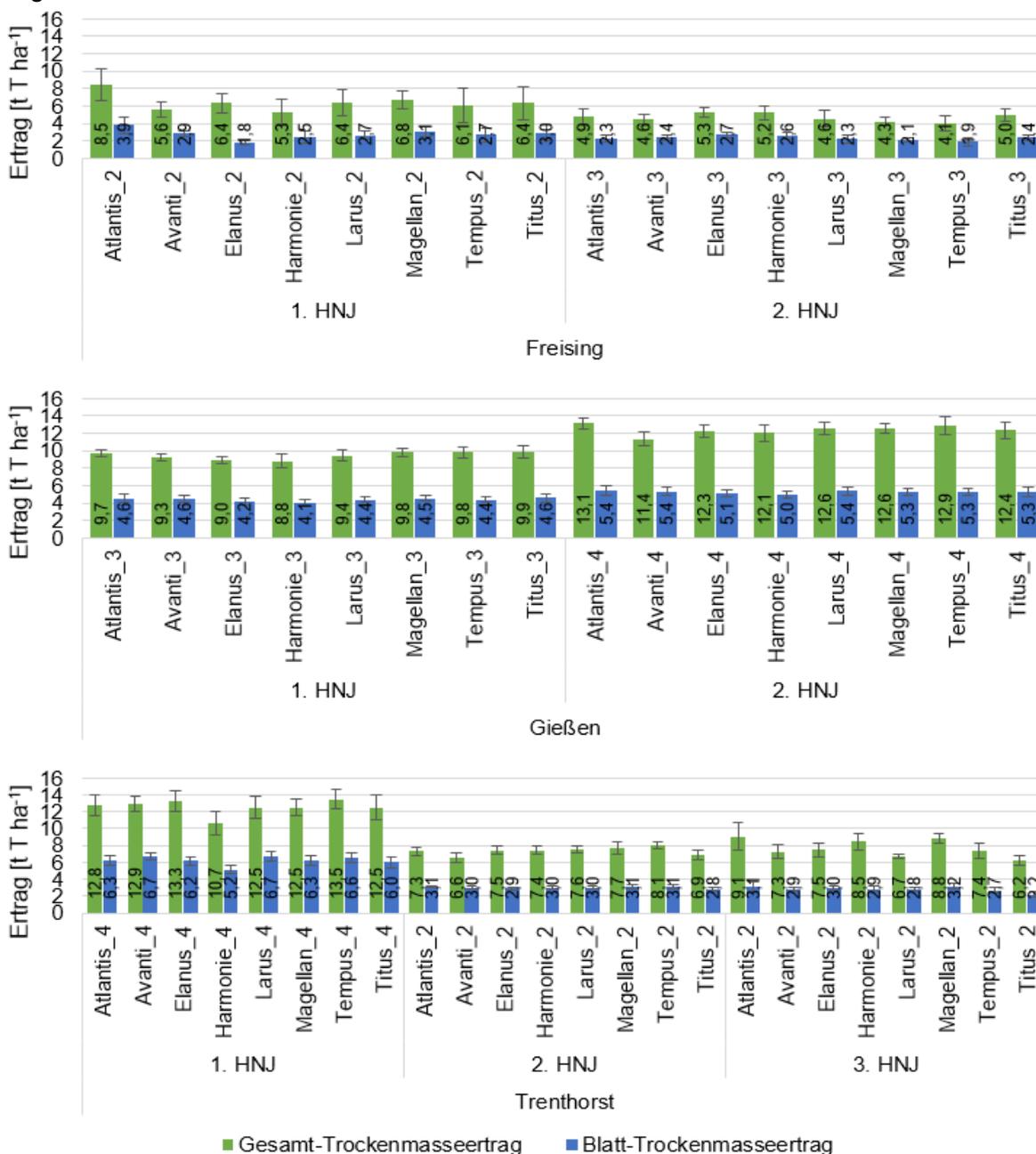


Abbildung 3.1.5-6: Gesamt-Trockenmasse (T)- und -Blatt-T-Ertrag über alle Schnitte von den untersuchten Rotkleeorten (Sorte_Schnittanzahl) für die jeweiligen Hauptnutzungsjahre (HNJ) an den Standorten Freising, Gießen und Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)

3.1.5.1.2.3 Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cystein'ertrag

Der Rohprotein'ertrag der Rotkleeblätter war in den durchgeführten Versuchen aufgrund der geringen Anzahl an Schnitten zumeist auf einem Niveau mit Futtererbsen. Ein höherer Rohprotein'ertrag als bei Sojabohnen konnte nur in Trenthorst im 1. HNJ erreicht werden, da hier vier Schnitte durchgeführt wurden (Abbildung 3.1.5-7).

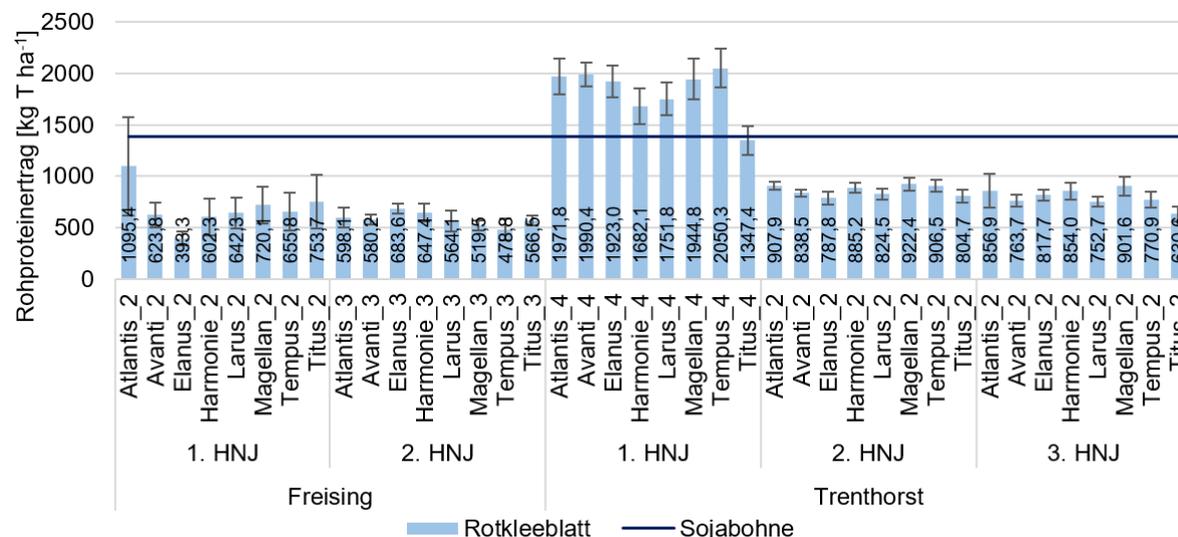


Abbildung 3.1.5-7: Blatt-Rohprotein'ertrag der untersuchten Rotkleeorten über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) an den beiden Standorten Freising und Trenthorst in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) im Vergleich zum Rohprotein'ertrag der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 39,6 %Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)

Dies war auch bei dem Ertrag an Lysin sowie Methionin+Cystein zu sehen (Abbildung 3.1.5-8).

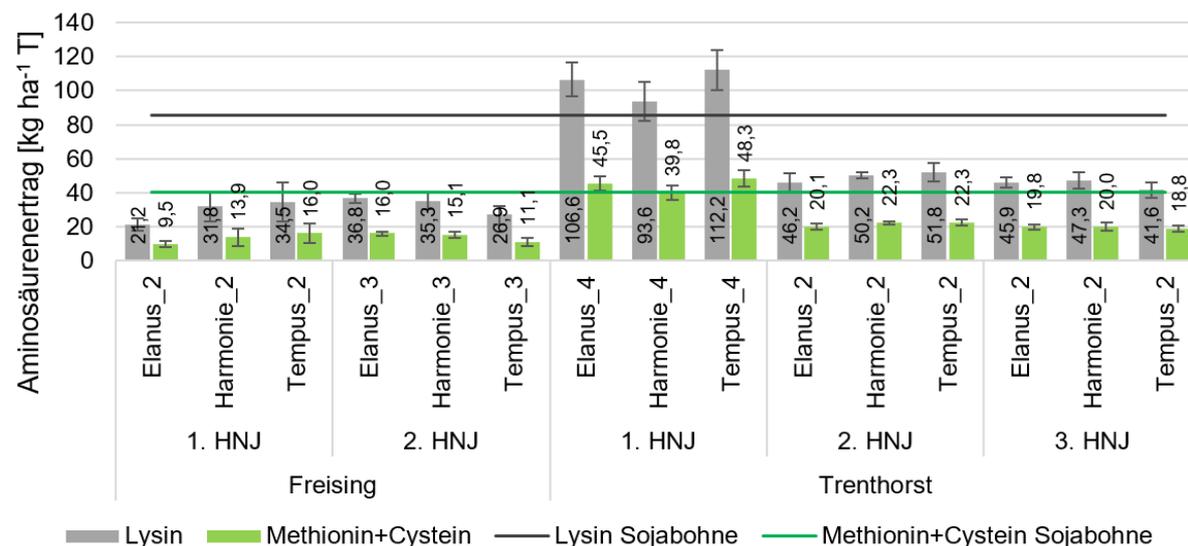


Abbildung 3.1.5-8: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cystein'ertrag über alle Schnitte (Sorte_Schnittanzahl) der Rotkleeorten Elanus, Harmonie und Tempus für zwei Hauptnutzungsjahre (HNJ) an den Standorten Freising und Trenthorst im Vergleich zum Aminosäure'ertrag der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)

Der Aminosäureertrag war in den meisten Fällen in den frühen Schnitten höher als in den Folgeschnitten (Tabelle 3.1.5-14).

Tabelle 3.1.5-14: Blatt-Aminosäureertrag [kg ha⁻¹] der Rotkleesorten Elanus, Harmonie und Tempus für die Standorte Freising, Gießen und Trenthorst abhängig vom Schnitt (s) und dem Hauptnutzungsjahr (HNJ) (MW und SD der Wiederholungen)

HNJ	s	Freising		Gießen		Trenthorst	
		Lysin	Methionin +Cystein	Lysin	Methionin +Cystein	Lysin	Methionin +Cystein
Elanus							
1	1	13,6 ± 2,51	6,1 ± 1,25	17,9 ± 2,06	8,5 ± 1,34	30,7 ± 4,82	13,5 ± 2,17
	2	7,6 ± 1,31	3,4 ± 0,57			24,7 ± 1,74	10,5 ± 0,60
	3			19,4 ± 0,50	8,4 ± 0,41	28,5 ± 1,36	12,2 ± 0,67
	4					22,7 ± 2,08	9,3 ± 0,63
2	1	17,0 ± 1,11	7,7 ± 0,49	24,5 ± 0,18	11,1 ± 0,14	25,5 ± 4,19	11,0 ± 1,35
	2	14,1 ± 0,74	5,9 ± 0,34			20,7 ± 1,14	9,1 ± 0,57
	3	5,7 ± 0,95	2,4 ± 0,34	16,0 ± 0,32	7,2 ± 0,28		
3	1					26,8 ± 1,38	11,5 ± 0,76
	2					19,2 ± 1,58	8,3 ± 0,79
Harmonie							
1	1	25,1 ± 6,26	10,9 ± 3,91	19,4 ± 2,11	9,3 ± 0,95	27,7 ± 2,15	11,8 ± 0,73
	2	6,7 ± 2,59	2,9 ± 1,15			24,5 ± 3,42	10,2 ± 1,43
	3			18,3 ± 2,48	8,0 ± 0,98	24,5 ± 2,44	10,6 ± 1,00
	4					17,0 ± 3,27	7,2 ± 1,17
2	1	17,1 ± 1,04	7,5 ± 0,42	24,3 ± 3,13	11 ± 1,36	27,8 ± 0,68	12,1 ± 0,40
	2	13,3 ± 2,36	5,5 ± 0,92			22,4 ± 1,20	10,2 ± 0,47
	3	5,0 ± 1,37	2,1 ± 0,46	14,6 ± 0,06	6,8 ± 0,17		
3	1					27,5 ± 2,68	11,6 ± 1,19
	2					19,8 ± 2,12	8,4 ± 0,94
Tempus							
1	1	28,5 ± 9,09	13,3 ± 4,57	21,3 ± 1,03	9,6 ± 0,47	28,3 ± 4,36	12,5 ± 1,83
	2	6,0 ± 2,46	2,7 ± 1,10			30,2 ± 1,33	12,9 ± 0,40
	3			18,5 ± 1,02	8,5 ± 0,42	29,3 ± 1,25	12,6 ± 0,72
	4					24,4 ± 4,98	10,2 ± 1,96
2	1	12,0 ± 2,95	4,9 ± 1,27	24,7 ± 0,10	10,9 ± 0,19	29,0 ± 3,03	12,1 ± 0,93
	2	12,3 ± 1,60	5,1 ± 0,67			22,8 ± 2,36	10,2 ± 0,93
	3	2,6 ± 0,90	1,1 ± 0,38	16,8 ± 0,75	7,3 ± 0,65		
3	1					22,8 ± 1,41	10,4 ± 0,62
	2					18,7 ± 2,95	8,5 ± 1,35

3.1.5.2 Schnitffrequenzversuch (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)

3.1.5.2.1 Luzerne

3.1.5.2.1.1 Rohproteinkonzentration

Für die Luzerne lagen für die Jahre 2018 (1. HNJ) und 2019 (2. HNJ) von den Sorten Fleetwood und Planet jeweils 4 bzw. 5 Schnitte für die Auswertung vor. Über die Rohproteinkonzentration hinausgehende Untersuchungen wurden für die Sorte Fleetwood vorgenommen. Die Rohproteinkonzentration in den Blättern schwankte zwischen 266 g kg⁻¹ T und 362 g kg⁻¹ T, was mit Rohproteinwerten von Ackerbohnen vergleichbar ist. Teilweise lagen die Werte aber auch deutlich niedriger oder höher. Dabei war kein klarer Trend erkennbar, in welchem Schnitt an welchem Ort oder in welchem Jahr höhere Konzentrationen an Rohprotein zu erwarten sind (Abbildung 3.1.5-9).

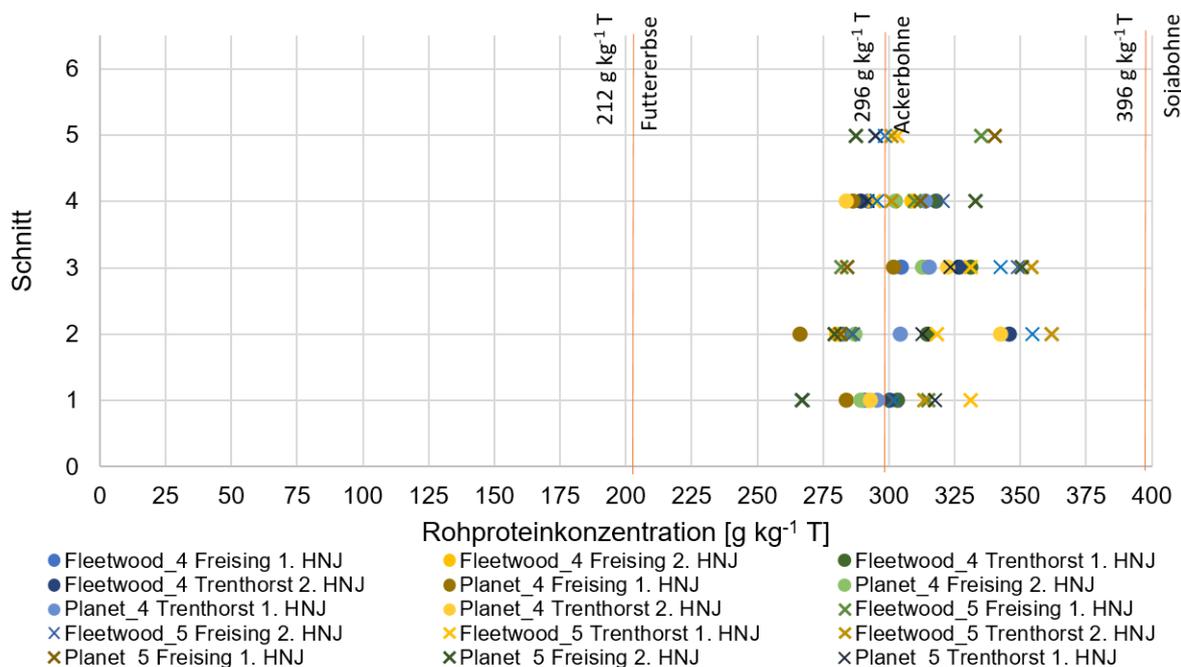


Abbildung 3.1.5-9: Rohproteinkonzentration in Luzerneblättern der Sorten Fleetwood und Planet an den Standorten Freising und Trenthorst abhängig vom Schnitt in der 4- und 5-Schnittnutzung sowie Hauptnutzungsjahr (HNJ) (Sorte_Schnittanzahl Ort Hauptnutzungsjahr) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln (MW der Wiederholungen)

Die Rohproteinkonzentration in den Stängeln lag zwischen $125 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ und $230 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$. Die höchste Konzentration wurde im 3. und 4. Schnitt der 5-Schnittnutzung im 2. HNJ in Freising gefunden. Auch hier gab es keinen klaren Trend in den Unterschieden zwischen der 4- und 5-Schnittnutzung (Tabelle 3.1.5-15).

Tabelle 3.1.5-15: Rohproteinkonzentration [$\text{g kg}^{-1} \text{ T}$] in Stängeln der Luzernesorten Fleetwood und Planet an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	1. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5
Freising					
Fleetwood	1	$167,2 \pm 18,10$	$167,7 \pm 6,07$	$185,7 \pm 14,55$	$195,8 \pm 2,21$
	2	$138,5 \pm 19,60$	$153,3 \pm 2,19$	$125,3 \pm 2,89$	$136,3 \pm 9,86$
	3	$173,0 \pm 9,05$	$163,1 \pm 2,17$	$150,0 \pm 5,81$	$223,9 \pm 11,64$
	4	186,1	$171,9 \pm 6,34$	$169,5 \pm 2,22$	$229,9 \pm 11,82$
	5		$196,5 \pm 15,07$		$198,7 \pm 1,63$
Trenthorst					
Fleetwood	1	$171,9 \pm 10,63$	$131,4 \pm 7,18$	$203,4 \pm 10,06$	$161,2 \pm 13,04$
	2	$159,1 \pm 17,07$	$163,2 \pm 13,69$	$185,4 \pm 9,39$	$180,3 \pm 6,58$
	3	$180,1 \pm 6,72$	$171,5 \pm 8,77$	$156,8 \pm 1,66$	$149,5 \pm 9,26$
	4	$168,8 \pm 7,18$	$169,4 \pm 10,52$	$161,7 \pm 0,95$	$142,0 \pm 8,24$
	5		$170,1 \pm 10,58$		$153,1 \pm 3,74$
Planet					
	1	$153,2 \pm 6,46$	$125,4 \pm 2,31$	$177,0 \pm 4,03$	$146,7 \pm 8,48$
	2	$154,4 \pm 8,18$	$146,8 \pm 10,43$	$172,2 \pm 5,81$	$161,9 \pm 4,16$
	3	$170,1 \pm 8,59$	$169,2 \pm 5,55$	$149,9 \pm 1,74$	$149,5 \pm 5,62$
	4	$169,2 \pm 7,29$	$165,0 \pm 11,32$	$160,0 \pm 6,49$	$135,9 \pm 6,73$
	5		$162,0 \pm 5,22$		$146,3 \pm 3,53$

Die Rohproteinkonzentration der Luzernestängel war erwartungsgemäß deutlich geringer als die der Luzerneblätter und auch deutlich unter der Rohproteinkonzentration von Körnerleguminosen (Tabelle 3.1.5-1). Da mit den untersuchten Grünleguminosen eine Alternative zu den zur Fütterung von im Monogastriebereich eingesetzten Körnerleguminosen gefunden werden sollte, konzentriert sich die weitere Ergebnisdarstellung auf die Blattfraktion.

3.1.5.2.1.2 Aminosäurenkonzentration

In Trenthorst war sowohl die Konzentration als auch der Anteil an Lysin im Rohprotein in allen Schnitten außer dem 1. Schnitt im 1. HNJ in der 5-Schnittnutzung höher als in der 4-Schnittnutzung. In Freising war die Lysinkonzentration im 3. Schnitt 2018 und der Anteil des Lysins am Rohprotein im 3. und 4. Schnitt im 2. HNJ in der 4-Schnittnutzung höher. In den anderen Fällen verhielt es sich umgekehrt (Tabelle 3.1.5-16).

Tabelle 3.1.5-16: Lysinkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	Lysin in T [g kg ⁻¹]				Lysin in XP [g 16g ⁻¹ N]			
		1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5	4	5	4	5
Freising	1	14,5 ± 0,81	18,4 ± 1,00	14,7 ± 1,69	13,3 ± 0,98	5,0 ± 0,28	5,8 ± 0,32	5,0 ± 0,58	5,0 ± 0,37
	2	15,5 ± 0,82	16,6 ± 2,20	16,0 ± 0,52	16,5 ± 0,50	5,5 ± 0,29	5,8 ± 0,77	5,7 ± 0,19	5,8 ± 0,18
	3	16,7 ± 0,66	15,7 ± 0,86	17,9 ± 0,56	18,9 ± 0,13	5,5 ± 0,22	5,6 ± 0,31	5,7 ± 0,18	5,4 ± 0,04
	4	15,0 ± 1,01	16,9 ± 0,22	17,8 ± 0,40	13,2 ± 2,50	5,1 ± 0,35	5,5 ± 0,07	5,8 ± 0,13	4,1 ± 0,78
	5		17,6 ± 0,20		16,6 ± 0,49		5,3 ± 0,06		5,6 ± 0,17
Trenthorst	1	17,8 ± 0,77	17,7 ± 0,59	16,4 ± 0,62	18,3 ± 0,40	5,9 ± 0,25	5,3 ± 0,18	5,5 ± 0,21	5,8 ± 0,13
	2	17,4 ± 0,63	18,0 ± 0,65	18,4 ± 0,74	19,9 ± 0,60	5,5 ± 0,20	5,7 ± 0,20	5,3 ± 0,21	5,5 ± 0,17
	3	17,5 ± 0,32	19,6 ± 0,68	18,0 ± 0,71	20,1 ± 0,35	5,3 ± 0,10	5,9 ± 0,21	5,5 ± 0,22	5,7 ± 0,10
	4	16,8 ± 0,54	17,5 ± 0,28	15,0 ± 0,31	16,9 ± 0,54	5,3 ± 0,17	5,9 ± 0,10	5,2 ± 0,11	5,6 ± 0,18
	5		17,4 ± 0,41		16,0 ± 0,45		5,7 ± 0,14		5,3 ± 0,15

Im Vergleich zwischen der 4- und 5- Schnittnutzung war kein klarer Trend in der Höhe der Methioninkonzentration erkennbar. Der Anteil an Methionin im Rohprotein unterschied sich nicht zwischen den beiden Schnittregimen (Tabelle 3.1.5-17).

Tabelle 3.1.5-17: Methioninkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	Methionin in T [g kg ⁻¹]				Methionin in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5	4	5	4	5
Freising	1	4,6 ± 0,16	5,4 ± 0,47	4,4 ± 0,25	3,9 ± 0,24	1,6 ± 0,06	1,7 ± 0,15	1,5 ± 0,09	1,5 ± 0,09
	2	4,5 ± 0,21	4,7 ± 0,67	4,4 ± 0,17	4,6 ± 0,21	1,6 ± 0,08	1,7 ± 0,24	1,6 ± 0,06	1,6 ± 0,07
	3	5,2 ± 0,17	4,4 ± 0,02	5,2 ± 0,10	5,8 ± 0,06	1,7 ± 0,06	1,6 ± 0,01	1,7 ± 0,03	1,7 ± 0,02
	4	4,3 ± 0,06	4,9 ± 0,11	5,2 ± 0,06	4,2 ± 0,75	1,5 ± 0,02	1,6 ± 0,04	1,7 ± 0,02	1,3 ± 0,23
	5		5,1 ± 0,03		4,7 ± 0,05		1,5 ± 0,01		1,6 ± 0,02
Trenthorst	1	5,1 ± 0,17	5,5 ± 0,10	4,8 ± 0,24	4,7 ± 0,12	1,7 ± 0,06	1,7 ± 0,03	1,6 ± 0,08	1,5 ± 0,04
	2	5,2 ± 0,28	5,6 ± 0,05	5,3 ± 0,22	5,4 ± 0,10	1,7 ± 0,09	1,8 ± 0,02	1,5 ± 0,06	1,5 ± 0,03
	3	5,7 ± 0,12	5,5 ± 0,13	5,1 ± 0,18	5,4 ± 0,17	1,7 ± 0,04	1,7 ± 0,04	1,6 ± 0,06	1,5 ± 0,05
	4	5,2 ± 0,08	5,2 ± 0,12	4,5 ± 0,03	4,8 ± 0,13	1,6 ± 0,03	1,8 ± 0,04	1,6 ± 0,01	1,6 ± 0,04
	5		5,1 ± 0,12		4,7 ± 0,19		1,7 ± 0,04		1,6 ± 0,06

Beim Cystein verhielt es sich analog zum Methionin. Tendenziell war die Cysteinkonzentration in späteren Schnitten höher als in frühen Schnitten (Tabelle 3.1.5-18).

Tabelle 3.1.5-18: Cysteinkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	Cystein in T [g kg ⁻¹]				Cystein in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5	4	5	4	5
Freising	1	3,3 ± 0,25	3,6 ± 0,36	3,4 ± 0,25	3,2 ± 0,14	1,1 ± 0,09	1,1 ± 0,11	1,2 ± 0,09	1,2 ± 0,05
	2	3,6 ± 0,24	3,6 ± 0,54	3,6 ± 0,26	3,8 ± 0,20	1,3 ± 0,09	1,3 ± 0,19	1,3 ± 0,09	1,3 ± 0,07
	3	4,0 ± 0,18	3,5 ± 0,11	4,0 ± 0,15	4,2 ± 0,14	1,3 ± 0,06	1,2 ± 0,04	1,3 ± 0,05	1,2 ± 0,04
	4	4,0 ± 0,12	3,8 ± 0,14	4,1 ± 0,09	3,4 ± 0,43	1,4 ± 0,04	1,2 ± 0,05	1,3 ± 0,03	1,1 ± 0,13
	5		4,0 ± 0,06		4,4 ± 0,17		1,2 ± 0,02		1,5 ± 0,06
Trenthorst	1	3,9 ± 0,12	4,1 ± 0,06	3,7 ± 0,09	3,4 ± 0,05	1,3 ± 0,04	1,2 ± 0,02	1,2 ± 0,03	1,1 ± 0,02
	2	4,0 ± 0,15	4,1 ± 0,04	3,8 ± 0,04	3,7 ± 0,07	1,3 ± 0,05	1,3 ± 0,01	1,1 ± 0,01	1,0 ± 0,02
	3	4,2 ± 0,03	4,4 ± 0,04	4,0 ± 0,19	4,2 ± 0,11	1,3 ± 0,01	1,3 ± 0,01	1,2 ± 0,06	1,2 ± 0,03
	4	4,3 ± 0,06	4,2 ± 0,11	3,8 ± 0,11	3,8 ± 0,10	1,4 ± 0,02	1,4 ± 0,04	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,03
	5		4,2 ± 0,09		3,6 ± 0,16		1,4 ± 0,03		1,2 ± 0,05

In einigen Fällen in Freising und in allen Schnitten beider Jahre in Trenthorst außer im 4. Schnitt 2018 war die Threoninkonzentration in der 5-Schnittnutzung gegenüber der 4-Schnittnutzung erhöht (Tabelle 3.1.5-19).

Tabelle 3.1.5-19: Threoninkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	Threonin in T [g kg ⁻¹]				Threonin in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5	4	5	4	5
Freising	1	13,5 ± 1,00	14,6 ± 1,05	13,3 ± 0,80	11,8 ± 0,51	4,6 ± 0,34	4,6 ± 0,33	4,5 ± 0,27	4,4 ± 0,19
	2	13,4 ± 0,85	13,6 ± 1,17	12,5 ± 0,66	13,4 ± 0,74	4,8 ± 0,30	4,8 ± 0,41	4,5 ± 0,24	4,7 ± 0,26
	3	15,0 ± 0,64	13,6 ± 0,71	14,8 ± 0,61	16,1 ± 0,75	4,9 ± 0,21	4,8 ± 0,25	4,7 ± 0,19	4,6 ± 0,22
	4	13,5 ± 0,36	15,9 ± 0,35	14,9 ± 0,37	13,2 ± 1,40	4,6 ± 0,12	5,1 ± 0,11	4,8 ± 0,12	4,1 ± 0,44
	5		16,6 ± 0,81		14,1 ± 0,47		5,0 ± 0,24		4,8 ± 0,16
Trenthorst	1	14,8 ± 0,28	15,7 ± 0,15	13,4 ± 0,51	14,0 ± 0,37	4,9 ± 0,09	4,7 ± 0,05	4,5 ± 0,17	4,5 ± 0,12
	2	14,9 ± 0,56	15,6 ± 0,14	15,3 ± 0,46	16,7 ± 0,42	4,7 ± 0,18	4,9 ± 0,04	4,4 ± 0,13	4,6 ± 0,12
	3	15,8 ± 0,13	16,3 ± 0,16	15,2 ± 0,36	16,6 ± 0,33	4,8 ± 0,04	4,9 ± 0,05	4,7 ± 0,11	4,7 ± 0,09
	4	14,9 ± 0,35	14,6 ± 0,13	12,6 ± 0,10	14,0 ± 0,35	4,7 ± 0,11	5,0 ± 0,04	4,4 ± 0,04	4,7 ± 0,12
	5		14,5 ± 0,45		13,6 ± 0,32		4,8 ± 0,15		4,5 ± 0,11

Die Argininkonzentration war häufig, aber nicht durchgehend höher in der 5-Schnittnutzung im Vergleich zur 4-Schnittnutzung (Tabelle 3.1.5-20).

Tabelle 3.1.5-20: Argininkonzentration der Blätter der Luzernesorte Fleetwood an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	Arginin in T [g kg ⁻¹]				Arginin in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5	4	5	4	5
Freising	1	13,7 ± 0,49	17,3 ± 0,56	13,2 ± 1,54	11,3 ± 0,92	4,7 ± 0,17	5,5 ± 0,18	4,5 ± 0,53	4,2 ± 0,34
	2	13,9 ± 0,52	15,0 ± 1,19	13,7 ± 0,66	14,1 ± 0,68	4,9 ± 0,18	5,3 ± 0,42	4,9 ± 0,24	4,9 ± 0,24
	3	16,0 ± 0,44	14,5 ± 0,54	15,7 ± 0,39	17,3 ± 0,30	5,3 ± 0,14	5,1 ± 0,19	5,0 ± 0,12	5,0 ± 0,09
	4	12,1 ± 0,60	15,8 ± 0,19	15,4 ± 0,30	12,1 ± 1,40	4,1 ± 0,21	5,1 ± 0,06	5,0 ± 0,10	3,8 ± 0,44
	5		16,1 ± 0,65		13,0 ± 0,36		4,8 ± 0,19		4,4 ± 0,12
Trenthorst	1	15,6 ± 0,57	16,6 ± 0,12	14,3 ± 0,58	15,7 ± 0,53	5,2 ± 0,19	5,0 ± 0,04	4,8 ± 0,19	5,0 ± 0,17
	2	15,5 ± 0,83	16,7 ± 0,09	16,7 ± 0,56	18,2 ± 0,63	4,9 ± 0,26	5,3 ± 0,03	4,8 ± 0,16	5,0 ± 0,17
	3	16,8 ± 0,35	17,4 ± 0,24	16,4 ± 0,44	18,5 ± 0,40	5,1 ± 0,11	5,3 ± 0,07	5,0 ± 0,14	5,2 ± 0,11
	4	17,2 ± 0,99	15,4 ± 0,29	12,6 ± 0,18	14,0 ± 0,49	5,4 ± 0,31	5,2 ± 0,10	4,4 ± 0,06	4,7 ± 0,16
	5		14,3 ± 0,40		13,5 ± 0,46		4,7 ± 0,13		4,5 ± 0,15

Von der Sorte Planet wurden zusätzlich einzelne Proben untersucht, um einen Hinweis zu bekommen, wie sich die Unterschiede zur Sorte Fleetwood darstellen. Beim Vergleich ist es wichtig zu beachten, dass die Unterschiede zwischen den Wiederholungen nicht einfließen. In der 4-Schnittnutzung in Freising war der Einzelwert der Lysinkonzentration in der Sorte Planet in beiden Jahren etwas höher als bei der Sorte Fleetwood, in der 5-Schnittnutzung und der Probe aus Trenthorst war er etwas geringer. Die Methionin- und Cysteinkonzentrationen aller Proben der Sorte Planet waren geringer als der MW der jeweiligen Termine bei Fleetwood. Die Konzentrationen an Threonin und Arginin waren vergleichbar zwischen den Sorten an den Terminen. Es konnte auch hier kein klarer Unterschied zwischen der 4- und 5-Schnittnutzung festgestellt werden (Tabelle 3.1.5-21).

Tabelle 3.1.5-21: Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration in ausgewählten Blattproben der Luzernesorte Planet aus dem 1. Schnitt der 4- und 5-Schnittnutzung in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) (Einzelproben)

Ort	Jahr	Sorte	Rohprotein	Lysin	Methionin	Cystein	Threonin	Arginin
In T [g kg⁻¹]								
Trenthorst	1. HNJ	Planet_4	298,6	17,3	4,8	3,6	14,6	15,2
Freising	1. HNJ	Planet_4	278,2	15,0	4,5	3,1	13,3	13,9
Freising	1. HNJ	Planet_5	294,6	17,0	5,0	3,2	13,2	15,8
Freising	2. HNJ	Planet_4	289,2	15,6	4,5	3,4	13,4	13,9
Freising	2. HNJ	Planet_5	257,0	13,2	3,6	2,9	11,4	11,2
In XP [g 16g⁻¹ N]								
Trenthorst	1. HNJ	Planet_4		5,8	1,6	1,2	4,9	5,1
Freising	1. HNJ	Planet_4		5,4	1,6	1,1	4,8	5,0
Freising	1. HNJ	Planet_5		5,8	1,7	1,1	4,5	5,4
Freising	2. HNJ	Planet_4		5,4	1,6	1,2	4,6	4,8
Freising	2. HNJ	Planet_5		5,1	1,4	1,1	4,4	4,3

3.1.5.2.1.3 Ertrag, Blattertrag, Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertrag

Der Trockenmasseertrag sowie der Blatt-Trockenmasseertrag über alle Schnitte waren in der 4-Schnittnutzung höher als in der 5-Schnittnutzung. Der Rohproteinertrag je Hektar spiegelt dieses Ergebnis weitestgehend wider. Jedoch war in Freising im 1. HNJ der Rohproteinertrag in der 5-Schnittnutzung in beiden Sorten höher als in der 4-Schnittnutzung (Abbildung 3.1.5-10).

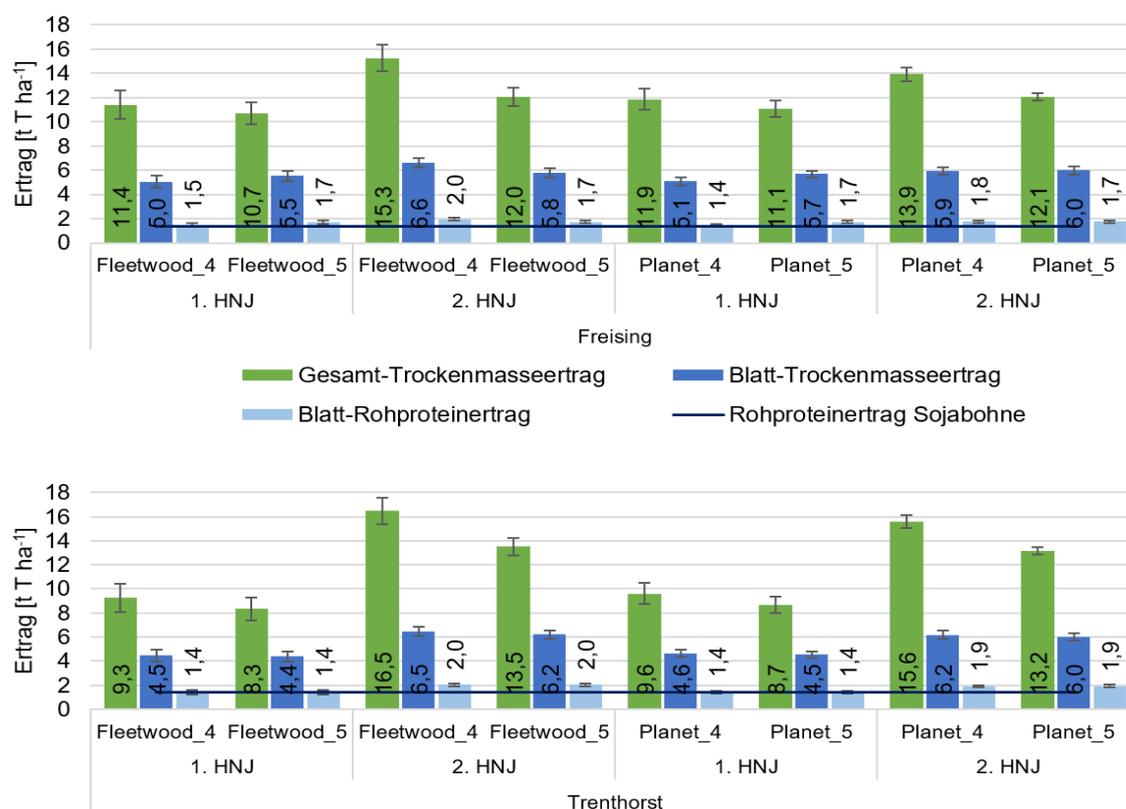


Abbildung 3.1.5-10: Gesamt-Trockenmasse (T)-, -Blatt-T- und -Blatt-Rohproteinertrag in den Luzernesorten Fleetwood und Planet über alle Schnitte bei 4- bzw. 5-Schnitt-Nutzung (Sorte_Schnittanzahl) in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an zwei Standorten im Vergleich zum Rohproteinertrag der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)

Dies ist ein Resultat aus der hohen Rohproteinkonzentration in den Schnitten mit hohen Erträgen und der zusätzlichen Menge aus dem 5. Schnitt. In Abbildung 3.1.5-11 ist der Rohprotein-ertrag in kg ha^{-1} für jeden Schnitt dargestellt. Hier wird deutlich, dass bei der Sorte Fleetwood der 1. und der 5. Schnitt und bei der Sorte Planet der 4. und der 5. Schnitt maßgeblich dazu beitragen.

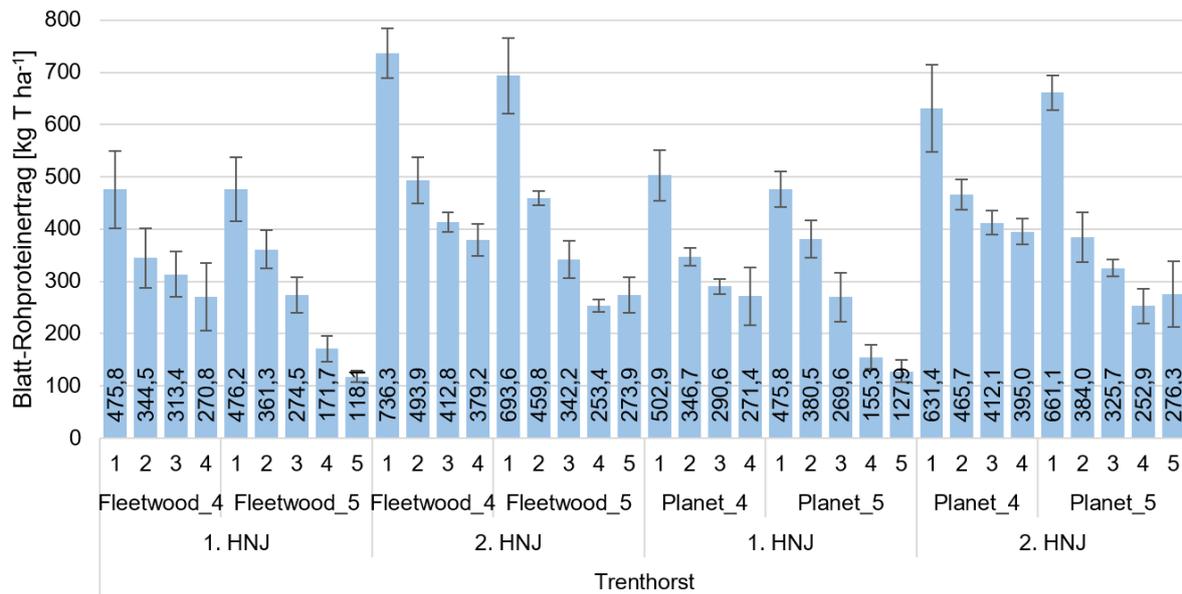


Abbildung 3.1.5-11: Blatt-Rohprotein-ertrag der Luzernesorten Fleetwood und Planet bei 4- und 5-Schnittnutzung (Sorte_Schnittanzahl) an den Standorten Freising und Trenthorst in Hauptnutzungsjahren (HNJ) anhängig vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)

Der Trockenmasse- und somit auch der Blatt-Trockenmasseertrag waren in Trenthorst durchgehend in der 4-Schnittnutzung höher als in der 5-Schnittnutzung, wenn man die einzelnen Schnitte miteinander vergleicht. In Freising gab es einige Ausnahmen bezüglich der Trockenmasseerträge: 2. Schnitt im 2. HNJ in der Sorte Fleetwood und 4. Schnitt im 1. HNJ in der Sorte Planet. Auch bezüglich der Blatt-Trockenmasseerträge gab es Ausnahmen in Freising: 1. Schnitt im 1. HNJ in der Sorte Fleetwood 2. Schnitt im 2. HNJ bei der Sorte Fleetwood, 4. Schnitt im 1. HNJ in der Sorte Planet sowie 1. und 2. Schnitt im 2. HNJ bei der Sorte Planet (Tabelle 3.1.5-22).

Tabelle 3.1.5-22: Ertrag und Blattertrag [t T ha⁻¹] der Luzernesorten Fleetwood und Planet bei 4- und 5-Schnittnutzung abhängig vom Schnitt (s) in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) an den Standorten Freising und Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)

		Fleetwood				Planet				
		1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
		s	4	5	4	5	4	5	4	5
Ertrag	Freising	1	4,1 ± 0,55	3,4 ± 0,41	5,8 ± 0,97	4,2 ± 0,51	4,7 ± 0,21	3,5 ± 0,22	5,8 ± 0,44	4,8 ± 0,13
		2	3,1 ± 0,80	2,4 ± 0,52	4,3 ± 0,14	4,5 ± 0,52	3,1 ± 0,33	2,1 ± 0,38	4,1 ± 0,15	4,3 ± 0,22
		3	2,6 ± 0,55	1,8 ± 0,29	3,2 ± 0,44	1,8 ± 0,11	2,4 ± 0,75	1,9 ± 0,46	2,6 ± 0,13	1,5 ± 0,03
		4	1,7 ± 0,35	1,6 ± 0,41	1,9 ± 0,22	1,3 ± 0,12	1,7 ± 0,18	2,0 ± 0,21	1,4 ± 0,27	1,2 ± 0,19
		5		1,4 ± 0,44		0,3 ± 0,04		1,5 ± 0,02		0,4 ± 0,01
	Trenthorst	1	4,0 ± 0,61	3,2 ± 0,45	7,3 ± 0,37	5,2 ± 0,75	4,1 ± 0,53	3,3 ± 0,28	6,5 ± 0,73	5,5 ± 0,42
		2	2,2 ± 0,53	2,1 ± 0,31	3,8 ± 0,24	3,2 ± 0,28	2,4 ± 0,16	2,3 ± 0,26	3,5 ± 0,23	2,6 ± 0,42
		3	1,7 ± 0,22	1,4 ± 0,19	2,8 ± 0,26	2,0 ± 0,23	1,7 ± 0,08	1,4 ± 0,24	2,9 ± 0,13	1,9 ± 0,07
		4	1,4 ± 0,35	1,0 ± 0,16	2,5 ± 0,32	1,5 ± 0,10	1,4 ± 0,25	0,9 ± 0,13	2,7 ± 0,10	1,5 ± 0,20
		5		0,6 ± 0,07		1,6 ± 0,24		0,7 ± 0,14		1,7 ± 0,36
Blattertrag	Freising	1	1,7 ± 0,23	1,8 ± 0,20	2,2 ± 0,30	2,0 ± 0,16	1,9 ± 0,15	1,8 ± 0,10	2,1 ± 0,28	2,3 ± 0,17
		2	1,3 ± 0,33	1,2 ± 0,17	1,8 ± 0,13	1,9 ± 0,33	1,2 ± 0,06	1,0 ± 0,11	1,7 ± 0,08	1,8 ± 0,26
		3	1,2 ± 0,24	0,9 ± 0,14	1,5 ± 0,15	1,0 ± 0,03	1,1 ± 0,27	0,9 ± 0,16	1,3 ± 0,08	0,9 ± 0,05
		4	0,9 ± 0,14	0,8 ± 0,19	1,1 ± 0,08	0,7 ± 0,04	0,9 ± 0,08	1,1 ± 0,11	0,8 ± 0,16	0,7 ± 0,11
		5		0,9 ± 0,24		0,2 ± 0,02		0,9 ± 0,04		0,3 ± 0,01
	Trenthorst	1	1,6 ± 0,22	1,4 ± 0,16	2,4 ± 0,12	2,2 ± 0,25	1,7 ± 0,13	1,5 ± 0,08	2,2 ± 0,27	2,2 ± 0,14
		2	1,1 ± 0,18	1,1 ± 0,13	1,4 ± 0,11	1,3 ± 0,04	1,1 ± 0,05	1,2 ± 0,11	1,4 ± 0,08	1,1 ± 0,13
		3	0,9 ± 0,12	0,8 ± 0,11	1,3 ± 0,08	1,0 ± 0,10	0,9 ± 0,04	0,8 ± 0,14	1,3 ± 0,05	1,0 ± 0,06
		4	0,9 ± 0,20	0,6 ± 0,09	1,3 ± 0,12	0,8 ± 0,04	0,9 ± 0,16	0,5 ± 0,08	1,4 ± 0,08	0,9 ± 0,11
		5		0,4 ± 0,04		0,9 ± 0,12		0,4 ± 0,07		0,9 ± 0,20

Der Gesamt-Trockenmasseertrag über das Jahr an Lysin sowie Methionin und Cystein im Blatt der Sorte Fleetwood war in drei von vier Fällen tendenziell in der 5-Schnittnutzung im Vergleich zur 4-Schnittnutzung etwas erhöht. Im 2. HNJ in Freising wurde in der 4-Schnittnutzung mehr Lysin sowie Methionin- und Cystein mit den Luzerneblättern geerntet (Abbildung 3.1.5-12).

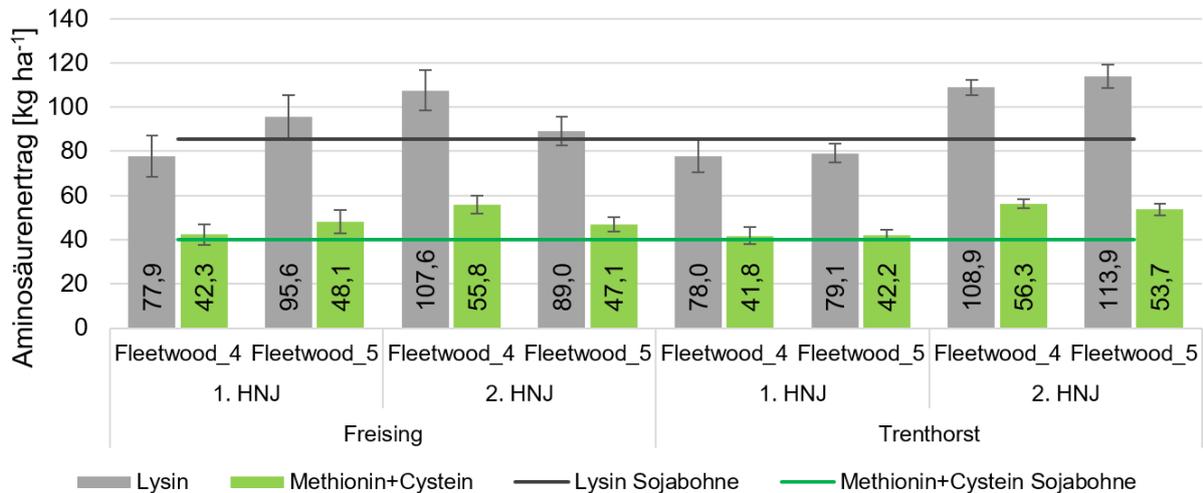


Abbildung 3.1.5-12: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cysteinertrag in der Luzernesorte Fleetwood über alle Schnitte bei 4- bzw. 5-Schnitt-Nutzung (Sorte_Schnittanzahl) in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) der Standorte Freising und Trenthorst im Vergleich zum Aminosäurertrag in der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)

Dies war vor allem darin begründet, dass die Aminosäurerträge im 4. und 5. Schnitt im Jahr 2018 in Freising sehr gering ausfielen (Abbildung 3.1.5-13).

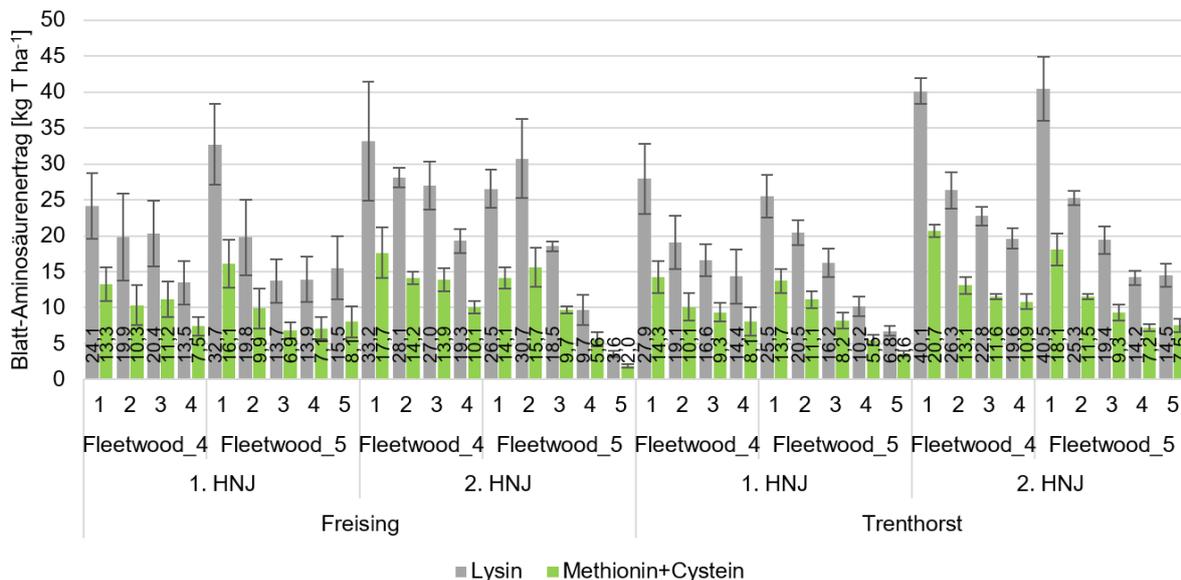


Abbildung 3.1.5-13: Blatt-Aminosäurertrag der Luzernesorte Fleetwood bei 4- und 5-Schnittnutzung (Sorte_Schnittanzahl) der Standorte Freising und Trenthorst in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) abhängig vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)

3.1.5.2.2 Rotklee

3.1.5.2.2.1 Rohproteinkonzentration

Beim Rotklee traten, wie bereits in 3.1.2.1 beschrieben, verschiedene Probleme auf. In Freising konnte die 4-Schnittnutzung nur zweimal bzw. dreimal beerntet werden, während die 5-Schnittnutzung planmäßig fünfmal beerntet wurde. Das macht einen Vergleich zwischen den Varianten schwer. In Trenthorst konnten im 1. HNJ 2017 planmäßig 4 bzw. 5 Schnitte geerntet

werden, in den beiden Folgejahren jedoch nur 2 Schnitte in der 4-Schnitt- und 3 Schnitte in der 5-Schnittnutzung. Das Niveau der Rohproteinkonzentration war in Freising geringer als in Trenthorst und befand sich zwischen dem Niveau von Futtererbsen und Ackerbohnen. In Trenthorst wurde in den meisten Proben das Niveau von Ackerbohnen überschritten (Abbildung 3.1.5-14).

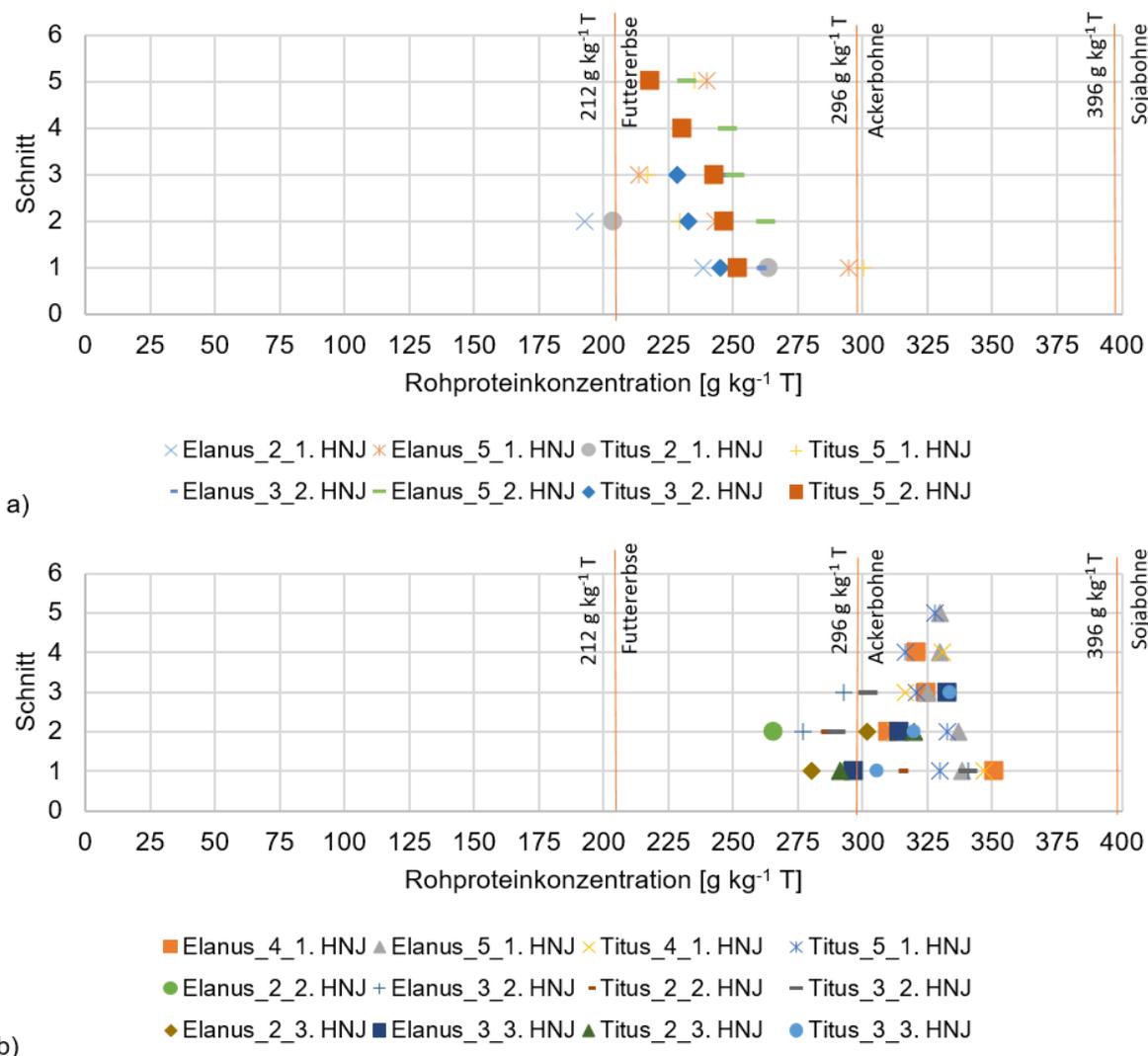


Abbildung 3.1.5-14: Rohproteinkonzentration in Rotkleeblättern der Sorten Elanus und Titus an den Standorten a) Freising und b) Trenthorst abhängig von der Schnittfrequenz und dem Hauptnutzungsjahr (HNJ) (Sorte_Schnittanzahl_Hauptnutzungsjahr) im Vergleich zu gängigen Eiweißfuttermitteln (MW der Wiederholungen)

In Freising war die Rohproteinkonzentration in frühen Schnitten höher als in späteren Schnitten. In Trenthorst war sie in den ersten beiden HNJ im 1. Schnitt am höchsten und danach variabel. Im 3. HNJ war die Rohproteinkonzentration im 1. Schnitt geringer als in den Folgeschnitten.

In Trenthorst wurden die Stängel beider Rotkleearten auf die Rohproteinkonzentration untersucht (Tabelle 3.1.5-23). Die Rohproteinkonzentration der Stängel war in der Schnittnutzung mit erhöhter Frequenz bei beiden Sorten in beiden Jahren in jedem Schnitt bis auf den 4. Schnitt 2017 von Titus erhöht. Im Jahr 2017 war die Rohproteinkonzentration im 1. Schnitt im Vergleich zu den Folgeschnitten gering. Im Jahr 2018, in dem nur zwei bzw. drei Schnitte

durchgeführt wurden, enthielten die Stängel der Sorte Elanus weniger Rohprotein als die Stängel der Sorte Titus, wobei die höchsten Konzentrationen im 1. Schnitt gemessen wurden. In einzelnen Stängelproben der Sorte Elanus aus Freising im Jahr 2019 wurde die Rohproteinkonzentration bestimmt. Die Stängel im 3. und 5. Schnitt enthielten mehr Rohprotein als in den anderen Schnitten. Das ist gegenläufig zu der Rohproteinkonzentration in den Blättern. Der Blattanteil stieg mit jedem Schnitt und war im 5. Schnitt bei ca. 79 %. Das BBCH Stadium war im 3. und im 5. Schnitt gering (52 und 43). Die sehr jungen Pflanzen enthielten auch in den Stängeln große Mengen an Rohprotein.

Tabelle 3.1.5-23: Rohproteinkonzentration [g kg⁻¹ T] in Stängeln der Rotkleesorten Elanus und Titus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- und 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	Trenthorst				Freising	
		1. HNJ		2. HNJ		2. HNJ	
		4	5	4	5	4	5
Elanus	1	130,1 ± 049	136,0 ± 02,3	100,0 ± 16,7	149,5 ± 06,3	123,7	110,5
	2	130,3 ± 015	140,1 ± 04,1	112,2 ± 01,3	130,3 ± 06,2	112,3	115,3
	3	135,1 ± 057	141,1 ± 04,6		136,1 ± 03,9	130,9	138,7
	4	145,7 ± 028	157,0 ± 04,4				112,9
	5		151,6 ± 09,5				175,3
Titus	1	129,7 ± 07,4	140,2 ± 03,2	147,9 ± 04,0	183,2 ± 04,9		
	2	144,5 ± 04,9	149,9 ± 07,4	140,9 ± 05,2	141,1 ± 03,4		
	3	135,3 ± 06,1	144,6 ± 02,9		156,6 ± 07,3		
	4	150,7 ± 00,8	146,5 ± 11,2				
	5		169,3 ± 09,6				

3.1.5.2.2.2 Aminosäurenkonzentration

In Freising war die absolute Lysinkonzentration in den Blättern des Rotklees geringer als in Trenthorst, der Lysinanteil am Rohprotein war jedoch ähnlich (Tabelle 3.1.5-24). Zudem war die Lysinkonzentration in den Rotkleeblättern der 4-Schnittnutzung meist geringer als in der 5-Schnittnutzung. Es gab jedoch keine gerichtete Tendenz bezüglich des Lysinanteils am Rohprotein in den beiden Schnittregimen.

Auch die Methioninkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus war in der 5-Schnittnutzung im Vergleich zur 4-Schnittnutzung meist erhöht, wobei dies nicht für den Anteil im Rohprotein zutraf (Tabelle 3.1.5-25).

Tabelle 3.1.5-24: Lysinkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	1. HNJ		2. HNJ		3. HNJ		
		4	5	4	5	4	5	
Freising	[g kg ⁻¹ T]	1	13,0 ± 1,45	16,0 ± 0,80	13,9 ± 0,98	13,5 ± 1,65		
		2	10,2 ± 1,15	12,7 ± 0,75	14,1 ± 0,60	14,5 ± 0,36		
		3		11,2 ± 0,43	11,6 ± 0,86	14,1 ± 0,36		
		4		k.M.		9,0 ± 1,14		
		5		13,2 ± 0,31		13,3 ± 0,31		
	[g 16g ⁻¹ N]	1	5,5 ± 0,07	5,5 ± 0,05	5,4 ± 0,21	5,5 ± 0,08		
		2	5,3 ± 0,19	5,2 ± 0,12	5,7 ± 0,04	5,5 ± 0,11		
		3		5,2 ± 0,10	4,7 ± 0,26	5,6 ± 0,05		
		4		k.M.		3,7 ± 0,43		
		5		5,5 ± 0,18		5,7 ± 0,07		
Trenthorst	[g kg ⁻¹ T]	1	18,3 ± 0,22	19,6 ± 0,30	16,1 ± 1,58	18,7 ± 0,26	15,5 ± 0,42	15,4 ± 0,56
		2	16,5 ± 0,57	15,7 ± 1,04	15,6 ± 0,16	16,4 ± 0,83	15,6 ± 0,45	16,8 ± 0,46
		3	17,5 ± 0,54	18,1 ± 0,38		17,3 ± 0,42		15,2 ± 0,45
		4	16,8 ± 0,65	18,0 ± 0,28				
		5		17,0 ± 0,20				
	[g 16g ⁻¹ N]	1	5,2 ± 0,07	5,8 ± 0,10	5,5 ± 0,40	5,5 ± 0,07	5,5 ± 0,13	5,2 ± 0,19
		2	5,3 ± 0,16	4,7 ± 0,29	5,9 ± 0,04	5,9 ± 0,20	5,2 ± 0,09	5,4 ± 0,10
		3	5,4 ± 0,13	5,6 ± 0,07		5,9 ± 0,19		4,6 ± 0,11
		4	5,2 ± 0,24	5,5 ± 0,20				
		5		5,2 ± 0,10				

k.M. = kein Material

Tabelle 3.1.5-25: Methioninkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	1. HNJ		2. HNJ		3. HNJ		
		4	5	4	5	4	5	
Freising	[g kg ⁻¹ T]	1	3,6 ± 0,43	4,3 ± 0,27	3,8 ± 0,32	3,5 ± 0,46		
		2	2,7 ± 0,30	3,3 ± 0,05	3,6 ± 0,23	3,6 ± 0,32		
		3		2,8 ± 0,08	2,9 ± 0,19	3,6 ± 0,14		
		4		k.M.		2,4 ± 0,14		
		5		3,3 ± 0,04		3,1 ± 0,05		
	[g 16g ⁻¹ N]	1	1,5 ± 0,06	1,5 ± 0,03	1,5 ± 0,05	1,4 ± 0,02		
		2	1,4 ± 0,04	1,4 ± 0,06	1,5 ± 0,04	1,4 ± 0,08		
		3		1,3 ± 0,01	1,2 ± 0,06	1,4 ± 0,07		
		4		k.M.		1,0 ± 0,05		
		5		1,4 ± 0,04		1,3 ± 0,03		
Trenthorst	[g kg ⁻¹ T]	1	4,8 ± 0,17	5,1 ± 0,03	4,2 ± 0,30	4,7 ± 0,07	4,1 ± 0,11	4,2 ± 0,08
		2	4,2 ± 0,18	4,8 ± 0,16	4,2 ± 0,07	4,3 ± 0,16	4,1 ± 0,16	4,5 ± 0,14
		3	4,5 ± 0,16	4,9 ± 0,11		4,6 ± 0,09		4,1 ± 0,15
		4	4,1 ± 0,09	4,8 ± 0,07				
		5		4,3 ± 0,13				
	[g 16g ⁻¹ N]	1	1,4 ± 0,04	1,5 ± 0,04	1,4 ± 0,06	1,4 ± 0,02	1,5 ± 0,03	1,4 ± 0,03
		2	1,4 ± 0,05	1,4 ± 0,04	1,6 ± 0,02	1,6 ± 0,03	1,3 ± 0,04	1,4 ± 0,02
		3	1,4 ± 0,06	1,5 ± 0,03		1,6 ± 0,01		1,2 ± 0,03
		4	1,3 ± 0,04	1,5 ± 0,04				
		5		1,3 ± 0,04				

k.M. = kein Material

In Freising war die Cysteinkonzentration der Rotkleeblätter der Sorte Elanus in der 5-Schnittnutzung im 1. HNJ höher und im 2. HNJ vergleichbar mit der 4-Schnittnutzung. Der Anteil am Rohprotein war vergleichbar oder geringer in der 5-Schnittnutzung. In Trenthorst war die Konzentration meist etwas höher, der Anteil aber vergleichbar (Tabelle 3.1.5-26).

Tabelle 3.1.5-26: Cysteinkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

		1. HNJ			2. HNJ		3. HNJ	
		S	4	5	4	5	4	5
Freising	[g kg ⁻¹ T]	1	2,2 ± 0,30	2,7 ± 0,22	2,5 ± 0,18	2,2 ± 0,27		
		2	1,8 ± 0,16	2,1 ± 0,04	2,3 ± 0,15	2,3 ± 0,17		
		3		1,9 ± 0,09	2,1 ± 0,14	2,2 ± 0,08		
		4		k.M.		1,8 ± 0,02		
		5		2,2 ± 0,07		2,1 ± 0,08		
	[g 16g ⁻¹ N]	1	0,9 ± 0,05	0,9 ± 0,03	1,0 ± 0,04	0,9 ± 0,01		
		2	0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,03	0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,04		
		3		0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,03	0,9 ± 0,03		
		4		k.M.		0,7 ± 0,01		
		5		0,9 ± 0,02		0,9 ± 0,01		
Trenthorst	[g kg ⁻¹ T]	1	3,2 ± 0,09	3,3 ± 0,05	2,8 ± 0,12	3,0 ± 0,02	2,6 ± 0,06	2,6 ± 0,04
		2	2,9 ± 0,09	2,7 ± 0,07	2,7 ± 0,05	2,8 ± 0,07	2,7 ± 0,07	3,0 ± 0,07
		3	3,0 ± 0,06	3,0 ± 0,04		3,0 ± 0,04		2,9 ± 0,10
		4	2,8 ± 0,04	3,1 ± 0,03				
		5		2,9 ± 0,07				
	[g 16g ⁻¹ N]	1	0,9 ± 0,02	1,0 ± 0,03	0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,01	0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,01
		2	0,9 ± 0,02	0,8 ± 0,02	1,0 ± 0,01	1,0 ± 0,01	0,9 ± 0,01	0,9 ± 0,02
		3	0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,01		1,0 ± 0,01		0,9 ± 0,01
		4	0,9 ± 0,01	0,9 ± 0,03				
		5		0,9 ± 0,02				

k.M. = kein Material

Die Threoninkonzentration war in der 5-Schnittnutzung im Vergleich zur 4-Schnittnutzung erhöht, der Anteil am Rohprotein war jedoch im 1. HNJ in Freising und auch an einigen weiteren Schnittterminen verringert (Tabelle 3.1.5-27).

Obwohl die Argininkonzentration in den Rotkleeblättern in der 5-Schnittnutzung meist erhöht war, spiegelte sich dies nicht im Argininanteil am Rohprotein wider (Tabelle 3.1.5-28).

Tabelle 3.1.5-27: Threoninkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	1. HNJ		2. HNJ		3. HNJ		
		4	5	4	5	4	5	
Freising	[g kg ⁻¹ T]	1	11,2 ± 1,30	13,4 ± 0,80	11,4 ± 0,82	11,4 ± 1,09		
		2	8,4 ± 0,77	10,8 ± 0,61	11,2 ± 0,53	11,7 ± 0,45		
		3		9,0 ± 0,43	10,2 ± 0,60	11,5 ± 0,25		
		4		k.M.		8,6 ± 0,56		
		5		10,3 ± 0,29		10,2 ± 0,41		
	[g 16g ⁻¹ N]	1	4,7 ± 0,11	4,6 ± 0,02	4,4 ± 0,19	4,6 ± 0,15		
		2	4,4 ± 0,11	4,4 ± 0,08	4,6 ± 0,05	4,4 ± 0,10		
		3		4,2 ± 0,08	4,2 ± 0,12	4,6 ± 0,02		
		4		k.M.		3,5 ± 0,20		
		5		4,3 ± 0,06		4,4 ± 0,05		
Trenthorst	[g kg ⁻¹ T]	1	14,6 ± 0,28	15,5 ± 0,20	13,1 ± 0,73	15,2 ± 0,17	12,6 ± 0,19	12,7 ± 0,32
		2	13,6 ± 0,25	15,0 ± 0,60	12,6 ± 0,14	13,0 ± 0,35	13,3 ± 0,27	14,1 ± 0,34
		3	14,0 ± 0,37	14,4 ± 0,23		13,9 ± 0,24		13,3 ± 0,36
		4	13,4 ± 0,15	14,7 ± 0,30				
		5		13,6 ± 0,34				
	[g 16g ⁻¹ N]	1	4,2 ± 0,03	4,6 ± 0,06	4,45 ± 0,13	4,5 ± 0,03	4,5 ± 0,04	4,3 ± 0,11
		2	4,4 ± 0,06	4,5 ± 0,18	4,73 ± 0,03	4,7 ± 0,06	4,4 ± 0,04	4,5 ± 0,06
		3	4,3 ± 0,09	4,4 ± 0,04		4,7 ± 0,03		4,0 ± 0,10
		4	4,2 ± 0,12	4,5 ± 0,19				
		5		4,1 ± 0,07				

k.M. = kein Material

Tabelle 3.1.5-28: Argininkonzentration der Blätter der Rotkleesorte Elanus an den Standorten Freising und Trenthorst für die jeweiligen Schnitte (S) abhängig vom Hauptnutzungsjahr (HNJ) und der 4- bzw. 5-Schnittnutzung (4, 5) (MW und SD der Wiederholungen)

	S	1. HNJ		2. HNJ		3. HNJ		
		4	5	4	5	4	5	
Freising	[g kg ⁻¹ T]	1	11,7 ± 1,16	14,8 ± 0,86	12,1 ± 0,93	12,0 ± 1,11		
		2	8,8 ± 0,88	11,5 ± 0,72	12,4 ± 0,58	12,7 ± 0,39		
		3		9,8 ± 0,37	10,3 ± 0,64	12,6 ± 0,30		
		4		k.M.		9,4 ± 0,61		
		5		10,9 ± 0,24		10,8 ± 0,40		
	[g 16g ⁻¹ N]	1	4,9 ± 0,12	5,0 ± 0,06	4,7 ± 0,21	4,9 ± 0,18		
		2	4,6 ± 0,10	4,7 ± 0,13	5,0 ± 0,05	4,8 ± 0,13		
		3		4,6 ± 0,05	4,2 ± 0,14	5,0 ± 0,01		
		4		k.M.		3,8 ± 0,24		
		5		4,5 ± 0,04		4,7 ± 0,06		
Trenthorst	[g kg ⁻¹ T]	1	15,8 ± 0,41	17,3 ± 0,24	13,7 ± 0,84	15,9 ± 0,29	13,4 ± 0,23	13,8 ± 0,58
		2	14,4 ± 0,48	17,2 ± 0,58	13,4 ± 0,17	13,9 ± 0,52	13,6 ± 0,44	14,7 ± 0,47
		3	14,9 ± 0,47	15,5 ± 0,38		14,9 ± 0,32		14,0 ± 0,44
		4	13,8 ± 0,33	16,2 ± 0,27				
		5		14,5 ± 0,43				
	[g 16g ⁻¹ N]	1	4,5 ± 0,06	5,1 ± 0,11	4,7 ± 0,16	4,7 ± 0,08	4,8 ± 0,08	4,7 ± 0,20
		2	4,7 ± 0,13	5,1 ± 0,17	5,1 ± 0,02	5,0 ± 0,11	4,5 ± 0,09	4,7 ± 0,10
		3	4,6 ± 0,10	4,8 ± 0,08		5,1 ± 0,07		4,2 ± 0,11
		4	4,3 ± 0,15	4,9 ± 0,19				
		5		4,4 ± 0,08				

k.M. = kein Material

Im 1. HNJ (2018) in Freising enthielten die Blätter der Sorte Titus im 1. Schnitt der 4-Schnittnutzung, die auch geringere Rohproteinkonzentrationen aufwiesen, weniger Lysin und mehr Methionin und Cystein sowie Threonin als im 1. Schnitt der 5-Schnittnutzung (Tabelle 3.1.5-29). Im 2. HNJ (2019) unterschieden sich die ersten Schnitte der beiden Nutzungen nicht maßgeblich hinsichtlich ihrer Rohprotein- (Abbildung 3.1.5-14) und Aminosäurenkonzentration. In Trenthorst war in beiden betrachteten HNJ (2017 und 2018) die absolute Rohproteinkonzentration im 1. Schnitt der 5-Schnittnutzung im Vergleich zur 4-Schnittnutzung erhöht. Betrachtet man die Aminosäurezusammensetzung im Rohprotein, fällt auf, dass im 1. HNJ die ausgewählten Aminosäuren im 1. Schnitt der 5-Schnittnutzung vermehrt, im 2. HNJ jedoch verringert vorhanden waren.

Tabelle 3.1.5-29: Aminosäurenkonzentration in ausgewählten Blattproben der Rotklee-sorte Titus aus dem 1. Schnitt der 4- und 5-Schnittnutzung in zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) (Einzelproben)

	Freising				Trenthorst			
	1.HNJ		2.HNJ		1.HNJ		2.HNJ	
	4	5	4	5	4	5	4	5
[g kg ⁻¹ T]								
Lysin	15,0	18,1	14,3	14,2	18,5	19,4	17,3	18,3
Methionin	4,5	4,2	3,5	3,6	4,7	5,2	4,4	4,7
Cystein	2,7	2,6	2,2	2,3	3,3	3,2	3,0	3,0
Threonin	13,1	14,2	11,8	11,8	15,1	15,2	14,1	15,1
Arginin	13,9	15,7	12,3	12,8	16,5	17,3	14,6	15,6
[g 16g ⁻¹ N]								
Lysin	5,6	5,9	5,7	5,5	5,2	5,9	5,5	5,5
Methionin	1,7	1,4	1,4	1,4	1,3	1,6	1,4	1,4
Cystein	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9
Threonin	4,9	4,7	4,7	4,6	4,2	4,6	4,5	4,6
Arginin	5,2	5,2	4,9	4,9	4,6	5,2	4,7	4,6

3.1.5.2.2.3 Ertrag, Blattertrag, Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertrag

In Trenthorst war der Gesamt-Trockenmasseertrag im 1. und 2. HNJ bei der 5-Schnittnutzung geringer als bei der 4-Schnittnutzung, aber im 3. HNJ höher. Dennoch wurden mit Ausnahme der Sorte Elanus im 1. HNJ in allen Jahren bei beiden Sorten höhere Blatterträge und Blatt-Rohproteinerträge in der Nutzung mit mehr Schnitten geerntet (Abbildung 3.1.5-15).

In der Regel war der Blatt-Rohproteinertrag im 1. Schnitt am höchsten (Abbildung 3.1.5-16).

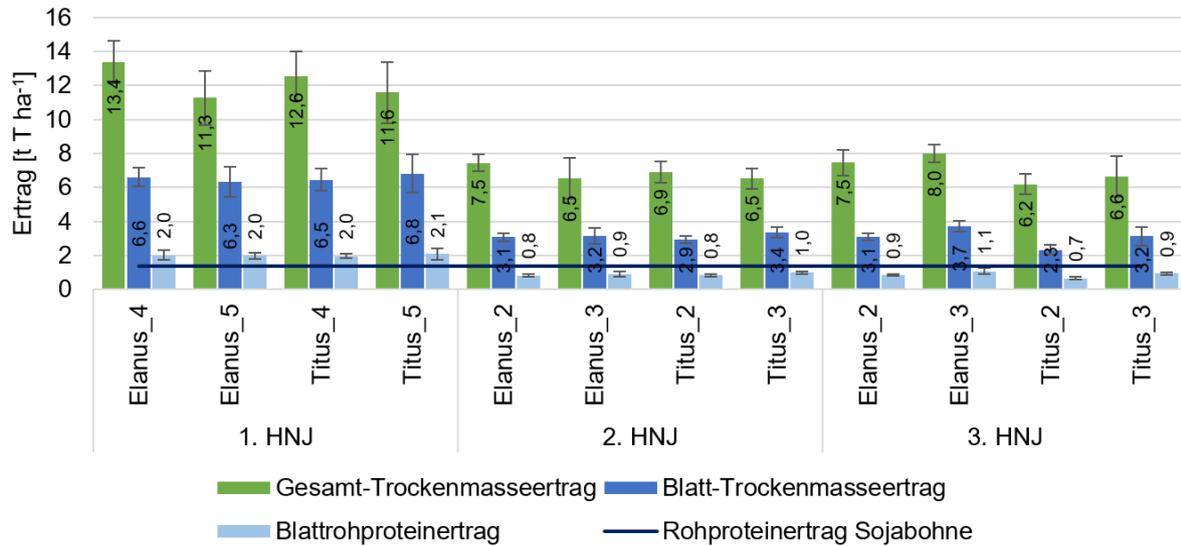


Abbildung 3.1.5-15: Gesamt-Trockenmasse (T)-, -Blatt-T- und -Blatt-Rohproteinерtrag über alle Schnitte in den Rotkleesorten Elanus und Titus bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) in Trenthorst im Vergleich zum Rohproteinерtrag in der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein; MW und SD der Wiederholungen)

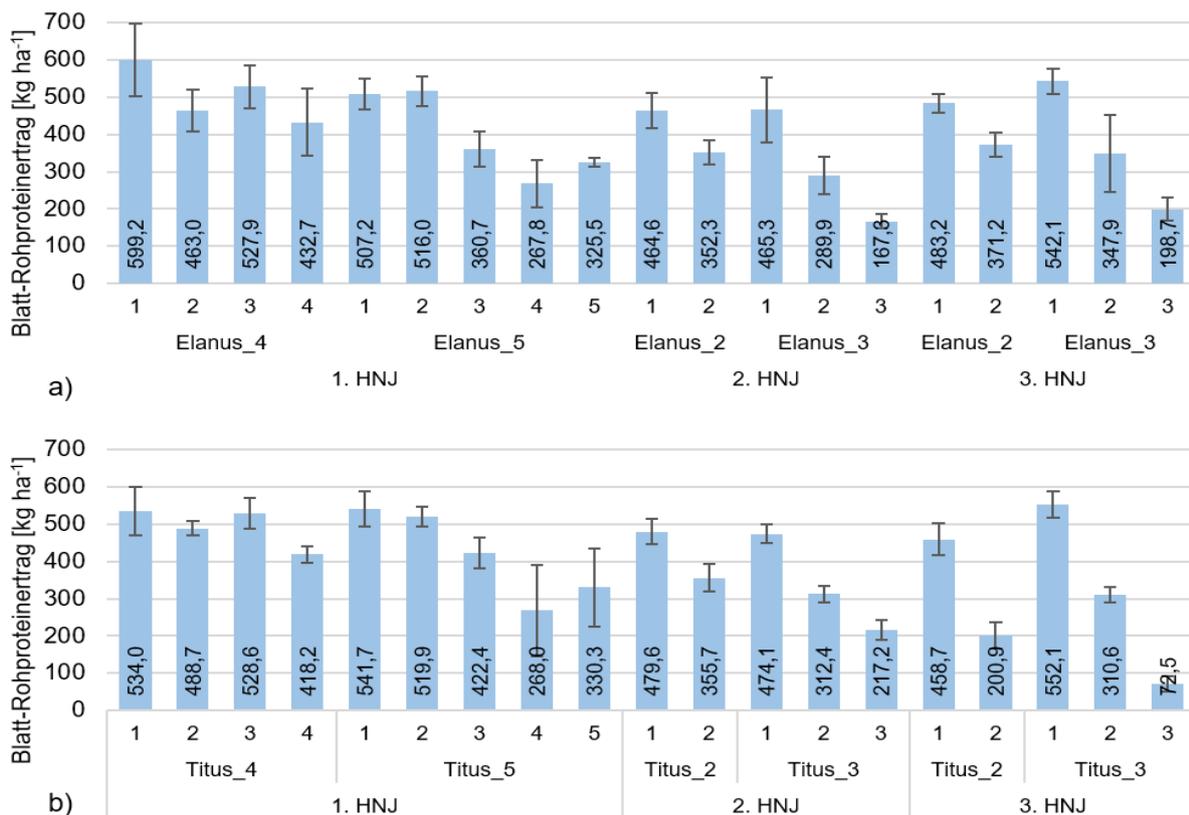


Abbildung 3.1.5-16: Blatt-Rohproteinерtrag der Rotkleesorten a) Elanus und b) Titus bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) in Trenthorst abhängig vom Schnitt (MW und SD der Wiederholungen)

In Freising ist ein direkter Vergleich schwierig. Aber auch hier waren der Blatt-Trockenmasseertrag und der Blatt-Rohproteinерtrag in der 5-Schnittnutzung im Vergleich zur 4-Schnittnutzung erhöht (Tabelle 3.1.5-30). Im 1. HNJ war der Gesamt-Trockenmasseertrag beider Sorten in der 4-Schnittnutzung höher. Insgesamt waren die Erträge aber auf einem geringen Niveau im Vergleich zu Trenthorst.

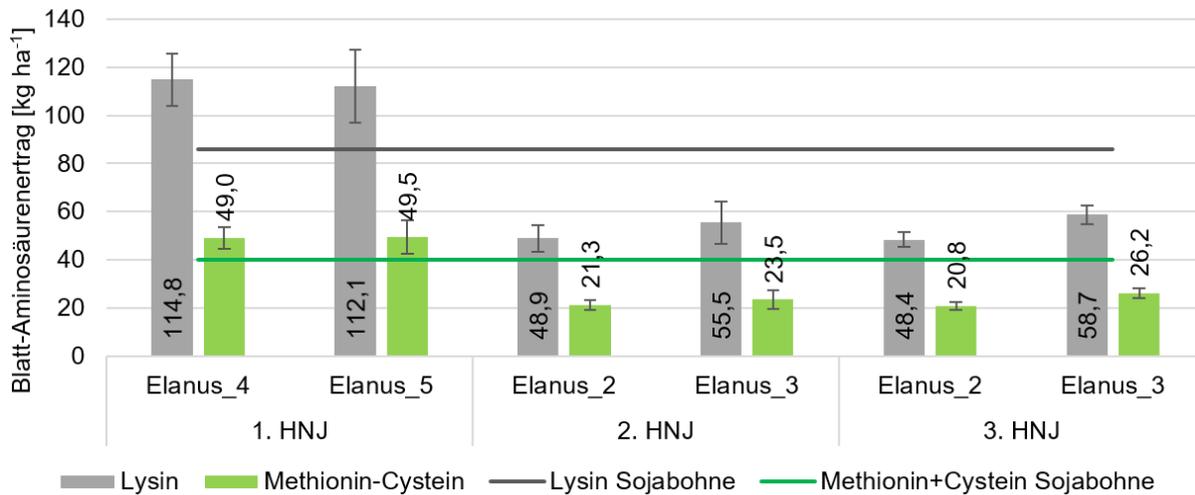
Tabelle 3.1.5-30: Ertrag, Blattertrag und Blatt-Rohproteinерtrag [t T ha⁻¹] der Rotklee-sorten Elanus und Titus in zwei Schnittnutzungsregimen (4, 5) und zwei Hauptnutzungs-jahren (HNJ) am Standort Freising abhängig vom Schnitt (s) (MW und SD der Wiederholungen)

s	Elanus				Titus				
	1. HNJ		2. HNJ		1. HNJ		2. HNJ		
	4	5	4	5	4	5	4	5	
Ertrag	1	4,3 ± 0,73	3,0 ± 0,68	2,38 ± 0,31	2,7 ± 0,71	4,9 ± 1,50	2,5 ± 0,57	2,8 ± 0,54	2,8 ± 0,52
	2	2,0 ± 0,38	2,4 ± 0,34	2,03 ± 0,16	2,3 ± 0,52	1,4 ± 0,39	2,6 ± 0,76	1,5 ± 0,09	1,4 ± 0,23
	3		1,8 ± 0,13	0,91 ± 0,13	0,8 ± 0,04		1,1 ± 0,21	0,8 ± 0,10	0,8 ± 0,13
	4		k.M.		0,9 ± 0,08		k.M.		0,5 ± 0,11
	5		0,7 ± 0,13		0,3 ± 0,03		0,3 ± 0,06		0,1 ± 0,05
Blattertrag	1	1,1 ± 0,15	1,4 ± 0,28	1,3 ± 0,15	1,6 ± 0,42	2,4 ± 0,81	1,6 ± 0,37	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,33
	2	0,8 ± 0,08	1,2 ± 0,11	1,1 ± 0,07	1,2 ± 0,23	0,8 ± 0,22	1,3 ± 0,32	0,9 ± 0,08	1,0 ± 0,17
	3		0,9 ± 0,08	0,5 ± 0,07	0,6 ± 0,00		0,7 ± 0,06	0,4 ± 0,04	0,6 ± 0,06
	4		k.M.		0,6 ± 0,11		k.M.		0,3 ± 0,05
	5		0,5 ± 0,10		0,3 ± 0,02		0,3 ± 0,05		0,1 ± 0,04
Rohprotein- ertrag	1	0,3 ± 0,10	0,4 ± 0,10	0,3 ± 0,01	0,4 ± 0,07	0,6 ± 0,02	0,4 ± 0,10	0,3 ± 0,02	0,3 ± 0,08
	2	0,1 ± 0,11	0,3 ± 0,04	0,3 ± 0,01	0,3 ± 0,07	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,04	0,2 ± 0,05	0,2 ± 0,04
	3		0,2 ± 0,02	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,01
	4		k.M.		0,2 ± 0,03		k.M.		0,1 ± 0,01
	5		0,1 ± 0,02		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,02 ± 0,01

k.M. = kein Material

Auch der Ertrag von Lysin und von Methionin und Cystein aus dem Rotkleeblatt war in der Variante mit der gesteigerten Schnittfrequenz erhöht (Abbildung 3.1.5-17).

Dabei hatten die ersten Schnitte der beiden Nutzungsregime zumeist ähnliche Blatt-Rohproteinерträge. Die größere Menge kam durch den zusätzlichen Schnitt zustande (Abbildung 3.1.5-18).



**Abbildung 3.1.5-17: Blatt-Lysin- sowie Blatt-Methionin+Cysteinernertrag in der Rotklee-
sorte Elanus über alle Schnitte bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) in Trenthorst im Vergleich zum Aminosäurenertrag in der Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 24,5 % Lysin bzw. 11,48 % Methionin+Cystein; MW und SD der Wiederholungen)**

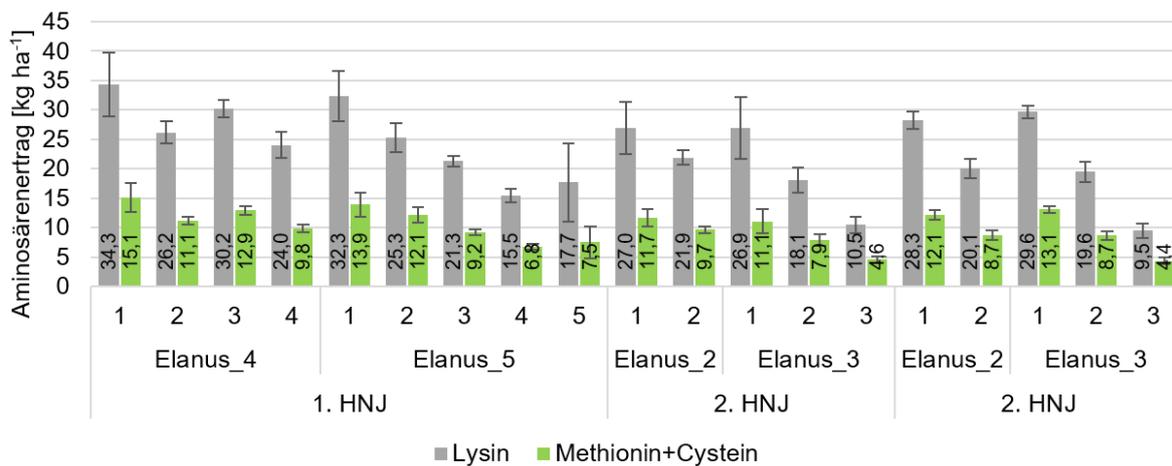


Abbildung 3.1.5-18: Blatt-Aminosäurenertrag der Rotkleeorte Elanus bei verschiedenen Schnittregimen (Sorte_Schnittanzahl) in drei Hauptnutzungsjahren (HNJ) am Standort Trenthorst (MW und SD der Wiederholungen)

3.1.5.3 Düngungsversuch (K. BECKER, Y. SALOMON, S. WITTEN, H. BÖHM, K. AULRICH)**3.1.5.3.1 Luzerne**

I.1.1.1.1.1 Rohproteinkonzentration

Für den Düngungsversuch mit der ungedüngten Kontrolle und den 5 Düngungsregime bei Luzerne (Sorte Plato) standen für die Jahre 2019 und 2020 jeweils 4 Schnitte für die Auswertung zur Verfügung. Tabelle 3.1.5-31 zeigt die Rohproteinkonzentration bei den unterschiedlichen Behandlungen im Blatt.

Tabelle 3.1.5-31: Rohproteinkonzentration [g kg⁻¹ T] im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

Jahr	Variante	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2019	K	301,5 ± 7,23	297,9 ± 8,21	303,9 ± 8,34	283,0 ± 2,78
	P	312,7 ± 4,50	291,5 ± 10,3	302,4 ± 6,94	286,0 ± 4,37
	Ca	314,1 ± 8,62	289,5 ± 5,07	302,7 ± 9,62	287,9 ± 3,24
	S	305,9 ± 11,0	291,5 ± 7,39	312,4 ± 4,34	290,4 ± 3,12
	B	307,9 ± 9,22	299,8 ± 5,09	316,8 ± 4,88	288,1 ± 6,22
	Mo	308,2 ± 12,6	294,5 ± 9,55	314,9 ± 14,6	292,8 ± 2,01
2020	K	238,7 ± 10,3	267,4 ± 15,4	233,2 ± 25,1	328,0 ± 8,53
	P	254,8 ± 16,9	279,4 ± 8,45	227,4 ± 18,8	335,2 ± 7,08
	Ca	260,1 ± 5,08	296,2 ± 4,97	240,5 ± 10,3	333,2 ± 3,20
	S	276,5 ± 6,22	326,8 ± 8,52	291,9 ± 5,97	376,3 ± 5,33
	B	278,6 ± 1,36	327,6 ± 6,66	291,4 ± 6,15	378,3 ± 6,06
	Mo	285,5 ± 5,28	333,6 ± 5,65	293,1 ± 3,52	384,8 ± 6,72

K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Die Rohproteinkonzentration in den Blättern schwankte im Jahr 2019 zwischen 283,0 g kg⁻¹ T (4. Schnitt, Kontrolle ungedüngt) und 316,8 g kg⁻¹ T (3. Schnitt, Düngung mit P, Ca, S, B). Dieses ist vergleichbar mit einer durchschnittlichen Rohproteinkonzentration im Korn von Ackerbohnen (vgl. Tabelle 3.1.5-1). Tendenziell zeigte sich, dass die Rohproteinkonzentration im Blatt von gedüngten Varianten in den meisten Fällen leicht über der Rohproteinkonzentration in der ungedüngten Variante lag. Maximal erhöhte sich zu einem Schnittzeitpunkt die Rohproteinkonzentration durch Düngungsmaßnahmen um ca. 1,5 %, Ausnahme war der zweite Schnitttermin. Die höchste Rohproteinkonzentration bei der ungedüngten Variante wurde im 3. Schnitt mit dem Wert von 303,9 g kg⁻¹ T erreicht.

Im Jahr 2020 schwankte die Rohproteinkonzentration in den Blättern zwischen 227,4 g kg⁻¹ T (3. Schnitt, Düngung mit P) und 384,8 g kg⁻¹ T (4. Schnitt, Düngung mit P, Ca, S, B, Mo).

Die Rohproteinkonzentrationen in den ungedüngten Varianten lagen, vermutlich aufgrund der Nährstoffabfuhr in diesen Parzellen im ersten Anbaujahr, deutlich niedriger als im Vorjahr, mit Ausnahme des 4. Schnittes, bei dem die Rohproteinkonzentration den Wert von 328 g kg⁻¹ T erreichte. Die Erhöhung der Rohproteinkonzentration durch die Düngungsmaßnahmen war auch dadurch im Vergleich zum Vorjahr deutlicher. So erhöhte sich die Rohproteinkonzentration im 2. Schnitt von 267,4 g kg⁻¹ T bei der ungedüngten Variante um 6,6 % auf 333,6 g kg⁻¹ T sowie im 4. Schnitt um 5,7 % auf 384,8 g kg⁻¹ T jeweils bei dem Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle.

Damit reichten die Rohproteinkonzentrationen im Luzerneblatt vom 4. Schnitt teilweise nahe an die durchschnittliche Rohproteinkonzentration von Sojabohnen (396 g kg⁻¹ T, vgl. Tabelle 3.1.5-1) heran.

3.1.5.3.1.1 Aminosäurenkonzentration

Die Konzentration von Lysin im Blatt der Luzerne (Sorte Plato) als auch der Anteil an Lysin im Rohprotein erhöhte sich tendenziell durch die Zugabe der verschiedenen Mineralien im Vergleich zur Kontrolle (Tabelle 3.1.5-32).

Tabelle 3.1.5-32: Lysinkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Lysin in T [g kg ⁻¹]				Lysin in XP [g 16g ⁻¹ N]				
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	
2019	K	15,0 ± 1,17	15,2 ± 0,40	15,9 ± 0,03	13,6 ± 0,05	4,5 ± 0,35	4,5 ± 0,12	4,8 ± 0,01	3,8 ± 0,01
	P	15,4 ± 0,77	13,4 ± 0,70	14,6 ± 0,45	14,2 ± 1,26	4,8 ± 0,24	3,9 ± 0,20	4,4 ± 0,14	4,1 ± 0,36
	Ca	15,8 ± 0,39	14,5 ± 0,04	15,8 ± 0,15	14,0 ± 0,82	5,0 ± 0,12	4,2 ± 0,01	4,8 ± 0,05	4,0 ± 0,24
	S	14,3 ± 1,62	14,3 ± 1,04	15,6 ± 1,77	15,2 ± 0,38	4,4 ± 0,50	4,2 ± 0,30	4,9 ± 0,55	4,4 ± 0,11
	B	15,4 ± 0,09	15,3 ± 1,27	16,0 ± 1,12	14,4 ± 0,22	4,7 ± 0,03	4,6 ± 0,38	5,1 ± 0,36	4,1 ± 0,06
	Mo	16,0 ± 0,78	13,8 ± 0,41	16,1 ± 0,39	14,5 ± 0,38	4,9 ± 0,24	4,1 ± 0,12	5,1 ± 0,12	4,2 ± 0,11
2020	K	12,0 ± 0,85	13,1 ± 0,71	10,2 ± 1,97	13,6 ± 0,63	2,9 ± 0,20	3,5 ± 0,19	2,4 ± 0,46	4,5 ± 0,21
	P	12,6 ± 1,67	14,5 ± 1,20	10,5 ± 0,13	13,8 ± 0,39	3,2 ± 0,43	4,1 ± 0,34	2,4 ± 0,03	4,6 ± 0,13
	Ca	13,0 ± 0,24	14,0 ± 0,02	10,5 ± 0,55	14,7 ± 0,52	3,4 ± 0,06	4,1 ± 0,01	2,5 ± 0,13	4,9 ± 0,17
	S	13,9 ± 1,09	16,1 ± 1,09	12,4 ± 0,02	17,5 ± 0,08	3,8 ± 0,30	5,3 ± 0,36	3,6 ± 0,01	6,6 ± 0,03
	B	15,0 ± 1,06	15,7 ± 0,49	13,4 ± 0,14	18,0 ± 1,72	4,2 ± 0,29	5,1 ± 0,16	3,9 ± 0,04	6,8 ± 0,65
	Mo	14,9 ± 0,85	17,1 ± 2,07	13,4 ± 1,21	15,7 ± 0,19	4,2 ± 0,24	5,7 ± 0,69	3,9 ± 0,35	6,1 ± 0,07

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Besonders deutlich war das im 2. HNJ zu beobachten, in dem die unbehandelten Kontrollvarianten niedrigere Lysinwerte als im 1. HNJ aufwiesen. Die niedrigste Lysinkonzentration lag bei 12,0 g kg⁻¹ T (2. HNJ, erster Schnitt, ohne Düngung), der höchste Wert wurde mit 18,0 g kg⁻¹ T im 2. HNJ, 4. Schnitt bei Düngung mit P, Ca, S und B gefunden, der Lysinanteil am Rohprotein lag hier bei 6,8 %. Diese Werte entsprechen ungefähr den Lysinwerten von Ackerbohnen.

Ein ähnliches Bild wie bei Lysin zeigte sich bei der Aminosäure Methionin (Tabelle 3.1.5-33). Besonders wieder im 2. HNJ konnte die Methioninkonzentration im Luzerneblatt durch die Mineraldüngergaben erhöht werden. Die niedrigste Konzentration wurde in der ungedüngten Kontrolle im 2. HNJ mit dem Wert 2,9 g kg⁻¹ T gemessen, die höchste Konzentration beim 4. Schnitt des 2. HNJ bei der Gabe von P, Ca, S und B mit 5,5 g kg⁻¹ T oder 2,1 % Anteil am Rohprotein. Diese Werte entsprechen Methioninkonzentrationen, die auch in Sojabohnen gefunden werden.

Tabelle 3.1.5-33: Methioninkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Methionin in T [g kg ⁻¹]				Methionin in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2019	K	4,3 ± 0,28	4,3 ± 0,14	4,4 ± 0,08	3,8 ± 0,01	1,3 ± 0,08	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,02	1,1 ± 0,00
	P	4,3 ± 0,28	4,0 ± 0,10	4,2 ± 0,12	3,8 ± 0,33	1,3 ± 0,09	1,2 ± 0,03	1,3 ± 0,04	1,1 ± 0,09
	Ca	4,4 ± 0,06	4,3 ± 0,04	4,5 ± 0,04	3,9 ± 0,25	1,4 ± 0,02	1,2 ± 0,01	1,3 ± 0,01	1,1 ± 0,07
	S	4,1 ± 0,43	4,3 ± 0,29	4,4 ± 0,31	4,1 ± 0,02	1,3 ± 0,13	1,2 ± 0,08	1,4 ± 0,10	1,2 ± 0,00
	B	4,3 ± 0,00	4,5 ± 0,36	4,5 ± 0,24	4,0 ± 0,00	1,3 ± 0,00	1,3 ± 0,11	1,4 ± 0,08	1,2 ± 0,00
	Mo	4,7 ± 0,11	4,2 ± 0,21	4,5 ± 0,14	4,1 ± 0,15	1,4 ± 0,03	1,2 ± 0,06	1,4 ± 0,04	1,2 ± 0,04
2020	K	3,4 ± 0,27	3,7 ± 0,32	2,9 ± 0,55	4,4 ± 0,41	0,8 ± 0,07	1,0 ± 0,08	0,7 ± 0,13	1,5 ± 0,13
	P	3,5 ± 0,42	4,2 ± 0,16	2,9 ± 0,04	4,1 ± 0,04	0,9 ± 0,11	1,2 ± 0,05	0,7 ± 0,01	1,4 ± 0,01
	Ca	3,8 ± 0,06	4,1 ± 0,20	2,9 ± 0,07	4,4 ± 0,11	1,0 ± 0,02	1,2 ± 0,06	0,7 ± 0,02	1,5 ± 0,04
	S	4,0 ± 0,18	4,7 ± 0,16	3,8 ± 0,15	5,5 ± 0,04	1,1 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,1 ± 0,04	2,1 ± 0,02
	B	4,4 ± 0,17	4,4 ± 0,31	4,1 ± 0,07	5,5 ± 0,41	1,2 ± 0,05	1,4 ± 0,10	1,2 ± 0,02	2,1 ± 0,15
	Mo	4,4 ± 0,28	4,5 ± 0,30	4,0 ± 0,39	4,8 ± 0,20	1,3 ± 0,08	1,5 ± 0,10	1,2 ± 0,11	1,8 ± 0,08

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Auch die Konzentration an Cystein (Tabelle 3.1.5-34) folgte demselben Muster wie die anderen Aminosäuren. Die Werte in den ungedüngten Kontrollvarianten gingen im 2. HNJ gegenüber dem Vorjahr zurück. Der niedrigste gemessene Wert lag im 2. HNJ bei der ungedüngten Variante erster Schnitt mit 2,4 g kg⁻¹ T, der höchste Wert mit 4,2 g kg⁻¹ T im 2. HNJ bei den beiden Varianten, die mit Schwefel gedüngt waren, ohne dass Molybdän dazugegeben wurde. Dieser Wert entspricht 1,6 % am Rohprotein. Durch die Düngungsmaßnahmen konnten die Cysteinkonzentrationen im Luzerneblatt über das durchschnittliche Niveau von Erbsen- und Ackerbohnenkorn angehoben werden.

Tabelle 3.1.5-34: Cysteinkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Cystein in T [g kg ⁻¹]				Cystein in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2019	K	3,6 ± 0,10	3,5 ± 0,09	3,7 ± 0,09	3,5 ± 0,06	1,1 ± 0,03	1,0 ± 0,03	1,1 ± 0,03	1,0 ± 0,02
	P	3,7 ± 0,05	3,5 ± 0,16	3,5 ± 0,18	3,5 ± 0,23	1,2 ± 0,02	1,0 ± 0,05	1,1 ± 0,06	1,0 ± 0,07
	Ca	3,8 ± 0,07	3,6 ± 0,05	3,8 ± 0,06	3,6 ± 0,18	1,2 ± 0,02	1,0 ± 0,01	1,1 ± 0,02	1,0 ± 0,05
	S	3,7 ± 0,33	3,7 ± 0,10	3,8 ± 0,15	4,0 ± 0,06	1,1 ± 0,10	1,1 ± 0,03	1,2 ± 0,05	1,1 ± 0,02
	B	3,9 ± 0,12	3,8 ± 0,10	3,9 ± 0,13	3,9 ± 0,00	1,2 ± 0,04	1,1 ± 0,03	1,2 ± 0,04	1,1 ± 0,00
	Mo	4,0 ± 0,21	3,7 ± 0,16	3,9 ± 0,11	4,0 ± 0,06	1,2 ± 0,06	1,1 ± 0,05	1,2 ± 0,04	1,2 ± 0,02
2020	K	2,4 ± 0,17	2,5 ± 0,31	2,3 ± 0,36	2,7 ± 0,09	0,6 ± 0,04	0,7 ± 0,08	0,5 ± 0,08	0,9 ± 0,03
	P	2,6 ± 0,22	2,9 ± 0,07	2,2 ± 0,08	3,0 ± 0,02	0,7 ± 0,06	0,8 ± 0,02	0,5 ± 0,02	1,0 ± 0,01
	Ca	3,0 ± 0,01	3,2 ± 0,14	2,3 ± 0,11	3,2 ± 0,05	0,8 ± 0,00	0,9 ± 0,04	0,5 ± 0,03	1,1 ± 0,02
	S	3,4 ± 0,03	3,7 ± 0,06	3,2 ± 0,17	4,2 ± 0,06	0,9 ± 0,01	1,2 ± 0,02	0,9 ± 0,05	1,6 ± 0,02
	B	3,7 ± 0,13	3,8 ± 0,14	3,3 ± 0,04	4,2 ± 0,33	1,0 ± 0,04	1,2 ± 0,04	1,0 ± 0,01	1,6 ± 0,12
	Mo	3,7 ± 0,08	3,9 ± 0,21	3,3 ± 0,27	3,7 ± 0,21	1,1 ± 0,02	1,3 ± 0,07	1,0 ± 0,08	1,4 ± 0,08

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Die niedrigste Konzentration an Threonin im Luzerneblatt war wiederum im zweiten Jahr ohne Düngung zu finden. Zum 3. Schnitt lag der Wert bei 8,4 g kg⁻¹ T, gegenüber dem höchsten Wert, wie vorher auch im 4. Schnitt bei Düngung von P, Ca, S und B ohne Mo bei 18,4 g kg⁻¹ T, was 7 % des Rohproteins ausmachte (Tabelle 3.1.5-35). In Bezug auf die Aminosäure Threonin wurden demnach mit Sojabohnen vergleichbare Werte im Luzerneblatt bei entsprechender Düngung erreicht.

Tabelle 3.1.5-35: Threoninkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Threonin in T [g kg ⁻¹]				Threonin in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2019	K	13,3 ± 0,66	13,3 ± 0,33	13,9 ± 0,12	12,3 ± 0,11	4,0 ± 0,20	4,0 ± 0,10	4,2 ± 0,04	3,5 ± 0,03
	P	13,5 ± 0,42	12,7 ± 0,40	13,4 ± 0,43	12,6 ± 0,49	4,2 ± 0,13	3,7 ± 0,12	4,1 ± 0,13	3,6 ± 0,14
	Ca	13,7 ± 0,09	13,0 ± 0,03	14,3 ± 0,17	12,6 ± 0,30	4,3 ± 0,03	3,8 ± 0,01	4,3 ± 0,05	3,6 ± 0,09
	S	12,8 ± 1,10	13,0 ± 0,25	14,2 ± 0,90	13,3 ± 0,09	3,9 ± 0,34	3,8 ± 0,07	4,4 ± 0,28	3,9 ± 0,03
	B	14,0 ± 0,28	13,3 ± 0,73	14,2 ± 0,38	13,2 ± 0,04	4,3 ± 0,09	4,0 ± 0,22	4,5 ± 0,12	3,8 ± 0,01
	Mo	14,0 ± 0,90	12,8 ± 0,27	14,1 ± 0,54	13,2 ± 0,05	4,3 ± 0,28	3,8 ± 0,08	4,4 ± 0,17	3,9 ± 0,01
2020	K	9,79 ± 0,63	10,7 ± 1,00	8,4 ± 1,68	12,5 ± 0,68	2,3 ± 0,15	2,9 ± 0,27	2,0 ± 0,39	4,1 ± 0,22
	P	10,5 ± 0,88	11,7 ± 0,59	8,7 ± 0,21	12,6 ± 0,18	2,7 ± 0,22	3,3 ± 0,17	2,0 ± 0,05	4,2 ± 0,06
	Ca	11,3 ± 0,33	12,1 ± 0,28	8,8 ± 0,59	13,5 ± 0,32	2,9 ± 0,09	3,6 ± 0,08	2,1 ± 0,14	4,5 ± 0,11
	S	12,2 ± 0,30	13,9 ± 0,32	10,9 ± 0,01	15,2 ± 0,25	3,4 ± 0,08	4,5 ± 0,10	3,2 ± 0,00	5,7 ± 0,09
	B	13,0 ± 0,47	13,5 ± 0,50	13,1 ± 0,18	18,4 ± 0,91	3,6 ± 0,13	4,4 ± 0,17	3,8 ± 0,05	7,0 ± 0,35
	Mo	12,8 ± 0,51	14,7 ± 2,01	13,1 ± 1,15	17,0 ± 0,12	3,7 ± 0,15	4,9 ± 0,67	3,8 ± 0,34	6,5 ± 0,05

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Auch bei der Aminosäure Arginin war zu beobachten, dass je mehr Nährstoffe durch die durchgeführten Schnitte in der ungedüngten Kontrolle abgefahren worden sind, die Düngewirkung deutlicher wurde. Lag der Wert erster Schnitt 1. HNJ noch bei 13,2 g kg⁻¹ T, so lag der Wert in derselben Variante beim 1. Schnitt im 2. HNJ nur noch bei 11 g kg⁻¹ T. Der höchste Wert wurde wieder in der Variante 5, 4. Schnitt 2. HNJ gemessen. Er lag bei 18,1 g kg⁻¹ T, was einen Anteil von 6,8 % am Rohprotein entsprach (Tabelle 3.1.5-36), und vergleichbar mit Futtererbsen ist.

Tabelle 3.1.5-36: Argininkonzentration im Luzerneblatt (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Arginin in T [g kg ⁻¹]				Arginin in XP [g 16 g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2019	K	13,2 ± 0,74	13,1 ± 0,42	13,6 ± 0,16	10,5 ± 0,20	4,0 ± 0,22	3,9 ± 0,13	4,1 ± 0,05	3,0 ± 0,06
	P	13,5 ± 0,39	11,9 ± 0,10	13,0 ± 0,21	11,2 ± 0,37	4,2 ± 0,12	3,5 ± 0,03	3,9 ± 0,06	3,2 ± 0,11
	Ca	13,6 ± 0,34	12,7 ± 0,19	13,9 ± 0,45	10,7 ± 0,59	4,3 ± 0,11	3,7 ± 0,05	4,2 ± 0,14	3,1 ± 0,17
	S	12,6 ± 1,14	12,5 ± 0,63	13,9 ± 1,17	11,9 ± 0,32	3,8 ± 0,35	3,7 ± 0,18	4,3 ± 0,37	3,5 ± 0,09
	B	13,0 ± 0,11	13,2 ± 1,08	14,0 ± 0,69	11,4 ± 0,08	4,0 ± 0,03	4,0 ± 0,32	4,4 ± 0,22	3,3 ± 0,02
	Mo	13,7 ± 0,45	12,5 ± 0,68	13,6 ± 0,82	11,5 ± 0,43	4,2 ± 0,14	3,7 ± 0,20	4,3 ± 0,26	3,4 ± 0,13
2020	K	11,0 ± 0,08	11,6 ± 0,33	9,15 ± 1,84	15,5 ± 0,17	2,6 ± 0,02	3,1 ± 0,09	2,1 ± 0,43	5,1 ± 0,05
	P	11,4 ± 1,28	12,4 ± 1,03	9,21 ± 0,03	15,9 ± 0,76	2,9 ± 0,33	3,5 ± 0,29	2,1 ± 0,01	5,3 ± 0,26
	Ca	11,5 ± 0,51	12,5 ± 0,04	9,42 ± 0,21	15,9 ± 1,09	3,0 ± 0,13	3,7 ± 0,01	2,3 ± 0,05	5,3 ± 0,36
	S	12,1 ± 0,49	14,3 ± 0,30	12,4 ± 0,03	17,8 ± 0,61	3,3 ± 0,14	4,7 ± 0,10	3,6 ± 0,01	6,7 ± 0,23
	B	13,1 ± 1,08	14,0 ± 0,94	12,9 ± 0,08	18,1 ± 1,02	3,7 ± 0,30	4,6 ± 0,31	3,8 ± 0,02	6,8 ± 0,39
	Mo	13,0 ± 0,98	15,6 ± 2,00	13,1 ± 0,50	17,2 ± 0,09	3,7 ± 0,28	5,2 ± 0,67	3,8 ± 0,15	6,6 ± 0,04

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

3.1.5.3.1.2 Ertrag und Blattertrag

Auf den Gesamtmasseertrag der Luzerne hatten die vorgenommenen Düngungsmaßnahmen erst im zweiten Nutzungsjahr 2020 einen deutlichen Einfluss (Tabelle 3.1.5-37). Dabei lagen die Ertragssteigerungen im Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo mehrheitlich bei rund 20%, beim 3. Schnitt konnten rund 50% Ertragssteigerung der Gesamtluzerne festgestellt werden. Der Blatt-Trockenmasseertrag erhöhte sich im zweiten Anbaujahr 2020 im 3. Schnitt bei voller Düngung um rund 40% gegenüber der ungedüngten Kontrolle, bei den anderen Schnitten lag die Blattertragssteigerung bei jeweils rund 15%.

Tabelle 3.1.5-37: Gesamt-Trockenmasse (T)- und Blatt-T-Ertrag [t ha⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Gesamtertrag in T [t ha ⁻¹]				Blattertrag in T [t ha ⁻¹]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2019	K	1,9 ± 0,43	2,1 ± 0,31	2,5 ± 0,28	1,5 ± 0,10	1,0 ± 0,19	1,1 ± 0,13	1,3 ± 0,07	1,5 ± 0,10
	P	1,8 ± 0,24	2,2 ± 0,28	2,5 ± 0,13	1,4 ± 0,27	0,9 ± 0,06	1,1 ± 0,16	1,3 ± 0,05	1,4 ± 0,27
	Ca	1,9 ± 0,14	1,9 ± 0,25	2,5 ± 0,18	1,5 ± 0,22	0,9 ± 0,08	1,0 ± 0,08	1,3 ± 0,12	1,5 ± 0,22
	S	1,9 ± 0,21	2,2 ± 0,39	2,6 ± 0,13	1,7 ± 0,58	0,9 ± 0,15	1,2 ± 0,16	1,3 ± 0,06	1,7 ± 0,58
	B	1,9 ± 0,25	2,1 ± 0,40	2,7 ± 0,29	1,7 ± 0,10	0,9 ± 0,09	1,1 ± 0,18	1,3 ± 0,11	1,7 ± 0,10
	Mo	1,9 ± 0,21	2,3 ± 0,32	2,7 ± 0,14	1,6 ± 0,31	0,9 ± 0,15	1,2 ± 0,15	1,4 ± 0,06	1,6 ± 0,31
2020	K	4,9 ± 0,88	2,9 ± 0,30	2,3 ± 0,35	1,2 ± 0,19	1,8 ± 0,27	1,2 ± 0,08	1,1 ± 0,05	0,5 ± 0,06
	P	5,5 ± 0,46	3,2 ± 0,37	2,5 ± 0,62	1,1 ± 0,18	2,0 ± 0,16	1,3 ± 0,12	1,3 ± 0,19	0,4 ± 0,06
	Ca	5,9 ± 0,45	3,4 ± 0,29	2,7 ± 0,29	1,2 ± 0,15	2,1 ± 0,14	1,2 ± 0,07	1,3 ± 0,19	0,4 ± 0,04
	S	5,6 ± 0,45	3,7 ± 0,25	3,3 ± 0,34	1,6 ± 0,03	2,0 ± 0,05	1,4 ± 0,08	1,6 ± 0,16	0,6 ± 0,03
	B	5,7 ± 0,39	3,5 ± 0,23	3,4 ± 0,18	1,5 ± 0,07	2,2 ± 0,15	1,3 ± 0,07	1,6 ± 0,25	0,6 ± 0,05
	Mo	6,0 ± 0,31	3,5 ± 0,26	3,4 ± 0,09	1,5 ± 0,07	2,1 ± 0,11	1,4 ± 0,09	1,6 ± 0,11	0,6 ± 0,03

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Abbildung 3.1.5-19 zeigt die Gesamtjahreserträge von Luzerne-Gesamtpflanze und Luzerne-Blatt aus allen vier Schnitten. Im Jahr 2019 wurden 0,4 t ha⁻¹ Gesamt-Trockenmasse beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo mehr gegenüber der ungedüngten Variante geerntet, im Jahr 2020 3,1 t ha⁻¹, was einem Mehrertrag gegenüber der ungedüngten Variante von 27 % entspricht. Der Blattmehrertrag betrug 2019 bei maximaler Düngung gegenüber der ungedüngten Variante 0,2 t ha⁻¹, 2020 0,9 t ha⁻¹. Das Verhältnis von Stängel zu Blatt hat sich dabei erweitert, es wurden anteilig mehr Stängel gebildet.

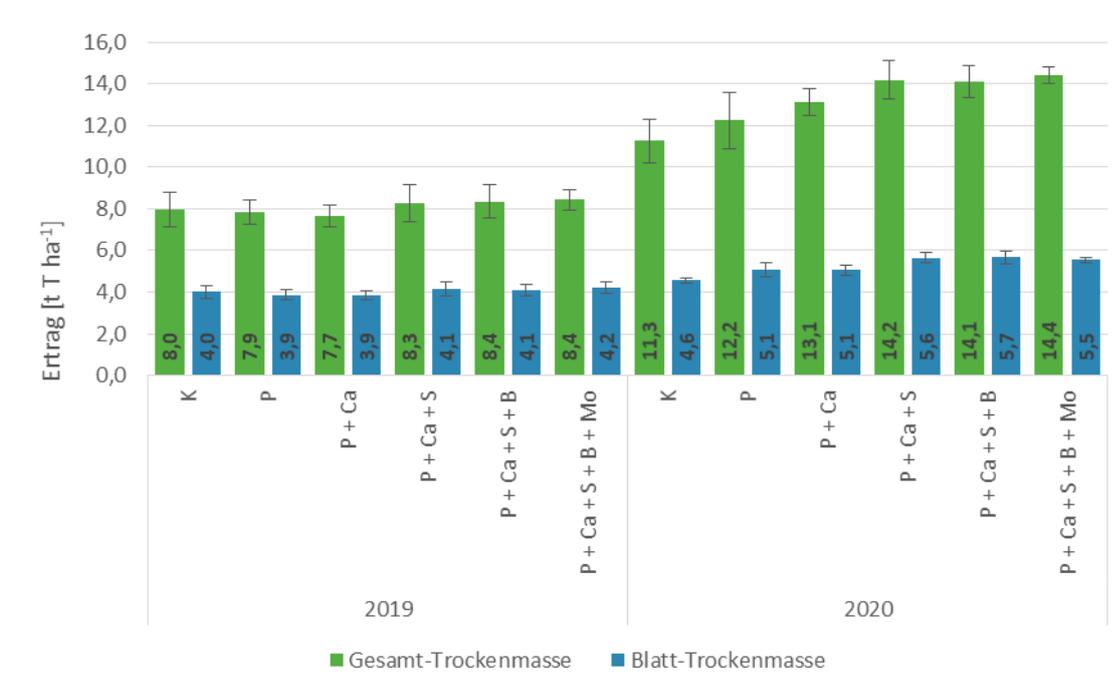


Abbildung 3.1.5-19: Gesamt-Trockenmasse (T) und Blatt-T von Luzerne (Σ 4 Schnitte) bei unterschiedlicher Düngung, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

3.1.5.3.1.3 Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertrag

Auch der in der Blattmasse der geernteten Luzerne enthaltene Rohprotein ertrag wurde im zweiten Anbaujahr durch die Düngungsmaßnahmen stärker positiv beeinflusst als im noch sehr trockenen ersten Anbaujahr 2019 (Tabelle 3.1.5-38). So wurden im zweiten Anbaujahr mit dem 1. Schnitt bei voller Düngung 170 kg Rohprotein mehr je ha geerntet, mit dem 2. Schnitt 130 kg Rohprotein je ha, mit dem 3. Schnitt 200 kg Rohprotein je ha und mit dem 4. Schnitt nochmals 60 kg Rohprotein je ha. In der Summe der vier Schnitte des zweiten Anbaujahres wurden also beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo 560 kg mehr Rohprotein geerntet als bei der ungedüngten Kontrollvariante.

Tabelle 3.1.5-38: Blatt-Rohprotein ertrag [t ha⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Rohprotein ertrag in T [t ha ⁻¹]							
	2019				2020			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	0,3 ± 0,06	0,3 ± 0,04	0,4 ± 0,02	0,2 ± 0,01	0,4 ± 0,07	0,3 ± 0,04	0,3 ± 0,03	0,2 ± 0,02
P	0,3 ± 0,02	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,01	0,2 ± 0,02	0,5 ± 0,03	0,4 ± 0,04	0,3 ± 0,06	0,2 ± 0,02
Ca	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,03	0,4 ± 0,03	0,2 ± 0,03	0,5 ± 0,03	0,4 ± 0,02	0,3 ± 0,03	0,2 ± 0,01
S	0,3 ± 0,05	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,02	0,2 ± 0,07	0,6 ± 0,03	0,5 ± 0,02	0,5 ± 0,05	0,2 ± 0,01
B	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,03	0,2 ± 0,01	0,6 ± 0,04	0,4 ± 0,03	0,5 ± 0,07	0,2 ± 0,02
Mo	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,05	0,4 ± 0,02	0,2 ± 0,04	0,6 ± 0,03	0,5 ± 0,03	0,5 ± 0,03	0,2 ± 0,02

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Abbildung 3.1.5-20 zeigt die Blatt-Rohproteinjahreserträge 2019 und 2020, jeweils als Summe von vier Schnitten. Im Jahr 2019 wurden beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo 0,1 t ha⁻¹ mehr, im Jahr 2020 0,5 t ha⁻¹ mehr gegenüber der ungedüngten Kontrollvariante erzeugt. Um diese Menge an Rohprotein mit Sojabohnen zu ernten, wäre bei einer Rohprotein-konzentration von 396 g kg⁻¹ T ein Soja-Kornertrag von 4,3 t ha⁻¹ T notwendig.

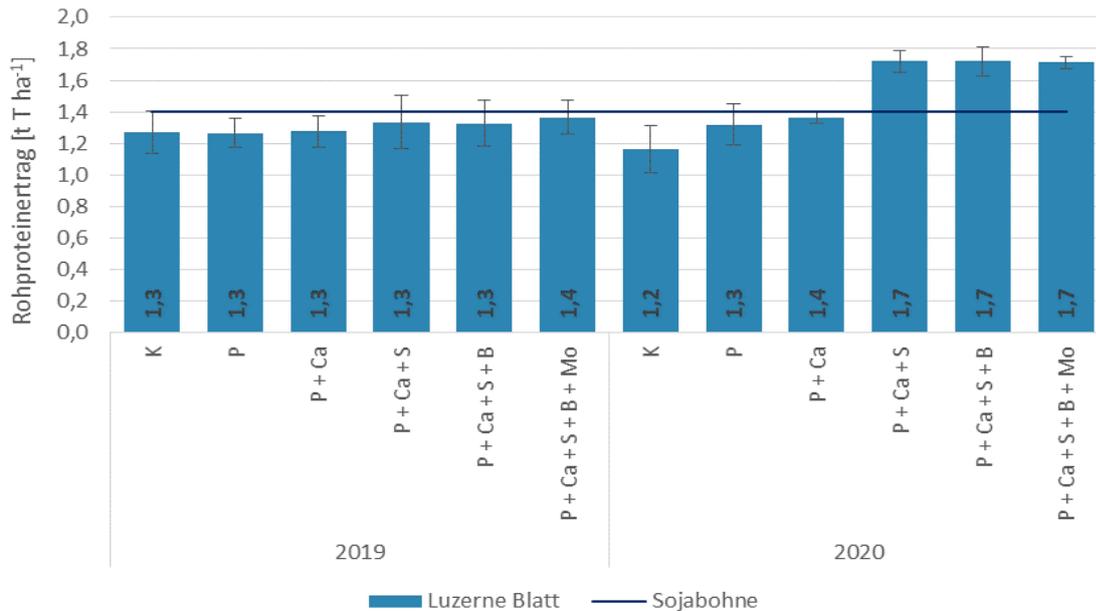


Abbildung 3.1.5-20: Blatt-Rohproteintrag von Luzerne (Σ 4 Schnitte), Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswert Sojabohne ($3,5 \text{ t ha}^{-1}$ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein).

Der Flächenertrag von Lysin, Methionin und Cystein, der aus der Ernte des Luzerneblattes resultiert, ist in den folgenden Tabellen dargestellt. Durch die Düngungsmaßnahmen erhöhten sich im Wesentlichen die Flächenerträge dieser Aminosäuren als Produkt des Blattertrages je Flächeneinheit und der Konzentration im Blatt. Besonders im zweiten Anbaujahr war dieser Unterschied zur ungedüngten Kontrolle deutlich zu sehen. Für Lysin (Tabelle 3.1.5-39) lag der höchste Flächenertrag 2019 bei $21,8 \text{ kg ha}^{-1}$ im Blatt (3. Schnitt, Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo), 2020 bei $32,5 \text{ kg /ha}$ (erster Schnitt, Düngungsregime mit P, Ca, S und B).

Tabelle 3.1.5-39: Blatt-Lysinertrag [kg ha^{-1}] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Lysinertrag [kg ha^{-1}]							
	2019				2020			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	$14,2 \pm 1,11$	$16,5 \pm 0,43$	$20,2 \pm 0,03$	$9,7 \pm 0,03$	$21,4 \pm 1,52$	$15,8 \pm 0,85$	$11,3 \pm 2,17$	$6,5 \pm 0,30$
P	$13,1 \pm 0,66$	$14,2 \pm 0,75$	$18,7 \pm 0,57$	$9,6 \pm 0,85$	$25,2 \pm 3,34$	$18,9 \pm 1,57$	$13,7 \pm 0,17$	$6,0 \pm 0,17$
Ca	$13,9 \pm 0,34$	$14,9 \pm 0,04$	$20,4 \pm 0,20$	$9,4 \pm 0,55$	$26,9 \pm 0,50$	$17,3 \pm 0,03$	$13,8 \pm 0,72$	$6,4 \pm 0,23$
S	$13,0 \pm 1,47$	$16,7 \pm 1,21$	$20,2 \pm 2,29$	$11,8 \pm 0,30$	$27,6 \pm 2,17$	$23,0 \pm 1,56$	$20,1 \pm 0,03$	$10,7 \pm 0,05$
B	$13,8 \pm 0,08$	$16,1 \pm 1,34$	$21,4 \pm 1,51$	$11,7 \pm 0,18$	$32,5 \pm 2,29$	$20,8 \pm 0,65$	$21,3 \pm 0,22$	$10,6 \pm 1,01$
Mo	$15,1 \pm 0,74$	$16,3 \pm 0,48$	$21,8 \pm 0,53$	$10,7 \pm 0,28$	$30,5 \pm 1,74$	$23,2 \pm 2,81$	$20,8 \pm 1,88$	$9,0 \pm 0,11$

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Der höchste Flächenertrag für Methionin im Luzerneblatt (Tabelle 3.1.5-40) lag 2019 bei $6,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (3. Schnitt, Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo), 2020 bei $8,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (erster Schnitt, Düngungsregime mit P, Ca, S und B).

Tabelle 3.1.5-40: Blatt-Methioninertrag [kg ha⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Methioninertrag [kg ha ⁻¹]							
	2019				2020			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	4,1 ± 0,27	4,6 ± 0,15	5,6 ± 0,10	2,7 ± 0,01	6,0 ± 0,49	4,5 ± 0,38	3,2 ± 0,60	2,1 ± 0,19
P	3,6 ± 0,24	4,2 ± 0,11	5,3 ± 0,16	2,6 ± 0,22	7,0 ± 0,84	5,4 ± 0,21	3,8 ± 0,05	1,8 ± 0,02
Ca	3,8 ± 0,06	4,1 ± 0,41	4,8 ± 1,27	3,0 ± 0,75	5,5 ± 3,07	4,3 ± 0,84	3,2 ± 0,99	2,9 ± 1,46
S	3,7 ± 0,39	5,0 ± 0,34	5,7 ± 0,40	3,2 ± 0,01	7,9 ± 0,35	6,7 ± 0,22	6,1 ± 0,24	3,4 ± 0,03
B	3,8 ± 0,00	4,7 ± 0,38	6,0 ± 0,37	3,3 ± 0,00	9,5 ± 0,37	5,8 ± 0,41	6,4 ± 0,11	3,3 ± 0,24
Mo	4,4 ± 0,10	4,9 ± 0,25	6,1 ± 0,18	3,0 ± 0,11	9,1 ± 0,57	6,0 ± 0,41	6,2 ± 0,61	2,7 ± 0,11

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Der höchste Flächenertrag für Cystein im Luzerneblatt lag 2019 bei 5,3 kg ha⁻¹, 2020 bei 8,0 kg ha⁻¹ (Tabelle 3.1.5-41).

Tabelle 3.1.5-41: Blatt-Cysteinерtrag [kg ha⁻¹] von Luzerne (cv. Plato) bei unterschiedlicher Düngung und vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Cysteinерtrag [kg ha ⁻¹]							
	2019				2020			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	3,4 ± 0,09	3,8 ± 0,10	4,7 ± 0,11	2,5 ± 0,04	4,3 ± 0,30	3,0 ± 0,38	2,5 ± 0,39	1,3 ± 0,04
P	3,2 ± 0,04	3,7 ± 0,17	4,5 ± 0,24	2,3 ± 0,15	5,2 ± 0,44	3,7 ± 0,09	2,9 ± 0,10	1,3 ± 0,01
Ca	3,3 ± 0,06	3,7 ± 0,05	4,9 ± 0,08	2,4 ± 0,12	6,1 ± 0,03	3,9 ± 0,17	3,0 ± 0,14	1,4 ± 0,02
S	3,4 ± 0,30	4,3 ± 0,12	5,0 ± 0,19	3,1 ± 0,05	6,7 ± 0,06	5,3 ± 0,09	5,2 ± 0,28	2,6 ± 0,04
B	3,5 ± 0,11	4,0 ± 0,10	5,2 ± 0,17	3,2 ± 0,00	8,0 ± 0,28	5,0 ± 0,18	5,3 ± 0,06	2,5 ± 0,19
Mo	3,8 ± 0,19	4,4 ± 0,19	5,3 ± 0,16	3,0 ± 0,04	7,6 ± 0,16	5,3 ± 0,28	5,2 ± 0,42	2,1 ± 0,12

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Über alle vier Schnitte lag 2019 der Lysinertrag im Blatt (Abbildung 3.1.5-21) bei maximaler Düngung mit 63,8 kg ha⁻¹ um ca. 6 % über dem Lysinertrag bei der ungedüngten Kontrolle (59,9 kg ha⁻¹). Im Jahr 2020 betrug der Unterschied im Lysinertrag 28,6 kg ha⁻¹ bzw. 51 % zugunsten maximaler Düngung gegenüber der ungedüngten Variante (84,5 kg ha⁻¹ gegenüber 55,9 kg ha⁻¹).

Der Methionin- und Cysteinерtrag im Blatt erhöhte sich 2019 bei maximaler Düngung gegenüber der ungedüngten Variante von 31,2 kg ha⁻¹ um 3,7 kg auf 34,9 kg ha⁻¹. Im Jahr 2020 wurden bei maximaler Düngung gegenüber der Kontrolle 16,9 kg ha⁻¹ mehr Methionin+Cystein erzeugt, was ein Plus von 61 % bedeutet. Es wird deutlich, dass bei entsprechenden Wachstumsbedingungen und entsprechender Nährstoffversorgung mit Luzerneblatt, allerdings mit vier Schnitten, ein ähnlicher Flächenertrag für Lysin bzw. Methionin+Cystein erreicht werden kann wie mit Sojabohnen.

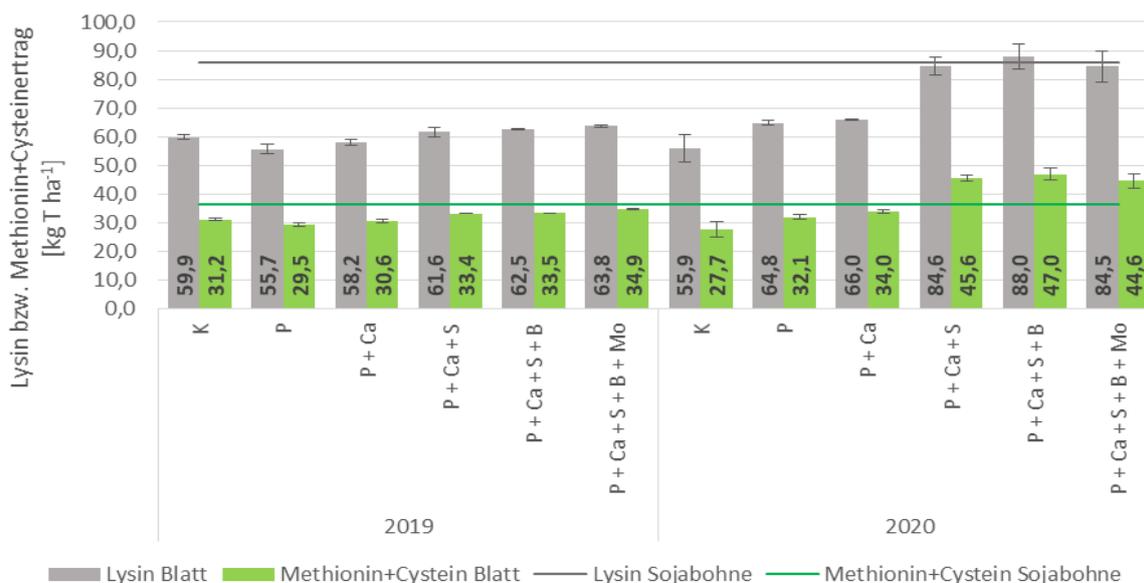


Abbildung 3.1.5-21: Blatt-Lysin und -Methionin+Cysteintrag der Luzerne (Σ 4 Schnitte) bei unterschiedlicher Düngung, Gladbacherhof 2019 und 2020 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswerte Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag, 24,5 % Lysin, 11,5% Methionin+Cystein).

3.1.5.3.2 Rotklee

3.1.5.3.2.1 Rohproteinkonzentration

Die Rohproteinkonzentrationen in den Blättern des Rotklee lagen im Vergleich zu den Rohproteinkonzentrationen in den Luzerneblättern auf etwas niedrigerem Niveau (Tabelle 3.1.5-42). Auch bei Rotklee zeigte sich, dass die Werte bei der ungedüngten Variante im zweiten Anbaujahr niedriger ausfielen als im ersten Anbaujahr. Die höchsten Werte fanden sich in den jeweils letzten Schnitten, der höchste Wert mit 30,8 % Rohprotein in der Trockensubstanz wurde im zweiten Anbaujahr, 4. Schnitt beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo gefunden. Dieser Wert ist vergleichbar mit Ackerbohnenkorn (vgl. Tabelle 3.1.5-1).

Tabelle 3.1.5-42: Blatt-Rohproteinkonzentration [g kg⁻¹ T] (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei, bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	Variante	Blatt-Rohprotein [g kg ⁻¹ T]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2017	K	266,9 ± 12,0	256,5 ± 13,8	271,8 ± 15,5	
	P	284,1 ± 8,49	274,0 ± 15,1	280,0 ± 11,4	
	Ca	279,3 ± 12,9	272,8 ± 7,27	273,8 ± 13,1	
	S	292,3 ± 5,32	285,5 ± 6,54	292,9 ± 9,38	
	B	288,5 ± 8,94	289,0 ± 2,55	286,4 ± 18,1	
	Mo	291,7 ± 6,01	288,3 ± 4,83	294,1 ± 6,38	
	2018	K	223,0 ± 24,0	211,2 ± 25,8	264,2 ± 17,0
P		231,8 ± 16,1	249,6 ± 11,9	285,0 ± 8,08	285,9 ± 12,0
Ca		237,5 ± 29,0	248,4 ± 17,0	284,0 ± 5,36	279,0 ± 12,8
S		255,9 ± 8,05	278,1 ± 19,3	292,0 ± 6,82	297,6 ± 6,07
B		263,6 ± 8,45	279,2 ± 3,02	290,5 ± 8,21	306,5 ± 6,86
Mo		263,4 ± 12,6	277,2 ± 1,39	290,7 ± 12,1	307,5 ± 7,69

K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo= Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

3.1.5.3.2.2 Aminosäurenkonzentration

Die Konzentrationen der Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein, Threonin und Arginin in der Trockenmasse sowie bezogen auf den Anteil am Rohprotein sind in den Tabellen 3.1.5-43 – 3.1.5-47 aufgeführt. Die Konzentrationen der Aminosäuren im Rotkleeblatt sowie deren Anteile im Rohprotein erhöhten sich nahezu durchgehend durch die Zugabe der verschiedenen Mineralien im Vergleich zur Kontrolle. Im Vergleich zu den Luzerneblättern wurden bei Rotklee geringere Konzentrationen der Aminosäuren in der Trockensubstanz festgestellt, was sich auch, im Verhältnis zur Luzerne, in einem geringeren Anteil der Aminosäuren am Rohprotein wiederfand. Insgesamt lagen die Werte auf einem mit Erbse oder Ackerbohne vergleichbarem Niveau (vgl. Tabelle 3.1.5-1).

Die niedrigste Lysinkonzentration im Rotkleeblatt lag bei $9,4 \text{ g kg}^{-1}$ Trockenmasse beim 2. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 in der ungedüngten Kontrolle, die höchste bei $16,5 \text{ g kg}^{-1}$ Trockenmasse beim 4. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo. Das entsprach einem Lysinanteil von 2,2 % bzw. von 5,3% im Rohprotein (Tabelle 3.1.5-43).

Tabelle 3.1.5-43: Lysinkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Lysin in T [g kg^{-1}]				Lysin in XP [$\text{g } 16\text{g}^{-1} \text{ N}$]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2017	K	$12,8 \pm 0,95$	$12,0 \pm 1,26$	$13,0 \pm 1,36$		$3,6 \pm 0,26$	$3,2 \pm 0,34$	$3,5 \pm 0,39$	
	P	$15,1 \pm 0,89$	$13,1 \pm 1,16$	$13,6 \pm 0,68$		$4,4 \pm 0,26$	$3,7 \pm 0,33$	$3,9 \pm 0,20$	
	Ca	$14,7 \pm 1,09$	$13,1 \pm 0,16$	$13,4 \pm 1,76$		$4,3 \pm 0,32$	$3,7 \pm 0,05$	$3,8 \pm 0,50$	
	S	$14,4 \pm 1,09$	$14,6 \pm 0,07$	$15,2 \pm 1,20$		$4,4 \pm 0,33$	$4,3 \pm 0,02$	$4,5 \pm 0,36$	
	B	$14,2 \pm 0,33$	$14,5 \pm 0,19$	$14,9 \pm 1,26$		$4,3 \pm 0,10$	$4,4 \pm 0,06$	$4,5 \pm 0,38$	
	Mo	$14,6 \pm 0,16$	$15,1 \pm 0,16$	$14,5 \pm 1,29$		$4,4 \pm 0,05$	$4,5 \pm 0,05$	$4,4 \pm 0,40$	
2018	K	$10,1 \pm 2,42$	$9,93 \pm 2,43$	$12,7 \pm 0,84$	$13,1 \pm 1,40$	$2,3 \pm 0,56$	$2,2 \pm 0,53$	$3,5 \pm 0,23$	$3,6 \pm 0,38$
	P	$11,2 \pm 0,87$	$11,6 \pm 0,82$	$12,9 \pm 0,60$	$13,7 \pm 0,73$	$2,7 \pm 0,21$	$3,0 \pm 0,21$	$3,8 \pm 0,18$	$4,1 \pm 0,22$
	Ca	$11,7 \pm 1,54$	$12,0 \pm 1,37$	$15,3 \pm 0,66$	$14,8 \pm 0,83$	$2,9 \pm 0,38$	$3,1 \pm 0,35$	$4,5 \pm 0,19$	$4,3 \pm 0,24$
	S	$12,0 \pm 0,72$	$15,0 \pm 0,67$	$16,0 \pm 1,01$	$16,1 \pm 0,43$	$3,2 \pm 0,19$	$4,3 \pm 0,19$	$4,8 \pm 0,31$	$5,0 \pm 0,13$
	B	$13,5 \pm 1,38$	$14,5 \pm 0,45$	$15,6 \pm 0,31$	$15,6 \pm 0,17$	$3,7 \pm 0,38$	$4,2 \pm 0,13$	$4,7 \pm 0,09$	$5,0 \pm 0,05$
	Mo	$13,1 \pm 0,39$	$14,4 \pm 0,31$	$15,8 \pm 1,61$	$16,5 \pm 1,01$	$3,6 \pm 0,11$	$4,1 \pm 0,09$	$4,8 \pm 0,48$	$5,3 \pm 0,32$

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Die niedrigste Methioninkonzentration im Rotkleeblatt lag bei $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ Trockenmasse beim 1. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 in der ungedüngten Kontrolle, die höchste bei $4,7 \text{ g kg}^{-1}$ Trockenmasse beim ersten Schnitt des ersten Anbaujahres 2017 bei der Düngung mit P, Ca und S (Tabelle 3.1.5-44). Das entsprach einem Methioninanteil von 0,6 % bzw. von 1,4% im Rohprotein.

Tabelle 3.1.5-44: Methioninkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Methionin in T [g kg ⁻¹]				Methionin in XP [g 16g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2017	K	4,1 ± 0,38	3,6 ± 0,20	3,6 ± 0,59		1,1 ± 0,10	0,9 ± 0,05	1,0 ± 0,17	
	P	4,4 ± 0,04	4,1 ± 0,53	3,7 ± 0,01		1,3 ± 0,01	1,2 ± 0,15	1,1 ± 0,00	
	Ca	4,5 ± 0,04	3,8 ± 0,02	3,6 ± 0,55		1,3 ± 0,01	1,1 ± 0,00	1,0 ± 0,16	
	S	4,7 ± 0,11	4,4 ± 0,27	4,0 ± 0,45		1,4 ± 0,03	1,3 ± 0,08	1,2 ± 0,14	
	B	4,5 ± 0,00	4,0 ± 0,00	3,9 ± 0,50		1,4 ± 0,00	1,2 ± 0,00	1,2 ± 0,15	
	Mo	4,2 ± 0,40	4,2 ± 0,10	4,1 ± 0,42		1,3 ± 0,12	1,2 ± 0,03	1,2 ± 0,13	
2018	K	2,5 ± 0,56	2,7 ± 0,59	3,3 ± 0,01	3,3 ± 0,46	0,6 ± 0,13	0,6 ± 0,13	0,9 ± 0,00	0,9 ± 0,13
	P	3,0 ± 0,27	3,5 ± 0,08	3,6 ± 0,16	3,6 ± 0,27	0,7 ± 0,07	0,9 ± 0,02	1,1 ± 0,05	1,1 ± 0,08
	Ca	2,9 ± 0,45	3,3 ± 0,34	4,1 ± 0,07	3,6 ± 0,29	0,7 ± 0,11	0,9 ± 0,09	1,2 ± 0,02	1,0 ± 0,09
	S	3,3 ± 0,12	4,0 ± 0,21	4,2 ± 0,08	4,3 ± 0,13	0,9 ± 0,03	1,2 ± 0,06	1,3 ± 0,03	1,3 ± 0,04
	B	3,7 ± 0,27	3,9 ± 0,07	4,1 ± 0,15	4,0 ± 0,10	1,0 ± 0,07	1,1 ± 0,02	1,2 ± 0,04	1,3 ± 0,03
	Mo	3,5 ± 0,25	4,0 ± 0,06	4,0 ± 0,24	4,3 ± 0,36	0,9 ± 0,07	1,1 ± 0,02	1,2 ± 0,07	1,4 ± 0,11

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Die niedrigste Cysteinkonzentration im Rotkleeblatt lag bei 1,8 g kg⁻¹ Trockenmasse beim 1. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 in der ungedüngten Kontrolle, die höchste bei 3,1 g kg⁻¹ Trockenmasse beim 4. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 bei der Düngung mit P, Ca, S, B und Mo (Tabelle 3.1.5-45). Dies entsprach einem Cysteinanteil von 0,4 % bzw. von 1,0 % im Rohprotein.

Tabelle 3.1.5-45: Cysteinkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Cystein in T [g kg ⁻¹]				Cystein in XP [g 16g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2017	K	2,0 ± 0,25	2,1 ± 0,33	2,3 ± 0,13		0,6 ± 0,07	0,6 ± 0,09	0,6 ± 0,04	
	P	2,4 ± 0,14	2,2 ± 0,27	2,4 ± 0,04		0,7 ± 0,04	0,6 ± 0,08	0,7 ± 0,01	
	Ca	2,3 ± 0,11	2,3 ± 0,18	2,4 ± 0,23		0,7 ± 0,03	0,7 ± 0,05	0,7 ± 0,07	
	S	2,5 ± 0,10	2,6 ± 0,04	2,7 ± 0,15		0,8 ± 0,03	0,8 ± 0,01	0,8 ± 0,04	
	B	2,4 ± 0,03	2,6 ± 0,04	2,6 ± 0,20		0,7 ± 0,01	0,8 ± 0,01	0,8 ± 0,06	
	Mo	2,5 ± 0,05	2,6 ± 0,04	2,7 ± 0,05		0,8 ± 0,01	0,8 ± 0,01	0,8 ± 0,02	
2018	K	1,8 ± 0,40	1,8 ± 0,30	2,2 ± 0,26	2,4 ± 0,40	0,4 ± 0,09	0,4 ± 0,07	0,6 ± 0,07	0,6 ± 0,11
	P	2,0 ± 0,02	2,2 ± 0,00	2,7 ± 0,10	2,6 ± 0,13	0,5 ± 0,00	0,6 ± 0,00	0,8 ± 0,03	0,8 ± 0,04
	Ca	2,0 ± 0,27	2,2 ± 0,14	2,8 ± 0,06	2,5 ± 0,26	0,5 ± 0,07	0,6 ± 0,04	0,8 ± 0,02	0,7 ± 0,08
	S	2,4 ± 0,21	2,6 ± 0,15	3,1 ± 0,03	3,1 ± 0,09	0,6 ± 0,06	0,8 ± 0,04	0,9 ± 0,01	0,9 ± 0,03
	B	2,7 ± 0,16	2,6 ± 0,03	3,0 ± 0,19	3,0 ± 0,06	0,7 ± 0,04	0,8 ± 0,01	0,9 ± 0,06	1,0 ± 0,02
	Mo	2,6 ± 0,07	2,7 ± 0,16	3,0 ± 0,11	3,1 ± 0,22	0,7 ± 0,02	0,8 ± 0,05	0,9 ± 0,03	1,0 ± 0,07

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Die niedrigste Konzentration an Threonin im Rotkleeblatt lag bei 8,4 g kg⁻¹ Trockenmasse beim 1. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 in der ungedüngten Kontrolle, die höchste bei 13,6 g kg⁻¹ Trockenmasse beim 4. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo (Tabelle 3.1.5-46). Dies entsprach einem Anteil am Rohprotein von 1,9 % bzw. von 4,3 %.

Tabelle 3.1.5-46: Threoninkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Threonin in T [g kg ⁻¹]				Threonin in XP [g 16g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2017	K	11,3 ± 1,05	10,7 ± 0,92	10,8 ± 1,25		3,1 ± 0,29	2,9 ± 0,24	2,9 ± 0,35	
	P	12,7 ± 0,01	12,0 ± 1,51	11,5 ± 0,05		3,7 ± 0,00	3,4 ± 0,43	3,3 ± 0,01	
	Ca	12,7 ± 0,49	11,4 ± 0,03	11,6 ± 1,27		3,7 ± 0,14	3,2 ± 0,01	3,3 ± 0,36	
	S	13,2 ± 0,23	12,8 ± 0,33	13,0 ± 0,85		4,0 ± 0,07	3,8 ± 0,10	3,9 ± 0,26	
	B	13,3 ± 0,51	12,3 ± 0,01	12,9 ± 1,17		4,0 ± 0,15	3,7 ± 0,00	3,9 ± 0,35	
	Mo	13,0 ± 0,40	12,3 ± 0,07	12,9 ± 0,98		3,9 ± 0,12	3,7 ± 0,02	3,9 ± 0,30	
2018	K	8,4 ± 1,60	8,6 ± 1,23	10,1 ± 0,16	10,6 ± 1,13	1,9 ± 0,37	1,9 ± 0,27	2,8 ± 0,04	2,9 ± 0,31
	P	9,3 ± 0,26	11,6 ± 0,88	10,8 ± 0,26	11,6 ± 0,67	2,2 ± 0,06	3,0 ± 0,23	3,2 ± 0,08	3,4 ± 0,20
	Ca	9,5 ± 1,42	10,3 ± 0,83	11,9 ± 0,25	11,9 ± 0,72	2,3 ± 0,35	2,7 ± 0,21	3,5 ± 0,07	3,4 ± 0,21
	S	10,2 ± 0,69	12,3 ± 0,65	13,0 ± 0,52	13,3 ± 0,06	2,7 ± 0,18	3,6 ± 0,19	3,9 ± 0,16	4,1 ± 0,02
	B	11,1 ± 0,86	12,1 ± 0,12	13,0 ± 0,49	13,2 ± 0,09	3,1 ± 0,24	3,5 ± 0,03	3,9 ± 0,15	4,2 ± 0,03
	Mo	11,6 ± 0,53	12,0 ± 0,31	13,1 ± 1,16	13,6 ± 0,57	3,2 ± 0,14	3,5 ± 0,09	4,0 ± 0,35	4,3 ± 0,18

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Bei der Aminosäure Arginin lag die niedrigste Konzentration im Rotkleeblatt bei 8,5 g kg⁻¹ Trockenmasse beim 1. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 in der ungedüngten Kontrolle, die höchste bei 13,8 g kg⁻¹ Trockenmasse beim 3. Schnitt des zweiten Anbaujahres 2018 beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo (Tabelle 3.1.5-47). Dies entsprach einem Anteil am Rohprotein von 2,0 % bzw. von 4,2 %.

Tabelle 3.1.5-47: Argininkonzentration im Rotkleeblatt (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	Arginin in T [g kg ⁻¹]				Arginin in XP [g 16g ⁻¹ N]			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
2017	K	12,8 ± 0,85	11,5 ± 0,91	11,1 ± 1,60		3,5 ± 0,24	3,1 ± 0,24	3,0 ± 0,45	
	P	14,0 ± 0,40	13,0 ± 1,80	11,8 ± 0,03		4,1 ± 0,12	3,7 ± 0,51	3,4 ± 0,01	
	Ca	14,2 ± 0,56	12,4 ± 0,20	11,7 ± 1,91		4,1 ± 0,16	3,5 ± 0,06	3,3 ± 0,54	
	S	14,5 ± 0,32	13,9 ± 0,50	13,5 ± 1,20		4,4 ± 0,10	4,1 ± 0,15	4,0 ± 0,36	
	B	14,7 ± 0,70	13,4 ± 0,11	13,3 ± 1,69		4,4 ± 0,21	4,0 ± 0,03	4,0 ± 0,50	
	Mo	14,1 ± 1,05	13,6 ± 0,06	13,2 ± 1,05		4,3 ± 0,32	4,1 ± 0,02	4,0 ± 0,32	
2018	K	8,5 ± 1,90	8,8 ± 1,52	11,1 ± 0,47	10,8 ± 1,12	2,0 ± 0,44	1,9 ± 0,33	3,0 ± 0,13	3,0 ± 0,31
	P	9,3 ± 0,98	12,1 ± 1,20	11,8 ± 0,45	11,6 ± 0,54	2,2 ± 0,24	3,1 ± 0,31	3,5 ± 0,13	3,4 ± 0,16
	Ca	9,6 ± 1,72	10,9 ± 0,65	12,4 ± 0,21	11,8 ± 0,53	2,4 ± 0,42	2,8 ± 0,17	3,6 ± 0,06	3,4 ± 0,15
	S	10,7 ± 1,14	12,9 ± 0,87	13,3 ± 0,50	13,5 ± 0,11	2,8 ± 0,30	3,7 ± 0,25	4,0 ± 0,15	4,2 ± 0,03
	B	11,7 ± 0,71	12,9 ± 0,00	13,5 ± 0,51	13,3 ± 0,34	3,2 ± 0,19	3,8 ± 0,00	4,1 ± 0,15	4,2 ± 0,11
	Mo	11,9 ± 1,15	12,8 ± 0,25	13,8 ± 0,95	13,4 ± 0,53	3,3 ± 0,32	3,7 ± 0,07	4,2 ± 0,29	4,3 ± 0,17

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

3.1.5.3.2.3 Ertrag und Blattertrag

Die Gesamt-Trockenmasseerträge des Rotkleees waren in beiden Anbaujahren durch die vorgenommenen Düngungsmaßnahmen beeinflusst (Tabelle 3.1.5-48). Die Ertragssteigerungen im Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo lagen im ersten Jahr bei rund 10% gegenüber der ungedüngten Kontrolle, ab dem 2. Schnitt des zweiten Anbaujahres lag der Mehrertrag der maximal gedüngten Variante gegenüber der Kontrolle bei 25% bis 30%.

Tabelle 3.1.5-48: Gesamt-Trockenmasse- und Blatt-Trockenmasseertrag [t ha⁻¹] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

	V	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
Ertrag in T [t ha⁻¹]					
2017	K	2,9 ± 0,25	4,3 ± 0,61	2,2 ± 0,28	
	P	3,3 ± 0,46	4,6 ± 0,16	2,4 ± 0,13	
	Ca	3,4 ± 0,55	4,7 ± 0,12	2,6 ± 0,64	
	S	3,4 ± 0,39	5,0 ± 0,29	2,5 ± 0,10	
	B	3,4 ± 0,21	4,9 ± 0,17	2,5 ± 0,23	
	Mo	3,3 ± 0,23	5,0 ± 0,06	2,5 ± 0,04	
2018	K	4,9 ± 0,94	2,6 ± 0,77	1,8 ± 0,28	1,0 ± 0,07
	P	5,5 ± 0,20	3,5 ± 0,37	2,4 ± 0,19	1,3 ± 0,08
	Ca	5,1 ± 0,45	3,2 ± 0,11	2,3 ± 0,05	1,3 ± 0,04
	S	5,7 ± 0,45	3,7 ± 0,17	2,4 ± 0,10	1,3 ± 0,04
	B	5,3 ± 0,80	3,5 ± 0,34	2,3 ± 0,10	1,4 ± 0,11
	Mo	5,3 ± 0,87	3,5 ± 0,06	2,3 ± 0,25	1,3 ± 0,09
Blattertrag in T [t ha⁻¹]					
2017	K	1,5 ± 0,10	1,8 ± 0,20	1,2 ± 0,13	
	P	1,6 ± 0,09	1,7 ± 0,11	1,2 ± 0,03	
	Ca	1,7 ± 0,19	1,9 ± 0,12	1,4 ± 0,37	
	S	1,8 ± 0,17	1,9 ± 0,17	1,4 ± 0,09	
	B	1,8 ± 0,08	1,9 ± 0,12	1,4 ± 0,12	
	Mo	1,7 ± 0,11	1,9 ± 0,07	1,4 ± 0,08	
2018	K	1,3 ± 0,15	1,0 ± 0,28	1,0 ± 0,09	0,7 ± 0,02
	P	1,4 ± 0,20	1,3 ± 0,12	1,3 ± 0,13	0,9 ± 0,06
	Ca	1,3 ± 0,09	1,2 ± 0,06	1,2 ± 0,05	0,8 ± 0,02
	S	1,4 ± 0,21	1,4 ± 0,12	1,2 ± 0,09	0,9 ± 0,05
	B	1,5 ± 0,36	1,3 ± 0,11	1,2 ± 0,04	0,9 ± 0,09
	Mo	1,4 ± 0,26	1,3 ± 0,07	1,2 ± 0,19	0,8 ± 0,07

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Die Gesamtjahreserträge von Rotklee-Gesamtpflanze und Rotklee-Blatt (3 Schnitte 2017 bzw. 4 Schnitte 2018) sind in Abbildung 3.1.5-22 dargestellt. Im Jahr 2017 wurden 1,4 t ha⁻¹ Gesamt-Trockenmasse beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo mehr gegenüber der ungedüngten Variante geerntet, im Trockenjahr 2018 2,0 t ha⁻¹. Die Blatterträge waren im ersten Anbaujahr sowie dem folgenden Trockenjahr 2018 kaum durch die Düngungsmaßnahmen beeinflusst und schwankten um den Wert von 5 t ha⁻¹.



Abbildung 3.1.5-22: Gesamt-Trockenmasse (T) und Blatt-T von Rotklee (Σ 3 Schnitte bzw. 4 Schnitte), Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

3.1.5.3.2.4 Rohprotein-, Lysin- und Methionin+Cysteinertrag

Der in der Blattmasse des Rotklees enthaltene Rohprotein ertrag wurde, wie auch bei der Luzerne, im zweiten Anbaujahr stärker positiv durch die Düngungsmaßnahmen beeinflusst als im ersten Anbaujahr (Tabelle 3.1.5-49). Tendenziell lagen aber die Rohprotein erträge im ersten Anbaujahr 2017 über denen des Folgejahres 2018. Im zweiten Anbaujahr wurden mit dem 1. Schnitt bei voller Düngung gegenüber der ungedüngten Variante 80 kg Rohprotein mehr je ha geerntet, mit dem 2. Schnitt 130 kg Rohprotein je ha, mit dem 3. Schnitt wiederum 80 kg Rohprotein je ha und mit dem 4. Schnitt nochmals 70 kg Rohprotein je ha. In der Summe der vier Schnitte des zweiten Anbaujahres wurde also beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo 360 kg mehr Rohprotein geerntet als bei der ungedüngten Kontrollvariante.

Tabelle 3.1.5-49: Blatt-Rohprotein ertrag [t ha⁻¹] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Rohprotein ertrag in T [t ha ⁻¹]							
	2017				2018			
	1	2	3	4	1	2	3	4
K	0,4 ± 0,02	0,5 ± 0,07	0,3 ± 0,05		0,3 ± 0,06	0,2 ± 0,08	0,3 ± 0,04	0,2 ± 0,01
P	0,5 ± 0,02	0,5 ± 0,03	0,4 ± 0,01		0,3 ± 0,06	0,3 ± 0,04	0,4 ± 0,04	0,2 ± 0,02
Ca	0,5 ± 0,05	0,5 ± 0,04	0,4 ± 0,10		0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,02	0,3 ± 0,01	0,2 ± 0,01
S	0,5 ± 0,04	0,5 ± 0,04	0,4 ± 0,02		0,4 ± 0,06	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,03	0,3 ± 0,01
B	0,5 ± 0,02	0,5 ± 0,04	0,4 ± 0,02		0,4 ± 0,09	0,4 ± 0,03	0,4 ± 0,02	0,3 ± 0,03
Mo	0,5 ± 0,04	0,5 ± 0,01	0,4 ± 0,02		0,4 ± 0,08	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,06	0,3 ± 0,02

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Abbildung 3.1.5-23 zeigt die Rohproteinjahreserträge Rotkleeblatt 2017 und 2018, jeweils als Summe aller durchgeführten Schnitte. Im Jahr 2017 wurden beim Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo 0,2 t ha⁻¹ mehr gegenüber der ungedüngten Variante erzeugt, im Jahr 2018 0,3 t ha⁻¹. Ein mit Soja vergleichbarer Rohproteinflächenertrag wurde nur erreicht, wenn Düngungsmaßnahmen ergriffen wurden.

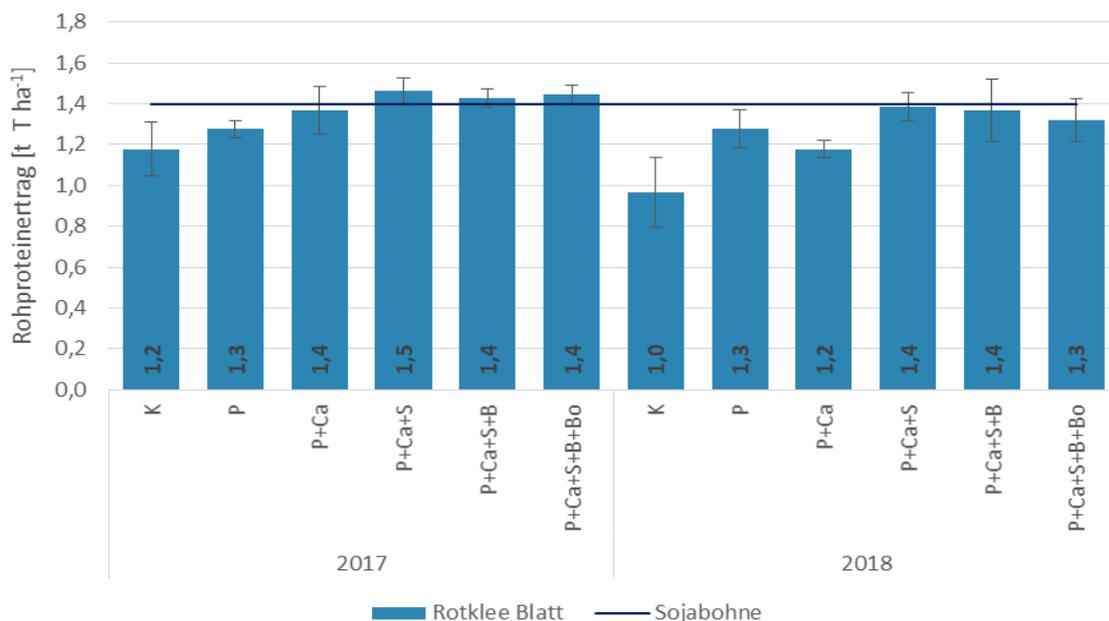


Abbildung 3.1.5-23: Blatt-Rohproteintrag (Σ 3 Schnitte bzw. 4 Schnitte), Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswert Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag * 39,6 % Rohprotein).

Der Flächenertrag von Cystein, Methionin und Lysin ist in den Tabellen 3.1.5-50 – 3.1.5-52) dargestellt. Durch die Düngungsmaßnahmen erhöhten sich auch die Flächenerträge dieser Aminosäuren als Produkt des Blattertrages je Flächeneinheit und der Konzentration im Blatt. Von Lysin (Tabelle 3.1.5-50) lag der höchste Flächenertrag 2017 bei 28,1 kg ha⁻¹ im Blatt (zweiter Schnitt, Düngungsregime mit K, P, Ca, S, B und Mo), 2018 bei 21,0 kg ha⁻¹ (zweiter Schnitt, Düngungsregime mit P, Ca, und S).

Tabelle 3.1.5-50: Blatt-Lysintrag [kg ha⁻¹] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Lysintrag T [kg ha ⁻¹]							
	2017				2018			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	19,5 ± 1,44	21,0 ± 2,20	15,1 ± 1,59		12,7 ± 3,07	10,2 ± 2,49	12,8 ± 0,84	8,97 ± 0,96
P	24,4 ± 1,44	22,5 ± 1,99	16,8 ± 0,84		15,6 ± 1,21	15,5 ± 1,10	16,4 ± 0,77	11,7 ± 0,62
Ca	24,4 ± 1,81	24,9 ± 0,30	18,9 ± 2,48		15,2 ± 2,00	14,3 ± 1,62	18,1 ± 0,78	12,2 ± 0,68
S	25,8 ± 1,95	27,8 ± 0,13	20,5 ± 1,61		17,3 ± 1,04	21,0 ± 0,93	19,3 ± 1,22	14,3 ± 0,38
B	25,0 ± 0,59	26,9 ± 0,35	20,0 ± 1,70		19,5 ± 2,01	18,5 ± 0,58	18,6 ± 0,36	13,8 ± 0,15
Mo	25,5 ± 0,28	28,1 ± 0,29	19,7 ± 1,76		17,8 ± 0,52	17,9 ± 0,39	19,0 ± 1,93	13,7 ± 0,83

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Der höchste Flächenertrag von Methionin im Rotkleeblatt (Tabelle 3.1.5-51) lag 2017 bei 8,41 kg ha⁻¹ (erster Schnitt, Düngung mit P, Ca, S), 2018 bei 5,81 kg ha⁻¹ (3. Schnitt, Düngung mit P und Ca).

Tabelle 3.1.5-51: Blatt-Methioninertrag [kg ha⁻¹] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Methioninertrag in T [kg ha ⁻¹]							
	2017				2018			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	6,2 ± 0,57	6,2 ± 0,35	4,2 ± 0,68		3,2 ± 0,71	2,8 ± 0,61	3,4 ± 0,01	2,3 ± 0,32
P	7,2 ± 0,07	7,0 ± 0,91	4,6 ± 0,01		4,1 ± 0,38	4,7 ± 0,10	4,6 ± 0,20	3,1 ± 0,23
Ca	7,5 ± 0,06	6,8 ± 0,61	5,5 ± 1,47		4,4 ± 1,43	4,8 ± 1,60	5,8 ± 1,29	4,6 ± 2,49
S	8,4 ± 0,20	8,4 ± 0,51	5,4 ± 0,61		4,7 ± 0,18	5,6 ± 0,29	5,1 ± 0,10	3,8 ± 0,11
B	8,0 ± 0,00	7,5 ± 0,00	5,3 ± 0,67		5,3 ± 0,39	5,0 ± 0,09	4,8 ± 0,17	3,6 ± 0,09
Mo	7,4 ± 0,70	7,7 ± 0,19	5,5 ± 0,57		4,7 ± 0,34	5,0 ± 0,08	4,8 ± 0,29	3,6 ± 0,30

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Der höchste Flächenertrag von Cystein im Rotkleeblatt lag 2017 bei 4,96 kg ha⁻¹, 2018 bei 3,92 kg ha⁻¹ (Tabelle 3.1.5-52).

Tabelle 3.1.5-52: Blatt-Cysteinernertrag [kg ha⁻¹] von Rotklee (cv. Titus) bei unterschiedlicher Düngung und drei bzw. vier Schnittterminen, Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen)

V	Blatt-Cysteinernertrag in T [kg ha ⁻¹]							
	2017				2018			
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
K	3,1 ± 0,38	3,7 ± 0,58	2,6 ± 0,15		2,3 ± 0,50	1,9 ± 0,31	2,2 ± 0,27	1,6 ± 0,28
P	3,9 ± 0,23	3,8 ± 0,47	3,0 ± 0,05		2,8 ± 0,03	3,0 ± 0,01	3,5 ± 0,12	2,2 ± 0,11
Ca	3,8 ± 0,19	4,4 ± 0,35	3,3 ± 0,33		2,5 ± 0,34	2,6 ± 0,16	3,3 ± 0,07	2,1 ± 0,22
S	4,4 ± 0,18	5,0 ± 0,07	3,6 ± 0,20		3,5 ± 0,31	3,7 ± 0,20	3,7 ± 0,04	2,7 ± 0,08
B	4,3 ± 0,06	4,8 ± 0,07	3,5 ± 0,27		3,9 ± 0,24	3,3 ± 0,03	3,5 ± 0,22	2,7 ± 0,05
Mo	4,4 ± 0,08	4,9 ± 0,08	3,6 ± 0,07		3,5 ± 0,09	3,4 ± 0,20	3,6 ± 0,13	2,6 ± 0,18

V = Variante, K = Kontrolle, P = Phosphor, Ca = Phosphor + Calcium, S = Phosphor + Calcium + Schwefel, B = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor, Mo = Phosphor + Calcium + Schwefel + Bor + Molybdän

Über alle durchgeführten Schnitte lag der Lysinertrag 2017 im Rotkleeblatt (Abbildung 3.1.5-24) bei maximaler Düngung mit 73,2 kg ha⁻¹ um 30,9 % über dem Lysinertrag der ungedüngten Kontrolle (55,9 kg ha⁻¹). Bei einem angenommen Rohroteingehalt von 39,6 % von Sojabohnen wäre ein Ertrag von 2,89 t ha⁻¹ T notwendig, um diese Menge an Rohprotein zu ernten. Im Trockenjahr 2018 betrug der Unterschied im Lysinertrag 23,6 kg ha⁻¹ bzw. 51 % zugunsten maximaler Düngung gegenüber der ungedüngten Variante (69,3 kg ha⁻¹ gegenüber 45,7 kg ha⁻¹).

Der Methionin+Cysteinernertrag im Blatt (Abbildung 3.1.5-24) erhöhte sich 2017 bei maximaler Düngung gegenüber der ungedüngten Variante von 26,0 kg ha⁻¹ um 7,2 kg auf 33,5 kg ha⁻¹ (+ 28 %). Im Jahr 2018 wurde bei maximaler Düngung gegenüber der Kontrolle 11,6 kg ha⁻¹ mehr Methionin+Cystein erzeugt (+58%). Vergleichbare Werte zu Sojabohnen bei einem angenommenen Ertrag von 3,5 t ha⁻¹ und einem Lysingehalt von 24,5 % sowie einem Gehalt an Methionin+Cystein von 11,48 % konnten mit dem Rotkleeblatt nicht erreicht werden.

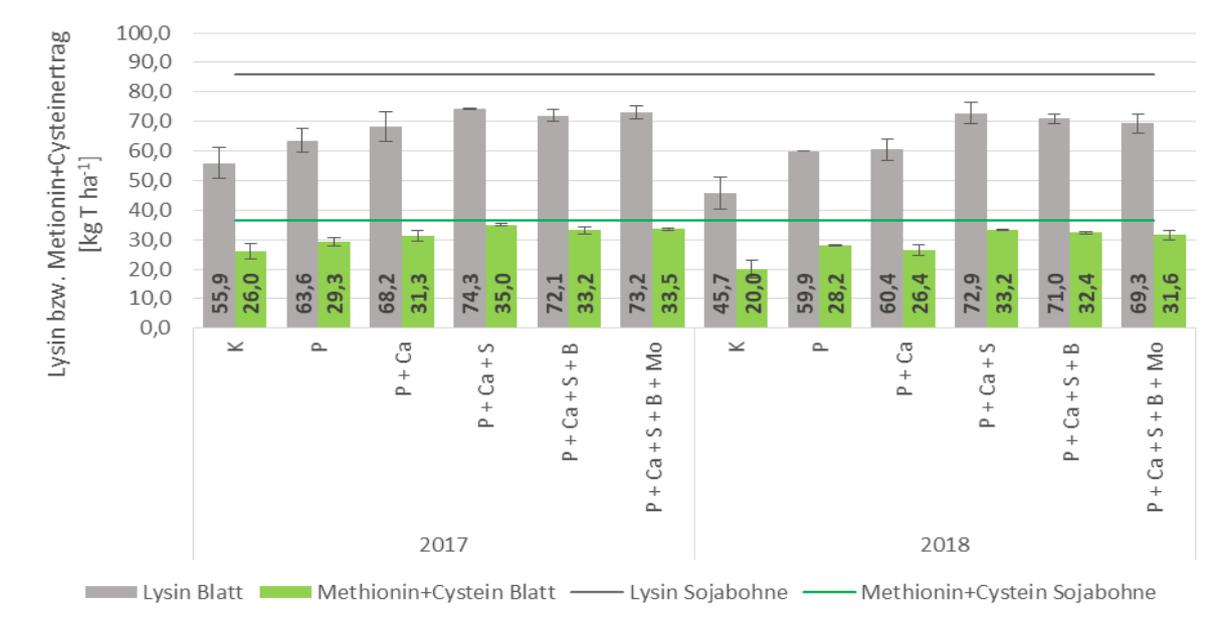


Abbildung 3.1.5-24: Blatt-Lysin- und -Methionin+Cysteinерtrag des Rotklee (Σ 3 Schnitte bzw. 4 Schnitte), Gladbacherhof 2017 und 2018 (MW und SD der Wiederholungen) sowie Vergleichswerte Sojabohne (3,5 t ha⁻¹ Kornertrag, 24,5 % Lysin, 11,5 % Methionin+Cystein)

3.1.5.4 Landessortenversuche

3.1.5.4.1 Norddeutschland (S. WITTEN, H. BÖHM)

3.1.5.4.1.1 Luzerne

Der Trockenmasse- und Blattmasseertrag der Luzerne waren in Braunschweig, Futterkamp und Schuby in den Sorten Catera und Fleetwood vergleichbar mit den Ergebnissen aus den pflanzenbaulichen Versuchen in Trenthorst, Gießen und Freising (Tabelle 3.1.5-53).

Tabelle 3.1.5-53: Trockenmasse (T), Trockenmasseertrag und Blattanteil in zwei Schnitten von zwei Luzernesorten an drei Standorten im Jahr 2019

	Sorte	Schnitt	T [%]	T-Ertrag [t ha ⁻¹]	Blattanteil [%]	Blattertrag [t ha ⁻¹]
Braunschweig	Catera	1	23,4 ± 5,42	5,75 ± 6,72	43,7 ± 3,31	2,5 ± 0,42
		3	20,0 ± 1,12	2,85 ± 3,28	53,0 ± 0,45	1,5 ± 0,17
	Fleetwood	1	20,7 ± 1,23	4,64 ± 2,38	45,5 ± 1,97	2,1 ± 0,13
		3	20,0 ± 1,98	2,78 ± 0,60	50,7 ± 3,67	1,4 ± 0,10
Futterkamp	Catera	1	17,8 ± 1,11	5,59 ± 2,32	38,2 ± 3,57	2,1 ± 0,13
		3	20,6 ± 1,80	3,92 ± 3,91	35,8 ± 2,57	1,4 ± 0,21
	Fleetwood	1	16,0 ± 1,03	4,76 ± 2,62	38,5 ± 2,45	1,8 ± 0,21
		3	18,8 ± 1,78	3,84 ± 2,66	36,1 ± 3,06	1,4 ± 0,18
Schuby	Catera	1	21,1 ± 0,45	4,51 ± 5,08		
		3	16,1 ± 0,47	2,28 ± 1,91		
	Fleetwood	1	20,5 ± 0,70	4,06 ± 2,32		
		3	15,5 ± 0,48	2,21 ± 1,87		

3.1.5.4.1.2 Rotklee

Der Trockenmasseertrag des Rotklees und der Blätter war auch in Scharnhorst und Schuby bei den Sorten Elanus, Harmonie, Magellan und Titus im 1. und 3. Schnitt gering. Die höheren Erträge konnten in Schuby geerntet werden (Tabelle 3.1.5-54).

Tabelle 3.1.5-54: Trockenmasse (T), Trockenmasseertrag, Blattanteil und Blattertrag in zwei Schnitten von vier Rotkleearten an zwei Standorten im Jahr 2019

	Sorte	Schnitt	T [%]	T-Ertrag [t ha ⁻¹]	Blattanteil [%]	Blattertrag [t ha ⁻¹]
Scharnhorst	Elanus	1	16,9 ± 0,92	0,9 ± 0,07	39,0 ± 1,55	0,3 ± 1,55
		3	19,9 ± 2,31	0,3 ± 0,06	44,6 ± 1,34	0,2 ± 1,34
	Harmonie	1	17,1 ± 1,37	1,1 ± 0,12	36,8 ± 1,41	0,4 ± 1,41
		3	18,2 ± 2,18	0,3 ± 0,04	45,6 ± 2,97	0,2 ± 2,97
	Magellan	1	14,9 ± 2,23	1,0 ± 0,24	37,8 ± 3,34	0,4 ± 3,34
		3	16,8 ± 0,65	0,3 ± 0,03	48,8 ± 3,99	0,2 ± 4,28
	Titus	1	13,5 ± 0,58	0,8 ± 0,05	45,8 ± 2,68	0,4 ± 2,68
		3	19,4 ± 3,89	0,4 ± 0,03	47,3 ± 4,28	0,2 ± 3,99
Schuby	Elanus	1	18,4 ± 1,90	3,5 ± 0,39	50,0 ± 4,80	1,7 ± 4,80
		3	13,0 ± 0,50	1,8 ± 0,25		
	Harmonie	1	17,6 ± 1,51	3,6 ± 0,15	43,0 ± 3,54	1,5 ± 3,54
		3	12,6 ± 1,18	1,6 ± 0,09		
	Magellan	1	15,1 ± 2,19	3,5 ± 0,15	47,0 ± 5,32	1,7 ± 5,32
		3	11,1 ± 0,64	1,9 ± 0,16		
	Titus	1	14,3 ± 1,20	3,7 ± 0,48	43,2 ± 3,37	1,6 ± 3,37
		3	11,8 ± 0,22	2,1 ± 0,25		

3.1.5.4.2 Süddeutschland (S. HARTMANN)

3.1.5.4.2.1 Luzerne

Eine erste Auswertung der LSV-Daten ergänzt um die ermittelten Blatt-Stängel-Verhältnisse zeigte für die einbezogenen Faktoren „Standort“, „Schnitt“, „Hauptnutzungsjahr“ und „Sorte“ bis auf den Faktor „Sorte“ sehr hohe Signifikanzen. Für den Faktor „Sorte“ kann jedoch trotz des zwangsläufig sehr unbalancierte Daten-Sets ein gewisser Trend gesehen werden. Für die Faktoren „Standort“, „Schnitt“, „Hauptnutzungsjahr“ wäre es hingegen ungewöhnlich, wenn sie nicht absicherbar wären (Tabelle 3.1.5-55). Ersetzt man den Faktor „Sorte“ durch Sortenmerkmale ergibt sich folgendes Bild.

Tabelle 3.1.5-55: Statistische Kennzahlen zur Auswertung der ergänzenden Erhebungen zum Blatt-Stängel-Verhältnis zu ausgewählten Landessortenversuchen des süddeutschen Raumes mit PROC GLM (SAS Version 9.4) für ausgewählte Sortenmerkmale bei Luzerne

Quelle	DF	Typ I SS	Mittleres Quadrat	F-Wert	Pr > F
Standort	5	5812.169422	1162.433884	34.49	<.0001
Schnitt	1	8127.768941	8127.768941	241.18	<.0001
Hauptnutzungsjahr	2	2280.874687	1140.437344	33.84	<.0001
Wuchshöhe/Anfangsentwicklung¹⁾	2	92.727929	46.363965	1.38	0.2531
Stengellänge_Vollentwicklung¹⁾	1	7.701064	7.701064	0.23	0.6327
Wuchshöhe im Nachwuchs¹⁾	2	55.696676	27.848338	0.83	0.4379
Massenbildung_im Anfang¹⁾	1	4.020909	4.020909	0.12	0.7299
Massenbildung im Nachwuchs¹⁾	2	44.406072	22.203036	0.66	0.5177
Reifegruppe¹⁾	1	123.328072	123.328072	3.66	0.0560
Rohproteingehalt¹⁾	1	12.782230	12.782230	0.38	0.5381
Rohproteingehalt/Parzelle (Klasse)²⁾	6	4035.275532	672.545922	19.96	<.0001

¹⁾ Einstufung Beschreibende Sortenliste (Einstufung mit Stand vom: 30.11.2020 bzw. der letzten verfügbaren Einstufung der Sorte)

²⁾ Rohproteingehalt-Klassen: 0: <15%; 1: 15 – 17,99; 2: 18 – 20,99; 3: 21 – 23,99; 4: 24 – 26,99; 5: 27 – 30; 6: > 30 (Daten aus regulärer LSV-Erhebung)

Unerwartet schlecht schneiden die Faktoren, die Bezug zur Pflanzenhöhe und damit zur Pflanzenarchitektur haben ab (Wuchshöhe/Anfangsentwicklung, Stengellänge/Vollentwicklung und Wuchshöhe im Nachwuchs). Die Merkmale mit Bezug zu Rohproteingehalt werden hingegen signifikant (Rohproteingehalt/Parzelle (Klasse)) bzw. deuten zumindest einen Trend an (Reifegruppe). Die BSA-Note zum Rohproteingehalt ist hingegen diesen Ergebnissen nach weniger geeignet. Reifegruppe: physiologisch jüngere Pflanzen haben bekanntlich höhere Rohproteingehalte. Bei versuchstechnisch einheitlichem Schnitt werden wie allgemein Sorten früher Reifegruppen im gemessenen TM-Ertrag über und in der Qualität unterschätzt bei späten Sorten verhält es sich grundsätzlich analog andersherum. Die zur Modellbildung notwendige Klassenbildung für das Merkmal Rohproteingehalt/Parzelle deckt mit seinen Klassen die Versuchsspanne gleichmäßig ab. Im Vergleich zum Versuchsmittel hohe Rohproteingehalte können damit Hinweise auf hohe Blattanteile geben.

Fasst man die Merkmale TM-Ertrag und Blattanteil zu einem Merkmal zusammen: (Blattertrag= TM-Ertrag × Blattanteil) steigt erwartungsgemäß die Absicherbarkeit des Gesamtmodells ($r^2=0,61$), da der TM-Ertrag die Sorten und damit die auch die Einzelparzellen der Versuchsserie besser differenziert. Die Merkmale, sofern nicht bereits für das Blatt-Stängel-Verhältnis signifikant, verbessern sich jedoch nicht.

3.1.5.4.2.2 Rotklee

Eine erste Auswertung der LSV-Daten ergänzt um die ermittelten Blatt-Stängel-Verhältnisse zeigte für die einbezogenen Faktoren „Standort“, „Schnitt“, „Hauptnutzungsjahr“, „Aussaatjahr“, „Ploidie“ und „Sorte“ bis auf die Faktoren „Ploidie“ und „Sorte“ sehr hohe Signifikanzen. Für den Faktor „Sorte“ kann jedoch trotz des zwangsläufig sehr unbalancierte Daten-Sets ein gewisser Trend gesehen werden. Für die Faktoren „Standort“, „Schnitt“, „Hauptnutzungsjahr“

wäre es hingegen ungewöhnlich, wenn sie nicht absicherbar wären (Tabelle 3.1.5-56). Unerwartet gering differenziert hingegen auch der Faktor „Ploidie“. Ersetzt man den Faktor „Sorte“ durch Sortenmerkmale ergibt sich folgendes Bild

Tabelle 3.1.5-56: Statistische Kennzahlen zur Auswertung der ergänzenden Erhebungen zum Blatt-Stängel-Verhältnis zu ausgewählten Landessortenversuchen des süddeutschen Raumes mit PROC GLM (SAS Version 9.4) für ausgewählte Sortenmerkmale bei Rotklee

Quelle	DF	Typ I SS	Mittleres Quadrat	F-Wert	Pr > F
Standort	4	67797.56262	16949.39066	502.52	<.0001
Schnitt	1	1152.98469	1152.98469	34.18	<.0001
HNJ	1	6785.40299	6785.40299	201.17	<.0001
Aussaatjahr	1	2877.33859	2877.33859	85.31	<.0001
Ploidie	1	1.40821	1.40821	0.04	0.8381
Stängellänge/Vollentwicklung ¹⁾	3	590.69458	196.89819	5.84	0.0006
Massenbildung im Anfang ¹⁾	2	26.84109	13.42054	0.40	0.6719
Reifegruppe ¹⁾	5	107.59064	21.51813	0.64	0.6708
Rohproteingehalt/Parzelle (Klasse) ²⁾	4	5088.02064	1272.00516	37.71	<.0001

¹⁾ Einstufung Beschreibende Sortenliste (Einstufung mit Stand vom: 30.11.2020 bzw. der letzten verfügbaren Einstufung der Sorte)

²⁾ Rohproteingehalt-Klassen: 0: 9 – 11,99; 1: 12 – 14,99; 2: 15 – 17,99; 3: 18 – 20,99; 4: 21 – 23,99; 5: 24 – 27 6: > 27 (Daten aus regulärer LSV-Erhebung)

Im Gegensatz zu Luzerne bildet die Stängellänge zur Vollentwicklung bei Rotklee zumindest einen Trend ab – auch wenn dieses Merkmal knapp nicht signifikant wird und ebenso wie bei Luzerne erklärt Merkmal Rohproteingehalt/Parzelle (Klasse) einen Teil der Variabilität der erfassten Blatt-Stängel-Verhältnisse bei Rotklee. Obwohl insgesamt unbalancierter als das Daten-Set bei Luzerne ($r^2=0,38$) können bei Rotklee bereits 74 Prozent der Variation durch das Modell ohne Einbezug von Wechselwirkungen erklärt werden.

Fasst man die Merkmale TM-Ertrag und Blattanteil bei Rotklee zu einem Merkmal zusammen: (Blattertrag= TM-Ertrag \times Blattanteil) steigt die Absicherbarkeit des Gesamtmodells nicht weiter an ($r^2=0,68$), da der TM-Ertrag die Sorten und damit die auch die Einzelparzellen der Versuchsserie zumindest in diesem Daten-Set die Parzellen nicht besser differenziert. Die Merkmale, sofern nicht bereits für das Blatt-Stängel-Verhältnis signifikant, verbessern sich jedoch nicht. Der Faktor Stängellänge/Vollentwicklung verschlechtert sich sogar deutlich.

3.1.5.5 Nahinfrarotspektroskopie (K. AULRICH)

Die Kalibrationsentwicklung wurde für Luzerne und Rotklee in einem gemeinsamen Datensatz vorgenommen. Die statistischen Kennzahlen zur Beurteilung der Güte der Kalibrierungen (Tabelle 3.1.5-57) zeigen, dass für die Schätzung der Rohproteingehalte eine sehr gute Kalibration erstellt werden konnte. So lag der Fehler der Vorhersage mit 4,7 vs. 4,8 g kg⁻¹ etwas höher als der erlaubte Fehler der Referenzanalytik (1 % relativ bei Gehalten von 200 bis 400 g kg⁻¹). Die Regressionskoeffizienten von Kalibration und Validation sind mit jeweils 0,99 nahezu ideal. Auch für die Schätzung der Gehalte der Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein, Threonin und Arginin in Luzerne und Rotklee konnten zufriedenstellende Kalibrationsgleichungen erstellt werden. Die Regressionskoeffizienten von Kalibration und Validation mit Werten von 0,97 und 0,98 für diese Aminosäuren zeigen die Güte der Kalibration.

Tabelle 3.1.5-57: Statistische Kennzahlen der NIRS-Kalibrationen zur Schätzung der Rohprotein- und Aminosäuregehalte: SEE=Standardfehler der Kalibration (Estimation), SEP=Standardfehler der Validation (Prediction), R_{Kal}=Regressionskoeffizient der Kalibration, R_{Val}=Regressionskoeffizient der Validation, n_{Kal}=Probenanzahl im Kalibrationsdatensatz, n_{Val}=Probenanzahl im Validationsdatensatz

Parameter	n _{Kal} /n _{Val}	Spannweite (g kg ⁻¹ T)	SEE	SEP	R _{Kal}	R _{Val}
Rohprotein	2300/1100	153 - 359	4,7	4,8	0,99	0,99
Lysin	954/480	8,2 – 20,6	0,52	0,54	0,97	0,97
Methionin	966/474	2,1 – 6,0	0,15	0,15	0,97	0,97
Cystein	966/462	1,4 – 4,5	0,17	0,17	0,97	0,97
Threonin	934/468	7,2 – 17,1	0,31	0,31	0,98	0,98
Arginin	968/458	7,1 – 19,0	0,45	0,45	0,98	0,98

3.1.6 Fazit Pflanzenbau (K. BECKER, S. WITTEN, H. BÖHM, K. AULRICH)

Die pflanzenbaulichen Untersuchungen im Rahmen des Vorhabens „Grünleguminosen als Eiweiß- und Raufuttermittel in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung“ an Luzerne und Rotklee haben gezeigt, dass es möglich ist, mit der Blattmasse von Grünleguminosen in Bezug auf Rohproteinkonzentration und Aminosäurezusammensetzung qualitativ hochwertige Komponenten für die Fütterung von Monogastriern bereitzustellen. Die Blattmasse von Luzerne und Rotklee ist bezogen auf die Rohproteinkonzentration vergleichbar mit der von Ackerbohnen. Im Rohprotein der geprüften Grünleguminosen Luzerne und Rotklee sind jedoch weniger Lysin und Arginin und im Rotklee auch weniger Cystein enthalten. Die Aminosäuren Methionin und Threonin waren im Rohprotein beider Grünleguminosen im Vergleich zu Ackerbohnen und in der Luzerne auch im Vergleich zu Sojabohnen erhöht. In den pflanzenbaulichen Versuchen war die Luzerne dem Rotklee bezüglich der Inhaltsstoffe und dem Ertrag überlegen.

Pflanzenbauliche Vorteile der Grünleguminosen gegenüber Körnerleguminosen bestehen in Hinsicht auf eine einfachere Unkrautunterdrückung und einer höheren Fruchtfolgeleistung in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit. Unter den bei dem vorliegenden Projekt herrschenden Witterungsbedingungen war das Etablieren der Grünleguminosen zum Teil mit Schwierigkeiten verbunden, sodass z.B. mehrere Pflegeschnitte notwendig waren. Da aber an allen Versuchstandorten nur ein Ansaatjahr für die Grünleguminosen vorgesehen war, ist dies nicht über zu bewerten. Dennoch konnten mit dem Blatt von Luzerne und Rotklee Rohproteinerträge von bis zu 2 t ha⁻¹ erreicht werden. Dies übertrifft den Rohproteinertrag der Sojabohne, die bei einem angenommenen Gesamtertrag von 3,5 t ha⁻¹ einen Rohproteinertrag von ca. 1,4 t ha⁻¹ liefert. Auch der Lysinertrag sowie der Ertrag an Methionin und Cystein der Sojabohne wird in der Regel von dem in Rotklee- und Luzerneblättern übertroffen. Dabei ist in Betracht zu ziehen,

dass der Ertragsvorteil der Futterleguminosen mit mehreren Einzelernten (Schnitten) erzielt wird, während das Korn der Körnerleguminosen mit einem Erntevorgang gewonnen wird (Mähdrusch).

In den Luzerne- und Rotklee-Sortenversuchen konnten Unterschiede zwischen den Sorten der jeweiligen Grünleguminosenart beobachtet werden, die allerdings durch mehrere äußere Faktoren überlagert wurden. So ist der Einfluss des Standortes inklusive des Managements und der Witterung sowie der Einfluss des einzelnen Schnittes groß. Um regionale Empfehlungen aussprechen zu können bedarf es langfristiger regional verankerter Versuche, in denen neben den Ertragsleistungen auch der Blattanteil sowie die Rohprotein- und Aminosäurenkonzentration betrachtet werden.

In einem System mit erhöhter Schnitffrequenz konnte im Zusammenhang mit einem höheren Gesamtertrag eine größere Menge an Rohprotein und Aminosäuren geerntet werden. Allerdings war in Bezug auf die Rohproteinkonzentration sowohl bei Luzerneblatt als auch bei Rotkleeblatt kein klarer Trend erkennbar, in welchem Schnitt, an welchem Standort oder in welchem Jahr höhere Konzentrationen an Rohprotein zu erwarten sind. Dasselbe galt für die Konzentrationen von Lysin, Methionin und Cystein, während die Konzentrationen von Threonin und Arginin bei erhöhter Schnitffrequenz etwas erhöht waren. Der Mehraufwand bei dem System mit erhöhter Schnitffrequenz liefert zwar einen erhöhten Jahresertrag, schlägt sich aber nicht in einer vorhersagbaren höheren Qualität in den Einzelschnitten nieder. Es wäre zukünftig zu prüfen, ob eine noch höhere Schnittnutzungsfrequenz sinnvoll wäre.

Die Düngungsversuche bei Rotklee und Luzerne haben gezeigt, dass neben dem Biomasseertrag der Grünleguminosen auch die Konzentration an Rohprotein sowie die Konzentration wertgebender Aminosäuren im Erntegut durch die Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen beeinflusst wird. Eine standortbezogen optimierte Nährstoffversorgung ist neben anderen Wachstumsfaktoren Grundlage dafür, mit dem Blatt von Grünleguminosen ein hochwertiges Eiweißfuttermittel für die Geflügel- und Schweinefütterung erzeugen zu können. Im Vergleich zur ungedüngten Variante zeigten sich die deutlichsten Unterschiede besonders im zweiten Nutzungsjahr. Einerseits nahmen die Leistungen in den ungedüngten Parzellen ab, was mit einem Verbrauch von Nährstoffen im ersten Nutzungsjahr erklärt werden kann, andererseits stiegen die Leistungen in den gedüngten Parzellen im Laufe der Versuchszeit an, was ein Hinweis darauf ist, dass eine gewisse Zeit benötigt wird, bevor die Pflanzen sich die angebotenen Nährstoffe erschließen können. Um eine Aussage darüber treffen zu können, bis zu welchem Punkt durch die Nährstoffversorgung die Qualitäten von Grünleguminosen noch gesteigert werden können, müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Um pflanzenbauliche Versuche zukünftig einfacher bewerten zu können, bieten sich die erfolgreich etablierten NIRS-Kalibrationen zur Vorhersage der Rohprotein- und Aminosäuregehalte in Luzerne- und Rotkleeblatt an.

3.2 Untersuchungen zur Blatt-Stängeltrennung und Konservierung von Grünleguminosen (Arbeitspaket Verfahrenstechnik (AP-Technik)) (J. MAXA, P. LIEBHARDT, S. THURNER)

Während der gesamten Projektlaufzeit wurden im Rahmen des Arbeitspakets „Technik“ unterschiedliche Verfahren zur Blatt-/Stängeltrennung und Konservierung von Luzerne und Rotklee erprobt und bewertet. Die Verfahren 1-3 und 4-5 wurden im Rahmen zweier eigenständiger Großparzellenexaktversuchsreihen über mehrere Jahre getestet und werden folgend in zwei separaten Kapiteln 3.2.1 und 3.2.2 im Detail beschrieben. Darüber hinaus wurden Untersuchungen zur stationären Trennung der Luzerneblätter von den Stängeln in der Qualitätstrocknung Nordbayern eG am Standort in Wechingen (Kapitel 3.2.1) sowie zur separaten Ernte der oberen Teile der Luzernepflanze in Kleinparzellenversuchen (Kapitel 3.2.3) durchgeführt.

3.2.1 Verfahren 1-3

Dieses Kapitel beinhaltet die Vorgehensweise und Ergebnisse der Versuche zu folgenden Verfahren:

- **Verfahren 1 (V1)** → Ernte stehend im Feld, Trennung von Blattmasse und Stängel mittels Abstreifen der Blätter im stehenden Bestand und anschließender Heißlufttrocknung.
- **Verfahren 2 (V2)** → „Eingrasen“ der Grünleguminosen als Ganzpflanze mit anschließender Heißlufttrocknung, Trennung von Blattmasse und Stängel mittels Häckseln und anschließender technischer Trennung in einer Sichtenanlage.
- **Verfahren 3 (V3)** → Mähen und Vorwelken der Grünleguminosen am Feld, Trocknung in einer Heubelüftungsanlage und anschließende Trennung von Blattmasse und Stängel wie bei V2.

3.2.1.1 Vorgehensweise

- **Verfahren 1 (V1)** → An bestimmten Schnittterminen der Jahre 2017-2019 stand der erste Prototyp (MRF1) der Technik des französischen Herstellers Trust'Ing zur Verfügung. Mit diesem Prototyp, der an der Dreipunkthydraulik eines Schleppers angebaut wurde (aus diesem Grund ist die rückwärtige Fahrrichtung nötig) und mittels Fingerwalze die Blattmasse von den Stängeln aus dem stehenden Bestand abstreifte, konnten die Luzerneblätter direkt am Feld getrennt geerntet werden (Abbildung 3.2.1-1). Die Blattmasse wurde dabei mittels eines Förderbands und Wurfbeschleunigers auf ein daneben fahrendes Transportfahrzeug befördert. Die Stängel wurden erst in einem nachfolgenden Arbeitsschritt abgemäht. Die Arbeitsbreite des Prototyps betrug ca. 3,25 m (Gesamtbreite ca. 3,55 m) und er hatte ein Gesamtgewicht



Abbildung 3.2.1-1: Einsatz des Verfahrens 1 (MRF1) bei der Rotkleeblatternte (links); mit dem Verfahren 1 abgestreifte Luzernestängel (rechts) im Vergleich zum Ausgangsbestand.

von ca. 3 t. Laut Hersteller ist eine Arbeitsgeschwindigkeit bis ca. 10 km/h möglich, während der Versuche wurde die Arbeitsgeschwindigkeit jedoch aufgrund der Bestandsdichte und der Masse an zu beförderndem Material auf ca. 5 km/h reduziert. Aufgrund der Prototypenmaße war der Transport aufs Feld nur mit einer Genehmigung und via Schwertransport möglich. Mit dieser Prototypenmaschine wurden während der Projektlaufzeit Luzerne- und Rotkleetrockenblatt für die Fütterungsversuche des Arbeitspakets Futter und Fütterung (AP-Tier) hergestellt. Die Trocknung und Pelletieren der Luzerne- und Rotkleeblätter erfolgte in einer Heißlufttrocknungsanlage (Futtertrocknung Lamerdingen eG). Zum Projektbeginn stand dem AP-Technik weiterhin noch ein Versuchsprototyp der gleichen Firma mit einer Arbeitsbreite von ca. 40 cm zur Verfügung. Dieser wurde hinter einem Schlepper gezogen und diente zur Produktion von kleineren Mengen von Luzerne- und Rotkleeblatt für die Anfangsphase der Fütterungsversuche. Das weitere Material für die Fütterungsversuche wurde mit dem ersten Prototyp (MRF1) im AP-Technik geerntet, konserviert und an die Projektpartner geliefert bzw. diesen bereitgestellt (Abbildung 3.2.1-2).

- **Verfahren 2 und 3 (V2, V3)** → Bei V2 wurde die Luzerne als Ganzpflanze gemäht, kurz angewelkt und mit ca. 30 % Trockenmasse- (TM-) Gehalt geerntet und anschließend in einer Trocknungsanlage heißluftgetrocknet und in Ballen gepresst. Alternativ, wie bei V3, kann das



Abbildung 3.2.1-2: Einsatz eines Mähaufbereiters mit Schwadfunktion (links) bei der Luzerneernte; stationäre Separierung der Luzerne in verschiedene Fraktionen in der Futteraufbereitungsanlage in Wechingen (rechts).

Material auch mit einer Heubelüftungsanlage schonend getrocknet werden, dafür muss der Anwelkgrad der Pflanze jedoch höher sein (ca. 60 % TM-Gehalt), wodurch ein mehrmaliges Wenden erforderlich war. Im späteren Prozess, nach einer Mindestlagerperiode, erfolgte die Blatt-Stängel-Trennung mittels Sichtanlage. Wenn das Material aus einer Heutrocknung stammt, dann musste es vor dem Sieben erst gehäckselt werden. Das Prinzip der V2 existiert derzeit nur für Luzerne bei der Qualitätstrocknung Nordbayern eG am Standort in Wechingen (Abbildung 3.2.1-2).

Großtechnologische Exaktversuche der Verfahren 1-3

Die großtechnologischen Exaktversuche der Verfahren 1-3 waren von der Verfügbarkeit des Prototyps für V1 abhängig und fanden somit an folgenden Schnittterminen statt: 3. Schnitt 2017, 1. und 3. Schnitt 2018, 1. Schnitt 2019. Der Standort mit jeweils 4 Großparzellen bzw. Wiederholungen (Parzellengröße 200 m²) pro Variante und Feldfrucht (Luzerne; Sorte Plato und Katera sowie Rotklee: Sorte Titus und Taifun) befand sich in Kirchdorf a. d. Amper. Die

Entwicklungsstadien der Pflanzen lagen an den Schnitterminen zwischen Knospenstadium bis Blüte (BBCH-Skala 55 - 65).

Die Exaktversuche dauerten jeweils 3 Tage: am ersten Tag wurden Luzerne- und Rotkleeblätter der V1 geerntet. Die verbleibenden Stängel wurden im weiteren Arbeitsschritt zusammen mit der Ganzpflanze der V2 und V3 gemäht. Am zweiten Tag wurde das abgemähte Material aller Verfahren gezettet und das Material für V2 im späteren Verlauf bei ca. 30 % TM-Gehalt geschwadet und mit einem Ladewagen geerntet. Am letzten Tag wurde das Material für V3 am Vormittag früh gewendet und später ähnlich wie für V2 geschwadet und mit einem Ladewagen geerntet (Ziel-TM-Gehalt war 60 %). Ähnlich wurden am letzten Tag auch die Stängel der V1 geerntet. Vor der Ernte sowie nach jedem Bearbeitungsschritt wurden Proben des Pflanzenmaterials entnommen, die für die Bestimmung der TM-Gehalte und des Blattanteils sowie für weitere detaillierte Laboranalysen des AP-Analytik (TI-Analytik) bestimmt waren. Das in den jeweiligen Großparzellen geerntete Material (Blatt und Stängel des V1 sowie Ganzpflanze der V2 und V3) wurden separat gewogen und das Gewicht für die Ertragsberechnung herangezogen.

Untersuchungen zu den stationären Blatt-/Stängeltrennungsprozessen bei Luzerne

In Bezug auf die Trennungsprozesse bei V2 und V3 wurden im Jahr 2018 zusammen mit der Qualitätstrocknung Nordbayern eG, am Standort Wechingen erste Untersuchungen gestartet. Diese wurden im Jahr 2019 fortgesetzt und beinhalteten Datenerhebungen bei der Luzerneernte und während der Trennungsprozesse am Standort in Wechingen (V2) sowie Datenerhebungen bei der Luzerne- und Rotkleeernte in Kirchdorf a. d. Amper (V3) mittels Rundballen und einer Ballentrocknungsanlage bei einem Praxisbetrieb (Heubelüftung). Die Trocknungs- und Trennungsprozesse bei der Qualitätstrocknung Nordbayern eG bestehen aus folgender Arbeitsschritten: Heißlufttrocknung, Häckseln und Pressen des Luzernegutes, Einlagerung der Ballen über mehrere Wochen (dient zur Homogenisierung des TM-Gehalts und zur Beendigung mikrobieller Prozesse im getrockneten Luzernegut), Trennen der Partien der eingelagerten Ernteprodukte mittels Sichtanlage in drei Fraktionen (Blatt, Kurzstroh und Langstroh) sowie Materialreste (im Form von geringen Mengen an Staub). Die Rundballen wurden vor dem Transport zur Qualitätstrocknung Nordbayern eG aufgelöst und mit einem Feldhäcksler gehäckselt. Der separierte Blattanteil wird mithilfe einer Pelletpresse in das Endprodukt Cobs verarbeitet, die beiden Kurz- und Langstrohfraktionen werden als Nebenprodukt Luzernestroh z. B. als Pickblöcke für Geflügel vermarktet.

3.2.1.2 Ergebnisse und Diskussion

Großtechnologischer Exaktversuche der Verfahren 1-3

Ein Vergleich aller drei Verfahren in Bezug auf den TM-Ertrag, Blattgehalt im Erntegut und Rohproteingehalt auf dem Feld aus den großtechnologischen Exaktversuchen ist in Tabelle 3.2.1-1 dargestellt. Der durchschnittliche Rohproteingehalt im Ausgangsmaterial auf dem Feld über alle Versuchsjahre beider Pflanzenarten war ähnlich: Luzerne 21,5 % und Rotklee 21,3 % jeweils in der TM, wobei im 3. Schnitt 2017 aufgrund der verspäteten Ernte der durchschnittliche Rohproteingehalt zwischen 16,9 - 18,7 % in der TM variierte. Die höchsten TM-Erträge (frei Feld) über alle Schnitte lieferte V2 im Vergleich zu V1 und dem Verfahren V3 (Verluste durch Zetten und mehrmaliges Wenden des Materials auf dem Feld). Damit verbunden war auch der höchste Rohproteinertrag frei Feld, der somit ebenfalls mithilfe des Verfahrens V2 im Vergleich zu V1 und V3 erzielt werden konnte. Erklärt werden die größeren Blattverluste beim Verfahren V3 mit den höheren Bröckelverlusten bei der längeren Feldliegezeit und den notwendigen häufigeren Wendevorgängen sowie der nachfolgenden Bergung des Materials bei

einem höheren TM-Gehalt (obwohl der realisierte TM-Gehalt bei der Ernte aufgrund des Witterungsverlaufs unter dem angestrebten Niveau von 60 % lag). Die höheren Blattverluste sind gleichzeitig auch die Erklärung für den niedrigeren Rohproteingehalt des geernteten Materials. Beim Verfahren V1 lassen sich die höheren Blattverluste durch Verluste beim Abstreifen der Blätter je nach Aufwuchs- und Erntebedingungen (abgetrockneter Bestand, nasser Bestand) sowie anhand verschiedener (teils nicht immer konstant einhaltbarer) technischer Bedingungen (Umdrehungsgeschwindigkeit der Walze und Vorfahrtsgeschwindigkeit) erklären. Bei V1 wurden zusätzlich die Stängel nach der Blatternte vom Schlepper in den Spuren niedergedrückt was auch die spätere Ernte der Stängel negativ beeinflusste. Vorteilhaft bei dem V1 war die direkte Trennung der Blätter auf dem Feld (wobei das Erntegut immer noch bis zu ca. 27 % Luzerne- und 18 % Rotkleestängel von den oberen Pflanzenteilen beinhaltete). Dagegen benötigen V2 und V3 nur herkömmliche Erntetechnik, aber die Blatt-Stängel Trennung kann nur stationär erfolgen, wobei diese Trennungseinrichtungen derzeit noch sehr selten für die Praxis verfügbar sind.

Tabelle 3.2.1-1: Mittlere Trockenmasse- (TM-) Erträge in dt ha⁻¹ (Standardabweichung in dt ha⁻¹), Blattanteile und Rohproteingehalte in % (Standardabweichung in %) pro Schnitt bei Luzerne und Rotklee frei Feld der Verfahren 1-3 aus den großtechnologischen Exaktversuchen der Jahre 2017-2019.

Luzerne			
Verfahren	TM-Ertrag [dt ha⁻¹]	Blattanteil [%]	TM-Rohproteingehalt [%]
V1 Blatt	11,8 ^{a1} (1,1)	73 ^a (3)	26,5 ^a (1,6)
V1 Stängel	10,7 ^a (1,2)	21 ^b (4)	15,1 ^b (2,1)
V1 Gesamt	22,5 ^b (2,0)	48 ^c (4)	-
V2	34,0 ^c (2,9)	41 ^c (2)	20,4 ^{a,b} (1,4)
V3	29,8 ^{b,c} (2,2)	32 ^d (2)	18,3 ^b (1,9)
Rotklee			
Verfahren	TM-Ertrag [dt ha⁻¹]	Blattanteil [%]	TM-Rohproteingehalt [%]
V1 Blatt	9,9 ^a (1,0)	82 ^a (2)	26,9 ^a (1,3)
V1 Stängel	11,1 ^a (1,9)	27 ^b (3)	16,5 ^b (1,8)
V1 Gesamt	21,0 ^b (2,7)	55 ^c (4)	-
V2	32,9 ^c (3,6)	47 ^c (3)	20,3 ^b (1,1)
V3	30,8 ^c (2,7)	38 ^d (3)	18,9 ^b (1,2)

¹a, b, c, d P≤0,05

Im Rahmen des Projekts wurden vom AP-Analytik (TI-Analytik) die Rohproteingehalte und die Gehalte von 17 Aminosäuren im Erntematerial von Luzerne und Rotklee analysiert. In der folgenden Tabelle 3.2.1-2 sind die, in Bezug auf die Schweine- und Geflügelfütterung wichtigsten Aminosäuren Lysin und Methionin zusammen mit Cystein sowie Threonin dargestellt. Vergleichsweise ähnliche Lysin- und Methioningehalte wurden innerhalb der Verfahren und zwischen beiden Pflanzenarten erzielt.

Tabelle 3.2.1-2: Mittlerer Lysin (Lys)-, Methionin (Met)-, Cystein (Cys)- und Threonin-gehalt (Thr)- in der Trockenmasse (TM-) in g kg⁻¹ pro Schnitt bei Luzerne und Rotklee frei Feld der Verfahren 1-3 aus den großtechnologischen Exaktversuchen der Jahre 2017-2019.

Verfahren	Luzerne				Rotklee			
	Lys	Met	Cys	Thr	Lys	Met	Cys	Thr
V1 Blatt	16,3 ^{a1}	4,5 ^a	3,4 ^a	12,4 ^a	16,1 ^a	4,3 ^a	2,7 ^a	13,0 ^a
V1 Stängel	8,3 ^b	2,2 ^b	1,9 ^b	6,4 ^b	8,9 ^b	2,3 ^b	1,6 ^b	7,1 ^b
V2	11,7 ^b	3,1 ^b	2,6 ^b	9,0 ^b	11,4 ^b	3,0 ^b	2,1 ^b	9,0 ^b
V3	10,2 ^b	2,7 ^b	2,3 ^b	8,1 ^b	10,2 ^b	2,7 ^b	1,9 ^b	8,2 ^b

¹a, b P≤0,05

Untersuchungen zu den stationären Blatt-/Stängeltrennungsprozessen bei Luzerne

Im Vergleich zur Blatt-/Stängeltrennung direkt auf dem Feld, die sich im Fall des V1 noch im Prototypenstadium befinden, existiert, obwohl selten, die Möglichkeit einer stationären Gewinnung der Luzerneblätter z. B. durch ein Siebverfahren in der Trocknungsanlage der Qualitätstrocknung Nordbayern eG am Standort in Wechingen. Ein ähnliches Verfahren für Rotklee existiert bis dato nicht. Üblicherweise wird auf dem Standort leicht angewelkte Luzerne als Ganzpflanze verarbeitet was dem im Projekt getesteten V2 am ehesten entspricht. Da das Erntematerial kurz nach dem Mähen zur Heißlufttrocknungsanlage abtransportiert wird, kommt es hier, im Vergleich zu den anderen Verfahren, zu geringeren Bröckelverlusten insbesondere von Luzerneblättern auf dem Feld. Alternativ wurde im Rahmen des Projekts die Luzerne als Ganzpflanze nach dem Anwelken auf dem Feld ähnlich wie bei V3 auch in Rundballen gepresst und mit einer Heubelüftungsanlage getrocknet sowie gehäckselt zur Trennung nach Wechingen transportiert. Dies wurde ebenfalls mit Rotkleeballen getestet, allerdings konnte das gehäckselte Rotkleeheu in der Sichtenanlage nicht zufriedenstellend getrennt werden.

Im Rahmen der Bachelorarbeit von P. Belle (2020) wurden die im Projekt gewonnenen Daten zur stationären Trennung der Luzerne ausgewertet. Daraus ergaben sich folgende Zusammenhänge, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Untersuchungen außerhalb der Termine der großtechnologischen Exaktversuche durchgeführt wurden, somit Praxisversuche waren und unterschiedliche Standorte erfassten:

- **Verfahren 2** → Beim V2 mit einem Rohproteingehalt im Ausgangsmaterial nach der Heißlufttrocknung von 16,9 % in der TM, wurde im Durchschnitt ein durch das Sieben erhöhter Rohproteingehalt von 22,2 % in der TM in den Cobs aus dem abgeseibten Luzernetrockenblatt am Ende des Verfahrens festgestellt. Beide Strohfraktionen enthielten einen Rohproteingehalt < 14,0 % in der TM. Der Anteil der Cobs- und Strohfraktionen war 42 % und 56 % der TM-Gesamtmenge. Der Materialrest bestand aus geringen Mengen an Staub.

- **Verfahren 3** → Der Rohproteingehalt der Cobs aus dem Material aus V3 lag im Durchschnitt bei 20,1 % in der TM. Die Strohfraktionen dagegen enthielten < 12,0 % Rohprotein in der TM bei 15,8 % Rohprotein in der TM des Ausgangsmaterials nach der Warmlufttrocknung. Der Anteil der Cobs- und Strohfraktion betrug 45% und 55 % von der TM-Gesamtmenge.

3.2.2 Verfahren 4-5

Dieses Kapitel beinhaltet die Vorgehensweise und Ergebnisse der Versuche zu folgenden Verfahren, die überwiegend in der Projektverlängerungsphase untersucht wurden:

- **Verfahren 4 (V4)** → Mähen und Vorwelken der Luzerne am Feld mit nachfolgender Trennung von Blattmasse und Stängel mit Hilfe eines angepassten Mähdreschers.
- **Verfahren 5 (V5)** → Mähen der Pflanzenspitzen mit hohem Eiweißgehalt als Alternative zur Blatt-/Stängeltrennung, Konservierung der Pflanzenspitzen ebenfalls mittels Heißlufttrocknung.

3.2.2.1 Vorgehensweise

- **Verfahren 4 (V4)** → Hierbei handelte es sich um einen Mähdrescher, der zur Ernte von angewelkten Luzerneblättern von der Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden und der Firma Brand Landtechnik GmbH aus Beilngries im Rahmen des Projekts „Protein Regional – LuzerneKlee/ Nachrüstsatz für einen Mähdrescher zur Ernte der eiweißreichen Blätter von Kleepflanzen“ gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (FKZ: 16KN043325) umgebaut und optimiert wurde (Abbildung 3.2.2-1). Hierzu stand speziell die Ausleerung des Korntanks, die Aufnahme des Anwelkgutes sowie Tests verschiedener Siebe und Arbeitsgeschwindigkeiten (ca. 3 km/h) im Vordergrund. Großer Vorteil bei dieser Technik ist, dass unter der Voraussetzung von guten Wetterbedingungen, die Lagerfähigkeit des geernteten Blattmaterials, das beim Dreschvorgang von den Stängeln getrennt wird, direkt gegeben ist. Dazu wird ein TM-Gehalt, der auf dem Feld angewelkten Luzerne von ca. 65 % benötigt. Um möglichst wenig Blätter durch den relativ langen Anwelkprozess zu verlieren, wird die Ablage der Luzerne beim Mähen auf einem breiten Schwad empfohlen. Darüber hinaus ist wetterabhängig an den folgenden Tagen nur ein einmaliges Wenden des Materials zielführend. Für eine bessere Handhabung im Handel und bei den Weiterverarbeitern wie den Futtermischwerken, wird eine Pelletierung des vom Mähdrescher getrennten Blattmaterials z. B. in Form von Cobs empfohlen, da ein Abfüllen des Materials in Bigpacks mit Schwierigkeiten verbunden war. Wann und ob ein Umbausatz und eine Umbauanleitung für den Mähdrescher für die Landwirte konkret verfügbar sein wird, ist derzeit noch nicht abzusehen.

- **Verfahren 5 (V5)** → Im Jahr 2019 wurde auf der Agritechnica ein innovatives Gerät der Firma



Abbildung 3.2.2-1: Einsatz eines angepassten Mähdreschers zur Ernte von Luzerneblättern (Pick-up im Detail rechts).

Zürn Harvesting GmbH & Co. KG mit der Bezeichnung „Top Cut Collect“ vorgestellt. Dieses wurde ursprünglich für die mechanische Unkrautkontrolle bei Resistenzproblemen oder chemiefreien Ackerbaustrategien entwickelt. Das horizontale Doppelmessermähwerk mit Haspel, Querförderband und einem Sammelbunker (Volumen ca. 7 m³) eignet sich sehr gut für einen

„Hochschnitt“, bei dem die Pflanzenspitzen und somit die Pflanzenteile mit höherem Eiweißgehalt separat, ohne Trennung von Blatt und Stängel, geerntet werden können (Abbildung 3.2.2-2). Zurzeit sind Varianten mit 9 und 12 m und in Kürze eventuell auch mit 18 m Arbeitsbreite (Transportbreite unter 3 m) auf dem Markt erhältlich. Die Schnitthöhe kann zwischen 30 – 160 cm variiert werden. Im Rahmen der Versuche war eine Schnitthöhe ab 20 cm möglich. Die geernteten Pflanzenspitzen müssen nach der Ernte direkt in einer Heißlufttrocknung getrocknet und z. B. zu Cobs verarbeitet werden. Der Rest der Pflanze kann nach dem Hochschnitt abgemäht, angewelkt und z. B. in einer Heiß- oder Warmlufttrocknung weiterverarbeitet werden, oder unter bestimmten Voraussetzungen zum Nachwachsen stehen gelassen werden.

Großtechnologische Exaktversuche der Verfahren 4-5



Abbildung 3.2.2-2: Einsatz der Top Cut Collect Maschine der Firma Zürn Harvesting bei der Ernte von Luzernespitzen (oben) mit Ausleeren des Sammelbunkers und vorbereitet für den Straßentransport hydraulisch zusammengeklappt (unten).

Die großtechnologischen Exaktversuche der Verfahren 4-5 waren von der Verfügbarkeit des V5 abhängig und fanden somit zum gleichen Zeitpunkt an folgenden zwei Schnittterminen statt: 1. Schnitt 2020 und 1. Schnitt 2021. Die Standorte mit Luzerne (Sorte Verko) und jeweils 4-6 Großparzellen bzw. Wiederholungen (200-264 m²) pro Variante befanden sich in Pollanten (Jahr 2020) und Matzenhof (Jahr 2021). Die Entwicklungsstadien der Pflanzen lagen an den Schnittterminen zwischen dem Stadium kurz vor der Knospe und Knospe (BBCH-Skala 51 – 55).

Die Exaktversuche dauerten bis zu 5 Tage: bei V4 wurde die Luzerne abgemäht und auf einem breiten Schwad abgelegt. Die Mähdrescherernte mit der Trennung von Blatt und Stängeln

wurde erst nach vier (im Jahr 2021 aufgrund der Wetterlage erst nach fünf Tagen) durchgeführt. In der Zwischenzeit wurde der Schwad üblicherweise nur einmal (im Jahr 2020 zweimal) pro Tag gewendet, um die Blattverluste möglichst gering zu halten und den für die Ernte angestrebten TM-Gehalt von 65 % zu erhalten. Bei V5 wurde am ersten Tag mit der Top Cut Collect Maschine der Hochschnitt (das obere Drittel der Pflanze wurde abgemäht) durchgeführt. Die Pflanzenreste (die unteren zwei Drittel der Pflanze) wurden am 1. Tag in einem zweiten Bearbeitungsschritt abgemäht und am dritten Tag nach zwischenzeitlichem Zetten und Wenden geschwadet und bei einem TM-Gehalt von ca. 60 % mit einem Ladewagen geerntet. Im Jahr 2020 wurde V5 um eine weitere Variante erweitert: es wurden auf 4 Parzellen Pflanzenreste zum Nachwachsen stehen gelassen und erst nach dem Wiederaustrieb entweder nochmals mittels Hochschnitt oder als Ganzpflanze geerntet.

Neben der gleichzeitigen Erprobung des V4 und V5 im Rahmen der Versuche wurde V4 außerhalb der oben genannten Termine an weiteren Terminen in den Jahren 2019 und 2020 zusätzlich erprobt. Der Versuchsablauf fand in ähnlicher Weise statt, die Beprobung der Versuche erfolgte jedoch in geringerem Ausmaß. Die Rohrnährstoff- und Aminosäure-Analysen wurden vom AP-Analytik (TI- Analytik) durchgeführt.

3.2.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Großtechnologische Exaktversuche der Verfahren 4-5

Die Tests für beide Verfahren waren vielversprechend. Es wurde festgestellt, dass Luzernepflanzenspitzen ebenfalls, wie die bisher geernteten Blätter, einen sehr hohen Anteil an Eiweiß und essenziellen Aminosäuren aufweisen. Der Rest der Pflanze kann weiterhin als qualitativ hochwertiges Produkt für Wiederkäuer verwendet werden. Im Vergleich zu V4 muss jedoch mit geringeren TM-Erträgen aus den Pflanzenspitzen und der zusätzlich notwendigen Trocknung des Erntematerials in einer Heiß- oder Warmlufttrocknung gerechnet werden (Tabelle 3.2.2-1).

Mit dem Verfahren 5 kann somit die anfänglich angestrebte, aufwendige Trennung der Leguminosenblätter von den Stängeln entfallen. Das Verfahren 4 zeigte zwar einen geringeren Anteil an Eiweiß im Erntematerial, dagegen konnten aber höhere TM-Erträge und die direkte Lagerfähigkeit des geernteten Materials – das Blattmaterial aus dem Korntank hatte unter optimalen Erntebedingungen (im Jahr 2020) einen TM-Gehalt von > 88 % – erreicht werden. Somit lässt sich mit dem Verfahren 4 die kosten- und energieintensive Trocknung des Ernteguts (unter guten Wetterbedingungen bei der Ernte) vermeiden, die auch nur in bestimmten Regionen und somit nicht flächendeckend zur Verfügung steht.

Während der Luzernebestand des 1. Schnitts 2020 unter starker Trockenheit litt (niedriger Bestand aber gute Trocknungsbedingungen auf dem Feld), war der Luzernebestand auf der zweiten Versuchsfläche dicht entwickelt aber mit geringerem Anteil an Blättern im Verhältnis zu den Stängeln (55 % Blatt im Jahr 2020 versus 42 % Blatt im Jahr 2021; Blätter waren im Jahr 2021 aufgrund der Bestandsdichte unproportional und somit nur in den oberen Teilen der Pflanze vorhanden). Ebenfalls waren im zweiten Jahr die Trocknungsbedingungen auf dem Feld relativ schlecht (nasser Bestand bei der Ernte mit V5, lange Trocknungsdauer bei V4). Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse in den Tabelle 3.2.2-1 und Tabelle 3.2.2-2 für jedes Versuchsjahr separat dargestellt.

Für die Ermittlung der Blattanteile speziell im Korntank des V4 wurde während des Projekts ein NIRS-Kalibrationsmodell mit hoher Qualität erstellt (Genauigkeit ± 6 Prozentpunkte). Mit dieser NIRS-Kalibration wurden schließlich alle Fraktionen aus der Technikerprobung der Ver-

fahren 4 und 5 bezüglich des Blattanteils geschätzt und Aussagen zum Erfolg der Blattgewinnung bei dieser Variante getroffen. Die mittels NIRS-Schätzmodell ermittelten Blattanteile der jeweiligen Erntefractionen beider Verfahren sind ebenfalls in der Tabelle 3.2.2-1 aufgeführt.

Tabelle 3.2.2-1: Mittlere Trockenmasse- (TM-) Erträge in dt ha⁻¹ (Standardabweichung in dt ha⁻¹), Blattanteile und Rohproteingehalte in % (Standardabweichung in %) pro Schnitt bei Luzerne frei Feld der Verfahren 4-5 aus den großtechnologischen Exaktversuchen im Jahr 2020 und 2021 (unterschiedliche Standorte)

1. Schnitt 2020			
Verfahren	TM-Ertrag [dt ha ⁻¹]	Blattanteil ¹ [%]	TM-Rohproteingehalt ² [%]
V4 Blatt im Korntank	12,2 ^{a,3} (3,1)	81 ^a (3)	26,0
V4 Stängel	7,4 ^b (2,3)	0 ^b (4)	15,2
V5 Pflanzenspitzen	4,5 ^b (1,6)	78 ^a (9)	29,2
V5 Pflanzenreste	15,6 ^a (1,5)	30 ^c (6)	18,4
1. Schnitt 2021			
Verfahren	TM-Ertrag [dt ha ⁻¹]	Blattanteil [%]	TM-Rohproteingehalt [%]
V4 Blatt im Korntank	20,0 ^a (2,1)	56 ^a (4)	25,6
V4 Stängel	15,2 ^a (1,7)	0 ^b (4)	19,3
V5 Pflanzenspitzen	7,3 ^b (2,8)	86 ^c (5)	31,8
V5 Pflanzenreste	25,1 ^c (2,6)	13 ^d (3)	19,3

¹Blattanteile wurden mittels NIRS-Schätzmodell ermittelt.

²TM-Rohproteingehalt basiert auf Einzelwerten (Mischprobe aus allen Wiederholungen innerhalb eines Verfahrens und Schnitt).

³a, b, c, d P≤0,05

Weitere Vergleiche der zwei Verfahren in Bezug auf den Protein-, Lysin-, Methionin- Cystein- und Threonin-Gehalt der geernteten Fraktionen aus dem großtechnologischen Exaktversuch sind in den Tabelle 3.2.2-1 und Tabelle 3.2.2-2 dargestellt. Betrachtet man nur das Erntematerial im Korntank (V4) und von den Pflanzenspitzen aus dem Hochschnitt (V5), zeigte V4 zwar einen geringeren Anteil an Protein sowie Lysin und Methionin im Erntematerial, dagegen eindeutig höhere TM-Erträge. Beim V5 wird dagegen ausschließlich junges Material geerntet, was sich an den höheren Protein- und Aminosäuregehalten zeigte.

Weil der Luzernebestand zum 1. Schnitt 2020 in Pollanten unter starkem Einfluss einer Trockenheit litt, sind aufgrund der Erfahrungen für beide Verfahren unter optimalen Wetter- und Standortbedingungen noch höhere Eiweißgehalte im Erntematerial zu erwarten (wie im Jahr 2021 beim Verfahren 5). Der durchschnittliche Rohproteingehalt im Luzerne-Ausgangsmaterial auf dem Feld im Jahr 2020 war 22,6 % in der TM und im Jahr 2021 23,9 % in der TM. Interessante Analytikerggebnisse lieferten manuell in Blatt und Stängel getrennte Mischproben

des Bestandes (die Trennung erfolgte beim 1. Schnitt 2020 vom Projektpartner HSWT) im Vergleich zu den Mischproben aus dem Hochschnittmaterial: V5 wies ähnlich hohe Inhaltsstoffe auf wie das Blattmaterial aus der manuellen Blatztrennung (manuelle Blatztrennung: 29,9 % Rohprotein; 17,2 g kg⁻¹ Lysin und 4,9 g kg⁻¹ Methionin vs. Hochschnitt: 29,8 % Rohprotein; 17,2 g kg⁻¹ Lysin und 4,8 g kg⁻¹ Methionin jeweils in der TM).

Tabelle 3.2.2-2: Lysin (Lys)-, Methionin (Met)-, Cystein (Cys)- und Threoningehalt (Thr) in der Trockenmasse (TM-) in g kg⁻¹ pro Schnitt bei Luzerne frei Feld der Verfahren 4-5 aus den großtechnologischen Exaktversuchen im Jahr 2020 und 2021 (unterschiedliche Standorte)

Verfahren	1. Schnitt 2020				1. Schnitt 2021			
	Lys ¹	Met	Cys	Thr	Lys	Met	Cys	Thr
V4 Blatt im Korn-tank	13,2	3,8	3,0	11,1	12,9	3,4	2,9	11,0
V5 Pflanzenspit-zen	15,7	4,3	3,3	12,6	16,5	4,6	3,6	13,3

¹Aminosäuregehalte basieren auf Einzelwerten (Mischprobe aus allen Wiederholungen innerhalb eines Verfahrens und Schnitt).

Die geernteten Pflanzenreste des V5 erwiesen sich aus Sicht sowohl der Menge als auch des Proteingehalts als wertvolles Material, und können somit in der Wiederkäuerfütterung gut verwertet werden. Falls Pflanzenreste nach der Ernte mit der Top Cut Collect Maschine stehen bleiben (dies wurde mit vier Parzellen im Rahmen der Versuche durchgeführt), hängt das Nachwachsen der Pflanzen sehr von der Wetterlage der kommenden Wochen nach der Ernte ab. In unserem Fall hatten sich die Luzernepflanzen aufgrund von Trockenheit vor und nach der Ernte sogar vier Wochen nach dem Hochschnitt noch nicht erholt und somit keinen nennenswerten Zuwachs erzielt. Dagegen waren im gleichen Zeitraum die unten abgemähten Pflanzen schon wieder (auch trotz der Trockenheit) 20-25 cm gewachsen (Abbildung 3.2.2-3). An weiteren Schnittterminen wurde bei V4 (V5 war zu diesem Zeitpunkt nicht verfügbar) ein Rohproteingehalt des Blattmaterials im Kontakt von bis zu 29 % nachgewiesen. Die Stängel enthielten dabei immer noch bis zu 19 % Rohprotein (mit durchschnittlichen Rohfasergehalt von ca. 29 % in der TM).



Abbildung 3.2.2-3: Luzernebestand in einer Parzelle direkt nach dem Hochschnitt (links) und gleicher Bestand (innerhalb der blau markierten Parzelle) ca. 4 Wochen später (rechts) sowie der Luzernebestand nach normalem Schnitt (rechts, außerhalb der blau markierten Parzelle).

Das V5 funktionierte sehr gut bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von ca. 5-6 km/h unter der Voraussetzung eines trockenen Bestandes. Dabei wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Zürn Harvesting und der Futtertrocknung Lamerdingen in einem Praxistest auf einem gut entwickelten Luzernebestand ein Rohproteingehalt von 33 % in der TS des Hochschnittermaterials erzielt. Es sind jedoch einige Anpassungen an der Maschine für den Einsatz in der Luzerne im Bereich der Größe des Sammelbunkers, der Haspeln oder Lamellen des Schneidewerks und der Bereifung sowie Höhenführung nötig. Weiterhin bleiben Fahrspuren im Bestand, falls der Bestand im Bereich der Reifen nicht mit einem Frontmäherwerk im gleichen Arbeitsschritt abgemäht wird oder Fahrgassen angelegt wurden. Beide in diesem Kapitel beschriebenen Verfahren und das Verfahren bei der Qualitätstrocknung Nordbayern eG haben aus unserer Sicht die Perspektive sich in der Praxis zu etablieren bzw. eine weitere Verbreitung zu finden.

3.2.3 Weitere Untersuchungen zum Verfahren 5 bei Luzerne im Kleinparzellenversuch

Im Jahr 2019 wurde auch ein Vorversuch (Kleinparzellenversuch) zur Ernte von Luzernespitzen im sogenannten Hochschnittverfahren (V5) durchgeführt (Abbildung 3.2.3-1).



Abbildung 3.2.3-1: Kleinparzellenversuch zur Ernte von Luzernespitzen im Hochschnittverfahren aus dem Jahr 2019 (links) und 2020 (rechts).

Im diesem Versuch wurden insgesamt 9 Varianten mit 4 Wiederholungen und Schnitthöhen zwischen 20-40 % der Wuchshöhe der Luzerne (Sorte Katera, Standort Kirchdorf a. d. Amper)

untersucht. Im Jahr 2020 wurde der Versuch zur Ernte von Luzernespitzen auf einem anderen, nahen gelegenen Standort (Sorte Fleetwood) fortgeführt. Im Vergleich zum Versuch aus dem Jahr 2019 wurden insgesamt 6 Varianten (Va – Vf) mit 4 Wiederholungen und Schnitthöhen zwischen 20-40 % in Bezug zur Wuchshöhe der Luzerne weiterverfolgt (Abbildung 3.2.3-2). (Ein Schnitt bei 20 % bedeutet, dass bei einer Pflanzenhöhe von z. B. 100 cm der Schnitt auf 80 cm erfolgte und das oberhalb geerntete Material als Pflanzenspitzen bezeichnet wurde sowie das in einem zweiten oder späteren Arbeitsschritt unterhalb (10 bis 80 cm Wuchshöhe)) geerntete Material als Pflanzenreste.)

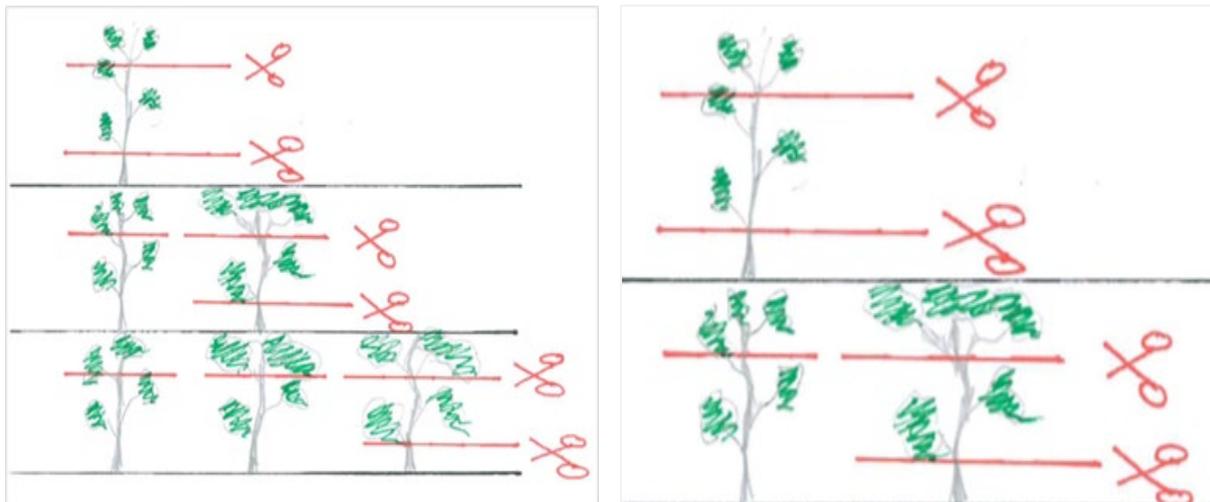


Abbildung 3.2.3-2: Schemazeichnung zu den Schnitthöhen und Schnittfrequenzen aus dem Kleinparzellenversuch zur Ernte von Luzernespitzen im Hochschnittverfahren aus dem Jahr 2019 (links) und 2020 (rechts).

Die Varianten g, h und i aus dem Jahr 2019, bei denen die Pflanze zweimal nach dem Hochschnitt nachwachsen sollte, wurden aufgrund der bisherigen Ergebnisse und dem beobachteten schlechten Austreiben der Pflanzen („krauses“ Austreiben der Seitentriebe, die zwar genügend Maße bildeten, die Austriebshöhe war jedoch niedrig und wäre in der Praxis maschinell nicht wirtschaftlich erntbar) nach dem zweiten Hochschnitt nicht mehr durchgeführt. Beide Versuchsreihen wurden über die gesamte Wachstumsperiode angelegt, diese beinhaltete insgesamt 4 Schnitte mit bis zu zwei sogenannten Zwischenschnitten (Zwischenschnitt bezeichnet einen Hochschnitt der Pflanzenspitzen ohne Schnitt der Pflanzenreste). Der Schnittzeitpunkt erfolgte überwiegend im Knospenstadium der Pflanzen. Alle aus den Versuchen gewonnene Proben bzw. Mischproben wurden u. a. detaillierten Laboranalysen des AP-Analytik (TI-Analytik) unterzogen.

Es wurden signifikante Unterschiede bezüglich aller erfassten Ertragsdaten zwischen den Versuchsjahren 2019 und 2020 (zwei unterschiedliche Standorte und Luzernesorten) festgestellt. Da der Bestand im Jahr 2020 von ungünstigen Standortbedingungen beeinflusst wurde, liegen diese Ergebnisse deutlich unter dem Niveau der Ergebnisse aus dem Jahr 2019. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der durchgeführten Zwischenschnitte bzw. Schnitte zwischen den Varianten, sind die Ertragsdaten (Durchschnittswerte beider Versuchsjahre) in den folgenden Tabelle 3.2.3-1 und Tabelle 3.2.3-2 nicht pro Schnitt, sondern für das gesamte Erntejahr dargestellt.

Nach Auswertung der Daten des Versuchs ergeben sich folgende Schlussfolgerungen (in Bezug auf die geernteten Pflanzenspitzen):

- **TM-Ertrag** → Im Hinblick auf die Erntemenge bei den Luzernespitzen, betrachtet für das gesamte Erntejahr, ergab die Variante mit einem Zwischenschnitt und dem Schnitt der Pflanzenspitzen aus den oberen 40 % der Wuchshöhe den höchsten TM-Ertrag (und somit auch den höchsten Rohproteinertrag). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die relativ hohen TM-Erträge u. a. auf die präzise Ernte der Pflanzenspitzen (insbesondere nach dem ersten Mal Nachwachsen) von Hand mit Akkuschere zurückzuführen sind. Bei Varianten ohne Zwischenschnitt ergab ebenfalls die Variante bei der die Pflanzenspitzen aus den oberen 40% der Wuchshöhe geerntet wurden die signifikant höchsten TM und somit auch Rohprotein-Erträge.

Tabelle 3.2.3-1: Mittlere Trockenmasse- (TM-) Erträge in dt ha⁻¹ (Standardabweichung in dt ha⁻¹), Blattanteile und TM-Rohproteingehalte in % (Standardabweichung in %) pro Jahr bei Luzerne-Pflanzenspitzen der Varianten a-f aus den Kleinparzellenversuchen der Jahre 2019-2020.

Variante	TM-Ertrag [dt ha ⁻¹]	Blattanteil ² [%]	Rohproteingehalt [%]
Va 20% Pflanzenspitzen	21,3 ^{a1} (9,2)	91 ^a (10)	27,8 ^a (2,9)
Vb 30% Pflanzenspitzen	35,8 ^{a,c,d} (8,4)	89 ^{a,b} (11)	27,4 ^a (2,4)
Vc 40% Pflanzenspitzen	57,1 ^b (11,4)	85 ^{b,d,e} (12)	27,0 ^a (2,6)
Vd mit Zwischenschnitt 20% Pflanzenspitzen	38,4 ^c (10,4)	89 ^{a,c} (7)	27,1 ^a (2,6)
Ve mit Zwischenschnitt 30% Pflanzenspitzen	48,2 ^{b,c,d} (15,2)	91 ^{a,e} (8)	27,4 ^a (2,4)
Vf mit Zwischenschnitt 40% Pflanzenspitzen	69,6 ^b (27,9)	88 ^{a,d} (8)	27,0 ^a (2,2)

¹a, b, c, d, e P≤0,05

²Blattanteile wurden mittels NIRS-Schätzmodell ermittelt.

- **Inhaltstoffe** → Pflanzenspitzen von den oberen 20 bis 40 % der Wuchshöhe beinhalteten gute Rohprotein- und Aminosäuregehalte. Bei der getrennten Betrachtung beider Versuchsjahre waren diese im Jahr 2019 sehr hoch: Rohproteingehalt (\bar{x} = 28,9 % ± 0,38; max. 33,6 % der TM), Lysin- (\bar{x} = 16,1 g kg⁻¹ ± 0,98; max. 18,77 g kg⁻¹ der TM) und Methioningehalt (\bar{x} = 4,4 g kg⁻¹ ± 0,23; max. 4,83 g kg⁻¹ der TM).

Tabelle 3.2.3-2: Mittlerer Lysin (Lys)-, Methionin (Met)-, Cystein (Cys)- und Threonin-gehalt (Thr) in der Trockenmasse (TM-) in g kg⁻¹ bei Luzerne-Pflanzenspitzen der Varianten a-f aus den Kleinparzellenversuchen der Jahre 2019-2020.

Variante	Lys	Met	Cys	Thr
Va 20%Pflanzenspitzen	15,9 ¹	4,2	3,2	12,3
Vb 30% Pflanzenspitzen	15,8	4,2	3,2	12,3
Vc 40% Pflanzenspitzen	14,9	4,0	3,1	11,9
Vd mit Zwischenschnitt 20% Pflanzenspitzen	15,5	4,1	3,1	12,2
Ve mit Zwischenschnitt 30% Pflanzenspitzen	15,6	4,1	3,1	12,1
Vf mit Zwischenschnitt 40% Pflanzenspitzen	15,5	4,2	3,2	12,3

¹ keine signifikanten Unterschiede im Aminosäuregehalt ($P > 0,05$) zwischen den Varianten

- **Austreiben der Pflanze** → Bei Varianten mit einem oder zwei Zwischenschnitten war das Nachwachsen der Pflanze von der Wetterlage der kommenden Wochen nach der Ernte abhängig, sodass es bei anhaltender Trockenheit und Hitze zu kompletten Ernteausfällen beim nachfolgenden Hochschnitt in Bezug auf die Pflanzenspitzen kommen konnte. Unter guten Standort- und Wetterbedingungen war nach dem ersten Zwischenschnitt nach ca. drei Wochen eine erneute Beerntung der Pflanzenspitzen möglich. Die Variante mit zwei Zwischenschnitten (Varianten g-i, getestet nur im Jahr 2019) eignet sich u. a. aufgrund des unregelmäßigen Nachwachsens der Pflanze nicht für den Praxiseinsatz.

- **Pflanzenreste** → Die Pflanzenreste ohne die abgemähten Pflanzenspitzen können als qualitativ hochwertiges Futter in der Wiederkäuerfütterung eingesetzt werden da im Durchschnitt noch ein Rohproteingehalt von 18,0 % der TM ($\pm 2,5$) enthalten ist. Der Anteil der Rohfaser in der TM der Pflanzenreste betrug im Durchschnitt über alle Varianten 30,9 % ($\pm 5,0$), wobei der Rohfaseranteil in den Pflanzenresten mit der Anzahl der durchgeführten Zwischenschnitte steigt.

3.3 Untersuchungen zum Einsatz von Grünleguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung (Arbeitspaket Futter und Fütterung (AP-Tier))

3.3.1 Grünleguminosetrockenblatt in der Sauenfütterung (D. WERNER, R. BUSSEMAS)

3.3.1.1 Einleitung und Fragestellung

Im Projektmodul „Fütterungsversuche mit Schweinen: Laktierende Sauen und abgesetzte Ferkel“ innerhalb des Gesamtprojektes soll anhand von Fütterungsversuchen geklärt werden, ob das Produkt „Trockenblatt“ als Komponente in Krafftutterationen für laktierende Sauen und ihre Ferkel bis zum Ende der Aufzucht in Kombination mit Raufutter zur Eiweißversorgung der Tiere beitragen kann.

3.3.1.2 Tiere, Material und Methoden

Der Versuch wurde auf dem nach EU-Öko-Verordnung zertifizierten Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Trenthorst/Wulmenau durchgeführt. Die Herde des Versuchsbetriebs Wulmenau umfasst etwa 50 Sauen einer Wechselkreuzung aus Norwegischer Landrasse x Large White. Als Endstufeneber werden reinerbige, stressstabile Piétrain eingesetzt. Das Absetzen erfolgt in einem Rhythmus von 3 Wochen.

Der Einsatz von Rotklee- bzw. Luzerneblatt bei gleichzeitiger Vorlage einer Rotklee- bzw. Luzernegrassilage wurde in der Fütterung hochtragender und laktierender Sauen sowie ihrer Ferkel bis zur 10. Lebenswoche geprüft. Zu diesem Zweck wurden jeweils für Rotklee und Luzerne die Leistungen einer Kontrollgruppe, die kein Trockenblatt erhielt, und einer Versuchsgruppe, in deren Ration Trockenblatt enthalten war, miteinander verglichen (Versuchsvariante Rotklee / Versuchsvariante Luzerne). Die Inhaltsstoffe der Trockenblatt-Produkte können Tabelle 3.3.1-1 entnommen werden.

Tabelle 3.3.1-1: Inhaltsstoffe der eingesetzten Rotklee- und Luzernetrockenblatt (TB) Chargen

Inhaltsstoffe (% TS)	Rotklee TB		Luzerne TB
	<i>Ernte Juli 2017</i>	<i>Ernte Juli 2018</i>	<i>Ernte Juli 2019</i>
Trockenmasse	89,2	91,3	91,1
Rohprotein	20,8	17,2	26,4
Lysin	1,4	0,9	1,4
Methionin	0,3	0,3	0,4
Rohfaser	20,4	29,7	29,1
MJ ME*	10,8	9,7	9,6

Zur Geschmacksadaptation enthielt das Krafftutter für die tragenden Sauen des gesamten Bestandes vor Versuchsbeginn in den Futtermischungen jeweils 1 % Rotkleetrockenblatt bzw. 1 % Luzernetrockenblatt. Versuchsbeginn war jeweils die Einstellung der zur Abferkelung anstehenden Sauengruppe (i.d.R. 6-8 Sauen) am im Durchschnitt 6. Tag vor dem errechneten Abferkeltermin in den Abferkelstall und die damit verbundene Futterumstellung von Krafftutter für tragende Sauen auf Krafftutter für laktierende Sauen. Zum Versuchsbeginn wurden die Sauen zufällig den Kontroll- oder Versuchsgruppen zugeordnet. Beiden Gruppen wurden die

jeweiligen Kraftfutter in pelletierter Form vorgelegt. Bei der Formulierung der Futter wurden die Versorgungsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) berücksichtigt. Aufgrund der Umstellung auf neuerntiges Getreide und den Wechsel von Rotkleetrockenblatt zu Luzernetrockenblatt wurden die Rezepturen im Versuchsverlauf angepasst. Die Zusammensetzung und Inhaltsstoffe der einzelnen Rezepturen können Tabelle 3.3.1-2 entnommen werden. Sämtliche Futtermischungen wurden in der betriebseigenen Futtermühle hergestellt und durch das AP-Analytik (TI-Analytik) auf die Gehalte an Rohnährstoffen und Aminosäuren untersucht.

Tabelle 3.3.1-2: Zusammensetzung und Inhaltsstoffe (Mittelwerte \pm Standard-abweichung) der Versuchsfuttermischungen (% TS).

	Kontrolle			Versuch		
	Rezeptur 1	Rezeptur 2	Rezeptur 3	Rezeptur 1 Rotklee	Rezeptur 2 Rotklee	Rezeptur 3 Luzerne
%						
Weizen	29,5	28,0	22,5	30,0	40,3	39,3
Gerste	20,0	20,0	30,0	7,0	5,0	6,0
Erbsen	15,0	10,0	10,8	17,0	10,0	9,0
Ackerbohne	15,0	18,0	17,5	13,8	12,0	14,0
Rotklee TB / Luzerne TB	-	-	-	10,0	10,0	10,0
Sojakuchen	5,5	7,0	6,5	-	10,0	8,0
Triticale	5,0	5,0	-	10,0	-	-
Rapskuchen	4,8	5,8	7,0	6,0	5,0	5,0
Mineralfutter	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Süßmolke	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Zitronensäure	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Pflanzenöl	0,5	1,5	1,0	1,5	3,0	4,0
% TS	<i>N=5</i>	<i>N=2</i>	<i>N=3</i>	<i>N=5</i>	<i>N=2</i>	<i>N=6</i>
Original-TS	88,74 \pm 1,09	88,87 \pm 0,61	88,45 \pm 1,38	88,59 \pm 1,11	89,13 \pm 0,23	89,03 \pm 1,36
Rohprotein	18,00 \pm 0,55	18,57 \pm 0,11	18,82 \pm 0,65	17,51 \pm 0,85	19,06 \pm 0,05	19,39 \pm 0,56
Rohfett	3,39 \pm 0,18	4,62 \pm 0,45	4,61 \pm 0,35	4,40 \pm 0,30	6,27 \pm 0,38	7,77 \pm 0,66
Rohasche	5,44 \pm 0,11	5,60 \pm 0,20	5,43 \pm 0,42	5,85 \pm 0,16	5,89 \pm 0,19	6,46 \pm 0,34
Rohfaser	4,97 \pm 0,31	4,73 \pm 0,29	4,94 \pm 0,10	6,86 \pm 0,64	5,99 \pm 0,57	6,49 \pm 0,77
Stärke	52,02 \pm 1,58	49,67 \pm 0,99	48,98 \pm 2,53	47,79 \pm 1,25	44,67 \pm 0,52	42,20 \pm 1,50
Zucker	4,83 \pm 0,34	4,10 \pm 0,40	3,58 \pm 1,25	4,86 \pm 0,07	4,45 \pm 0,11	3,59 \pm 1,44
MJ ME	13,13 \pm 0,25	13,43 \pm 0,19	13,32 \pm 0,19	12,45 \pm 0,33	13,22 \pm 0,21	13,20 \pm 0,25
Cystein	0,13 \pm 0,02	0,32 \pm 0,01	0,32 \pm 0,03	0,29 \pm 0,01	0,32 \pm 0,01	0,31 \pm 0,03
Methionin	0,22 \pm 0,01	0,23 \pm 0,00	0,24 \pm 0,01	0,22 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01	0,25 \pm 0,02
Lysin	1,04 \pm 0,03	1,03 \pm 0,05	1,07 \pm 0,02	1,01 \pm 0,04	1,04 \pm 0,02	1,05 \pm 0,05

* Die Rezepturen wurden gemäß der Nummerierung parallel in der Kontroll- bzw. Versuchsgruppe eingesetzt (z. B. „Kontrolle Rezeptur 1“ und „Versuch Rezeptur 1 Rotklee“)

In der Versuchsvariante Rotklee wurden die Futtermischungen Kontrolle Rezeptur 1 und Kontrolle Rezeptur 2 sowie die Futtermischungen Versuch Rezeptur Rotklee 1 und Versuch Rezeptur Rotklee 2 verfüttert. In der Versuchsvariante Luzerne wurden die Futtermischungen Kontrolle Rezeptur 3 und Versuch Rezeptur 3 Luzerne verfüttert.

Sowohl die Kontroll- als auch die Versuchsgruppe erhielt Raufutter in Form von Ganzpflanzensilage, dabei wurde zu Versuchsbeginn sehr trockene (>40 % TM) Silage von frühgeschnittenem Klee gras gefüttert. Ab September 2018 wurde aufgrund unzureichender Futteraufnahmen auf die betriebliche Standardsilage umgestellt (siehe Tabelle 3.3.1-3).

Tabelle 3.3.1-3: Inhaltsstoffe (Mittelwerte \pm Standardabweichung) der verfütterten Silagen (% TS)

	<i>Silage frühe Nutzung</i>		<i>Silage Standard</i>	
% TS	N=2		N=12	
Original-TS	49,39	\pm 1,85	18,30	\pm 0,90
Rohprotein	19,40	\pm 0,12	15,51	\pm 1,07
Rohfett	2,34	\pm 0,00	2,34	\pm 0,23
Rohasche	14,01	\pm 0,14	10,70	\pm 1,02
Rohfaser	19,39	\pm 1,23	25,70	\pm 1,16
Stärke	4,49	\pm 0,50	2,82	\pm 1,11
Zucker	9,16	\pm 0,11	-*	\pm -

*Zucker unter Nachweisgrenze

Die Sauen wurden eine Woche vor Abferkelung in den Abferkelstall eingestallt. Die Abferkelungen erfolgen dort in Einzelhaltung frei ohne Fixierung. Ein Auslauf stand jeder Sau immer zur Verfügung. Hier verblieben die Sauen für die Säugephase 1 (Tag 1 – 14). Etwa 14 Tage nach dem Abferkeln wurden die Sauen mit ihren Ferkeln in 2er- oder 3er-Gruppen im Gruppensäugegestall mit Auslauf zusammengestellt. Das Ferkelalter zwischen den zusammen aufgestellten Würfen differierte hier um nicht mehr als 5 Tage. Die Zusammenstellung in den Gruppensäugegestall erfolgte unter Beachtung der Versuchsgruppenzugehörigkeit.

Während der Gruppensäugephase oder Säugephase 2 (Tag 15 – 49) wurde das Krafffutter für die Sauen tierindividuell in Gruppenfangfressständen vorgelegt (morgens und abends), so dass der Krafffutterverbrauch der Sauen durchgängig tierindividuell erhoben werden konnte.

Das Krafffutter wurde je morgens und abends für jede Sau per Hand eingewogen und vorgelegt. Die Krafffuttermenge folgte zur Anfütterung einer festen Futterkurve (siehe Abbildung 3.3.1-1) und wurde danach *semi-ad libitum* bis maximal 14 kg FM/Tag vorgelegt.

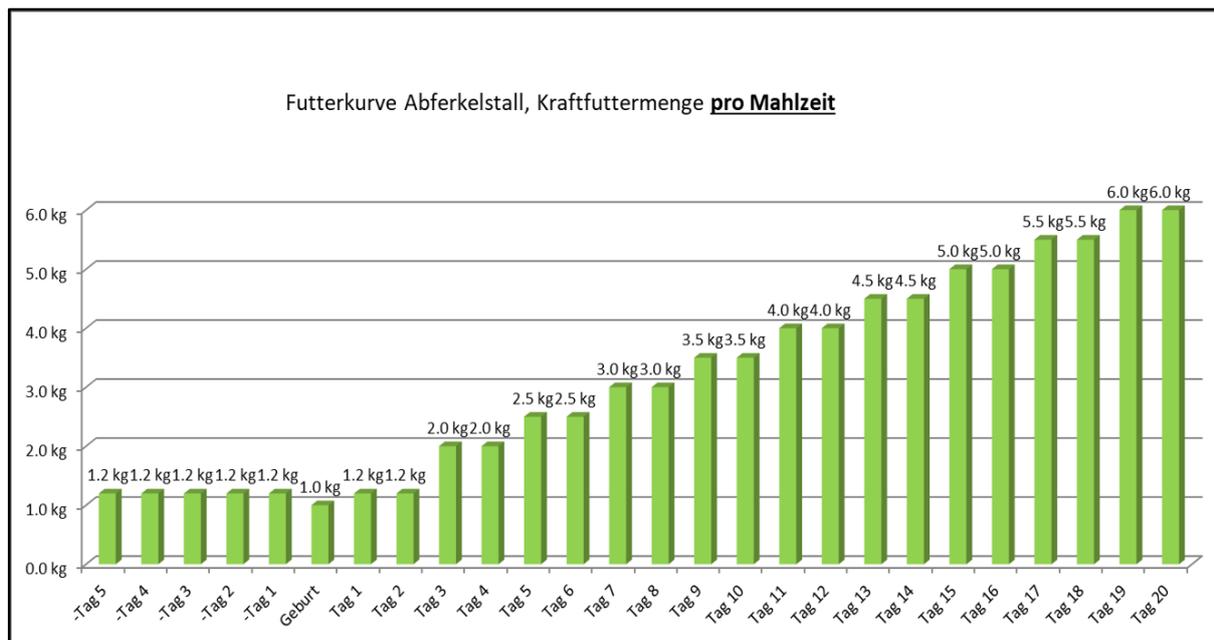


Abbildung 3.3.1-1: Beispiel einer Futterkurve einer Sau mit 12 säugenden Ferkeln

Innerhalb der Woche nach der Geburt wurde die Kraftfuttermenge in Abhängigkeit von Wurfgröße und Sauenkondition, sukzessive erhöht und im Laufe der Laktation konditionsbedingt angepasst.

Das Raufutter wurde täglich buchtenweise über eine Raufe der jeweiligen Sauengruppe und ihren Ferkeln zur Verfügung gestellt. Daraus folgt, dass die Raufutternorm bei den Sauen nur für die Phase im Abferkelstall auf Einzeltierbasis angegeben werden kann. Die Zuteilung von Raufutter erfolgte bis zu einer maximalen Menge von 4 kg FM/Tier und Tag an die Sauen. Die Raufuttermenge für die Ferkel wurde sukzessive von 0,05 kg bis auf 0,40 kg FM/Tier und Tag über einen Zeitraum von 7 Wochen gesteigert.

Ab dem Zeitpunkt der Umstellung ins Gruppensäugen wurden auch den Ferkeln gemäß der Versuchsgruppenzugehörigkeit täglich pelletiertes Kraftfutter (dieselben Mischungen, die auch die Sauen erhielten) sowie Rotkleesilage angeboten. Zur Anfütterung wurde den Ferkeln das Kraftfutter während der ersten Tage auf dem sauberen Stallboden in Nestnähe vorgelegt, später kam an diese Stelle der Trockenfutterautomat mit einer Länge von 1,5 m für die Ferkel. Das Kraftfutter erhielten die Ferkel *semi-ad libitum* bis zum Versuchsende. Nach einer durchschnittlichen Säugezeit von 48 Tagen wurden jeweils donnerstags die Sauen ausgestallt. Für die Sauen endete der Versuch immer mit dem Absetzen und der Umstellung in den Deckbereich. Die Ferkel wurden am nächsten Wochenbeginn unter Beibehaltung der Gruppenzusammensetzung des Gruppensäugens in den Außenklimaauzuchtstall mit Auslauf umgestallt, wo sie 14 Tage bis zum Versuchsende am jeweils 63. Lebenstag verblieben.

In allen Stalltypen wurden Buchten und Ausläufe mit Stroh eingestreut. Tragende und zu deckende Sauen wurden während der Sommermonate im Freiland im Fruchtfolgeglied „Zweites Jahr Klee gras“ und während der Wintermonate in einem Außenklima-Wartestall gehalten.

Die Datenerhebung erfolgte von Juni 2018 bis Mai 2020, Voraussetzungen für die Berücksichtigung der Daten in der Endauswertung waren eine durchschnittliche Säugezeit von 49 ± 4 Tagen sowie eine Wurfgröße von > 7 Ferkeln.

Folgende Daten wurden erfasst

Allgemeine Leistungsparameter

- Anzahl geborene Ferkel (tot + lebend)
- Anzahl abgesetzte/ aufgezogener Ferkel
- Anzahl Abgänge bei Sauen und Ferkeln

Futterdaten

- Ermittlung der Brutto-Futterzuteilungen der Sauen (Einzeltierbasis) und Ferkel (Gruppenbasis)
- Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Krafftutteraufnahme der Ferkel

Kondition der Sauen

- Erfassung der Lebendmassen, der Rückenspeckdicke und Ermittlung des Body Condition Score in Anlehnung an das Körperkonditionsbeurteilungsschema von Bilkei & Bölcskei (1993) zum Zeitpunkt des Abferkelns und zum Zeitpunkt des Absetzens

Biologische Leistungen der Ferkel

- Lebendmasse zur Geburt
- anschließend wöchentlich bis zum 63. Lebenstag

Gesundheitsstatus der Ferkel

- Dokumentation des Krankheitsgeschehens inkl. eventuellen Behandlungen
- Verlustgeschehen inkl. Abgangsursachen

Zur Endauswertung konnten die in Tabelle A 3.3.1-1 aufgeführten Daten herangezogen werden.

Sämtliche statistische Auswertungen wurden mit der Prozedur PROC GLIMMIX des Programmes SAS 9,4 ® durchgeführt, hierbei kamen die folgenden Modelle zum Einsatz:

Abgesetzte/Aufgezogene Ferkel:

$$y_{ijkl} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurfnummer}_k + \text{mittlere Wurfmasse bei Geburt/Absetzen}_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Saugferkel-/Aufzuchtferkelverluste:

$$y_{ijkl} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurfnummer}_k + \text{mittlere Wurfmasse bei Geburt/Absetzen}_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Körperkondition Sauen:

$$y_{ijkm} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurfnummer}_k + \text{mittlerer Gewichtszuwachs Wurf in der Säugezeit}_m + \varepsilon_{ijkm}$$

Futtermittelnverbrauch Sauen

$$y_{ijk} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurfnummer}_k + \varepsilon_{ijk}$$

Säugezeit

$$y_{ijkl} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurfnummer}_k + \text{Lebendmasse bei Geburt} + \varepsilon_{ijk}$$

Alter der Ferkel zum Versuchsende

$$y_{ijkl} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurfnummer}_k + \varepsilon_{ijk}$$

Lebendmasse/ Lebendmasseentwicklung der Ferkel:

$$y_{ijkop} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{Wurf}_k + \text{Dauer Säugezeit/Aufzucht/Gesamtversuch}_o + \text{Lebendmasse bei Geburt/Absetzen}_p + \varepsilon_{ijkop}$$

Futtermittelnverbrauch Ferkel:

$$y_{ijl} = \mu + \text{Gruppe}_i + \text{Variante}_j + \text{mittlere Lebendwurfmasse bei Geburt/Absetzen}_l + \varepsilon_{ijl}$$

Wobei μ = Gesamtmittelwert; Gruppe_i = Fixer Effekt der Versuchsgruppe (i = Kontrolle, Versuch); Variante_j = Fixer Effekt der Versuchsvariante (j = Rotklee, Luzerne); Wurfnummer_k = Zufälliger Effekt der Wurfnummer/ des individuellen Wurfs (k = jeweilige Wurfnummer/Wurf der Sau); $\text{mittlere Wurfmasse/Lebendwurfmasse bei Geburt/Absetzen}_l$ = Kovariable des Wurfgewichtes (l = jeweilige mittlere Wurfmasse/individuelles Gewicht); $\text{mittlerer Gewichtszuwachs Wurf in der Säugezeit}_m$ = Kovariable des Gewichtszuwachses (m = Differenz Wurfgewicht von Geburt zu Absetzen); $\text{Tägliche Zunahme Gesamt}_n$ (n = mittlere tägliche Zunahme der Ferkel im gesamten Versuchszeitraum); Dauer Säugezeit = Kovariable der Säugezeit-/Aufzucht-/Gesamtdauer (o = Tage in der jeweiligen Versuchsvariante); $\text{Lebendmasse bei Geburt/Absetzen}$ = Kovariable des Gewichts (p = individuelles Gewicht zum Zeitpunkt Geburt/Absetzen); ε = Restfehler. Der Interaktionsterm aus Gruppe und Variante verblieb nur im Modell, wenn $p < 0,05$.

3.3.1.3 Ergebnisse und Diskussion

Abgesetzte und aufgezogene Ferkel sowie Ferkelverluste

Die Anzahl der abgesetzten und aufgezogenen Ferkel unterschied sich nicht signifikant zwischen den Versuchsgruppen und Varianten und lag auf einem guten Niveau. Die Ferkelverluste unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant und lagen für die Säugephase auf einem für freie Abferkelungssysteme bekannten Niveau (NICOLAISEN et al. 2018). Die mittlere Wurfmasse bei Geburt hatte einen signifikanten Einfluss auf die Saugferkelverluste (siehe Tabelle 3.3.1-4), wobei laut Regressionsanalyse 29 % der Varianz dieser Verluste durch die mittlere Wurfmasse erklärt werden konnten.

Tabelle 3.3.1-4: Abgesetzte und aufgezogene Ferkel sowie Ferkelverluste je Wurf nach Gruppe und Fütterungsvariante (LS Means)

Variable	Gruppe		Variante		P-Werte			
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne	SEM*	Gruppe	Variante	Wurfmasse Geburt/Ab- setzen
	n=49	n=59	n=64	n=44				
Abgesetzte Ferkel (n)	10,3	10,4	10,2	10,4	0,42-0,44	0,8248	0,4724	0,2842
Aufgezogene Ferkel (n)	9,6	10,0	9,8	9,9	0,46-0,49	0,3175	0,7973	0,1522
Saugferkelverluste (%)	18,8	16,9	17,7	18,0	1,34-1,62	0,3675	0,8896	0,0001
Aufzuchtverluste (%)	5,1	3,9	4,2	4,8	1,69-1,78	0,3272	0,6630	0,5230

*Standardfehler des Mittelwertes

Hauptverlustursache in der Saugferkelphase waren Erdrückung der Ferkel durch die Sau gefolgt von Lebensschwäche (siehe Tabelle 3.3.1-5).

Tabelle 3.3.1-5: Ursachen Saugferkelverluste in Prozent und absolut*

	Rotklee			Luzerne			Gesamtergebnis
	Kontrolle	Versuch	Gesamt	Kontrolle	Versuch	Gesamt	
Erdrückt	50 (38)	42 (37)	46 (75)	50 (34)	54 (39)	52 (73)	49 (148)
Lebensschwach	24 (18)	35 (31)	30 (49)	18 (12)	17 (12)	17 (24)	23 (73)
Unbekannt	4 (3)	8 (7)	6 (10)	9 (6)	10 (7)	9 (13)	8 (23)
Getreten	7 (5)	5 (4)	6 (9)	9 (6)	7 (5)	8 (11)	7 (20)
E. coli	11 (8)	5 (4)	7 (12)	9 (6)	3 (2)	6 (8)	7 (20)
Sonstiges	5 (4)	5 (4)	5 (8)	6 (4)	10 (7)	8 (11)	6 (19)
Unterkühlt		1 (1)	1 (1)				0 (1)
Gesamtergebnis	100 (76)	100 (88)	100 (164)	100 (68)	100 (72)	100 (140)	100 (304)

* % (n)

Die Aufzuchtferkelverluste unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant zwischen den Versuchsgruppen und –varianten. Mit einer Spanne von 3,9 bis 5,1 % zwischen Versuchsgruppen bzw. –varianten waren die Aufzuchtverluste allerdings hoch. Ursache hierfür war ein Bestandsproblem mit aggressiv pathogenen Stämmen hämolysierender, enterotoxischer Escherichia coli, die zu Verlusten in allen Versuchsgruppen unabhängig von der Fütterungsvariante, durch Colidiarrhoe und Enterokolitis führten (siehe Tabelle 3.3.1-6)

Tabelle 3.3.1-6: Ursachen Aufzuchtferkelverluste in Prozent und absolut*

	Rotklee			Luzerne			Gesamt- ergebnis
	Kontrolle	Versuch	Gesamt	Kontrolle	Versuch	Gesamt	
E. coli	78 (7)	67 (4)	73 (11)	80 (8)	88 (7)	82 (15)	79 (26)
Unbekannt		33 (2)	13 (2)	10 (1)		6 (1)	9 (3)
Sonstiges	22 (2)		13 (2)		12 (1)	6 (1)	9 (3)
Durchfall				10 (1)		6 (1)	3 (1)
Gesamt- ergebnis	100 (9)	100 (6)	100 (15)	100 (10)	100 (8)	100 (18)	100 (33)

* % (n)

Die Abgangsursachen waren insgesamt nicht fütterungsbedingt verursacht.

Körperkondition Sauen

Die Veränderung der Körperkondition der Sauen, hier ausgedrückt durch die prozentualen Veränderungen der Lebendmasse, der Rückenspeckdicke sowie des Body Condition Scores zwischen Geburt und Absetzen der Ferkel, unterschied sich nicht signifikant zwischen den Kontroll- und Versuchsgruppen aber zwischen den Versuchsvarianten. Während der Luzernefütterung nahmen Körpermasse und Rückenspeckdicke signifikant weniger ab als während der Rotklee fütterungsvariante (Tabelle A 3.3.1-2). Eine Erklärung hierfür kann die über die gesamte Säugezeit im Mittel höhere Futterraufnahme der Tiere in der Variante mit Luzerne fütterung sein (siehe Tabelle A 3.3.1-3). Trotz der etwas geringeren Futterraufnahme der Versuchsgruppe in dieser Variante, kam es aufgrund der höheren Protein- und Energiegehalte der Mischung hier zu geringeren Körpersubstanzverlusten. Der Wurfzuwachs während der Säugezeit erwies sich als signifikanter Einfluss auf die Veränderung der Lebendmasse der Sauen.

Futterraufnahme Sauen

Die Krafftutterraufnahme unterschied sich während der Säugephase 1, dem Einzelsäugen, nicht signifikant zwischen den Versuchsgruppen und -varianten (siehe A 3.3.1-3). Sie lag mit 6,2 – 6,6 kg Frischmasse je Tier und Tag ähnlich hoch wie in der Untersuchung von WEISSENSTEINER et al. (2018), die zwei 100 % biologische Futterrationen mit unterschiedlichen Anteilen an heimischen Futterkomponenten in der Sauenfütterung verglichen. Während der 2. Säugephase, dem Gruppensäugen, lag eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Versuch vor. Die Futterraufnahme der Kontrollgruppe in der Luzerne fütterungsvariante lag um 1,7 kg über der der Kontrolltiere in der Rotklee fütterungsvariante und war mit 8,4 kg Frischmasse pro Tier und Tag von den Versuchsgruppen die höchste. Da die Versuchsvarianten nicht zeitgleich durchgeführt werden konnten, kamen in der Luzernevariante des Versuchs Sauen mit höheren Wurfnummern zum Abferkeln. Die Wurfnummer war in der Kontrollgruppe der Luzernevariante mit 5,8 im Mittel am höchsten. Dass die Wurfgröße mit höheren Wurfnummern bis zum etwa 5. Wurf ansteigt und danach wieder abnimmt, und ein wichtiger Einflussfaktor auf die Futterraufnahme von Sauen ist, ist von mehreren Autoren beschrieben worden (zusammengefasst bei KECMAN 2016). Es ist davon auszugehen, dass dies ein Grund für die höhere Futterraufnahme der Sauen in der Luzernevariante sein kann. Die Futterraufnahme der Versuchsgruppe während der Luzernevariante lag dennoch unter der der Versuchstiere in der Rotkleevariante. Dies könnte möglicherweise auf eine verringerte Schmackhaftigkeit aufgrund der im Luzernetrockenblatt enthaltenen Saponine zurückzuführen sein (SEN et al. 1998).

Die Raufutteraufnahme während der ersten Säugephase, für die die verbrauchten Mengen je Tier erhoben werden konnten, unterschied sich signifikant zwischen den Versuchsvarianten und lag für die Sauen in der Luzernevariante um ca. 700 g Frischmasse über der der Sauen in der Rotkleevariante. Auch hier kann von einem höheren Futteraufnahmevermögen der Sauen aufgrund der mit den höheren Wurfnummern verbundenen Effekten (Lebendmasse, Wurfgröße) ausgegangen werden.

Lebendmasse/ Lebendmasseentwicklung der Ferkel

Das Geburtsgewicht der lebend geborenen Ferkel unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen und Versuchsvarianten. Die Säugezeit, das Alter sowie das Gewicht bei Aufzuchtende wiesen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede diesbezüglich auf.

Die Absetzgewichte der Ferkel wurden von der Dauer der Säugezeit sowie dem Geburtsgewicht beeinflusst und unterschieden sich signifikant zwischen den Versuchsvarianten. Die Ferkel der Luzernevariante wurden im Schnitt mit einem um 1,5 kg höheren Gewicht abgesetzt als die Ferkel der Rotkleevariante (siehe Tabelle A 3.3.1-4).

Da die Sauen in der Luzernevariante insgesamt eine höhere Futteraufnahme realisierten, kann hier von einer höheren Milchleistung der Sauen ausgegangen werden, die das Wachstum der Ferkel während der Säugezeit positiv beeinflusste (siehe auch Tabelle A 3.3.1-5). Die täglichen Zunahmen der Ferkel während der Säugezeit unterschieden sich signifikant zwischen den Versuchsvarianten und lagen für die Luzernevariante um 30 g über den Zunahmen der Ferkel in der Rotkleevariante. Die erreichten Zunahmen sind vergleichbar mit den täglichen Zunahmen, die in einem Fütterungsversuch mit ökologischen Ferkelfuttermitteln aus verschiedenen Anteilen heimischer Eiweißfuttermitteln erzielt wurden (BALDINGER et al. 2017).

Weder die täglichen Zunahmen in der Aufzuchtphase der Ferkel noch der absolute Lebendmassezuwachs unterschieden sich signifikant zwischen den Versuchsgruppen und –Varianten.

Futteraufnahme Ferkel

Die verbrauchte Kraftfuttermenge der Ferkel während des Gruppensäugens unterschied sich nicht signifikant zwischen den Versuchsgruppen und –Varianten und lag im Mittel bei ca. 140 g (siehe A 3.3.1-6). Ein nennenswerter Futtermittelverbrauch in Höhe von > 100 g Kraftfutter pro Tier und Tag konnte für die Ferkel der Kontrollgruppe ab einem Alter von 31 Tagen, für die Ferkel der Rotklee- und Luzernegruppen ab einem Alter von 30 Tagen ermittelt werden. In Abbildung **3.3.1-2** ist der zeitliche Verlauf des Futtermittelverbrauches für die Versuchsgruppen während der Phase des Gruppensäugens sowie der Aufzucht dargestellt. Deutlich zu sehen ist ein unregelmäßigerer Verlauf des Futtermittelverbrauches für die Versuchsgruppe der Luzernevariante ab dem etwa 34. Lebenstag der Ferkel, der bis kurz vor dem Ende der Aufzucht unter dem der anderen Gruppen lag.

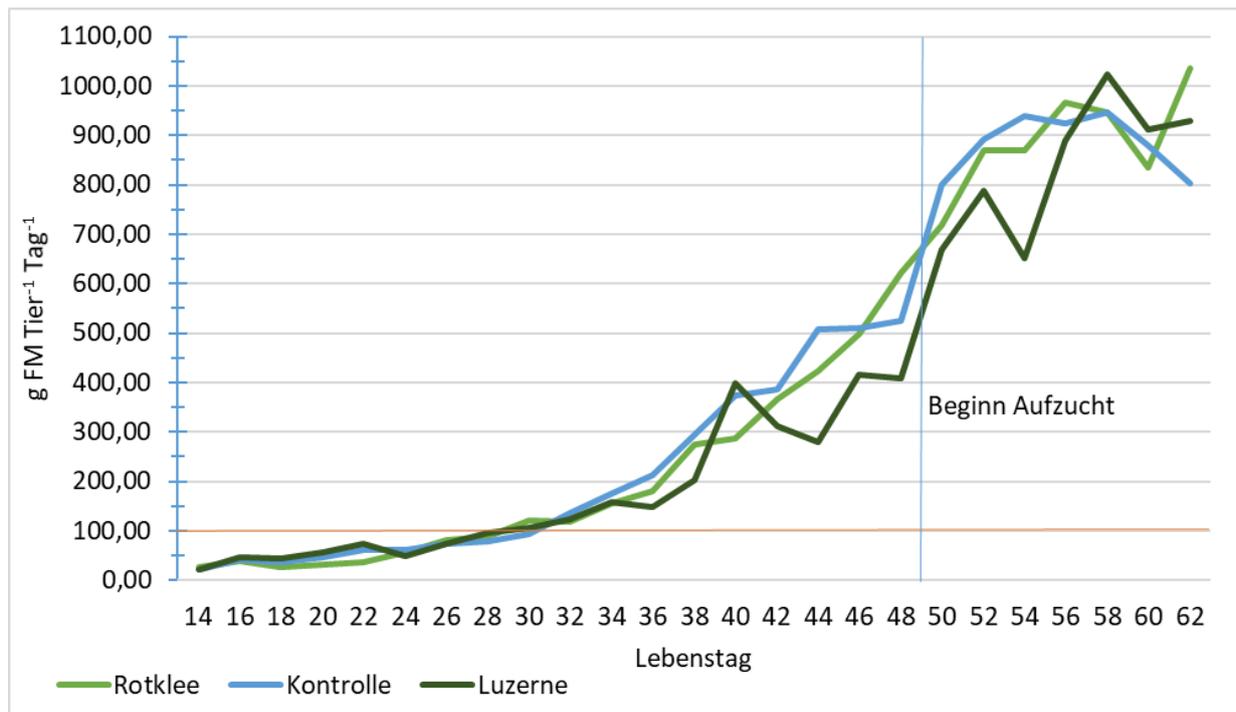


Abbildung 3.3.1-2: Verlauf des Futterverbrauchs der Ferkel während der Säugephase 2 (LT 14-49) und der Aufzucht

Eine signifikante Interaktion von Versuchsgruppen und –Varianten lag für die in der Aufzuchtphase verbrauchte Kraftfuttermenge vor. Der Futteraufwand für die Kontrollgruppe während der Luzernevariante war mit 862 g der höchste aller Gruppen und lag um 170 g signifikant über dem Verbrauch der Versuchsgruppe in der Luzernevariante, die den insgesamt niedrigsten Futterverbrauch aller Gruppen realisierte (A 3.3.1-6). Auch hier ist davon auszugehen, dass aufgrund der in der Luzerne enthaltenen Saponine die Schmackhaftigkeit des Futters für die Ferkel beeinflusst und somit die Futteraufnahme eingeschränkt wurde. Trotz der Differenzen im Futterverbrauch unterschieden sich die täglichen Zunahmen während der Aufzucht nicht zwischen den Versuchsgruppen, was an dem signifikant höheren Absetzgewicht der Ferkel aus der Versuchsgruppe der Luzernevariante liegen könnte (siehe Tabelle A 3.3.1-4)

Basierend auf den im Versuch herrschenden Bedingungen von Haltung, Management und Tieren, kann abschließend festgehalten werden, dass beim Einsatz von 10 % Rotkleetrockenblatt in den Rationen für säugende Sauen und Absetzferkel keine Auswirkungen auf den Futterverbrauch und die biologischen Leistungen sowie den Gesundheitsstatus der Tiere im Vergleich zu den Kontrollmischungen ohne Rotkleetrockenblatt zu beobachten waren.

Beim Einsatz von 10 % Luzernetrockenblatt in der Ration wurden niedrigere Futterverbräuche bei Sauen und Aufzuchtferkeln beobachtet, was insbesondere bei abgesetzten Ferkeln problematisch sein kann. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf. So könnten speziell auf den Aspekt „Schmackhaftigkeit“ formulierte Rationen die Futterakzeptanz erhöhen.

3.3.2 Verdauungsversuche mit Grünleguminosen bei wachsenden Schweinen

(D. MESSINGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF)

3.3.2.1 Einleitung und Fragestellung

Um den Einsatz von Luzerne- und Rotkleeprodukten als Proteinträger in der monogastrischen Fütterung beurteilen zu können, sind vor allem die Verdaulichkeitswerte der Nährstoffe rele-

vant. Im nachfolgend dargestellten Versuch wurden die Roh Nährstoff-Verdaulichkeiten von Luzerne-Trockenblatt (LB) (heißluftgetrocknet, pelletiert), Luzerne-Blattsilage (LBS), Luzerne-Ganzpflanzensilage (LGPS) und Rotklee-Ganzpflanzensilage (RGPS) ermittelt. Ergänzende Informationen zu dem nachstehend dargestellten Versuch sind der Publikation von MESSINGER et al. (2021a) zu entnehmen.

3.3.2.2 Tiere, Material und Methoden

Versuchsaufbau

Es wurden 24 männliche Kastraten einer Zweirassenkreuzung (Dänische Landrasse * Duroc), mit durchschnittlich 31 kg Lebendmasse im Lehr- und Versuchsbetrieb der HSWT, in Zurnhausen eingestallt. Diese stammten von einem Naturland-Ferkelerzeugerbetrieb aus Bayern.

Die Versuchstiere wurden zunächst paarweise in planbefestigte Boxen  6 m² gehalten. Sie wurden zweimal täglich im Abstand von 8 Stunden restriktiv mit einer praxisüblichen Alleinfuttermischung gefutert. Während einer Vorbereitungsphase von 10-14 Tagen wurden die Tiere auf die jeweiligen Pruffuttermittel angewöhnt. Der Verdauungsversuch wurde in Anlehnung an die Vorgaben der GFE (2005) durchgeführt. So ergaben sich pro Fütterungsvariante 4 Wiederholungen (n= 4). Das Wohlbefinden der Tiere wurde zweimal täglich anhand von Bewertungsbogen berpruft.

Die Verdaulichkeit der vier Pruffuttermittel LB, LBS, LGPS und RGPS wurde in einem Differenzversuch mit drei Durchgängen (DG1-3) ermittelt. In DG1 wurde die Verdaulichkeit der Basaldit, welche aus den jeweiligen Ergnzern für das Blattmaterial (Luzerne bzw. Rotklee) und das Ganzpflanzenmaterial (Luzerne bzw. Rotklee) bestand, getestet. In den darauffolgenden Durchgängen wurden die Verdaulichkeiten von LGPS und LBS (DG2) sowie RGPS und LB (DG3) gepruft. Einer Eingewöhnungsphase von 5 Tagen im Stoffwechsellufig schloss sich eine 5-tägige Kotsammelperiode an. Danach wurden die Tiere wieder in die Haltungsboxen umgestallt. Während der Kotsammelperiode wurde der Kot jedes Schweines im Stoffwechsellufig täglich vormittags gewogen, gemischt und je eine Probe eingefroren. Diese Proben wurden gefriergetrocknet, gemahlen und für jedes Schwein aus den einzelnen Tagen eine Mischprobe erstellt und analysiert (AP-Analytik, TI-Analytik).

Futtermischungen und Fütterung

Die verabreichten Futtermengen wurden täglich abgewogen und jeden Tag, falls notwendig, zurückgewogen. Durch wöchentliche Wiegunen und die Wiegun vor und nach den Phasen in den Stoffwechsellufigen der Tiere konnte die Gewichtsentwicklung dokumentiert werden. Zur Überprüfung der Nährstoffgehalte wurde jede Futtermischung beprobt und im AP-Analytik analysiert (TI-Analytik). Beide Ergänzer bestanden zu 100 % aus kokonformen Rohstoffen und wurden von der Firma Meika, Großaitingen, nach Vorgaben produziert. Die Ergänzer waren dabei so konzipiert, dass sie energiereicher, aber niedriger in den Konzentrationen an essentiellen Aminosäuren ausgestattet waren als ein übliches Alleinfutter für die Anfangsmast. Sie wurden mit Titandioxid als unverdaulichem Marker versetzt und in pelletierter Form vorgelegt. In Kombination mit den zu prüfenden Grünleguminosen-Produkten ergab sich eine bedarfsgerechte Tagesration.

3.3.2.3 Ergebnisse und Diskussion

Der Versuch verlief hinsichtlich der Tiergesundheit und der Lebendmasseentwicklung weitgehend störungsfrei. Die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe in den Pruffuttern wurden aus den jeweiligen Anteilen der Pruffutter bzw. der Basaldit sowie den Verdaulichkeiten der Ration

bzw. der Basaldiät errechnet. Die auf diese Weise ermittelten Verdaulichkeitsquotienten (VQ) sind in der Tabelle 3.3.2-1 dargestellt.

Tabelle 3.3.2-1: Ausgewählte Rohnährstoffgehalte (in g/kg TM) und in vivo-Verdaulichkeiten (VQ in %) im durchgeführten Verdauungsversuch mit Mastschweinen

Merkmal		LB*	LBS*	LGPS*	RGPS*
XF	g/kg TM	218	133	236	178
XP	g/kg TM	199	295	213	263
VQ OS	%	47	64	55	71
VQ XP	%	41	49	56	66

*LB = Luzerne-Trockenblatt, LBS = Luzerne-Blattsilage, LGPS = Luzerne-Ganzpflanzensilage, RGPS = Rotklee-Ganzpflanzensilage

Der Verdaulichkeitsquotient für die Organische Substanz (VQ OS) der RGPS liegt mit 71 % am höchsten, gefolgt von LBS und LGPS. LB weist einen VQ OS von 47 % auf und ist damit deutlich niedriger als für RGPS. Das Rohprotein in der RGPS ist zu 66 % verdaulich. LGPS weist einen VQ für Rohprotein (XP) von 56 % auf. Ähnlich hohe Verdaulichkeiten des Rohproteins bei Klee gras- und Luzernesilage sind in der Literatur zu finden (BELLOF et al. 1998; BERGER 2012). Der VQ XP der LBS liegt mit 49 % unter diesem Wert, ebenso LB mit 41 %. Hier wurde ein höherer Rohproteingehalt erwartet, der aufgrund des gleichen Ausgangsmaterials vergleichbar mit dem der LBS sein sollte. Ein Grund hierfür könnte der Trocknungsprozess darstellen. Die Verdaulichkeitsergebnisse bestätigen, dass der Gehalt an Rohfaser zu einer Minderung der Verdaulichkeit der OS führt (RODEHUTSCORD 2008). Trotz höherem VQ OS weist LBS eine niedrigere Rohprotein-Verdaulichkeit auf als LGPS. Diese könnte durch antinutritive Substanzen wie Saponine, die sich vermutlich in den Blättern anreichern, beeinflusst worden sein (SEN et al. 1998). Die höhere Rohprotein-Verdaulichkeit von RGPS zur LGPS könnte ebenfalls darauf zurückzuführen sein. Die unterschiedliche Verdaulichkeit des Rohproteins von LB und LBS kann durch die Konservierungsart der Luzerneblätter erklärt werden, da einzelne Saponinverbindungen durch die Milchsäuregärung teilweise verändert werden (SZUMACHER-STRABEL et al. 2019).

Fazit

Die Ganzpflanzen-Silagen aus Luzerne und Rotklee zeigten eine höhere Verdaulichkeit für Rohprotein als die Luzerneblatt-Varianten. Insbesondere die in einem frühen Vegetationsstadium geerntete Rotklee ganzpflanzensilage zeichnet sich durch eine hohe Verdaulichkeit der OS und eine hohe Akzeptanz aus. Gleichzeitig erfüllt sie die gesetzlichen Vorgaben der Raufuttermittellieferung. Hinsichtlich antinutritiver Inhaltsstoffe scheint diese Silage für wachsende Schweine weitgehend unbedenklich zu sein. Auch der verringerte Proteinabbau aufgrund der im Rotklee vorhandenen PPO (Kapitel 2.5.3) favorisiert die Rotkleesilage im Vergleich zur Luzernesilage für den Einsatz in der Schweinefütterung.

Die vergleichsweise geringe Verdaulichkeit der OS in den Luzerneblättern könnte auf die Anreicherung von antinutritiven Saponinen und ihren Einfluss auf die Verdaulichkeit zurückzuführen sein. Es erscheint notwendig, die Luzernesaponine näher zu erforschen, um die Luzerneprodukte als Proteinfuttermittel für Schweine sinnvoll einsetzen zu können.

3.3.3 Luzernetrockenblatt in der Mastschweinefütterung (D. MESSINGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF)

3.3.3.1 Einleitung und Fragestellung

In dem nachstehenden Kapitel werden die im Projekt durchgeführten Fütterungsversuche mit Mastschweinen dargestellt. In zwei aufeinander aufbauenden Versuchen - nachstehend als Akzeptanz- und Leistungsversuch bezeichnet - sollte der Einfluss von steigenden Mischungsanteilen an Luzernetrockenblatt (LB) in Futtermischungen für Mastschweine geprüft werden. Im Akzeptanzversuch (MESSINGER et al. 2019) wurde untersucht, ob steigende Mischungsanteile von LB in Anfangsmastmischungen störungsfrei verzehrt werden und welche Auswirkungen auf die Wachstumsleistungen zu erwarten sind. In dem nachfolgenden Leistungsversuch (MESSINGER et al. 2021b) wurden unterschiedliche Mischungsanteile von LB - mit und ohne zusätzliche Aufnahme von Luzerneganzpflanzensilage (LS - auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von Mastschweinen geprüft.

3.3.3.2 Akzeptanzversuch

3.3.3.2.1 Tiere, Material und Methoden

Der Akzeptanzversuch mit Luzernetrockenblatt (geerntet mit einer speziellen Blätterntemaschine aus Frankreich und heißluftgetrocknet in der Futtertrocknungsanlage Lamerdingen) an Mastschweinen wurde vom 18.10. bis zum 22.11.2018 (= 35 Tage) in der Lehr- und Forschungsstation der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf am Standort Zurnhausen durchgeführt. Hierzu wurden 24 männliche Kastraten einer Zweirassenkreuzung (Dänische Landrasse * Duroc) mit ca. 30 kg eingestallt. Diese stammten von einem ökologischen Ferkelerzeugerbetrieb aus Bayern. Die Tiere wurden paarweise ausschließlich in Boxen gehalten, die so konzipiert wurden, dass die Schweine einen vorderen Fress-, einen mittleren Liege- (Gummimatte) und einen hinteren Nassbereich nutzen konnten. Es wurden 4 Fütterungsvarianten untersucht (vgl. Tabelle 3.3.3-1). Hierbei wurden die Mischungsanteile an Luzerneblättern (LB) im Alleinfutter der Tiere 3-stufig angehoben (LB 0% (Kontrolle), LB 5%, LB 10%, LB 15%). Jede der genannten Varianten bestand insgesamt aus 6 Tieren bzw. drei Boxen.

Tabelle 3.3.3-1: Zusammensetzung der eingesetzten Futtermischungen (Angaben in %)

Rohstoff	Kontrolle	LB 5 %	LB 10 %	LB 15%
Luzernetrockenblatt (LB)		5,0	10,0	15,0
Sojakuchen	14,5	13,5	12,5	11,5
Sonnenblumenkuchen	10,0	9,5	9,0	8,5
Erbsen	12,0	10,5	9,0	7,5
Triticale	18,5	18,5	18,5	18,5
Gerste	31,8	29,5	27,3	25,5
Hafer	11,0	10,0	9,0	8,0
Sojaöl	-	1,3	2,5	3,3
Mineralfutter	2,3	2,3	2,3	2,3

Aufgrund niedriger Außentemperaturen wurde der Stall auf 18 °C temperiert. Im Herkunftsbetrieb erhielten die Ferkel bereits ein Eisenpräparat und wurden gegen *Mycoplasmen* und *Lawsonia intracellularis* behandelt. Nach einer Eingewöhnung von 7 Tagen wurde den Schweinen der Wirkstoff Ivermectin gegen Endo- und Exoparasiten subkutan verabreicht.

Die Versuchstiere wurden zweimal täglich im Abstand von 8 Stunden restriktiv gefüttert. Das Futter wurde einmal täglich für jede Box auf 10 Gramm genau eingewogen und täglich, falls notwendig, rückgewogen. Die tägliche Futtermenge wurde langsam gesteigert und betrug ab Tag 11 bis zum Versuchsende 3,6 kg pro Box. Das Versuchsfutter wurde in pelletierter Form vorgelegt. Die vier Versuchsrationen waren so zusammengestellt, dass sie sich in den berechneten Gehalten an Inhaltsstoffen nicht wesentlich unterscheiden. Alle Futtermischungen bestanden zu 100 % aus ökologisch erzeugten Rohstoffen und wurden auf ihre Rohnährstoff- und Aminosäuregehalte analysiert (TI-Analytik). Durch wöchentliche Wiegen der Tiere konnte die Lebendmasseentwicklung kontrolliert werden. Es wurden die Tageszunahmen, der Futterverbrauch sowie der Futteraufwand berechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS® (General Linear Model (GLM) und Tukey-Test) (SAS 9.4 2013).

3.3.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Analyseergebnisse der im Versuch verfütterten Luzerneblätter sind in Tabelle 3.3.3-2 dargestellt. Die Werte für die umsetzbare Energie (ME) wurden mit Hilfe der Gleichung für Einzelfuttermittel der GFE (2006) ermittelt. Hierbei wurden näherungsweise die Werte für Verdaulichkeit von Luzernegrünmehl aus den DLG (2014b) verwendet. Besonders hervorzuheben sind der niedrige Rohprotein -und Rohfasergehalt.

Tabelle 3.3.3-2: Analytierte Inhaltsstoffe des im Fütterungsversuch mit Schweinen eingesetzten Luzernetrockenblatts (in g/kg)

Parameter	Trockenmasse	Trockenfutter-Basis (88 % TS)
Rohprotein	219	193
Lysin	13,1	11,6
Methionin	3,6	3,2
Rohfett	44	39
Rohasche	111	97
Rohfaser	174	153
Energie (MJ ME/kg)	7,8	7,4

Die Ergebnisse der Futteranalysen sind in Tabelle 3.3.3-3 dargestellt. Die Energieberechnung erfolgte nach der Mischfutterformel für Schweine der GFE (2008). Die errechneten Energiekonzentrationen auf Basis der analysierten Inhaltsstoffe wichen geringfügig nach oben ab (Zielwert: 13,0 MJ ME pro kg). Die Lysinkonzentrationen waren, mit Ausnahme der Kontrollvariante, leicht höher als der Zielwert (9,4 g/kg); die Methioningehalte (Zielwert: 3,0 g/kg) etwas niedriger.

Tabelle 3.3.3-3: Analytierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen in g bzw. MJ ME/kg (bezogen auf 88 %)

Parameter	Kontrolle (0 %)	LB* 5%	LB 10%	LB 15%
Rohprotein	176	179	177	181
Lysin	8,8	9,7	9,9	9,8
Methionin	2,9	2,9	2,8	3,0
Rohfett	45	54	67	73
Rohasche	53	55	57	35
Rohfaser	44	47	50	51
Stärke	402	372	347	328
Zucker	38	38	42	40
Energie (MJ ME)	13,3	13,2	13,3	13,7

* LB = Luzernetrockenblatt

Die Lebendmasseentwicklung verlief bei allen vier Versuchsgruppen gleichmäßig. Die Tiere wiesen zum Versuchsbeginn im Mittel ein Lebendgewicht von 29,2 kg bis 29,8 kg auf und erreichten am Ende des Versuchs im Mittel Gewichte zwischen 55,6 kg und 58,2 kg. Hierbei konnten zwischen den Gruppenmittelwerten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden (Tabelle 3.3.3-4).

Tabelle 3.3.3-4: Mittlere Lebendmasseentwicklung im Versuchszeitraum (kg/Tier, LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Versuchstag	Kontrolle	LB* 5%	LB 10%	LB15%	SE	p
1	29,8	29,2	29,2	29,3	±1,67	0,9948
7	35,0	32,6	33,3	33,3	±1,54	0,7126
14	40,8	39,0	39,1	39,0	±1,58	0,8157
21	47,6	45,2	45,5	45,5	±1,50	0,6619
28	52,5	50,1	51,7	51,5	±1,63	0,7626
35	58,2	55,6	56,7	56,7	±1,47	0,6599

* LB = Luzernetrockenblatt

Die Tageszunahmen werden in Abbildung 3.3.3-1 veranschaulicht. Hier wurde die erste Woche (Tag 1-7) des Versuchs getrennt von der restlichen Versuchsdauer (Tag 7-35) sowie der gesamte Zeitraum (Tag 1-35) betrachtet. Dabei können ausschließlich im Zeitraum von Tag 1 bis 7 signifikante Unterschiede ($p = 0,0356$) zwischen den Gruppen erkannt werden.

Auch der Futtermittelverbrauch und der Futteraufwand je kg Lebendmassezunahme wurden sowohl über den gesamten Versuchszeitraum von Tag 1 bis 35 als auch von Tag 1 bis 7 gesondert von der restlichen Versuchszeit (Tag 7-35) ausgewertet, um festzustellen, ob sich die anfängliche Futterumgewöhnung auf die Futteraufnahme der Schweine auswirkt. Während der gesamten Versuchszeit (Tag 1- 35) waren im Mittel zwischen 2,15 und 2,48 kg Futter für ein kg Lebendmassezunahme notwendig. Es lassen sich hierbei weder im Futtermittelverbrauch noch im Futteraufwand signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen feststellen.

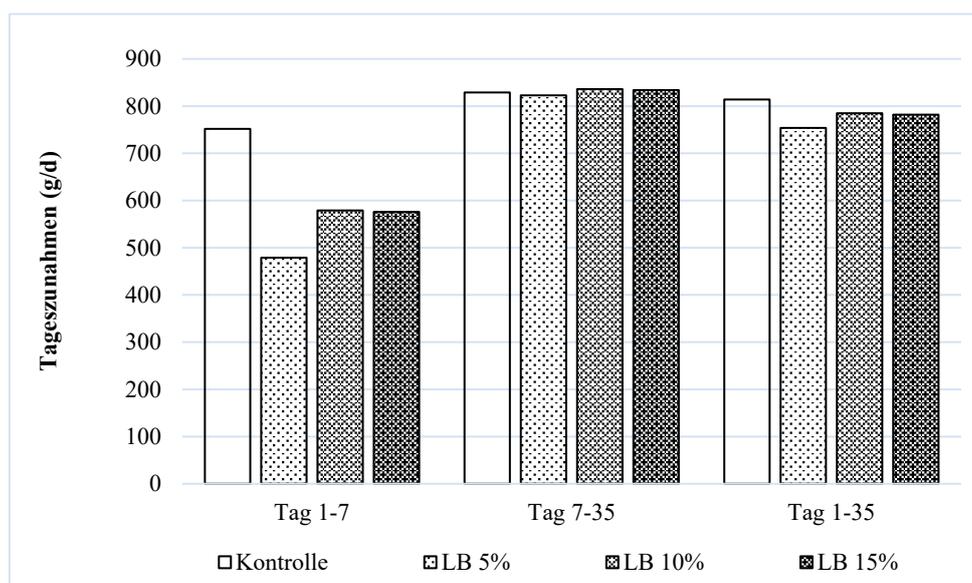


Abbildung 3.3.3-1 Durchschnittliche Tageszunahmen in ausgewählten Zeiträumen während des Akzeptanzversuchs

Die vorliegenden Analyseergebnisse zum verwendeten Luzernetrockenblatt entsprechen nicht den in der Literatur gefundenen hohen Werten. Ursachen hierfür könnten der zu späte Erntetermin (Beginn Blüte) (WILLNER und JÄNICKE 2005), der Standort und die Anbaumethode (SOMMER et al. 2015) oder auch der Einfluss des Wetters und unterschiedlicher Blattmasseanteile zwischen den Luzernesorten (PACZKOWSKI und HARTMANN 2018) sein. Zudem kann der verwendete Prototyp einer Blattzupfmaschine als noch nicht praxisreif angesehen werden. Zumindest hinsichtlich der gegenüber der Ganzpflanze reduzierten Rohfaseranteile konnten positive Effekte erzielt werden.

Für das Merkmal Futterverbrauch lassen sich, weder in der ersten Woche, noch im restlichen Versuchszeitraum, signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen feststellen. Eine mögliche Aversion der Mastschweine gegen die in den Luzerneblättern enthaltenen Saponine, wie sie in Geflügelversuchen von PLEGER et al. (2020) und WEINDL et al. (2018) festgestellt wurden, konnte hier selbst bei einem Luzerneblattanteil von 15% nicht dokumentiert werden. Die Lebendmasseentwicklung der Mastschweine zeigt, dass alle Tiere trotz steigenden Luzerneblattanteilen in den Alleinfuttermischungen vergleichbare Tageszunahmen erreichen konnten. Die geringen numerischen Unterschiede in den Lebendmassen waren statistisch nicht abzusichern. Eine mögliche Wachstumsdepression aufgrund der im Luzernetrockenblatt enthaltenen Saponine (SEN et al. 1998) konnte somit im vorliegenden Versuch nicht festgestellt werden.

Lediglich für das Merkmal Tageszunahmen lassen sich in der ersten Woche des Versuchszeitraumes signifikante Unterschiede (Kontrolle versus LB 5%) feststellen. Es ist zu vermuten, dass die höheren Tageszunahmen der Kontrollgruppe in der ersten Woche auf die Futterumgewöhnung zurückzuführen sind. Die im Versuch erzielten Tageszunahmen von 754 g/d bis 814 g/d (Tag 1-35) dokumentieren ein hohes Leistungsniveau. Für den Futtermittelverbrauch lassen sich ebenfalls zwischen den Fütterungsgruppen keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Fazit

Die eingesetzten Luzerneblätter wiesen vergleichsweise niedrige Gehalte an Rohprotein und Lysin auf. Trotzdem besitzt Luzernetrockenblatt ein Potenzial als regional erzeugtes Eiweißfuttermittel für die (ökologische) Schweinefütterung. Insbesondere die Ernte der Luzerneblätter muss noch optimiert werden, um eine befriedigende Blatt-/Stängeltrennung zu erreichen.

Die vorliegenden Ergebnisse des Fütterungsversuchs zeigen, dass der Einsatz von getrockneten Luzerneblättern in den geprüften Einsatzmengen bis 15 % in der Anfangsmast von Schweinen realisierbar ist. Es konnten keine Einbußen in den tierischen Leistungen verzeichnet werden, die durch antinutritive Inhaltsstoffe der Luzernepflanze wie Saponine verursacht sein könnten. Deshalb sollte in einem Folgeversuch ermittelt werden, ob sich Luzernetrockenblatt auch in höheren Anteilen verfüttern lässt. Auch die Auswirkungen eines hohen Luzernetrockenblattanteils auf den Schlachtkörperwert waren zu prüfen.

3.3.3.3 Leistungsversuch

3.3.3.3.1 Tiere, Material und Methoden

Für den Fütterungsversuch wurden zur Gewinnung von Luzernetrockenblatt (LB) die Luzerneblätter mit einer speziellen Blätterntemaschine aus Frankreich geerntet und in der Futtertrocknungsanlage Lamerdingen per Heißlufttrocknung konserviert. Die Werbung der Luzernesilage (LS) erfolgte zu zwei Terminen als gehäckselte Ballensilage (Zerkleinerung des Anwelkgutes mit einem Claas Jaguar Selbstfahrhäcksler und anschließende Verpressung in Ballen mittels einer Göweil LT Master-Presswickelkombination). Der Fütterungsversuch mit Mastschweinen wurde im Herbst/Winter 2019 in der Lehr- und Forschungsstation der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf am Standort Zurnhausen durchgeführt. Hierzu wurden 40 männliche Kastraten einer Zweirassenkreuzung (Duroc * Dänische Landrasse) mit ca. 30 kg eingestallt. Diese stammten von einem ökologischen Ferkelerzeugerbetrieb aus Bayern. Die Tiere wurden paarweise ausschließlich in Boxen gehalten, die so konzipiert waren, dass die Schweine einen vorderen Fress-, einen mittleren Liege- (Gummimatte) und einen hinteren Nassbereich nutzen konnten. Im Herkunftsbetrieb erhielten die Ferkel bereits ein Eisenpräparat und wurden gegen *Mycoplasmen* und *Lawsonia intracellularis* behandelt. Nach einer Eingewöhnung von 7 Tagen wurde den Schweinen der Wirkstoff Ivermectin gegen Endo- und Exoparasiten subkutan verabreicht.

Die Mastperiode wurde in drei Phasen unterteilt (Anfangsmast (AM), Mittelmast (MM), Endmast (EM)). Es wurden 4 Fütterungsvarianten untersucht (A, B, C, D; vgl. Tabelle 3.3.3-5). Jede der genannten Varianten bestand insgesamt aus 10 Tieren bzw. fünf Boxen. Alle Futtermischungen bestanden zu 100 % aus ökokonformen Rohstoffen. Die Tiere der Gruppe B erhielten bis zu 20 % LB in der Alleinfuttermischung; die Tiere der Gruppe D nahmen mit der Ergänzungsmischung 15 % (AM, MM) bzw. 10 % LB (EM) auf. Zusätzlich sollten die Gruppen C und D Luzernesilage verzehren (vgl. Tabelle 3.3.3-5). Die Silage wurde täglich zur freien Aufnahme vorgelegt. Die in Tabelle 1 ausgewiesenen Anteile lehnten sich an den in dem Mastversuch von WÜSTHOLZ et al. (2017) ermittelten Silageverzehr an und dienten - in Verbindung mit den Nährstoffgehalten (Tabelle 3.3.3-6) - als Vorgabe für die Inhaltsstoffausstattung der Ergänzungen. Ziel war es, allen Gruppen das gleiche Tagesangebot an Rohprotein bzw. Aminosäuren zur Verfügung zu stellen. Die Krafftuttermenge erfolgte zweimal täglich restriktiv. Dabei orientierte sich die Krafftuttermenge an einem Versorgungsniveau, das für Tageszunahmen von durchschnittlich 800 g ausgelegt war.

Tabelle 3.3.3-5: Zusammensetzung der eingesetzten Kraffuttermischungen (Angaben in %)

Rohstoff	Anfangsmast				Mittelmast				Endmast			
	Alleinfutter		Ergänzer		Alleinfutter		Ergänzer		Alleinfutter		Ergänzer	
	A ¹	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Luzerne-trocken-blatt		15,0		15,0		20,0		15,0		20,0		10,0
Soja-ku-chen	18,0	11,0	12,0	7,0	11,0	5,0	7,0		3,0		3,0	
Sonnen-blumen-kuchen	10,0	8,0	8,0	6,0	7,0	4,0		2,0	3,0			
Erbsen	15,0	12,0	9,0	8,0	18,0	12,5	5,0	3,0	24,0	16,0	7,0	3,0
Triticale	10,0	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0	15,0	15,0	20,0	15,0	25,0	37,0
Gerste	29,0	31,5	18,4	8,5	32,7	26,1	18,0		32,1	22,0	14,8	5,0
Mais			20,0	20,0		10,0	22,0	29,4		15,8	17,5	10,0
Hafer	15,0	10,0			13,5	5,0			15,5	9,0		
Sojaöl	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				
Rapsöl				2,9			0,5	3,0	1,0	1,0	1,5	3,5
Mineral-futter	2,1	1,5	1,7	1,6	1,8	1,4	1,5	1,7	1,4	1,2	1,3	1,5
Luzerne-silage ²			20,0	20,0			30,0	30,0			30,0	30,0

¹ Gruppe A: Anfangs-/Mittel-/Endmast: 0 % /0 %/0 % Luzernetrockenblatt (LB) und 0 %/0 %/0 % Luzernesilage

Gruppe B: Anfangs-/Mittel-/Endmast: 15 %/20 %/20 % LB und 0 %/0 %/0 % Luzerneganzpflanzensilage

Gruppe C: Anfangs-/Mittel-/Endmast: 0 %/0 %/0 % LB und 20 %/30 %/30 % Luzerneganzpflanzensilage

Gruppe D: Anfangs-/Mittel-/Endmast: 15 %/15 %/10 % LB und 20 %/30 %/30 % Luzerneganzpflanzensilage.

² Angaben beziehen sich auf die geplanten Anteile (%) in der TS der Tagesration.

Durch wöchentliche Wiegunen der Tiere konnte die Lebendmasseentwicklung kontrolliert werden. Es wurden die Tageszunahmen, der Futterverbrauch sowie der Futteraufwand berechnet. Die Schlachtung der Tiere erfolgte im Versuchsschlachthaus der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS[®] (General Linear Model (GLM) und Tukey-Test) (SAS 9.4, 2013). Für die Daten zur Futteraufnahme und der Mastleistung wurde ein einfaktorielles Modell mit der „Gruppe“ als fixem Effekt; für die Merkmale des Schlachtkörperwerts ein zweifaktorielles Modell („Gruppe“ und „Schlachtermin“) herangezogen. Die Analysen der Futtermittel und Futtermischungen erfolgte im AP-Analytik (TI-Analytik).

3.3.3.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Analyseergebnisse der im Versuch eingesetzten LB und LS sind in Tabelle 3.3.3-6 dargestellt. Die Werte für die umsetzbare Energie (ME) wurden mit Hilfe der Gleichung für Einzelfuttermittel der GFE (2006) ermittelt. Hierbei wurden die Rohnährstoffverdaulichkeiten der von MESSINGER et al. (2021a) durchgeführten Verdauungsversuche verwendet.

Tabelle 3.3.3-6: Analytierte Gehalte an Inhaltsstoffen der im Fütterungsversuch eingesetzten Luzerne-produkte (in g/kg TM)

Merkmal	Luzernetrockenblatt (LB)	Luzernesilage (LS)	
		1	2
Rohprotein	224	280	213
Lysin	10,9	7,0	10,6
Methionin	3,7	4,7	3,5
Rohfett	39	35	24
Rohasche	120	125	110
Rohfaser	175	230	254
ME (MJ/kg)	6,8	8,2	8,0

Die Ergebnisse der Analysen der Kraftfuttermischungen sind in Tabelle 3.3.3-7 dargestellt. Die Energieberechnung erfolgte nach der Mischfutterformel für Schweine der GfE (2008).

Tabelle 3.3.3-7: Analytierte Gehalte an Inhaltsstoffen und ME der Kraftfuttermischungen (in g bzw. MJ ME/kg (bezogen auf 88 %))

Merkmal	Anfangsmast				Mittelmast				Endmast			
	A ¹	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Rohprotein	180	175	172	165	149	132	112	114	128	122	107	107
Lysin	10,8	9,7	9,4	8,6	8,5	6,8	5,8	4,6	7,0	6,1	4,8	4,2
Methionin	3,0	2,8	2,8	2,9	2,5	2,3	1,9	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8
Rohfett	51	49	58	85	45	37	50	72	29	30	41	60
Rohasche	51	53	44	54	40	44	34	45	34	40	29	40
Rohfaser	64	76	46	69	61	68	29	64	49	64	31	53
Stärke	361	333	425	343	388	399	511	429	463	424	534	459
Zucker	35	27	27	35	34	30	29	28	29	29	28	30
Energie (MJ ME)	12,6	12,0	13,5	12,9	12,6	12,0	13,9	12,7	12,8	12,1	13,7	13,0

¹siehe Tabelle 3.3.3-5

Der Fütterungsversuch verlief weitestgehend plangemäß. Zwei Tiere wurden aufgrund von Wachstumsstörungen aus dem Versuch genommen und deren Daten nicht in die Auswertung einbezogen. In der Tabelle 3.3.3-8 werden ausgewählte Merkmale zur Futteraufnahme und Mastleistung dargestellt. Zwischen den vier Gruppen waren deutliche Unterschiede hinsichtlich der Kraftfutteraufnahme festzustellen. Die Tiere der Gruppen C und D nahmen - vorgebungsbedingt - weniger Kraftfutter auf als die Tiere der Gruppen A und B. Insbesondere in der Anfangsmast realisierten die Gruppen C und D eine deutlich geringere Silageaufnahme als geplant. Somit nahmen diese Tiere - insbesondere in der AM und MM - weniger Nährstoffe und Energie auf als die Kraftfuttergruppen. Erst in der Endmast erreichte der Silageverzehr das geplante Niveau (C: 710 g TM LS pro Tier und Tag; D: 650 g TM LS pro Tier und Tag). In dem von WÜSTHOLZ et al. (2017) durchgeführten Versuch mit Luzernesilage wurde bereits den abgesetzten Ferkeln Silage vorgelegt. In der vorliegenden Studie wurden die Tiere im Ferkelerzeugerbetrieb dagegen nicht an Silage adaptiert. Die frühe Gewöhnung im Ferkelalter kann

somit als Schlüsselfaktor für einen hohen Raufutterverzehr in der anschließenden Schweinemast gesehen werden.

Tabelle 3.3.3-8: Merkmale zur Futteraufnahme und Mastleistung im Versuchszeitraum (LS-Means)

Merkmal	Gruppe				p
	A ¹	B	C	D	
Einstallgewicht (kg/Tier)	29,9	29,8	29,9	30,4	0,9584
Krafftutteraufnahme, gesamte Mast (kg TM/Tier u. Tag)	2,10 ^b	2,21 ^a	1,63 ^c	1,66 ^c	<0,0001
Silageaufnahme, gesamte Mast (kg TM/Tier u. Tag)			0,41	0,36	0,4166
Futteraufnahme, gesamte Mast (kg TM/Tier u. Tag)	2,10 ^{ab}	2,21 ^a	2,04 ^b	2,02 ^b	0,0133
Mastendgewicht (kg/Tier)	110,6	110,4	110,2	111,0	0,9791
Mastdauer (Tage/Tier)	98,1 ^b	105,9 ^b	109,2 ^b	131,6 ^a	< 0,0001
Tageszunahmen, gesamte Mast (kg/Tier)	0,831 ^a	0,773 ^{ab}	0,741 ^b	0,618 ^c	< 0,0001
Krafftutteraufwand pro kg Zuwachs, gesamte Mast (kg TM/kg)	2,56 ^b	2,90 ^a	2,29 ^c	2,78 ^{ab}	0,0005
Futteraufwand pro kg Zuwachs, gesamte Mast (kg TM/kg)	2,56 ^c	2,90 ^b	2,86 ^b	3,37 ^a	< 0,0001

Ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$); ¹ Tabelle 3.3.3-5.

Die beiden ausschließlich mit Krafftutter versorgten Gruppen (A, B) zeigten praktisch keine Unterschiede im Futterverzehr. Damit werden die im vorangegangenen Akzeptanzversuch (MESSINGER et al. 2019) getroffenen Beobachtungen bestätigt. Auch in der Mittel- und Endmast - die Alleinfuttermischungen der Gruppe B enthielten jeweils 20 % LB - zeigen sich zur Kontrollgruppe keine Unterschiede in der Futteraufnahme.

Die unterschiedliche Futteraufnahme zwischen den Krafftutter- (A, B) und Silagegruppen (C, D) spiegelt sich im Wachstum der Tiere wider. Die Gruppen A und B erzielen mit 831 g bzw. 773 g Tageszunahmen das angestrebte Zunahmenniveau. Dagegen fällt insbesondere die Gruppe D mit 618 g Tageszunahmen deutlich ab. Dies spiegelt sich auch im Merkmal Futterverbrauch pro kg Zuwachs (gesamte Mast) wider (Tabelle 3.3.3-8).

In Tabelle 3.3.3-9 werden ausgewählte Merkmale des Schlachtkörperwerts dargestellt. Auch für diese Merkmale lässt sich die Dualität zwischen den Krafftuttergruppen einerseits und den Silagegruppen andererseits erkennen. Die Gruppen A und B weisen gegenüber den Gruppen C und D höhere Schlachtgewichte, Ausschlagungsanteile und Fleischflächen auf. Auch hier zeigen die Tiere der Gruppe D für die genannten Merkmale die numerisch niedrigsten Werte auf. Es deutet sich somit an, dass die Kombination von Luzerneblättern und Luzernesilage sowohl zu geringeren Mastleistungen als auch einem ungünstigeren Schlachtkörperwert führt.

Tabelle 3.3.3-9: Merkmale des Schlachtkörperwerts der Mastschweine (LS-Means)

Merkmal	Gruppe				p
	A ¹	B	C	D	
Schlachtgewicht, warm (kg)	85,1	85,0	82,1	83,2	0,1983
Ausschlachtung (%)	79,9 ^a	78,6 ^{ab}	77,5 ^{bc}	76,7 ^c	0,0128
Muskelfleischanteil (%)	58,5	58,3	56,2	56,0	0,0613
Fleischfläche (cm ²)	43,3 ^{ab}	43,8 ^a	40,2 ^{bc}	38,3 ^c	0,0404
Fettfläche (cm ²)	11,8	11,7	12,0	13,1	0,7295

Ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$); ¹ Tabelle 3.3.3-5.

Die in der Literatur gefundenen niedrigeren Cholesteringehalte im Fleisch von Hühnern (CAR-RASCO et al., 2018; PONTE et al., 2004b), wurden in den eigenen Studien beim Schwein nicht beobachtet. Hier lagen die Werte über alle Gruppen hinweg bei 60 mg/100 g Fleisch (Kotelett) und bei 90 mg/100 g Speck der Schweine der Kontrolle sowie Gruppe C und bei 80 mg/100 g Speck der Schweine der LB-Gruppen.

Die Verwendung von Luzerneprodukten führte wie erwartet zu einer veränderten Fettqualität im Depotfett. Die Zusammensetzung des intramuskulären Fetts sowie des Rückenspecks der Tiere der Luzernegruppe wurde zugunsten von Omega-3-Fettsäuren verschoben. Das Fettsäurenmuster im Rückenspeck ist in der Tabelle 3.3.3-10 dokumentiert. Neben Luzerne sollte hierbei jedoch auch Rapsöl, das vor allem in den Gruppen C und D eingesetzt wurde, als Einfluss des Futters auf die Fettsäurezusammensetzung berücksichtigt werden.

Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse des Fütterungsversuchs zeigen, dass der Einsatz von getrockneten Luzerneblättern in den geprüften Mischungsanteilen bis 20 % in Alleinfuttermischungen für die Schweinemast realisierbar ist. Es konnten keine Einbußen in der Futteraufnahme, der Mastleistung und dem Schlachtkörperwert verzeichnet werden, die durch antinutritive Inhaltsstoffe - wie Saponine - der Luzernepflanze verursacht sein könnten. Das errechnete Einsparpotenzial - gegenüber der Kontrollgruppe - beträgt 28 kg Eiweißfuttermittel (Summe Erbsen, Soja- und Sonnenblumenkuchen) pro Mastschwein.

Die ebenfalls geprüfte Kombination von Luzernetrockenblatt (15 % bzw. 10 % Mischungsanteil im Ergänzer) und Luzerneganzpflanzensilage führte zu verringerten Futteraufnahmen und deutlich herabgesetzten tierischen Leistungen. Als Ursache wird ein kumulativer Effekt der Saponinwirkung vermutet.

Tabelle 3.3.3-10: Gehalte ausgewählter Fettsäuren und Fettsäuregruppen (g/100g Fettsäurenmethylester) im Rückenspeck (LS-Mittelwerte)

Merkmal	Gruppe ¹				p
	A	B	C	D	
C14:0	1,10 ^a	1,12 ^a	1,06 ^a	0,90 ^b	< 0,0001
C16:0	21,37 ^a	21,22 ^a	20,19 ^a	16,75 ^b	< 0,0001
C18:0	12,59 ^a	12,10 ^a	11,40 ^a	9,33 ^b	0,0010
C18:1	39,08 ^b	39,67 ^b	38,84 ^b	42,74 ^a	0,0004
C20:1	1,06 ^a	1,01 ^a	0,92 ^b	1,03 ^a	0,0219
C18:2	17,49 ^{ab}	16,06 ^b	19,04 ^a	19,31 ^a	0,0080
C18:3	1,74 ^c	2,96 ^b	2,87 ^b	4,70 ^a	< 0,0001
C20:2	0,92	0,83	0,84	0,77	0,0689
C20:3	0,44 ^c	0,75 ^a	0,60 ^b	0,84 ^a	< 0,0001
EPA	0,03 ^b	0,07 ^a	0,08 ^a	0,07 ^a	0,0122
DPA	0,17 ^b	0,22 ^a	0,19 ^b	0,25 ^a	0,0014
DHA	0,04	0,04	0,05	0,06	0,1430
SFA	36,08 ^a	35,42 ^{ab}	33,61 ^b	27,86 ^c	< 0,0001
MUFA	42,14 ^b	42,73 ^b	41,66 ^b	45,20 ^a	0,0029
PUFA	21,78 ^b	21,85 ^b	24,72 ^a	26,94 ^a	0,0027
Total n3	2,44 ^c	4,05 ^b	3,79 ^b	5,92 ^a	< 0,0001
Total n6	19,34 ^{ab}	17,80 ^b	20,94 ^a	21,02 ^a	0,0138

Ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$); ¹ siehe Tab. 3.3.3-5; EPA: Eicosapentaensäure; DPA: Docosapentaensäure; DHA: Docosahexaensäure; SFA: gesättigte Fettsäuren; MUFA: einfach ungesättigte Fettsäuren; PUFA: mehrfach ungesättigte Fettsäuren; n3: Omega-3-Fettsäuren, gesamt; n6: Omega-6-Fettsäuren, gesamt

3.3.4 Verdauungsversuche mit Grünleguminosen bei wachsendem Geflügel

(L. PLEGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF)

3.3.4.1 Einleitung und Fragestellung

Ziel des vorliegenden Grünleguminosenprojekts ist es, Luzerne- und Rotkleeprodukte in Form von Ganzpflanzensilage und Trockenblatt in der ökologischen Geflügelfütterung einzusetzen und auf ihren Futterwert zu untersuchen. Um den Einsatz dieser Produkte als Proteinträger in der Geflügelfütterung beurteilen zu können, sind nicht nur die Gehalte an Protein und Aminosäuren, sondern auch die Verdaulichkeitswerte dieser Nährstoffe relevant. Es wurden zwei Verdauungsversuchsreihen durchgeführt (nachstehend als Verdauungsversuch 1 und 2 bezeichnet). Ergänzende Informationen zu diesen Studien sind den fachwissenschaftlichen Publikationen von PLEGER et al. (2020) und PLEGER et al. (2021) zu entnehmen.

3.3.4.2 Verdauungsversuch 1

3.3.4.2.1 Material und Methoden

Versuchsaufbau

Am 14.06.2017 wurden in den Feststall der Lehr- und Forschungsstation der Hochschule Wei-henstephan (HSWT) am Standort Zurnhausen 528 männliche Eintagsküken des Genotyps Hubbard I-757 eingestallt. Es wurden vier Fütterungsvarianten untersucht: die Kontrolle (K) ohne Luzerne sowie drei Varianten mit Luzerneblättern (LB), Luzernesilage (LS) bzw. Luzerne-mehl (LM). Jede der genannten Varianten bestand aus 144 bzw. 96 Tieren (Tabelle A 3.3.4- 1). Die Mast der Tiere wurde in drei Fütterungsphasen eingeteilt (Phase 1: 1.-14. Lebenstag; Phase 2: 15.-28. Lebenstag; Phase 3: 29.-42. Lebenstag). In Phase 1 wurde ein industriell hergestellter Öko-Starter der Firma Meika Tierernährung GmbH, Großaitingen gefüttert (Tabelle A 3.3.4- 3). Die Fütterungsphase 3 (P3) stellte den eigentlichen Verdauungsversuch dar. Hierbei wurden die Mischungsanteile an LB, LM bzw. LS im Alleinfutter der Tiere 3-stufig angehoben (LB: S1=15 %, S2=22,5 % sowie S3=30 % und LS/LM: S1=10 %, S2=15 % sowie S3=20 %) und im Austausch gegen Maisstärke zugegeben. Im Alleinfutter der Kontrolltiere fungierten hingegen entsprechend hohe Maisstärkeanteile als Platzhalter für die zu prüfenden Futtermittel (K1: 30 %, K2: 20 %).

In Phase 3 wurde eine Woche vor der Schlachtung der Tiere jede Box in 2 Abteile geteilt und in jedes Abteil wurden 6 Tiere, gleichmäßig nach Gewicht verteilt, eingesetzt. Im Zuge dessen wurde die Einstreu aus den Boxen entfernt und Gitterböden eingebaut, damit die Verdaulichkeitswerte des Futters nicht durch die Aufnahme von Einstreu verfälscht werden können. Die Dauer der Verfütterung der für die Verdaulichkeitsermittlung relevanten Prüffuttermittel betrug 14 Tage (29. - 42. Lebenstag).

Futtermischungen und Fütterung

Die Futter- sowie Wasseraufnahme erfolgte ad libitum. Das Futter der Phasen 2 und 3 wurde in Form von pelletierten Futtermischungen, welche die jeweiligen Anteile der im September 2016 erworbenen Luzernesilage, Luzernemehl oder Luzerneblätter beinhalteten, vorgelegt (Tabelle A 3.3.4- 4 bis -Tabelle A 3.3.4- 7). Die verabreichten Futtermengen wurden stetig ab-gewogen und bei jedem Phasenwechsel wurde das Futter zurückgewogen. Durch wöchentliche Wie-gungen der Tiere konnte die Lebendmasseentwicklung kontrolliert werden. Dadurch wurden das Wachstum der Tiere, der Futterverbrauch und -aufwand erfasst. Die Futtermischungen orientierten sich bezüglich ihrer Nährstoffausstattung an den Empfehlungen der GFE (1999) (Tabelle A 3.3.4- 6 bis Tabelle A 3.3.4- 7). Zur Überprüfung der Nährstoffgehalte wurde jede Futtermischung beprobt und analysiert (Tabelle A 3.3.4- 8 bis Tabelle A 3.3.4- 9). 120

Alle Futtermischungen ab Phase 2 bestanden zu 100 % aus ökologisch erzeugten Rohstoffen. Da das Versuchsdesign auf einen Verdaulichkeitsversuch ausgelegt war, wurden in Anlehnung an Versuche von KLUTH et al. (2005) und RITTESER UND GRASHORN (2015) die Hauptkomponenten Mais, Sojakuchen und Sonnenblumenkuchen für die Grundmischung verwendet. Die Futtermischungen der Phase 3 beinhalteten freie Aminosäuren (Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan), um den entsprechenden Bedarf der Tiere in jeder Zulagestufe des Prüffuttermittels zu decken. Damit wird gewährleistet, dass die Futteraufnahme zwischen allen Futtergruppen weitgehend gleich ist und die Auswirkung endogener basaler Aminosäureausscheidungen gering ist (GANZER et al. 2006). Als unverdaulicher Marker wurde in die Futtermischungen der Phase 3 Titandioxid (TiO₂) eingemischt. Die Analysen der Futtermischungen und des Chymus erfolgten in AP-Analytik (TI-Analytik).

Ermittlung der Verdaulichkeit

Die Ermittlung der praecaecalen Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren (pcVQ) wurde unter Verwendung der Konzentrationen von Aminosäuren (AS) und Rohprotein (XP) und des Markers Titandioxid (TiO₂) in Futter und Chymus für jede Futtermischung mit folgender Formel berechnet:

$$\text{pcVQ (\%)} = (\text{AS oder XP in Chymus} * \text{TiO}_2_{\text{Futter}}) / (\text{AS oder XP in Futter} * \text{TiO}_2_{\text{Chymus}}) * 100$$

Die Beziehung zwischen der pc verdauten und der aufgenommenen Aminosäuren- oder Proteinmenge wurde anschließend mittels linearer Regression beschrieben.

Für die Regressionsanalyse wurde das „common intercept model“ verwendet:

$$y = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + b_4 * x_4, \text{ mit:}$$

y: pc verdaute AS oder P-Menge (mg/d);

a: Konstante;

x1-4: Aufnahme der jeweiligen AS aus den Mischungen für jede Prüffuttermittel (mg/d);

b1-4: Anstieg der Regressionsgeraden für die jeweiligen Prüffuttermittel.

Das Modell impliziert die Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den Steigungen für die Prüffuttermittel. Hierfür wurde das Programm SPSS 22 v 11 (2013) für Windows verwendet.

3.3.4.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Lebendmassen und Futteraufnahme

In der Tabelle A 3.3.4- 10 werden die Tierleistungen von Tag 1 bis Tag 28 dargestellt. Die Tiere wurden mit einer durchschnittlichen Lebendmasse von 41,5 g eingestallt, entwickelten sich in Phase 1 unter Fütterung des Öko-Starterfutters einheitlich und erreichten an Tag 14 eine Lebendmasse von durchschnittlich 301 g. In Phase 1 war eine geringe Tierabgangsrate von 0,6 % zu verzeichnen. Nach Umstellung auf das Versuchsfutter P2 zeigten sich am 28. Lebenstag deutliche Unterschiede in der Lebendmasseentwicklung zwischen den Futtervarianten. Wie auch im ersten Vorversuch entwickelten sich die LM-Gruppen gut und erreichten fast die Lebendmassen der Kontrollgruppen. Die LS-Gruppen erreichten eine um 12 % geringere Lebendmasse als die Kontrollgruppen. Die LB-Gruppen schnitten auch in diesem Versuch am schlechtesten ab und erreichten ein um 29 % geringere Lebendmasse im Vergleich

zur Kontrolle. Die Futterraufnahme war für die Gruppen LM und LS etwas geringer als für K und LB. Allerdings konnte auch diesmal eine Futterselektion bei den LB-Gruppen beobachtet werden, die durch den Verlust in die Einstreu nicht quantifiziert werden konnte. Auch in Phase 3 spiegelten sich diese Verhältnisse in etwa wider (Tabelle A 3.3.4- 11). Durch die Zulage von freien Aminosäuren in den Alleinfuttermischungen der Phase 3 waren die Tiere über ihren Bedarf hinaus versorgt und konnten bisherige Wachstumsdefizite nachholen. So übertrafen die LM-Gruppen am Ende des Versuchs die Lebendmasse der Kontrollgruppen. Die LS-Gruppen erreichten in etwa die Lebendmasse der Kontrollgruppen, die LB-Gruppen schnitten wieder am schlechtesten ab. Weder in Phase 2 noch in Phase 3 waren Tierabgänge zu vermerken.

Futteranalysen

Die Analysen der hergestellten Futtermischungen zeigten, dass die Futtermischungen K, LB und LM in der Phase 2 den Bedarfsempfehlungen der GFE (1999) entsprachen. Die Laboranalyse der Luzernesilagevariante der Phase 2 wies einen geringeren Wert für die Aminosäuren Methionin und Lysin als den kalkulierten Wert aus. In Phase 3 waren durch den Zusatz freier Aminosäuren alle Gruppen optimal versorgt (Tabelle A 3.3.4- 8 und Tabelle A 3.3.4- 9Tab).

Ermittelte Verdaulichkeitswerte

Die Verdaulichkeit von Rohprotein und allen Aminosäuren wurde für Luzerneblätter, Luzernesilage und Luzernemehl ermittelt (Tabelle 3.3.4-1). Im Vergleich der drei Luzerneprodukte zeigten sich die höchsten Verdaulichkeitswerte für das Luzernemehl. Die Luzerneblätter wiesen die niedrigsten Verdaulichkeitswerte auf, während die Werte für die Luzernesilage dazwischenlagen.

Fazit

Durch die Fütterung des industriell hergestellten Öko-Starterfutters wurde den Tieren ein gleichmäßiger Start ermöglicht. In Phase 2 zeigte sich, dass die Fütterung von 15 % Luzernemehl in der Futtermischung zu guten Mastergebnissen führte. Die schlechtere Entwicklung der LS-Gruppen lässt sich durch den geringeren Gehalt an Methionin und Lysin in den Futtermischungen begründen. Trotz der geringeren Aufnahme dieser Aminosäuren zeigten die LS-Gruppen in Phase 2 eine nur 12 % geringere Mastleistung als die Kontrollgruppen, sodass für Luzernesilage in Futtermischungen für Broiler nur geringe antinutritive Effekte und damit ein hohes Potenzial unterstellt werden kann. Die geringe Akzeptanz der Luzerneblätter und die unterdurchschnittliche Entwicklung der Luzerneblattgruppen lassen sich vermutlich durch antinutritive Stoffe, vor allem durch Saponine begründen.

Tabelle 3.3.4-1: Praecaecale Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerneblättern (LB), Luzernesilage (LS) und Luzernegrünmehl (LM)

Merkmal	LB		LS		LM	
	pcV	r ²	pcV	r ²	pcV	r ²
Rohprotein	26	0,64	63	0,57	80	0,94
Asparaginsäure	50	0,69	68	0,66	83	0,96
Threonin	43	0,47	51	0,35	82	0,94
Serin	31	0,28	72	0,59	79	0,95
Glutamin	37	0,45	74	0,60	86	0,96
Glycin	35	0,31	55	0,41	75	0,91
Alanin	45	0,53	72	0,66	83	0,92
Cystein	-7*	0,01	67	0,27	72	0,90
Valin	48	0,63	58	0,53	87	0,90
Methionin	41	0,52	53	0,34	93	0,95
Isoleucin	47	0,63	57	0,49	90	0,91
Leucin	50	0,63	78	0,68	89	0,95
Tyrosin	49	0,68	74	0,57	90	0,96
Phenylalanin	49	0,72	72	0,69	87	0,94
Histidin	37	0,43	57	0,36	83	0,91
Lysin	46	0,59	60	0,36	88	0,94
Arginin	51	0,72	79	0,59	92	0,96
Prolin	56	0,72	74	0,78	86	0,97

* nicht plausibler Wert

3.3.4.3 Verdauungsversuch 2

3.3.4.3.1 Tiere, Material und Methoden

Versuchsaufbau

Für den Versuch mit Masthühnern wurden am 21.10.2017 insgesamt 672 männliche Eintagsküken des Genotyps Hubbard I-757 in den Feststall der Lehr- und Forschungsstation der Hochschule Weihenstephan (HSWT) am Standort Zurnhausen eingestallt.

Es wurden 5 Fütterungsvarianten untersucht (Tabelle A 3.3.4- 12): die Kontrolle (K) sowie vier Varianten mit Luzerneblättern (LB), Luzernesilage (LS), Rotkleeblättern (RKB) bzw. Rotkleesi-lage (RKS). Die Mast der Tiere wurde in drei Fütterungsphasen eingeteilt (Phase 1: 1.-14. Lebenstag; Phase 2: 15.-28. Lebenstag; Phase 3: 29.-41/42. Lebenstag). Wegen Verzögerungen in der Futterproduktion wurde das industriell hergestellte Öko-Starterfutter der Phase 1 eine Woche länger gefüttert als im vorherigen Versuch. Somit wurde in der ersten Woche der Phase 2 der Öko-Starter gefüttert, in der zweiten Woche der Phase 2 wurde dann auf die selbst gemischten Versuchsfutter für P2 umgestellt. Die Fütterungsphase 3 (P3) stellte den eigentlichen Verdauungsversuch dar. Hierbei wurden die LB-, LS-, RKB- und RKS-Anteile im Alleinfutter der Tiere 3-stufig angehoben (S1=10 %, S2=15 % sowie S3=20 %). Im Alleinfutter der Kontrolltiere fungierten hingegen entsprechend hohe Maisstärkeanteile als Platzhalter für die zu prüfenden Futtermittel (K1 und K2: 20 %). In Phase 3 wurde eine Woche vor der

Schlachtung jede Box in 2 Abteile geteilt und die Tiere der jeweiligen Box gleichmäßig zu 9 Tieren verteilt (Phase P3-I und P3-II), um bei der Schlachtung ausreichende Mengen an Chymus zu gewinnen. Die Dauer der Verfütterung der für die Verdaulichkeitsermittlung relevanten Prüffuttermittel betrug 14 Tage (29. - 41./42. Lebenstag).

Futtermischungen und Fütterung

Die Futter- sowie Wasseraufnahme erfolgte ad libitum. Das Futter der Phasen 2 und 3 wurde in Form von pelletierten Futtermischungen, welche die jeweiligen Anteile der im Juli und September 2017 erworbenen Luzerneblätter, Luzernesilage, Rotkleeblätter und Rotkleesilage beinhalteten (siehe Arbeitspaket "Technik"), vorgelegt (Tabelle A 3.3.4-14 bis Tabelle A 3.3.4-16). Die Futtermischungen orientierten sich bezüglich ihrer Nährstoffausstattung an den Empfehlungen der GfE (1999) (Tabelle A 3.3.4-17 und Tabelle A 3.3.4-18). Zur Überprüfung der Nährstoffgehalte wurde jede Futtermischung beprobt und analysiert (AP-Analytik, TI-Analytik) (Tabelle A 3.3.4-19 und Tabelle A 3.3.4-20). Die verabreichten Futtermengen wurden abgewogen, bei jedem Phasenwechsel wurde das restliche Futter zurückgewogen. Durch wöchentliche Wiegen der Tiere konnte die Lebendmasseentwicklung kontrolliert werden. Dadurch wurden das Wachstum der Tiere, die Futteraufnahme und -verwertung erfasst.

Alle Futtermischungen ab der Phase 2 bestanden zu 100 % aus ökologisch erzeugten Rohstoffen. Zur Durchführung des Verdaulichkeitsversuchs wurden in Anlehnung an Versuche von KLUTH et al. (2005) und RITTESER und GRASHORN (2015) wieder die Hauptkomponenten Mais, Sojakuchen und Sonnenblumenkuchen für die Grundmischung verwendet. Wie auch im zweiten Vorversuch wurden den Futtermischungen der Phase 3 aus methodischen Gründen freie Aminosäuren zugesetzt.

Ermittlung der Verdaulichkeit

Die Ermittlung der praecaecalen Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren (pcV) wurde wie unter 3.3.4.2.1 beschrieben durchgeführt.

3.3.4.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Tiergewichte und Futteraufnahme

Die Tiere wurden mit einem durchschnittlichen Gewicht von 37,2 g eingestallt und entwickelten sich unter Fütterung des Öko-Starterfutters einheitlich. Nach dem Wechsel auf das Versuchsfutter P2 konnten am Ende der Phase 2 signifikante Unterschiede in der Lebendmasseentwicklung der Tiere festgestellt werden (Tabelle A 3.3.4-22). Am besten entwickelten sich die Luzernesilagegruppen, die die Kontrollgruppen sogar übertrafen. Die Rotkleeblattgruppen befanden sich in etwa auf dem Niveau der Kontrollgruppen. Die Entwicklung der Rotkleesilage- und Luzerneblattgruppen war signifikant schlechter als die der anderen Gruppen, wobei auch in diesem Versuch die Luzerneblattgruppen in Phase 2 die geringsten Lebendmassen zeigten. Für die Lebendmasseentwicklung der Luzerneblattgruppen ergab sich im vorliegenden Hauptversuch am Ende der Phase 2 nach einer Woche Fütterung des Versuchsfutters P2 allerdings eine geringere Differenz zu den anderen Fütterungsgruppen als im zweiten Vorversuch. Ob der Unterschied zu den anderen Fütterungsgruppen bei einer 2-wöchigen Fütterung des Versuchsfutters P2 durch den Einfluss der Saponine größer geworden wäre, kann hier allerdings nicht beurteilt werden. Für die Aufklärung solcher Fragen ist eine weitere Studie notwendig

(siehe 3). Die höchste Futteraufnahme bei der gleichzeitig schlechtesten Futterverwertung zeigten die Rotkleesilagegruppen. Die besten Werte im Merkmal der Futterverwertung erzielten die Kontroll- und Luzernesilagegruppen. Im Vergleich zum zweiten Vorversuch konnte keine Futterselektion beobachtet werden, die einer bestimmten Futtervariante zugeordnet werden konnte. Unter der Fütterung des Versuchsfutters der Phase 3 zeigten sich am Ende des Versuchs weiterhin die höchsten Mastgewichte für die Luzernesilagegruppen (Tabelle A 3.3.4-23). Die Tiere der Luzerne- und Rotkleeblattgruppen entwickelten sich besser als die der Rotkleesilagegruppen, welche die niedrigsten Gewichte erreichten.

Verdaulichkeitswerte

In der vorliegenden Verdaulichkeitsstudie wurden niedrigere pc Verdaulichkeitswerte von Rohprotein (XP) und Aminosäuren (AS) in getrockneten Blättern von Luzerne und Rotklee ermittelt als in deren GP-Silagen (Tabelle 3.3.4-2). Die Verdaulichkeitswerte eines Futtermittels können zwischen den Geschlechtern und verschiedenen Nutzungsrichtungen von Hühnern sowie bei unterschiedlicher Methodik (Bestimmung in Chymus oder Exkrementen) differieren. Insbesondere im Vergleich zu den Ergebnissen von RITTESER und GRASHORN (2015) liegen die in der vorliegenden Studie ermittelten Werte für LB auf eher niedrigem Niveau. Die von GRUHN und WIESEMÜLLER (1990) untersuchten LB weisen für Broilerzuchthennen in Übereinstimmung mit der eigenen Studie ebenfalls niedrige Verdaulichkeitswerte auf.

Für getrocknete RKB liegen nur wenige *in vivo* Verdaulichkeitswerte vor. GRUHN et al. (1983) untersuchten RKB, welche durch einen hohen Etagenschnitt geerntet wurden, sodass das gewonnene Material vorwiegend aus Blättern bestand. Die Verdaulichkeit von Rohnährstoffen und AS wurde an kolostomierten Legehennen bestimmt. Die Werte aus der vorliegenden Studie liegen auf einem geringeren Niveau als die von GRUHN et al. (1983) ermittelten Ergebnisse. Die in der vorliegenden Studie geprüften RKB weisen insgesamt eine etwas höhere pcV von XP und AS auf als die geprüften LB.

Die Verdaulichkeitswerte von XP und AS in beiden Ganzpflanzensilagen liegen auf hohem Niveau und sind deutlich höher als die von RITTESER und GRASHORN (2015) berichteten Ergebnisse. Die geprüfte RKS weist dabei eine höhere pcV von Methionin auf als die geprüfte LS.

Insgesamt fällt in den Verdaulichkeitswerten eine recht große Varianz innerhalb der jeweiligen Luzerne- und Rotkleeprodukte auf. Gründe hierfür könnten unter anderem die Anwendung unterschiedlicher Methoden zur Verdaulichkeitsbestimmung oder die verschiedenen Schnitzeitpunkte der untersuchten Futtermittel und die damit einhergehende Beeinflussung der Verdaulichkeit sein. Darüber hinaus könnte auch das Vorkommen von ANF, wie z.B. Saponinen verantwortlich für die unterschiedlichen Verdaulichkeitswerte sein.

Tabelle 3.3.4-2: Praecaecale Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerneblättern (LB), Rotkleeblättern (RKB), Luzernesilage (LS) und Rotkleesilage (RKS)

Merkmal	LB			RKB			LS			RKS		
	pcV	SEM	r ²									
Rohprotein	0,51	0,108	0,69	0,50	0,115	0,65	0,88	0,111	0,86	0,70	0,195	0,56
Lysin	0,49	0,097	0,72	0,61	0,124	0,70	1,00	0,300	0,53	0,88	0,134	0,81
Methionin	0,61	0,097	0,80	0,73	0,100	0,84	0,84	0,144	0,77	0,99	0,133	0,85
Cystin	0,21	0,159	0,15	0,27	0,143	0,27	0,53	0,276	0,27	0,85	0,313	0,43
Threonin	0,40	0,106	0,59	0,48	0,144	0,53	0,78	0,154	0,72	0,65	0,183	0,56
Tryptophan	0,46	0,102	0,67	0,52	0,145	0,57	0,77	0,131	0,78	0,97	0,178	0,75
Leucin	0,45	0,118	0,60	0,50	0,127	0,61	0,81	0,097	0,87	0,79	0,132	0,78
Isoleucin	0,45	0,127	0,55	0,53	0,178	0,47	0,80	0,113	0,84	0,77	0,129	0,78
Valin	0,40	0,132	0,48	0,12	0,217	0,03	0,77	0,127	0,79	0,74	0,130	0,76
Arginin	0,62	0,082	0,85	0,78	0,086	0,89	0,79	0,100	0,86	0,90	0,090	0,91
Histidin	0,50	0,082	0,79	0,53	0,109	0,71	0,57	0,120	0,70	0,82	0,126	0,81
Phenylalanin	0,49	0,114	0,65	0,62	0,129	0,69	0,80	0,121	0,81	0,79	0,130	0,79
Tyrosin	0,44	0,113	0,61	0,52	0,122	0,65	0,72	0,136	0,74	0,77	0,149	0,73
Alanin	0,37	0,124	0,48	0,43	0,141	0,48	0,80	0,125	0,81	0,70	0,145	0,70
Glycin	0,30	0,105	0,46	0,36	0,147	0,38	0,61	0,145	0,64	0,63	0,179	0,56
Serin	0,32	0,089	0,56	0,48	0,122	0,61	0,74	0,181	0,62	0,66	0,177	0,58
Prolin	0,40	0,102	0,61	0,52	0,138	0,58	0,77	0,091	0,88	0,72	0,156	0,68
Asparagins.	0,49	0,102	0,70	0,52	0,115	0,67	0,81	0,097	0,87	0,74	0,134	0,75
Glutamins.	0,52	0,112	0,69	0,69	0,110	0,80	0,80	0,089	0,89	0,92	0,115	0,87

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie legen den negativen Einfluss von Saponinen auf die XP- und AS-Verdaulichkeit beim Masthuhn nahe. Die höheren Verdaulichkeitswerte von LS und RKS als von LB und RKB lassen vermuten, dass der niedrigere Saponingehalt der Stängel (KALAC et al. 1996) und somit der GP und vor allem die Veränderungen der Saponinverbindungen und -gehalte während des Silierprozesses (SZUMACHER-STRABEL et al. 2019) verantwortlich für die bessere Verdaulichkeit der Silagen waren. In den Silierversuchen von SZUMACHER-STRABEL et al. (2019) mit Luzerne wurden strukturelle und quantitative Veränderungen von Saponinen festgestellt. Bei zwei detektierten Glykosiden von Soyasapogenol B nahm die Konzentration des einen ab und die des anderen zu. Außerdem wurden sieben verschiedene Medicagensäure-Glykoside detektiert. Die Konzentration von fünf dieser änderte sich kaum

durch die Silierung, während die beiden anderen fast komplett verschwanden. Bei den insgesamt fünf Zanhicsäure-Glykosiden nahm dagegen die Konzentration von zweien deutlich zu und die der drei anderen, darunter ein Zanhicsäure-Tridesmosid, sank sehr stark ab. Berichte aus der Literatur belegen, dass verschiedene Saponine unterschiedliche biologische Aktivitäten aufweisen. Die Ergebnisse der Saponinanalyse von LB und LS in der vorliegenden Verdaulichkeitsstudie lassen vermuten, dass die Gehalte der beim Monogastrier antinutritiv wirksamen Saponine während des Silierprozesses verringert werden (Tabelle A 3.3.4-21). Der Einfluss der Silierung auf antinutritiv wirksame Saponine sollte in diesem Zusammenhang weiter erforscht werden.

Fazit

Die Isolierung von Saponinen und die Untersuchung ihrer biologischen Aktivität ist essenziell für die Beurteilung der Qualität von LB und LS als Futtermittel. Da Saponine chemischen Umbauprozessen unterliegen, ist eine sorgfältige Analyse mit ausgereiften Analyseverfahren notwendig, um ein genaues Bild über Gehalt und strukturelle Vielfalt der Saponine zu erhalten.

3.3.5 Luzernetrockenblatt in der Masthühnerfütterung

(L. PLEGER, P.A. WEINDL, G. BELLOF)

3.3.5.1 Einleitung und Fragestellung

In einem Fütterungsversuch sollte untersucht werden, welche Mischungsanteile an getrocknetem Luzerneblatt in Alleinfuttermischungen für die ökologische Hühnermast unter Berücksichtigung wichtiger Leistungsparameter realisierbar sind. Außerdem sollte überprüft werden, ob eine sukzessive Steigerung der Luzerneblattanteile (5%) und die Trocknungstemperatur des verwendeten Luzerneblattmaterials einen Einfluss auf die Leistung der Tiere haben. Ergänzende Informationen zu diesem Versuch sind der fachwissenschaftlichen Publikation von PLEGER et al. (2021) zu entnehmen.

3.3.5.2 Tiere, Material und Methoden

Die im Fütterungsversuch eingesetzten Luzerneblätter wurden mit einer speziellen Blatternte-maschine geerntet (Vegetationsstadium "Mitte Blüte", 4. Nutzung, September 2017). Eine Par-tie des Ernteguts (LB) wurde heißluftgetrocknet (zwischen 200-600°C (Trommeleingang) und 100°C (Trommelausgang)) und diente als Grundlage für die Fütterungsvarianten LB 2, LB 3 und LB 4. Eine weitere kleinere Partie (LBnT) wurde mittels der Abwärme einer Biogasanlage (ca. 45°C) getrocknet und für die Futtermischungen der Variante LBnT 5 verwendet. Nach der Trocknung erfolgte bei beiden Parteien eine weitere Trennung von Blättern und Stängeln in einer Kräutertrocknungsanlage. Nährstoffgehalte, Proteinlöslichkeit und Lysin-Verfügbarkeit wurden im AP- Analytik (TI-Analytik) ermittelt.

Für den Fütterungsversuch wurden 600 männliche Eintagsküken des Genotyps Hubbard JA-757 auf fünf Fütterungsvarianten (Kontrolle (K), LB 2, LB 3, LB 4, LBnT 5) mit je fünf Wieder-holungen (=Abteile) verteilt. Die Gruppengewichte zu Versuchsbeginn waren einheitlich. Die Mast wurde in drei Fütterungsphasen unterteilt (Phase 1 (P1): 1.-14. Lebenstag; Phase 2 (P2): 15.-28. Lebenstag; Phase 3 (P3): 29.-56. Lebenstag). Die Futtermischungen der Varianten LB 4 und LBnT 5 unterschieden sich nur hinsichtlich des eingesetzten Luzerneblattmehls (LB bzw. LBnT). Die Futtermischungen der Kontrolle waren luzernefrei. Die Anteile an Luzerneblattmehl wurden von Phase zu Phase um 5% gesteigert (K: 0%-0%-0%; LB 2: 0%-5%-10%; LB 3: 5%-10%-15%; LB 4: 10%-15%-20%; LBnT 5: 10%-15%-20%), wodurch die anderen Proteinträger

- Sojakuchen, Sonnenblumenkuchen und Erbsen - entsprechend reduziert wurden. Alle Futtermischungen bestanden zu 100% aus ökologisch erzeugten Rohstoffen und waren isoenergetisch und isonitrogen konzipiert. Die angestrebten Energiegehalte (AME_N) betragen 11,6 MJ/kg (P1), 11,7 MJ/kg (P2) bzw. 11,9 MJ/kg (P3). Alle Futtermischungen wurden in pelletierter Form vorgelegt. Die Futter- und Wasseraufnahme erfolgte ad libitum. Verluste, Futterverbrauch sowie wesentliche Mastleistungsmerkmale wurden erfasst. Am 58. Lebenstag wurden pro Abteil jeweils vier Broiler (Lebendmasse entsprach der durchschnittlichen Lebendmasse aller Tiere des jeweiligen Abteils) geschlachtet und relevante Schlachtleistungsmerkmale erhoben.

3.3.5.3 Ergebnisse und Diskussion

Die eingesetzten Luzerneblätter LB wiesen pro kg Trockenmasse folgende Nährstoff- und Aminosäuregehalte auf: 219 g Rohprotein, 13,1 g Lysin und 3,6 g Methionin. Die auf niedriger Temperatur getrockneten Luzerneblätter LBnT unterschieden sich geringfügig von diesen Werten: 228 g Rohprotein, 14,1 g Lysin und 3,7 g Methionin. LBnT zeigte eine höhere Proteinlöslichkeit und Lysin-Verfügbarkeit als LB. Die Analyseergebnisse der Futtermischungen zeigten eine insgesamt gute Übereinstimmung mit den geplanten Nährstoff- und damit auch AME_N -Gehalten.

Über den ganzen Fütterungsversuch hinweg lag die Tierabgangsrate bezogen auf den gesamten Tierbestand bei 2,7 %. Gegenüber der Kontrollgruppe sank der Futterverbrauch der Luzerneblattgruppen signifikant mit dem Anstieg des Luzerneblattanteils (Tabelle 3.3.5-1). Am Ende der Phase 1 wiesen Tiere der Gruppen ohne Luzerneblattanteil (K und LB2) signifikant höhere Lebendmassen im Vergleich zu Tieren mit einem Mischungsanteil von 5% und 10% auf. In Phase 2 zeigte sich bei einem erstmaligen Anteil von 5 % Luzerneblättern auch in Gruppe LB 2 eine signifikant niedrigere Lebendmasse im Vergleich zu K. Die Kontrollgruppe erreichte das höchste Mastendgewicht. Die geringste Lebendmasse zeigten die Gruppen LB 3, LB 4 und LBnT 5. Bei gleichem Luzerneblattanteil zeigte LBnT 5 eine tendenziell höhere Lebendmasse zum Versuchsende als LB 4. Der Futteraufwand war entsprechend des geringeren Futterverbrauchs und der deutlich geringeren Lebendmasseentwicklung der Luzerneblattgruppen mit steigenden Blattanteilen höher. Allerdings zeigte LBnT 5 einen geringeren Futteraufwand als LB 4. Entsprechend den Mastendgewichten ergaben sich mit steigenden Luzerneblattanteilen auch signifikant niedrigere Schlachtgewichte zwischen den Luzerneblattgruppen. Auch für die Parameter Schlachtausbeute und Brustanteil wurden signifikant geringere Werte ermittelt.

Tabelle 3.3.5-1: Ausgewählte Mast- und Schlachtleistungsparameter des Broilermastversuchs mit steigenden Anteilen an getrockneten Luzerneblättern (LB)

Parameter	Fütterungsvariante					p
	K	LB 2	LB 3	LB 4	LBnT 5	
Futtermittelfressverbrauch, gesamt (g/Tag)	83,7 ^a	76,6 ^b	65,8 ^c	64,2 ^c	63,4 ^c	0,000
Gewicht, Versuchsbeginn (g)	38,1	38,2	38,2	38,3	38,2	0,872
Gewicht, Phase 1 (g)	267,2 ^a	266,4 ^a	239,6 ^b	242,3 ^b	236,1 ^b	0,000
Gewicht, Phase 2 (g)	773,7 ^a	734,8 ^b	638,1 ^c	630,7 ^c	617,8 ^c	0,000
Gewicht, Phase 3 (g)	2204,4 ^a	1876,1 ^b	1532,0 ^c	1396,0 ^d	1471,8 ^{cd}	0,000
Futtermittelfressaufwand, gesamt (kg/kg)	2,05 ^d	2,21 ^c	2,35 ^b	2,50 ^a	2,36 ^b	0,000
Schlachtgewicht (g)	2247,5 ^a	1888,7 ^b	1533,7 ^c	1397,9 ^d	1458,5 ^d	0,000
Schlachtgewicht, kalt (g)	1614,6 ^a	1337,7 ^b	1062,8 ^c	959,9 ^d	1007,2 ^{cd}	0,000
Ausschlachtung, kalt (%)	71,9 ^a	70,8 ^a	69,3 ^b	68,6 ^b	69,0 ^b	0,000
Brust, ausgelöst (%)	18,7 ^a	17,7 ^b	16,2 ^c	15,8 ^c	16,1 ^c	0,000
Keule (%)	31,4	31,2	31,4	31,4	31,4	0,945

p: Irrtumswahrscheinlichkeit; ^{a, b, c}: unterschiedliche Indizes kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen ($p \leq 0,05$)

Der signifikant niedrigere Futtermittelfressaufwand von LBnT 5 gegenüber LB 4 kann auf die höhere Proteinlöslichkeit und Lysin-Verfügbarkeit und die dadurch bessere Verwertbarkeit des auf niedrigerer Temperatur getrockneten Luzerneblattmaterials LBnT zurückgeführt werden. Insgesamt wurden ab der erstmaligen Einmischung von Luzerneblättern über alle drei Phasen des Versuchs hinweg signifikant niedrigere Mast- und Schlachtleistungen verzeichnet, die mit steigenden Anteilen von Luzerneblättern weiter abnahmen. Diese Leistungsdepressionen wurden vermutlich durch die in der Luzerne enthaltenen Saponine ausgelöst. Vor allem in Blättern und Wurzeln kommen Saponine mit großen antinutritiven Effekten vor (SEN et al. 1998). Zu diesen Effekten zählen u. a. ein bitterer Geschmack und dadurch bedingt eine verringerte Futtermittelfressaufnahme, Wachstumsdepressionen und negative Effekte auf die Verdauung und Absorption von Nährstoffen (CHEEKE 1983). Beim Einsatz höherer Anteile von Luzerneblättern in den Futtermischungen steigen somit auch die Saponingehalte und die dadurch ausgelösten antinutritiven Effekte. Vermutlich führte dies bei den Fütterungsgruppen LB 3, LB 4 und LBnT 5, die schon ab Phase 1 Anteile von Luzerneblättern enthielten, zu deutlich geringeren Mastleistungen als bei den Gruppen, die erst ab Phase 2 oder keine Anteile an Luzerneblättern erhielten (LB 2 und K). Durch ihre vielfältige chemische Struktur kommt eine Vielzahl verschiedener Saponine in der Luzernepflanze vor (OLESZEK UND JURZYSTA 1986). Laut KALAC et al. (1996) werden das Vorkommen und die biologische Aktivität der Saponine durch mehrere Faktoren

wie Sorte, Witterung, Schnitzeitpunkt und Prozessierung beeinflusst. Im Silierprozess werden nachweislich Saponine abgebaut. In welchem Maße dieser Abbau stattfindet, muss hierbei noch untersucht werden. Aufgrund der komplexen chemischen Struktur und biologischen Variabilität der Luzernesaponine stehen routinemäßige Identifizierungs- und Quantifizierungsmethoden derzeit nicht zur Verfügung.

Fazit

Hohe Trocknungstemperaturen scheinen die Proteinlöslichkeit und Lysin-Verfügbarkeit des Luzerneblattmehls und somit die Verwertbarkeit durch Broiler negativ zu beeinflussen. Insgesamt ist festzuhalten, dass der Einsatz von Luzerneblattmehl, besonders der frühe Einsatz (5% ab Phase 1) und die Einmischung höherer Anteile (15-20%), zu Leistungsdepressionen bei wachsenden Broilern führen. Die Identifikation und Quantifikation der dafür verantwortlichen biologisch aktiven Saponine ist für die Festlegung von tolerierbaren Grenzwerten an Luzerneblattmaterial in der Broilerfütterung essenziell und sollte in weiteren Forschungsvorhaben bearbeitet werden. Die Silierung von Luzerneblättern könnte ein Ansatz sein, den Saponingehalt in den Luzerneblättern zu reduzieren und diese dann in der Geflügelfütterung einzusetzen. Trotz des Vorhandenseins von Saponinen besitzt die Luzerne ein hohes Potential als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Broilerfütterung, das ausgeschöpft werden sollte. Aus diesem Grund bedarf es der weiteren Erforschung der Luzernesaponine.

3.3.6 Unterschiedliche Luzerneprodukte in der Legehennenfütterung (L. PLEGER, P. N. WEINDL, P.A. WEINDL, G. BELLOF)

3.3.6.1 Einleitung und Fragestellung

In dem Fütterungsversuch mit Broilern (Kapitel 3.3.5) führte der Einsatz von steigenden Anteilen an getrockneten Luzerneblättern (LB) in Alleinfuttermischungen zu starken Leistungsdepressionen (niedrigere Futteraufnahmen und Lebendmasseentwicklungen) (PLEGER et al. 2020). In einem Fütterungsversuch sollte daher untersucht werden, ob der Einsatz von getrockneten Luzerneblättern auch bei der Legehenne zu einer verringerten Futteraufnahme und Leistungsdepressionen führt (siehe auch PLEGER et al. 2020).

Der Einsatz von Luzerne-Ganzpflanzensilage in der Legehennenfütterung führte in dem Vorläuferprojekt „Luzernesilage“ (WELTIN et al. 2014) zu akzeptablen Leistungen. Laut Literatur werden während des Silierprozesses Saponine um- bzw. abgebaut. Vor diesem Hintergrund wurde im Legehennenversuch die Leistung der Tiere bei Fütterung von getrockneter (50°C) und frischer Luzerneblattsilage (LBS) untersucht. Ergänzende Informationen zu diesem Versuch können der fachwissenschaftlichen Publikation von Weindl et al. (2021, eingereicht) entnommen werden.

3.3.6.2 Luzernetrockenblatt in der Legehennenfütterung

3.3.6.2.1 Tiere, Material und Methoden

Es wurden 24 Legehennen der Herkunft Lohmann Brown Plus in einem Feststall gehalten und auf vier Fütterungsvarianten (Kontrolle (K)) mit 0% LB; 10% LB; 15% LB; 20% LB) verteilt. Die pelletierten Alleinfuttermischungen stammten aus dem o.g. Broilerfütterungsversuch (PLEGER et al. 2020). Durch den Einsatz der identischen Futtermischungen (17,5 % Rohprotein, 0,29 % Methionin) konnte verglichen werden, ob die eingemischten Luzerneblätter auch auf die Legehenne vergleichbare Auswirkungen haben. Die Futtermischungen bestanden aus 100% ökologischen Rohstoffen und waren isoenergetisch und isonitrogen konzipiert. Zur bedarfsgerechten Calciumversorgung erfolgte eine zusätzliche Vorlage von Muschelgrit.

Die Tiere wurden zu Versuchsbeginn (6 Tiere pro Variante) so zugeordnet, dass die Lebendmassen der Gruppen einheitlich waren. Die Tiere stammten von einem ökologisch wirtschaftenden Legehennenbetrieb und zeigten zum Zeitpunkt der Einstallung (23. Lebenswoche) eine Legeleistung von 95%. Futter und Wasser stand den Tieren *ad libitum* zur Verfügung. Während des Versuchs wurden der Futtermittelverbrauch und die Entwicklung der Lebendmassen wöchentlich ermittelt, außerdem wurden Legeleistung, Eigewicht und die produzierte Eimasse erfasst. Die Versuchsdauer umfasste 42 Tage.

3.3.6.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Die steigenden Anteile von Luzerneblättern in den Alleinfuttermischungen führten dosisabhängig zu signifikanten Leistungsdepressionen bei den Legehennen (Tabelle 3.3.6-1). Der Futterverbrauch war in der Kontrollgruppe am höchsten und sank mit den steigenden Anteilen an Luzerneblättern stark ab. In der Folge nahm Gruppe K zu, während es zu Lebendmasseverlusten in den LB-Gruppen kam. Diese waren vor allem in den Gruppen 15% LB und 20% LB hoch. Auch die Parameter Legeleistung, Eigewicht und Eimasse nahmen dosisabhängig ab.

Tabelle 3.3.6-1: Ausgewählte Leistungsparameter im Fütterungsversuch mit Legehennen

Merkmal		K*	10% LB	15% LB	20% LB	p ¹
Futtermittelverbrauch 1.-14. Tag	g/Tier und Tag	114,6	103,1	80,8	72,2	-
Futtermittelverbrauch 1.-42. Tag	g/Tier und Tag	122,2	112,9	-	-	-
Gewicht Tag 1	g	1792	1775	1773	1788	0,9600
Gewicht Tag 14	g	1834 ^a	1738 ^{ab}	1603 ^{bc}	1589 ^c	0,0066
Gewicht Tag 28	g	1902 ^a	1674 ^b	-	-	0,0164
Gewicht Tag 42	g	1971 ^a	1748 ^b	-	-	0,0248
Tageszunahmen 1.-14. Tag	g/Tag	3,0 ^a	-2,6 ^{ab}	-12,2 ^{bc}	-14,2 ^c	0,0045
Tageszunahmen 1.-42. Tag	g/Tag	4,3	-0,6	-	-	0,0187
Legeleistung 1.-14. Tag	%	95,2	92,9	84,5	71,4	-
Legeleistung 1.-42. Tag	%	95,2	87,3	-	-	-

¹p: Irrtumswahrscheinlichkeit; a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen ($p \leq 0,05$); statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.4 (Prozedur GLM); * K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt

Aufgrund ihrer stark verringerten Leistung wurden die Gruppen 15% LB und 20% LB nach 14 Tagen aus dem Versuch genommen. Auch Gruppe 10% LB zeigte eine niedrigere Futteraufnahme und verlor zunächst deutlich an Lebendmasse, was bis zum Ende des Versuchs aber wieder etwas kompensiert wurde (Tag 42). Die Legeleistung war im Vergleich zur Kontrolle ebenfalls verringert.

Auch MOURAÕ et al. (2006) berichten von Lebendmasseverlusten und einer reduzierten Legeleistung, verringerten Eigewichten und Eimassen bei der Fütterung von Legehennen mit 15% Luzernemehl (Ganzpflanze). Diese Leistungsdepressionen sind vermutlich auf das Vorkommen von antinutritiv wirksamen Saponinen in der Luzerne zurückzuführen, die vor allem in

Blättern und Wurzeln auftreten (SEN et al. 1998). Antinutritive Effekte von Saponinen sind u.a. ein bitterer Geschmack, eine dadurch bedingte verringerte Futtermittelaufnahme und Wachstumsdepressionen. LAUDADIO et al. (2014) prüften einen Mischungsanteil von 15% Luzerne-mehl (Ganzpflanze) in Rationen von Legehennen, fanden allerdings im Vergleich zur luzerne-frei versorgten Kontrollgruppe keine Leistungsunterschiede.

Fazit

Bereits niedrige Mischungsanteile von 10% Luzerneblättern, vor allem aber höhere Anteile (15%, 20%) in Alleinfuttermischungen, führten zu stark verminderten Leistungen von Legehennen, vermutlich bedingt durch antinutritiv wirksame Saponine. Aufgrund des relativ hohen Proteingehaltes, des hohen Flächenertrags und der regionalen Erzeugung wird dennoch weiterhin Potential in Luzerneblättern als Aminosäurenquelle für Geflügel gesehen. Für einen erfolgreichen Einsatz in der Geflügelfütterung bedarf es aber der weiteren Erforschung der Luzernesaponine (biologische Aktivität individueller Saponine, Sortenunterschiede, Erntezeitpunkt, Konservierung, Einsatzmenge).

3.3.6.3 Luzerneblattsilage in der Legehennenfütterung

3.3.6.3.1 Tiere, Material und Methoden

Für diesen Leistungsversuch wurden 162 Legehennen auf 6 Gruppen (2 Kontrollgruppen: 1.1 und 1.2 und 4 Versuchsgruppen: 2.1, 2.2; 3.1, 3.2) (Tabelle 3.3.6-2) mit je 3 Wiederholungen (9 Tiere pro Wiederholung) verteilt. Die Gruppenmittelwerte hinsichtlich der Lebendmassen der Hennen einer Wiederholung (Box) waren zu Versuchsbeginn nahezu identisch und entsprachen im Durchschnittsgewicht der Lebendmasse der Gesamtherde. Die Tiere wurden in 3 Mobilställen mit jeweils 6 Boxen gehalten. Je drei Boxen einer Mobilstallung waren mit einem Grünauslauf ausgestattet (Gruppen: 1.2, 2.2, 3.2) die restlichen Gruppen hatten keine Möglichkeit des Freilandaufenthaltes (Gruppe: 1.1; 2.1; 3.1) (Tabelle 3.3.6-2.).

Tabelle 3.3.6-2: Versuchsdesign

Versuchsgruppe	Futtermischung	Auslauf
1.1	Kontrolle ohne LBS	-
1.2	Kontrolle ohne LBS	+
2.1	Alleinfuttermischung mit 10% getrockneter LBS	-
2.2	Alleinfuttermischung mit 10% getrockneter LBS	+
3.1	Alleinfuttermischung mit 20% getrockneter LBS	-
3.2	Alleinfuttermischung mit 20% getrockneter LBS	+

Das für die Versuchsdiäten verwendete Luzerneblattmaterial der Sorte Plato wurde im September 2018 geerntet. Das Luzerneblatt wurde mit Hilfe einer Erntemaschine zur Blatt-Stängeltrennung (Co. Trust'ing - Alf'ing, Nantes, France) im 4. Schnitt vor der Blüte gewonnen und in einem Flachsilo siliert. Das silierte Blattmaterial wurde bei 40°C getrocknet, vermahlen und in unterschiedlichen Anteilen (10% und 20%) mit weiteren Futterkomponenten zu einer bedarfsdeckenden Alleinfuttermischung für Legehennen verarbeitet. Die Alleinfuttermischungen wurden den Tieren in mehligter Form angeboten. Die Alleinfuttermischungen wurden auf Basis eines Phase 1 Legehennenfutters (LOHMANN 2017) kalkuliert unter der Annahme einer Futtermittelaufnahme von 115 g/Henne und Tag. Die Futtermischungen der Kontrolle enthielten keine LBS. Alle Futtermischungen waren isonitrogen und isoenergetisch konzipiert.

Das frische Luzerneblattmaterial, die getrocknete LBS sowie die Alleinfuttermischungen wurden im AP-Analytik (TI-Analytik) auf die Nährstoffzusammensetzung untersucht. Die mikrobiologische Qualität der frischen LBS wurde nach VDLUFA (2012) analysiert.

Die Legeleistung, der Gesundheitsstatus sowie die durchschnittlichen Eigewichte pro Box wurden täglich, Lebendmassen und Eiqualität sowie die Futteraufnahme wöchentlich geprüft.

Die ursprünglich geplante Versuchsdauer betrug 91 Tage. Aufgrund der Versuchsergebnisse (starker Leistungsabfall, Auftreten von Kammnekrosen in einigen Gruppen) wurde von diesem Plan abgewichen und es fand ein Versuchsabbruch am 35. Tag statt, zusätzliche Untersuchungen die der Klärung dieser Ergebnisse dienlich waren wurden angeschlossen. Zusätzlich fand eine engmaschige Kontrolle der weiteren Entwicklung der Legehennen, unter Fütterung von Kontrollfutter an alle Kontroll- und Versuchsgruppen bis 14 Tage nach Versuchsabbruch statt. Folgende, weiterführende Untersuchungen wurden getätigt:

Am 35. Versuchstag wurden zwei Eier aus jeder Versuchsbox (insgesamt 6 Eier pro Fütterungsgruppe), welche hinsichtlich ihres Gewichts dem Boxenmittelwert am nächsten lagen, zur Messung der Dotterpigmentierung entnommen. Die Dotterfarbe wurde mit Hilfe eines Minolta Chroma Meters (CR 410) nach dem CIELAB System bestimmt. Die Parameter Helligkeit (L^*), Rot-Grün Färbung (a^*) und Gelb-Blau Färbung (b^*) wurden hierbei erfasst.

Zwei Hennen aus jeder Box, die dem durchschnittlichen Lebendmasse der Hennen in ihrer Box entsprachen wurden nach Abbruch des Versuchs geschlachtet und pathologisch untersucht. Da zu diesem Zeitpunkt die Ursache der nekrotischen Kämmen und Leistungsdepression noch nicht bekannt war, fand eine ganzheitliche pathologische Untersuchung statt. Zusätzlich wurden die Kämmen der Tiere makroskopisch gescored (Score 0 = keine makroskopisch sichtbaren Läsionen bis Score 4= schwere flächige Kammnekrose) und histopathologisch untersucht.

Dotter-, Futter- und Serumproben wurden am Department für Biologie (Pflanzenwissenschaften) auf Chlorophyllderivate mittels UHPLC (Ultra High Performance Liquid Chromatography) untersucht. Die Dotterproben stammten aus der Beprobung zur Farbmessung. Hinsichtlich der Futterproben wurden die getrocknete LBS sowie die Alleinfuttermischungen untersucht. Die Serumproben wurden im Rahmen des Blutentzugs während der Schlachtung gewonnen.

Futtermittelanalyse, Lebendmasse, Legeleistung und $L^*a^*b^*$ -Werte wurden anhand des klassischen linearen Regressionsmodells (GLM) statistisch ausgewertet. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 22.0 (2013) (General Linear Model (GLM) und Tukey-Test). Ordinal skalierte Variablen wurden mit Hilfe des Kruskal-Wallis Tests analysiert (DU PREL et al. 2010). Im Falle von signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten wurde im Anschluss ein paarweiser Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

3.3.6.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Futtermittelanalyse des frischen Luzerneblattmaterials zeigte verglichen mit der getrockneten LBS (Tabelle A 3.3.6- 1) einen nennenswerten Verlust hinsichtlich des Aminosäuregehaltes auf. Die Lysingehalte wurden durch den Silierprozess um 35% verringert. Die größten Verluste konnten für die Aminosäuren Arginin (76%), Tyrosin (70%), Glutamin (64%) und Serin (64%) festgestellt werden.

Die mikrobiologische Untersuchung der frischen LBS wies eine produkttypische aerobe Bakterienflora von 830.000 cfu/g auf. Somit wird die LBS in Qualitätsstufe II (leicht erhöhte bis

erhöhte mikrobielle Belastung) gestuft. Laut VDLUFA (2012) ist die Nutzung als Futtermittel in dieser Qualitätsstufe gegeben. Die Ergebnisse der analysierten Futtermischungen sind in Tabelle A 3.3.6- 2 dargestellt.

Mit der Einführung der Versuchsfuttermischungen in Woche 1 war ein signifikanter Rückgang des Futterverbrauchs zu vermerken (Tabelle 3.3.6-3). Während der ersten zwei Wochen nahm der Futterverbrauch mit ansteigenden LBS Gehalten ab. Versuchsgruppe 3.2 wies den signifikant niedrigsten Futterverbrauch auf. Woche +1 und +2 waren nicht mehr Teil des Versuches, aufgrund der Vorkommnisse wurden die Tiere dennoch engmaschig kontrolliert, sodass der Erholungseffekt bei Fütterung einer gängigen Öko-Alleinfuttermischung über alle Versuchsgruppen hinweg aufgezeichnet werden konnte.

Tabelle 3.3.6-3: Durchschnittlicher täglicher Futterverbrauch (g/Tier)

Woche	Versuchsgruppe						p	SEM
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2		
1	117 ^a	104 ^{ab}	99.3 ^b	87.7 ^{bc}	91.3 ^{bc}	76.0 ^c	0.0041	4.957
2	125 ^a	117 ^{ab}	114 ^{ab}	104 ^{bc}	104 ^{bc}	92.0 ^c	0.0036	4.225
3	146	131	144	158	135	114	0.3274	13.584
4	156	142	137	163	139	101	0.1675	17.686
5	130	140	134	164	130	107	0.3104	15.890
+1 ¹	127	139	121	129	129	127	0.5488	6.2014
+2 ¹	121	130	136	135	126	139	0.3512	5.8133

¹Nachversuch (alle Versuchsgruppen erhalten das gleiche Alleinfuttermittel ohne LBS)

Als logische Konsequenz des verringerten Futterverbrauchs bei Vorlage LBS haltiger Alleinfuttermischungen, kam es bereits nach Woche zwei auch zu signifikant geringeren Lebendmassen der jeweiligen Versuchsgruppen (Tabelle 3.3.6-4). Hierbei wies die Gruppe 3.2 die geringsten und Gruppe 1.1 die höchsten Lebendmassen auf. Nach Absetzen der Versuchsdäten ab Woche 5 näherten sich die Lebendmassen der Gruppen wieder an und lagen auf einem ähnlichen Niveau ohne signifikante Unterschiede. Im Vergleich zum deutlichen Abfall der Lebendmassen konnte die Legeleistung (g Ei/Henne/Tag) auf einem relativ hohen Niveau ohne signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen gehalten werden.

Tabelle 3.3.6-4: Mittlere Lebendmasseentwicklung im Versuchs- sowie Nachversuchszeitraum

Lebendmasse	Versuchsgruppen						p	SEM
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2		
Startgewicht	1,77	1,78	1,78	1,77	1,79	1,79	0,9085	0,0155
Woche 1	1,80	1,78	1,74	1,70	1,75	1,69	0,0570	0,0254
Woche 2	1,81 ^a	1,76 ^{ab}	1,71 ^{bc}	1,66 ^c	1,70 ^{bc}	1,63 ^c	0,0053	0,0276
Woche 4	1,84 ^a	1,79 ^{ab}	1,68 ^{bc}	1,68 ^{bc}	1,66 ^{bc}	1,55 ^c	0,0069	0,0432
Woche 5	1,80 ^a	1,76 ^{ab}	1,60 ^c	1,61 ^{bc}	1,59 ^c	1,55 ^c	0,0147	0,0474
Woche +2 ¹	1,82	1,82	1,71	1,75	1,72	1,73	0,3444	0,0428

¹Nachversuch (alle Versuchsgruppen erhalten das gleiche Alleinfuttermittel ohne LBS)

Untersuchungen der Eiqualität ergaben jedoch ab Woche 3 eine bereits makroskopisch sichtbare Grünfärbung im Eidotter der Hennen mit LBS in ihren Diäten (Tabelle 3.3.6-5). L*a*b* Messungen ergaben, dass je höher der ALS Anteil der Diät umso geringer ist die Helligkeit (L) des Dotters. Ebenso fielen die b-Werte mit Anstieg der LBS Gehalte. Der Parameter a unterschied sich auch signifikant zwischen den Fütterungsgruppen, folgte jedoch keinem bestimmten Muster.

Tabelle 3.3.6-5: Gemessene Lab-Werte der Eidotter der Kontroll- und Versuchsgruppen

Parameter	Versuchsgruppen						p	SEM
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2		
L (Helligkeit)	62,7 ^a	60,2 ^a	50,9 ^b	50,3 ^{bc}	45,6 ^{cd}	42,3 ^d	<0,001	1,6791
a (rot-grün Färbung)	2,0 ^{bc}	6,2 ^a	0,9 ^{bc}	3,7 ^{ab}	3,5 ^{ab}	2,7 ^{bc}	0,0035	1,0945
b (gelb-blau Färbung)	48,0 ^{ab}	52,5 ^a	33,0 ^{cd}	37,7 ^c	26,8 ^d	26,1 ^d	<0,001	2,8107

Während des Versuchs entwickelten insbesondere Hennen der Gruppe 3.2, mit dem höchsten Anteil LBS (20%) in der Alleinfuttermischung und zusätzlichem Auslaufsangebot (Gruppe 3.2) deutliche Kammnekrosen. Alle pathologisch untersuchten Hennen der Versuchsgruppe 3.2 wiesen moderate (Score 3) bis schwere (Score 4) Kammnekrosen auf (Tabelle 3.3.6-6). In allen anderen Versuchsgruppen dominierte Score 0 (keine makroskopisch sichtbaren Läsionen) bis 2 (vereinzelte Nekroseherde).

Tabelle 3.3.6-6: Ergebnisse des makroskopischen Scorings der Kammnekrosen (n = 6) und Befunde der histopathologisch untersuchten Käme

Score ¹ Kammnekrose	Versuchsgruppen					
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
0	4	4	2	3	3	-
1	2	2	2	3	3	-
2	-	-	2	-	-	-
3	-	-	-	-	-	4
4	-	-	-	-	-	2
Histopathologie der Käme						
Massennekrose	-	-	-	-	-	6
Trauma mit Einblutung	1	2	1	1	-	-
Herdförmige Ulzeration/Nekrose	1	1	4	1	2	-
Arteriosklerose	-	-	-	-	2	6
Atherosklerose	-	-	-	-	1	5
Gefäßthromben in Arterien	-	-	-	-	-	4
Endothelnekrosen	-	-	-	2	2	3
Gefäßwandaktivierung	-	-	-	-	-	-

¹ Score

0 = keine makroskopisch sichtbaren Läsionen

1 = kleine vereinzelte Nekroseherde

2 = leichte Kammnekrose

3 = moderate Kammnekrose

4 = schwere Kammnekrose

Die histopathologische Untersuchung zeigte klare Unterschiede zwischen Tieren mit einer Score 1 oder 2 Kammnekrose verglichen mit Hennen mit moderaten (Score 3) bis schweren (Score 4) Befunden. Score 3 und 4 Nekrosen waren gekennzeichnet durch massive Arterio- und Atherosklerosen (100% und 83% in Gruppe 3.2), Gefäßthromben, Endothelnekrosen mit Gefäßwandaktivierung und Massennekrosen. Hingegen wiesen die Käme der Hennen anderer Gruppen hauptsächlich fokale Traumata mit Einblutung oder fokale Ulzerationen auf. Daraus kann geschlossen werden, dass es sich bei den Kammnekrosen der Gruppen 1.1, 1.2, 2.1, 2.2 hauptsächlich um fokale begrenzte Traumata, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit

auf Pickverletzungen zurückgeführt werden können, handelt.

Die UHPLC Analyse ergab 3 Peaks, welche nur im Serum und dem Eidotter LBS gefütterter Hennen gefunden werden konnte. Diese Peaks konnten in bedeutender Intensität in getrocknetem LBS Material als auch den LBS haltigen Futtermischungen wiedergefunden werden. Sie konnten mit dem photoaktiven Kataboliten Pheophorbide a (PPBa) in Verbindung gebracht werden. Peak 1 und 2 sind Haupt- und Nebenpeak des PPBa, Peak 3 konnte hingegen Pyropheophorbid a, einem PPBa Derivat, zugeordnet werden. Alle drei Peaks wurden durch Abgleich mit einem kommerziellen Standard bestätigt.

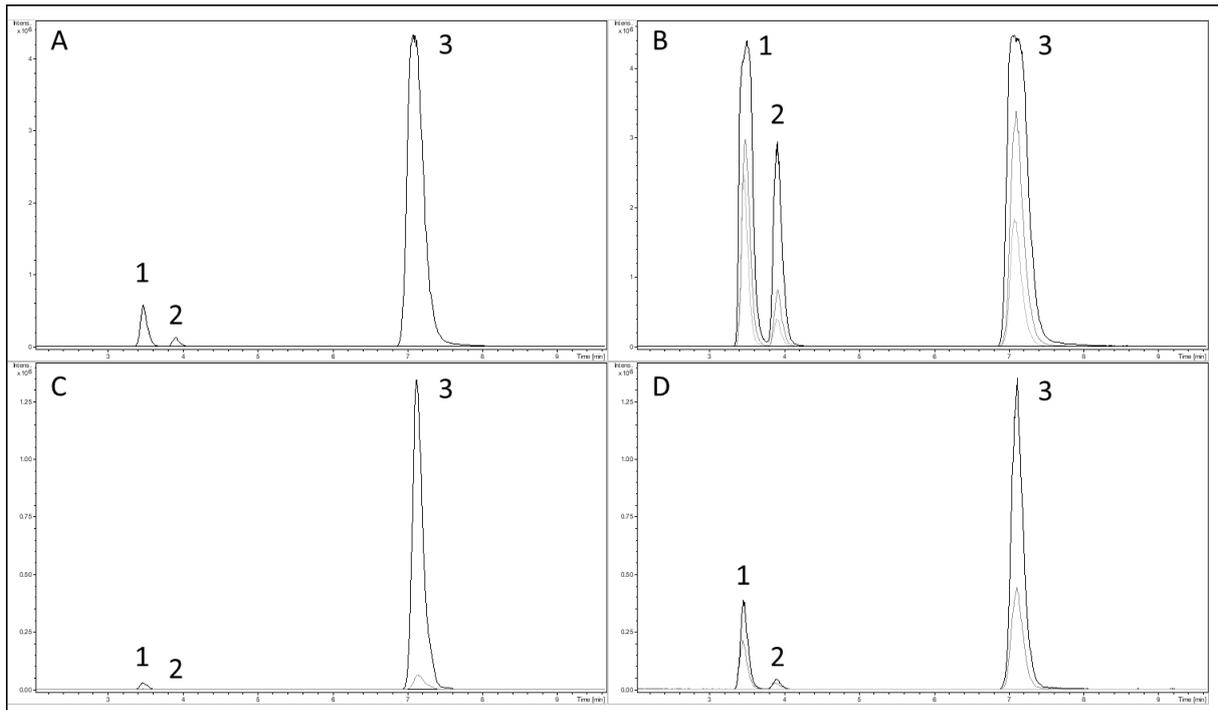


Abbildung 3.3.6-1: Extrahiertes Ionen-Chromatogramm (EIC) von Pheophorbide a Diastereomeren (peak 1 and 2) und Pyropheophorbide a (peak 3) extrahiert aus verschiedenen Matrizen. A: frische LBS. B: Versuchsdiäten. C: Serum. D: Eidotter. Schwarz, 100%; dunkelgrau, 20%; hellgrau, 10%.

Aufgrund der lipophilen Eigenschaften gab es eine starke Anreicherung dieser Komponenten im fettreichen Eidotter und somit eine Grünfärbung der Dotterfarbe. PPBa ist ein Abbauprodukt des Chlorophyll b (CHRIST und HÖRTENSTEINER 2013). Es ist bekannt für seine photosensibilisierenden Eigenschaften und wird aus diesem Grund in der photodynamischen Krebstherapie angewendet (SAIDE et al. 2020). Der zytotoxische Effekt basiert auf der Formation von Sauerstoffradikalen (ROS), welche durch Lipidperoxidation Zellwände angreifen und zum Zelltod (Nekrose) führen (SU et al. 2019). Sowohl die im Versuch aufgetretenen Kammnekrosen als auch die Grünfärbung der Eidotter ist auf diese Chlorophyllderivate zurückzuführen.

Der Versuch wurde während der sonnenreichsten Wochen des Sommers durchgeführt. Der synergistische Effekt zwischen der Aufnahme der phototoxischen Substanz über die Futtermischung in Kombination mit Licht bzw. eines Auslaufs wird vor allem beim Vergleich der Versuchsgruppen 3.1 und 3.2 deutlich. Obwohl beide Gruppen dieselben Anteile LBS über ihre Diäten erhielten, wies Gruppe 3.2 eine stärkere phototoxische Schädigung (Tabelle 3.3.6-6) als Gruppe 3.1 auf.

Da die Prinzipien für die Gewinnung von Chlorophyllderivaten aus Grünpflanzen dem Werbungsprozess für möglichst hohe Protein- und Aminosäuregehalte identisch sind (frühe Ernte, Werbung von Blattmaterial), haben die Bemühungen Luzerneblattmaterial mit möglichst hohen Eiweißgehalten zu ernten, unabsichtlich und zunächst unbemerkt zu einer Anreicherung chlorophyllhaltiger Substanzen geführt. Es gibt mehrere Erklärungen für die Formation von PPBa in der LBS des vorliegenden Versuchs. Zum einen kann eine Behandlung von Chlorophyll mit Säuren zu einer Pheophorbid-Bildung geführt haben (KEPHART 1955). Zum anderen könnten Enzyme mikrobiellen Ursprungs verantwortlich für den Umwandlungsprozess von Chlorophyll zu PPBa sein. Hier könnte die etwas erhöhte mikrobiologische Belastung der Silage (Qualitätsstufe 2) eine Rolle spielen oder die produktspezifische Flora, insbesondere Milchsäurebakterien können im Formationsprozess beteiligt gewesen sein. Hinweise dazu liefert die Studie von TAKEDA et al. (1989), welche über die Formation von PPBa durch Milchsäurebakterien während der Vergärung von Senfblättern (Takana) berichtet.

Fazit

Aufgrund der starken Leistungsdepression, der Grünfärbung des Eidotters sowie einer potentiell gesundheitsschädigenden Wirkung (Kammnekrosen) der LBS muss von der Verfütterung von LBS an Legehennen dringend abgeraten werden.

3.3.7 Saponine in der Luzernepflanze: Gehalte und Wirkungen beim monogastrischen Tier (P.A. WEINDL, A. KIRN, G. BELLOF)

3.3.7.1 Einführung

Die in den Fütterungsversuchen mit Luzerneblättern bei Broilern (Kapitel 3.3.5) und Legehennen (3.3.6.2) aufgetretenen Leistungsdepressionen sind auf das Vorkommen von Saponinen in der Luzernepflanze zurückzuführen, die antinutritiv wirksam sind. Antinutritive Saponine kommen vor allem in Wurzeln und Blättern vor (SEN et al. 1998). Daher weisen Blätter höhere Saponinkonzentrationen auf als die Ganzpflanze. Schon der Einsatz von geringen Anteilen an Luzerneblättern (5%, 10%) führte, in den hier beschriebenen Versuchen, zu deutlichen Leistungsdepressionen beim Geflügel. Die Akzeptanzstufe liegt daher noch unterhalb dieser ohnehin schon niedrigen Mischungsanteile. Um allerdings getrocknete Luzerneblätter in nennenswerten Anteilen (mindestens 10%) in der Fütterung von Hühnern einzusetzen und das Potential als Proteinfuttermittel ausnutzen zu können, ist die Kenntnis über das Vorkommen und den Gehalt relevanter Saponine in Luzerneblattprodukten notwendig.

Die Fütterung von Luzerne Ganzpflanzensilage hingegen führte in früheren Versuchen (WELTIN et al., 2014) zu guten Lege- bzw. Mastleistungen bei Legehennen und Broilern und relativ hohen Verdaulichkeitswerten bei Broilern. Grund dafür dürfte die Veränderung des Saponin gehalts durch die Silierung sein. Saponine sind aufgebaut aus einem Aglykon, an dem ein, zwei oder drei Zuckerseitenketten angehängt sind. Während des Silierprozesses kommt es zu Veränderungen an diesen Zuckerseitenketten, wodurch manche Saponine abgebaut oder zu anderen Saponinen umgebaut werden (SZUMACHER-STRABEL et al. 2019). Die bisherigen Ergebnisse aus den Fütterungsversuchen lassen vermuten, dass der Gehalt an biologisch aktiven und damit relevanten, antinutritiv wirksamen Saponinen in der Luzernesilage bedeutsam geringer ist als im nicht-silierten Material, wie zum Beispiel Trockenblatt, und dass damit die negativen Effekte der Saponine auf das Tier stark vermindert sind.

Das Aglykon (Medicageninsäure, Zanhicsäure, Hederagenin oder Soyasapogenol) und die Länge und Zusammensetzung der Zuckerseitenketten bestimmen die chemische Struktur des einzelnen Saponins. Abhängig von dieser Struktur weisen Saponine unterschiedliche biologische Aktivitäten auf. Die aus der Sicht der Tierernährung wichtigsten biologischen Aktivitäten der Saponine sind hierbei die verringerte Futtermittelaufnahme, vermutlich bedingt durch den bitteren Geschmack und Reizungen der Schleimhaut, sowie Veränderungen der Permeabilität der Darmschleimhaut, wodurch es zu Veränderungen in der Nährstoffabsorption kommt. Außerdem weisen Saponine hämolytische (Zerstörung roter Blutkörperchen), antimikrobielle und aufgasende Eigenschaften auf. Aus Tabelle 3.3.7-1 wird ersichtlich, dass einzelne Saponine strukturabhängig sehr unterschiedlich ausgeprägte biologische Aktivitäten aufzeigen.

Tabelle 3.3.7-1: Strukturabhängige Unterschiede in der biologischen Aktivität (Wirkungsorte im tierischen Organismus) ausgewählter Saponine

Saponingruppe	Futtermittelaufnahme	Magen-Darm-Trakt	Magen-Darm-Trakt	Stoffwechsel
	Bittergeschmack, Schleimhautirritation	Verringerung der transmuralen Potentialdifferenz (elektrochem. Gradient) des Dünndarms	antimikrobiell	hämolytisch
Saponine des Aglykons der Medicageninsäure				
Saponine des Aglykons der Zanhicsäure				
Saponine des Aglykons des Soyasapogenols				

Erläuterung: Grün - keine Beeinträchtigung; Gelb – geringe Beeinträchtigung; Rot – hohe Beeinträchtigung.

Aus den Ergebnissen der bisherigen Fütterungsversuche und den Kenntnissen aus der Literatur geht hervor, dass die Kenntnis über den Gehalt individueller Saponine in Luzerneprodukten essentiell für die Beurteilung und den Einsatz dieser Futtermittel ist. Derzeit stehen aber noch keine routinemäßigen Identifizierungs- und Quantifizierungsmethoden für die Saponinanalyse auf dem Markt zur Verfügung. Das Labor Twistaroma (Illkirch, Frankreich) bietet allerdings eine semi-quantitative Analyse von Saponinen in Luzerneprodukten an. Die aus der Literatur bekannten Saponine werden dabei identifiziert (LC/TOF). Im nächsten Schritt erfolgt eine semi-quantitative Untersuchung unter Zugabe des Stoffes Umbelliferon (laboreigener Standard) in bekannter Konzentration. Die bei der Untersuchung gemessenen Peaks von Umbelliferon können mit denen der einzelnen Saponine ins Verhältnis gesetzt werden, sodass eine semi-quantitative Aussage über die Gehalte der detektierten Saponine getroffen werden kann (z.B. 0,5 mg/kg Umbelliferon). Anhand dieser Ergebnisse können die Gehalte verschiedener Saponine einer Probe und unterschiedlicher Proben verglichen werden.

Mit dieser Methode wurden vier Luzerneprodukte untersucht, die in den Fütterungsversuchen mit Broilern zum Einsatz kamen: Luzerneblätter, mit hoher und niedriger Temperatur getrocknet (Einsatz im Leistungsversuch Broiler), Luzernesilage (Ganzpflanze (GP); Einsatz im 2. Verdauungsversuch mit Broilern) und Luzernemehl (GP; Einsatz im 1. Verdauungsversuch mit

Broilern). In Tabelle 3.3.7-2 sind die in den Proben gefundenen Saponine mit den höchsten Konzentrationen (>50mg/kg eq Umbelliferon) dargelegt.

Tabelle 3.3.7-2: Ergebnisse der Saponinanalyse von vier Luzerneprodukten (>50mg/kg eq Umbelliferon)

Saponin	Aglykon	Luzerneblät- ter	Luzerneblät- ter (Nieder- temperatur- trocknung)	Luzernesil- lage (GP) 2017	Luzerne- mehl (GP) 2016
		(Heißluft- trocknung)	(µg/g eq Um- belliferon)	(µg/g eq Um- belliferon)	(µg/g eq Um- belliferon)
Dehydrosoyasaponin I	Soyasaponin	2,7	2,9	107,1	1,8
Hex-Hederagenin	Hederagenin	11,3	17,8	65,6	4,2
Dehydrosoyasaponin I	Soyasaponin	38,2	39,3	56,2	31,4
Medicagenic acid derived	Medicagenic acid	51,4	50,3	62,6	21,3
Hex-HexA-Aglycone A	Unknown	61,4	70,5	23,4	28,0
Azukisaponin II	Azukisaponin	62,7	58,6	111,4	34,2
Medicoside H	Medicagenic acid	84,2	58,5	208,9	27,9
Medicagenic acid 3-O-b- D-glucuronide	Medicagenic acid	89,3	87,9	242,1	13,0
3-glc-glc-28-ara-rha- medicagenic acid	Medicagenic acid	100,7	94,4	138,0	40,0
3-glcA-28-ara-rha-xyl- zanhic acid	Zanhic acid	155,4	117,9	17,8	12,8
HexA-dhex-pen-pen-pen- zanhic acid	Zanhic acid	199,8	175,4	12,4	47,9
Gesamtsaponingehalt (aller 41 detektierten Saponine)		1.160	1.022	1.318	368

Es wird deutlich, dass die Gehalte individueller Saponine stark variieren. Im Luzernemehl (GP) sind durchweg geringe Saponingehalte zu finden. Dies steht in Übereinstimmung mit den im Verdauungsversuch gefundenen guten Lebendmasse- bzw. Verdaulichkeitsergebnissen. Im Vergleich dazu zeigen die Luzerneblätter, die im Broilerversuch zu starken Leistungsdepressionen geführt haben, sehr viel höhere Gehalte an Saponinen, vor allem im Gehalt von Saponinen des Aglykons Zanhicsäure. Die Luzernesilage (GP) weist für manche Saponine sogar höhere Werte auf als die Luzerneblätter, erzielte aber im Verdauungsversuch gute Ergebnisse. Möglicherweise stellen diese Saponine daher nicht die relevanten, antinutritiv wirksamen Saponine dar. Der Gehalt der beiden Saponine der Zanhicsäure in der Luzernesilage hingegen ist im Vergleich zu den Luzerneblättern sehr viel geringer. Vermutlich ist der Gehalt dieser Saponine für die Beurteilung des Futterwerts von Luzerneprodukten von großer Bedeutung. Der für alle identifizierten Saponine aufaddierte Gesamtsaponingehalt zeigt, dass dieser keine ausreichende Beurteilung der Luzerneprodukte ermöglicht. Die vier analysierten Luzerneprodukte stammten aus lediglich zwei unterschiedlichen Sorten und verschiedenen Ernten. Somit

lassen die Analyseergebnisse dieser vier Proben zwar gewisse Aussagen über die Beeinflussung des Saponingehalts zu (Blatt/Ganzpflanze, getrocknet/siliert), stellen aber keine strategische Untersuchung der verschiedenen Einflussfaktoren dar.

Aus dieser Untersuchung wird deutlich, dass:

- 1) individuelle Saponine ausschlaggebend für die Akzeptanz der Luzerneprodukte sind;
- 2) Saponine individuell identifiziert und quantifiziert werden müssen;
- 3) der Gesamtsaponingehalt keine ausreichende Beurteilung von Luzerneprodukten als Futtermittel zulässt;
- 4) strategische Untersuchungen zur genetischen Variabilität, zu relevanten Umwelteinflüssen und dem Einfluss der Konservierungsmethode auf die Gehalte individueller Saponine in der Luzerne für die Beurteilung und den Einsatz dieser Futtermittel notwendig sind.

3.3.7.2 Einfluss von Sorte, Verteilung in der Pflanze und Erntezeitpunkt auf die Saponingehalte

3.3.7.2.1 Material und Methoden

Für die Untersuchung von Luzerneblättern auf Einzel-Saponine konnte auf das vorhandene Probenmaterial, welches im Rahmen des Projekts GRUENLEGUM gesammelt wurde, zurückgegriffen werden. Die Untersuchungen wurden im Labor der Fa. Twistaroma in Illkirch, Frankreich nach der im Kapitel 3.3.7.1 beschriebenen Methode durchgeführt.

Analyse von separierten Luzerneblatt-Rückstellproben aus den Parzellenversuchen der Projektpartner

Fragestellung: Welchen Einfluss haben Luzernesorte, Schnitt-Nr. (Jahreszeit), Standort und Anbaujahr auf die Ausbildung der Saponine?

Insgesamt wurden 24 Luzerneblatt-Proben analysiert. Folgende Sorten wurden für die Saponinanalyse ausgewählt: Fleetwood, Sanditi (diese wurde für zusätzliche Aminosäureanalysen ausgewählt und Plato (häufiger Einsatz in den durchgeführten Fütterungsversuchen).

Untersuchungen zum Einfluss des Entwicklungsstadiums

Fragestellung: Unterscheiden sich die Konzentrationen einzelner Saponine bzw. Saponingruppen innerhalb einer Sorte in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium (Alter der Pflanzen)?

Für diese Untersuchungen wurde die Sorte Plato ausgewählt. Insgesamt wurden 10 Blatt- und 6 Stängelproben aus 3 verschiedenen Schnittnutzungen analysiert.

Untersuchungen zum Einfluss der Konservierung auf die Saponinkonzentration

Fragestellung: Welchen Einfluss hat das Konservierungsverfahren auf die Gehalte an relevanten Saponinen bzw. Saponingruppen?

Die Saponinanalysen wurden mit Luzerneblättern und Luzerne-Ganzpflanzen durchgeführt. Für diese Betrachtung wurde an einem Standort und von einer Sorte an einem Erntetermin Material gewonnen:

- Ganzpflanze
- Blätter

- Konservierungsverfahren:
 - Trocknung bei moderaten Temperaturen (50 °C),
 - Silierung in Vakuumbeuteln,
 - Gefriertrocknung (frisches Material, Kontrolle).

Die Analysenergebnisse wurden statistisch ausgewertet (SAS 9.4 2013).

3.3.7.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Untersuchung von getrockneten Luzerneblättern verschiedener Sorten auf die Einzel-Saponin-Gehalte

Für wichtige Medicagen- und Zanhicsäureverbindungen zeigen sich Sorteneinflüsse. So weist die Sorte Sanditi gegenüber Fleetwood höhere Medicagen- und niedrigere Zanhicsäuregehalte auf. Insbesondere für die Gruppe der Zanhicsäuren - die beim Tier im Verdacht steht, die Futteraufnahme zu mindern - ergeben sich deutliche Sortenunterschiede (Fleetwood mit doppelt so hohen Gehalten wie Sanditi). Die Sorte Plato liegt zwischen den genannten Sorten (Tabelle 3.3.7-3). Luzerneblätter, die im Spätsommer (Termin 3) geerntet wurden, weisen höhere Werte für Medicagen- und Zanhicsäuren auf als im Frühjahr (Termin 1 – „1. Schnitt“) geerntete Proben.

Tabelle 3.3.7-3: Zusammenstellung ausgewählter Saponine in getrockneten Luzerneblättern unterschiedlicher Sorten (Angaben in µg/g eq Umbelliferon (LS-Mittelwerte))

Saponin	Sanditi	Plato	Fleetwood	p
Medicoside J	9,2 ^a	6,3 ^b	4,3 ^b	0,0371
Medicoside H	6,2 ^a	5,2 ^{ab}	4,0 ^b	0,0013
Medicagensäuren	57,7 ^a	35,6 ^b	28,0 ^b	0,0096
Zanhicsäuren	5,4 ^a	6,9 ^a	10,8 ^b	0,0016

¹p: Irrtumswahrscheinlichkeit; a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Untersuchung von getrockneten Luzerneblättern und -stängeln der Sorte Plato zum Einfluss des Entwicklungsstadiums auf die Einzel-Saponin-Gehalte

Blätter weisen durchgehend höhere Medicagen- und Zanhicsäuregehalte auf als Stängel (händische Blatt-Stängel-Trennung). Zwischen den Ernteterminen (3 Schnitte (1. + 2. Schnitt: 6 Probenahmeterminen im Abstand von 7 Tagen, 3. Schnitt: 4 Probenahmeterminen im Abstand von 7 Tagen) zeigen sich deutliche Unterschiede in den Gehalten für Medicagen- und Zanhicsäuren (Tabelle 3.3.7-4). Die Zanhicsäuregehalte liegen im Zeitraum Juni und Juli am höchsten.

Untersuchungen zum Einfluss der Konservierung von Luzerneprodukten auf die Einzel-Saponin-Gehalte

Die Silierung führt - gegenüber frischem oder getrocknetem Material - zu erhöhten Gehalten an Medicagensäuren und abgesenkten Gehalten an Zanhicsäuren. Zwischen Blättern und Gesamtpflanze zeigen sich für die beiden Saponingruppen nur geringe Unterschiede. Dieses Ergebnis steht zunächst im Widerspruch zu dem oben festgestellten Befund. Allerdings wurde

das Material in einem sehr frühen Stadium (vor der Knospe) geerntet. Die Blatt-Stängel-Trennung erfolgte zudem maschinell.

Tabelle 3.3.7-4: Einfluss des Entwicklungsstadiums auf die Gehalte ausgewählter Saponine in getrockneten Luzerneblättern und -stängeln der Sorte Plato (Angaben in µg/g eq Umbelliferon)

Probe-Datum	Schnitt-Nr.	Blätter		Stängel	
		Zanhsäuren	Medicagensäuren	Zanhsäuren	Medicagensäuren
19.04.18	1	1,7	141,9	0,8	83,7
26.04.18	1	4,5	166,1		
10.05.18	1	4,9	157,9		
24.05.18	2	4,9	167,1	0,9	63,5
31.05.18	2	15,9	299,8	5,5	156,7
07.06.18	2	12,3	221,3		
21.06.18	2	8,5	166,5		
05.07.18	3	9,2	154,8	1,7	68,8
25.07.18	3	10,9	191,1	4,2	123,3
16.08.18	3	3,2	72,7	1,8	60,3

3.3.7.3 Luzernetrockenblatt mit unterschiedlichen Saponingehalten in der Masthühnerfütterung

3.3.7.3.1 Tiere, Material und Methoden

Der Fütterungsversuch mit Broilern wurde am Bayerischen Staatsgut Kitzingen, Versuchs- und Bildungszentrum für Geflügelhaltung im Herbst 2020 durchgeführt. Der Versuch gliederte sich in eine Versuchsperiode vom 1. bis 14. Lebenstag und in eine Realimentationsperiode vom 15. bis 28. Lebenstag. Hier wurden die Broiler mit einem einheitlichen ökokonformen Mastfuttermittel gefüttert.

Am 28. Oktober 2020 wurden insgesamt 380 Eintagsküken des Genotyps Ranger Gold eingestallt. Es wurden insgesamt 38 Abteile mit einer Größe von 5 m² belegt. In jedes Abteil wurden fünf männliche und fünf weibliche Eintagsküken unter Berücksichtigung der Lebendmassen eingestallt. Die männlichen Eintagsküken wiesen bei der Einstallung eine durchschnittliche Lebendmasse von 45,4 g auf, während die durchschnittliche Lebendmasse der weiblichen Eintagsküken 44,7 g betrug.

Die Haltungsbedingungen waren unter Ausschluss des Futters für jede Gruppe identisch. Ein Auslauf stand nicht zur Verfügung. Der Stall wurde automatisch klimatisiert. Um die Stalltemperatur von 32 °C zu gewährleisten, erfolgte die Erwärmung mit einer Gaskanone. Mit einzelnen Gasstrahlern wurden in den Abteilen punktuelle Temperaturen von 36 °C erreicht. Als Einstreu wurden Strohpellets verwendet. Die Küken hatten sofort Zugang zu Frischwasser über Nippeltränken. In der ersten Woche wurde die Fütterung mit Hilfe von Futtertellern durchgeführt. Dafür wurden pro Box jeweils 400 g des jeweiligen Futtermittels abgewogen und auf den Futtertellern ausgebracht. Ab dem 7. Lebenstag wurde in jede Box ein Futterautomat mit 5 l Fassungsvermögen gestellt.

Vor der Einstellung wurden die Eintagsküken durch eine Kombinationsimpfung mit IB und ND geimpft. Die Impfung erfolgte durch Sprühen des Impfmittels auf die Eintagsküken. Am 16. Lebenstag wurden die Küken ein zweites Mal mit IB und ND geimpft. Als Lichtprogramm wurde vom 1. bis 3. Lebenstag ein Rhythmus von 23 Stunden hell zu einer Stunde dunkel gefahren. Ab dem 4. Lebenstag erfolgte eine Belichtung von 18 Stunden pro Tag.

Der Versuch umfasste in der ersten Phase insgesamt sieben Fütterungsgruppen, davon waren sechs Futtermittelvarianten mit Luzernetrockenblatt. Diese Fütterungsgruppen hatten einen Umfang von jeweils fünf Wiederholungen. Die Kontrollgruppe hatte acht Wiederholungen. Die Anordnung der Wiederholungen im Stall je Versuchsvariante erfolgte randomisiert.

In Phase 1 kamen insgesamt sieben unterschiedliche Alleinfuttermischungen zum Einsatz (Tabelle 3.3.3-6). Die Kontrollgruppe (Gruppe 1) wurde mit einem geschroteten Alleinfutter ohne Luzernetrockenblatt bis zum Lebenstag 14 gefüttert. Die Fütterungsgruppen 2, 3 und 4 erhielten jeweils eine geschrotete Alleinfuttermischung mit einem Anteil von 7,5 % an Luzernetrockenblatt der Sorte Sanditi (Gruppe 2), Plato (Gruppe 3) oder Fleetwood (Gruppe 4). Die genannten Luzernesorten stammten aus dem Sortenversuch der Bayerischen Landesanstalt am Standort Pulling bei Freising. Für die zeitgleich (September 2020) und sortenrein geernteten Pflanzen erfolgte händisch eine Blatt-Stängel-Trennung und schonende Trocknung (Niedertemperatur im Satzrockner). Die Fütterungsgruppen 5, 6 und 7 erhielten eine geschrotete Alleinfuttermischung mit einem Luzernetrockenblattanteil von 15 % der Sorte Sanditi (Gruppe 5), Plato (Gruppe 6) und Fleetwood (Gruppe 7). In Tabelle 3.3.7-5 ist der Versuchsaufbau dargestellt.

Tabelle 3.3.7-5: Versuchsaufbau für den Fütterungsversuch von Luzernetrockenblatt (LTB) mit Masthühnern

Gruppe	LTB Sorte	LTB im Alleinfutter (in %)	rechnerischer Gehalt an Zanhicssäure (µg/g)	Wiederholungen	Tiere je Wiederholung
1	Kontrolle	0	0	8	10
2	Sanditi	7,5	4,5	5	10
3	Plato	7,5	6	5	10
4	Fleetwood	7,5	10,5	5	10
5	Sanditi	15	9	5	10
6	Plato	15	12	5	10
7	Fleetwood	15	21	5	10

Ab dem 14. Lebenstag erfolgte eine einheitliche Umstellung auf ein ökokonformes pelletiertes Mastfutter, damit die möglichen irreversiblen Effekte auf die Lebendmasseentwicklung überprüft werden konnten.

Zur Nachvollziehbarkeit der Lebendmasseentwicklung wurden am 7., 14. und 28. Lebenstag Einzeltierwiegungen von allen 38 Abteilen durchgeführt. Die Gewichte wurden mit den Referenzwerten in Ranger Gold Broiler Performance Objectives (AVIAGEN 2018) verglichen. Es wurde zusätzlich eine Bonitur der Kloakenverklebung am 7. und 14. Lebenstag durchgeführt.

Um den Futtermittelverbrauch und den Futteraufwand erfassen zu können, wurden am 7., 14. und 28. Lebenstag die Futterrückwaagen und die Futtereinwaagen dokumentiert.

Auch die Verluste wurden über die gesamte Versuchsdauer protokolliert. Die erhobenen tierbezogenen Daten wurden statistisch ausgewertet (SAS 9.4 2013).

Tabelle 3.3.7-6: Zusammensetzung der Alleinfuttermischungen (in %) für den Fütterungsversuch mit Masthühnern

Rohstoff	Kontrolle	7,5 % LTB	15 % LTB
Luzernetrockenblatt (LTB)	0,0	7,5	15,0
Sojakuchen	18,0	17,0	16,0
Sonnenblumenkuchen	10,0	9,5	9,0
Erbsenproteinkonzentrat	4,0	3,5	3,0
Mais	15,0	16,5	18,0
Weizen	28,7	26,9	25,1
Weizengrießkleie	20,0	14,0	8,0
Sojaöl	0,7	1,7	2,7
Premix Puten Miavit	1,0	1,0	1,0
Kohlensaurer Futterkalk	1,3	0,9	0,5
Monocalciumphosphat	1,0	1,2	1,4
Viehsalz	0,2	0,2	0,2
EcoVitR	0,1	0,1	0,1

3.3.7.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Futtermittelanalysen

Die Analyseergebnisse für die im Fütterungsversuch eingesetzten Blätter der drei Luzernesorten sind in der Tabelle A 3.3.7-1 aufgeführt. Es zeigt sich ein relativ homogenes Bild für die relevanten Inhaltsstoffe der Sorten. Die Analyseergebnisse der Saponinverbindungen sind der Tabelle A 3.3.7-1 zu entnehmen. Die Sorte Sanditi hat die höchste Gesamtmenge an Saponinverbindungen (429 µg/g TM). Die Sorte Plato weist einen Gesamtgehalt von 384 µg/g TM auf, während die Sorte Fleetwood mit 381 µg/g TM den geringsten Saponin-Gehalt zeigt. Damit liegen diese Werte deutlich unter dem Niveau der bislang untersuchten Luzernetrockenblattproben (Tabelle A 3.3.7-2). Dies gilt insbesondere für die Zanhicsäure. Die unter 3.3.7.2.2 beschriebenen Unterschiede im Zanhicsäuregehalt zwischen den drei Sorten können somit nicht bestätigt werden.

Die Alleinfuttermischungen weisen eine ähnliche Inhaltsstoffausstattung auf (Tabelle A 3.3.7-3). Die AME_N-Gehalte unterscheiden sich nur geringfügig. Die maximale Differenz beträgt ± 0,2 MJME/kg. Auch in den Gehalten der Aminosäuren ergeben sich nur minimale Unterschiede zwischen den Alleinfuttermitteln. Die höchste Differenz zeigt sich im Lysingehalt mit ±

0,5 g/kg TM, gefolgt vom Tryptophangehalt mit $\pm 0,4$ g/kg TM und dem Cystein- und Threonin-gehalt mit jeweils $\pm 0,3$ g/kg TM. Der geringste Unterschied kann im Gehalt von Methionin mit $\pm 0,2$ g/kg TM festgestellt werden.

Verluste

Über die gesamte Versuchsdauer traten mit 0,53 % nur sehr geringe Tierverluste auf.

Das Futteraufnahmeverhalten wurde abteilbezogen näher beobachtet. In der Kontrollgruppe konnte kein Futterscharren in den Abteilen nachgewiesen werden. In den Zulagestufen 7,5 % kam es nur in den Abteilen mit der Variante Plato 7,5 % zu gehäuftem Futterscharren (20 %). In der Zulagestufe 15 % kam es in jeder Variante zu Futterscharren. Während es bei den Fütterungsgruppen mit den Sorten Sanditi und Fleetwood mit einem Anteil von jeweils 60 % zu Futterscharren kam, hatten die Fütterungsgruppen mit der Sorte Plato mit 80 % den höchsten Anteil an Futterscharren in den Abteilen.

Biologische Leistungen

Der durchschnittliche Futtermittelverbrauch während und nach der Versuchsperiode ist der Tabelle 3.3.7-7 zu entnehmen. Bereits in der 1. Lebenswoche der Tiere zeigen sich gerichtete Unterschiede im Futtermittelverbrauch. Mit steigenden Mischungsanteilen an Luzerneblättern sinkt die Futteraufnahme. Dieser Effekt schwächt sich in der 2. Lebenswoche etwas ab. Für die gesamte Versuchsperiode (1.-14. Lebenstag) lassen sich die skizzierten Effekte statistisch absichern.

Die Lebendmasseentwicklung ist in der Tabelle 3.3.7-8 dargestellt. Es zeigen sich für die Versuchsperiode ebenfalls ausgeprägte Dosis-Effekte auf die Lebendmasse. Diese Effekte sind offenbar für die höchste Dosierungsstufe irreversibel. Darauf deuten die 28-Tage-Gewichte der Tiere hin. Es zeigen sich keine Sortenunterschiede. Damit werden die Ergebnisse von Pleger et al. 2021 (Kapitel 3.3.5) bestätigt. Über den gesamten Fütterungsversuch mit Luzernetrockenblatt hatten die Broiler eine deutlich niedrigere Lebendmassezunahme als die von Aviagen (2018) vorgegebenen Referenzwerte. Das durchschnittliche Lebendmasse aller Gruppen lag an Tag 7 bei 85 g, der Referenzwert liegt bei 140 g (61 % der Referenzlebendmasse). An Tag 14 hatten die Tiere eine durchschnittliche Lebendmasse von 172 g. Hier beträgt der Referenzwert 334 g (49 % der Referenzlebendmasse). Am 28. Lebenstag - Einsatz von pelletiertem Mastfutter vom 15.-28. Lebenstag - wiesen die Tiere eine durchschnittliche Lebendmasse von 738 g auf, was 75 % des Referenzwertes entspricht.

Tabelle 3.3.7-7: Durchschnittlicher täglicher Futterverbrauch (g/d) im Fütterungsversuch mit Masthühnern (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Merkmal	Kontrolle	Fütterungsgruppen					F-Wert	p ¹	
		Sanditi 7,5 %	Plato 7,5 %	Fleet- wood 7,5 %	Sanditi 15 %	Plato 15 %			Fleet- wood 15 %
Futterver- brauch 1. Woche	79,4 ^a	82,2 ^a	80,2 ^a	80,6 ^a	73,7 ^b	74,6 ^b	67,7 ^c	8,54	<0,001
SE	± 1,41	± 1,78	± 1,78	± 1,78	± 1,78	± 1,78	± 1,78		
Futterver- brauch 2. Woche	169	158	159	153	153	156	153	1,69	0,1560
SE	± 4,11	± 5,19	± 5,19	± 5,19	± 5,19	± 5,19	± 5,19		
Futterver- brauch 1. + 2. Wo- che	249 ^a	241 ^{ab}	239 ^{ab}	234 ^{ab}	227 ^{bc}	230 ^{abc}	221 ^c	3,58	0,0082
SE	± 4,3	± 5,4	± 5,4	± 5,4	± 5,4	± 5,4	± 5,4		
Futterver- brauch 3. + 4. Wo- che	917	874	849	859	824	844	812	2,40	0,0511
SE	± 20,1	± 25,4	± 25,4	± 25,4	± 25,4	± 25,4	± 25,4		

¹p: Irrtumswahrscheinlichkeit; a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Tabelle 3.3.7-8: Lebendmasseentwicklung (g) im Fütterungsversuch mit Masthühnern (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Merkmal	Kontrolle	Fütterungsgruppen					F-Wert	p ¹	
		Sanditi 7,5 %	Plato 7,5 %	Fleet- wood 7,5 %	Sanditi 15 %	Plato 15 %			Fleet- wood 15 %
Lebend- masse, Tag 0	44,5	44,4	44,5	44,5	44,6	44,5	44,4	0,34	0,9123
SE	± 0,10	± 0,13	± 0,13	± 0,13	± 0,13	± 0,13	± 0,13		
Lebend- masse, Tag 7	87,5 ^a	88,0 ^a	87,5 ^a	85,2 ^{ab}	82,7 ^{ab}	78,8 ^b	80,6 ^b	2,65	0,0340
SE	± 1,86	± 2,35	± 2,35	± 2,35	± 2,35	± 2,35	± 2,35		
Lebend- masse, Tag 14	194 ^a	176 ^b	177 ^b	177 ^b	156 ^c	152 ^c	153 ^c	15,6	<0,0001
SE	± 3,5	± 4,5	± 4,5	± 4,5	± 4,5	± 4,5	± 4,5		
Lebend- masse, Tag 28	786 ^a	745 ^{abc}	739 ^{abc}	758 ^{ab}	678 ^d	718 ^{bcd}	703 ^{cd}	4,66	0,0017
SE	± 14,4	± 18,2	± 18,2	± 18,2	± 18,2	± 18,2	± 18,2		

¹Tabelle 3.3.7 7

Auch für das Merkmal kg Futteraufwand pro kg Zuwachs (Tabelle 3.3.7-9) zeigen sich die skizzierten Dosis-Effekte in der Versuchsperiode. Überraschenderweise liegen die Fütterungsgruppen in der anschließenden Periode (15.-28. Lebenstag) auf annähernd gleichem Niveau. Es deuten sich Sortenunterschiede zugunsten der Sorte Fleetwood an.

Fazit

Aus den Ergebnissen des Fütterungsversuchs lassen sich nachstehende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Die aus dem Sortenmonitoring (Kapitel 3.3.7.2) ausgewählten unterschiedlichen Luzernesorten Sanditi, Plato und Fleetwood weisen im vorliegenden Versuch nicht die zu erwartenden Profile an Saponinen auf. So liegen die Gehalte an Zanhicsäure deutlich unter dem Erwartungswert.
2. Die Zulagestufe zeigt einen deutlichen Einfluss auf die biologischen Leistungen der Tiere. Die Fütterungsgruppen in der Zulagestufe 15 % Luzernetrockenblatt erreichen den geringsten Futtermittelverbrauch und die niedrigsten Lebendmassezunahmen. Der Einsatz von hohen Luzernetrockenblattanteilen in Alleinfuttermischungen führt zu signifikanten Leistungsdepressionen bei Broilern, welche durch erhöhte Gehalte an antinutritiv wirkenden Saponinen ausgelöst werden.
3. Die untersuchten Luzernesorten unterscheiden sich hinsichtlich der Zanhicsäure nur geringfügig und üben somit keinen gerichteten Einfluss auf den Futtermittelverbrauch und die Lebendmassezunahme aus.

Tabelle 3.3.7-9: Durchschnittlicher Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs) im Fütterungsversuch mit Masthühnern (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Merkmal	Fütterungsgruppen							F-Wert	p ¹
	Kontrolle	Sanditi 7,5 %	Plato 7,5 %	Fleet- wood 7,5 %	Sanditi 15 %	Plato 15 %	Fleet- wood 15 %		
Futteraufwand, 1. Woche	1,92 ^{ab}	1,89 ^{ab}	1,87 ^a	2,00 ^{bc}	1,94 ^{abc}	2,19 ^c	1,88 ^{ab}	1,01	0,4390
SE	± 0,09	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0,11	± 0,11		
Futteraufwand, 2. Woche	1,59 ^a	1,80 ^b	1,80 ^b	1,68 ^{ab}	2,09 ^c	2,14 ^c	2,12 ^c	12,19	<0,0001
SE	± 0,06	± 0,07	± 0,07	± 0,07	± 0,07	± 0,07	± 0,07		
Futteraufwand, 1. + 2. Woche	1,67 ^a	1,83 ^b	1,82 ^b	1,77 ^{ab}	2,04 ^c	2,15 ^c	2,04 ^c	9,04	<0,0001
SE	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,06	± 0,06	± 0,06	± 0,06		
Futteraufwand, 3. + 4. Woche	1,55 ^{bc}	1,54 ^{bc}	1,51 ^{ab}	1,48 ^a	1,58 ^c	1,49 ^{ab}	1,48 ^a	3,41	0,0106
SE	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,02		

¹ Tabelle 3.3.7 7

3.4 Einsatz von Grünleguminosen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit Schweine- und Geflügelhaltung (Arbeitspaket Wissenstransfer (AP-Transfer))

(G. MANEK)

Die vorangegangenen Kapitel zeigen anschaulich den großen Forschungsbedarf, den dieses Projekt maßgeblich aufgezeigt hat. In der Beantragung des Projektes war noch davon ausgegangen worden, erarbeitete Erkenntnisse der Wissenschaft zeitnah in der Praxis erproben zu können. Sowohl Anbau und Werbung als auch Fütterung sollten auf fünf Testbetrieben und fünf Intensivuntersuchungsbetrieben (hier sollten weiterführende, auch studentische Arbeiten stattfinden) nach betriebsindividuellen Konzepten etabliert, Erfahrungen und Erkenntnisse auf Feldtagen in den Testbetrieben sowie in Form einer Informationsbroschüre kommuniziert werden.

Da die Ergebnisse der Arbeitspakete Technik, Pflanze und Tier einen zeitnahen Einstieg in die Praxisübertragung nicht zuließen bzw. dringend anzuraten war, auf vertiefte Erkenntnisse (vor allem hinsichtlich der Saponine) zu warten, wurde der Arbeitsplan abgeändert. Nach verschiedenen Umplanungen wurde sich auf die Beschreibung von Betrieben fokussiert, die bereits Erfahrungen mit betriebsindividuellen Lösungsansätzen zur Fütterung von Grünleguminosen hatten.

Es wurden zuletzt vier Schweine- und zwei Legehennenbetriebe besucht, zu ihren gesamtbetrieblichen Abläufen im Allgemeinen und der Verfütterung von Grünleguminosen im Speziellen befragt. Sowohl Hinweise auf gute Erfahrungen und Tipps zur praktischen Umsetzung als auch Herausforderungen, auf die die Betriebe gestoßen waren, wurden thematisiert. Zur Einschätzung der erreichten Qualitäten des Futters wurden Proben analysiert. Bei Bedarf wurde Beratung angeboten, so zum Beispiel zur Optimierung der Silagequalität. Besonderheiten und wesentliche Punkte wurden fotografisch dokumentiert. Beschrieben wurden folgende Betriebe:

- Legehennen: Betriebseigene Luzerne im Werk getrocknet; Pellets in der Futtermischung
- Legehennen: Silageangebot im Winter (in der Ration berücksichtigt), darüber hinaus ebenfalls Pellets im Futter
- Schweine: Luzernepellets in der Mast
- Schweine: Kleegrassilage in der Mast
- Schweine: Silage in der Mast, Fütterung mit Einstreuroboter
- Schweine: Silagefütterung bei Zuchtsauen (späterer Widerruf der Datenfreigabe)

Die Erkenntnisse wurden in einem einfachen Broschürenformat aufbereitet. Ziel war, interessierten Schweine- und Geflügelhaltern Optionen des Einsatzes von Grünleguminosen zu präsentieren, auf wesentliche Erfolgsfaktoren (Schnittzeitpunkt, etc.) hinzuweisen, aber auch auf kritische Punkte hinzuweisen (Futteraufnahme, etc.). Ein einleitendes Kapitel sollte wesentliche Rahmenfaktoren einordnen und zum Wissensstand informieren. Vorgesehen war weiterhin, wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Wissenschaft mit aufzunehmen und an relevanten Stellen in Bezug zu setzen.

Der Entwurf dieser Broschüre wurde dem Projektkonsortium zur Verfügung gestellt. Aufgrund verschiedener Aspekte wurde eine Weiterarbeit und Veröffentlichung jedoch ausgesetzt. Der Wissenstransfer am Projektende wird auf Basis der bis dahin neu gewonnenen Erkenntnisse angepasst konzipiert.

Auch der Wissenstransfer auf Veranstaltungen wurde deutlich reduziert, da die Demonstration direkt auf den Test- bzw. Intensivuntersuchungsbetrieben nicht möglich war. Stattgefunden haben:

- 04.07.2018: Veranstaltung „Hochwertiges Eiweiß vom eigenen Feld“ auf dem Gladbacher Hof. Rund 60 Teilnehmer kamen zusammen, um Eindrücke aus den Projekten „Grünlegum“ und „Soja on top“ zu sammeln.
- 10.07.2018: Feldtag auf den Flächen des Thünen-Instituts in Trenthorst. Hieran nahmen gut 30 Personen teil. Thematisiert wurden unter anderem die Eignung von Grünleguminosen für die Fütterung von Monogastriern, Prüfung von Grünleguminosen auf Ertrag und deren Blattmasse sowie Auswirkungen des Schnittnutzungsregimes auf den Blattertrag von ausgewählten Rotklee- und Luzernesorten.
- 14.06.2019: Feldtag auf dem Betrieb Locher. Das Programm umfasste Vorträge von Prof. Bellof (HSWT), Diana Messinger (HSWT), Martin Kötter-Jürß (BBG) und Werner Vogt-Kaute (Naturland), eine Besichtigung des Stalles und eine Besichtigung von Klee-grasflächen, die gerade geerntet wurden. Die Veranstaltung war mit mehr als 20 Teilnehmern gut besucht. Die Teilnehmer reisten bis aus Hessen und Nordrhein-Westfalen an.
- 03.Juli 2019: Grünlandtag vom AELF Deggendorf in Steinach. Nach Begrüßung und Vorstellung der Versuchsstelle Steinach gab es vormittags Vorträge zu verschiedenen Themen. Anschließend wurde ein Rundgang durch verschiedene Stationen gemacht, unter anderem die Station „Ausgewählte Sorten- und Futterbauversuche, Forschungsprojekt GRUENLEGUM“, von Dr. Stephan Hartmann, LfL- IPZ, Freising organisiert. Anna Paczkowski (LfL) und Christopher Lindner (BBG) stellten an dieser Station den Teilnehmern (neben dem überwiegenden Anteil von Landwirten mit Schwerpunkt Milchviehhaltung und Grünlandwirtschaft waren auch eine landwirtschaftliche Berufsschulklasse und verschiedene Vertreter aus der Forschung vor Ort) das Projekt GRÜNLEGUM vor.

Auf weiteren Veranstaltungen wurde das Projekt als solches, der aktuelle Stand sowie insgesamt die Thematik 100 %-Biofütterung und die Chancen des Einsatzes von Grünleguminosen thematisiert.

4 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertung der Ergebnisse

4.1 Arbeitspaket Pflanzenbau (S. WITTEN, H. BÖHM, K. BECKER, K. AULRICH)

Zunächst liefern die Ergebnisse einen umfangreichen Überblick über die Ertragsleistungen sowie Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen insbesondere für die Blattfraktion von Rotklee und Luzerne. Diese Daten stellen eine sehr gute Grundlage für die Bewertung und den Einsatz dieser Futtermittel in der landwirtschaftlichen Praxis sowie für weitere wissenschaftliche Untersuchungen dar.

Der Anbau von Rotklee und Luzerne hat in der Praxis einige Vorteile bezüglich der Unkrautunterdrückung und der Bodenfruchtbarkeit. Als Futtermittel sind diese Pflanzen bislang vor allem in der Wiederkäuerfütterung von Bedeutung. Die pflanzenbaulichen Versuche im Projekt konnten Erkenntnisse liefern, welche Effekte die Sortenwahl, die Schnitffrequenz und das Düngungsregime auf besonders bedeutsame Eigenschaften der Blattfraktion von Luzerne und Rotklee im Hinblick auf den Einsatz in der Monogastrierernährung haben. Insgesamt war die Rohproteinkonzentration vergleichbar mit der von Ackerbohnen. Im Vergleich zu Ackerbohnen, aber auch zu Sojabohnen war in Luzerneblättern weniger Lysin, jedoch mehr Methionin und Threonin im Rohprotein enthalten. In den pflanzenbaulichen Versuchen war die Luzerne dem Rotklee sowohl bezüglich der Inhaltsstoffe als auch des Ertrages überlegen. Dieses Wissen könnte in Kombination mit Ergebnissen aus den Fütterungsversuchen dazu führen, dass Grünleguminosen als regional in Deutschland kultivierbare Pflanzen mit Vorteilen in der Fruchtfolge auf Monogastrier haltenden Betrieben angebaut und vor allem auch als betriebs-eigenes Futtermittel eingesetzt werden kann.

Die These, dass bei mehreren Schnitten eine klare Auswahl getroffen werden kann, welcher Schnitt sich am besten zur Fütterung eignet, konnte nicht bestätigt werden. Eine gesteigerte Schnitffrequenz führte zwar zu einem gesteigerten Rohprotein- und Aminosäurertrag, aber nicht zuverlässig zu einer Erhöhung der Rohproteinkonzentration oder einer Verbesserung des Aminosäurenmusters innerhalb des jeweiligen Schnittes. Daher ist hinsichtlich der Nutzung eines Schnittes jeweils eine Einzelfallentscheidung in Abhängigkeit der individuellen Bedingungen zu treffen. Da große regionale Unterschiede bezüglich aller geprüften Eigenschaften beobachtet werden konnten, wäre es sinnvoll bei den regionalen Landesortenversuchen wieder bei allen Schnitten (und nicht nur beim 2. Schnitt) die Rohproteingehalte zu bestimmen. Ergänzend sollten projektgebunden die Aminosäurenkonzentrationen und die Blattanteile stichprobenartig an ausgewählten Versuchen über einen längeren Zeitraum erhoben werden, um die regionalen Sortenempfehlungen weiter zu optimieren. Die Ergebnisse des Düngungsversuches zeigen, dass die standortoptimierte Versorgung der Bestände mit Makro- und Mikro-nährstoffen essentiell ist, um ein hochwertiges Proteinfuttermittel für Monogastrier zu erzeugen. Insbesondere im 2. Hauptnutzungsjahr können die Ertrags- und Qualitätsparameter durch verfügbare Nährstoffe deutlich verbessert werden. Die optimale Düngestrategie muss in weiteren Versuchen ermittelt werden. Empfehlungen aufgrund dieser Untersuchungen können den Anbau von Grünleguminosen nachhaltig verbessern.

Es wurden erfolgreich NIRS-Kalibrationen zur Vorhersage der Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen in Luzerne- und Rotkleeblättern erstellt. Die Möglichkeit, NIRS zu diesem Zweck zu nutzen, kann Folgeuntersuchungen sowie die Qualitätsbewertung dieser Futtermittel für den Einsatz der Blattfraktion von Grünleguminosen in der Praxis vereinfachen.

4.2 Arbeitspaket Verfahrenstechnik (J. MAXA, S. THURNER)

Verfügbarkeit der Technik für die Praxis: Die im Rahmen des Projekts untersuchten Verfahren zur Blatt-/Stängeltrennung bei Grünleguminosen können mehrheitlich in zwei Verfahrensgruppen unterteilt werden: 1. ein Verfahren, bei dem die Blatt-Stängel Trennung direkt auf dem Feld passiert und 2. ein Verfahren, bei dem die Trennung erst in späteren Schritten stationär durchgeführt wird.

Die Technik zur Blatt-Stängel Trennung direkt auf dem Feld (Verfahren 1 und 4; Kapitel 3.2) befindet sich derzeit immer noch im Prototypenstadium und ist somit derzeit nicht für den Landwirt in Deutschland verfügbar. Verfahren 1 eignet sich zur Ernte von Luzerne- sowie Rotkleeblättern, das Verfahren 4 zur Ernte von Luzerneblättern.

Die Technik zur stationären Blatt-Stängel Trennung bei Luzerne (Verfahren 2; Kapitel 3.2) funktioniert seit 2013 bei der Qualitätstrocknung Nordbayern eG am Standort in Wechingen und das Blattprodukt „Cobs“ wird mittlerweile auch als Eiweißfutter vermarktet. Der Standort Wechingen ist überwiegend auf die Verarbeitung der Luzerne spezialisiert, die Verarbeitung von Rotklee findet dort nicht statt. Neben den Untersuchungen des Verfahrens 2 wurden im Rahmen des Projekts auch Untersuchungen zur stationären Blatt-Stängel Trennung des Verfahrens 3 (Kapitel 3.2) durchgeführt, dieses befindet sich derzeit nicht im praktischen Einsatz.

Neuerlich wurde im Rahmen des Projekts das Mähen der Pflanzenspitzen mit hohem Eiweißgehalt als Alternative zur Blatt-/Stängeltrennung untersucht (Verfahren 5). Hierzu gibt es aktuell auf dem Markt das Gerät der Firma Zürn Harvesting GmbH & Co. KG mit der Bezeichnung „Top Cut Collect“, das ursprünglich für die mechanische Unkrautkontrolle im Ackerbau entwickelt wurde. Für den praktischen Einsatz im Luzernebestand sind jedoch einige Anpassungen an der Maschine im Bereich der Größe des Sammelbunkers, der Haspeln oder Lamellen des Schneidewerks und der Bereifung sowie Höhenführung nötig.

Neben der Technik zur Blatt-/Stängeltrennung der Grünleguminosen ist bis auf das Verfahren 4, bei dem das Blattmaterial unter guten Wetterbedingungen bereits nach der Ernte lagerfähig ist, die Verfügbarkeit einer Trocknungsanlage (Heißlufttrocknungsanlage) in der Region des jeweiligen Landwirts eine wichtige Prämisse. Diese Trocknungsanlagen sollen zudem auf das Ernteprodukt eingestellt und spezialisiert sein, damit weitere Material- und Eiweißverluste durch den Trocknungs- und Trennungsprozess minimiert werden können. Die Trocknung der Grünleguminosen als Ganzpflanze kann auch schonend auf hofeigenen Heubelüftungsanlagen (Verfahren 3) praktiziert werden. Bei diesem Verfahren ist die Weiterverarbeitung bzw. Blatt-/Stängeltrennung derzeit nicht in der Praxis verbreitet.

- Weitere Forschungsansätze: Der in diesem Projekt getestete innovative Ansatz zur Produktion von hochwertigem Eiweißfutter aus Luzerne-Pflanzenspitzen wird gegebenenfalls im Rahmen des zukünftigen Forschungsprojekts „NovaLuz“ (Forschungsprogramm des StMELF) weiterentwickelt. Dabei soll auch der Einsatz des Futtermittels bei verschiedenen Tierarten in der Praxis weiterhin untersucht werden. Im Vordergrund des Projekts sollen auch die Weiterverarbeitung und der Einfluss der Trocknungsprozesse auf die Qualität des Endprodukts stehen. Die vorgesehenen Projektpartner sind LfL, HSWT, Futtertrocknung Lamerdingen e. G., Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf und Meika Tierernährung GmbH.

4.3 Arbeitspaket Tier – Futtermittelbewertung und Fütterung (G. BELLOF)

Zur besseren Futtermittelbewertung von Grünleguminosen-Ganzpflanzen (siliert oder getrocknet) wurden sowohl mit wachsenden Schweinen als auch mit wachsenden Hühnern Verdauungsversuche durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse sind plausibel und können für die Praxis genutzt werden.

Die für Grünleguminosen-Blätter (siliert oder getrocknet) durchgeführten Verdauungsversuche für die genannten Tiergruppen liefern ein differenziertes Bild. Die ermittelten Nährstoffverdaulichkeiten für Schweine sind ebenfalls plausibel und für die Fütterungspraxis nutzbar. Die Ergebnisse der beiden erfolgreich beendeten Verdauungsversuche für Hühner können interpretiert werden, sind aber für die Praxis aufgrund der nicht vollständig geklärten Saponin-Thematik nur bedingt zu nutzen.

Im Leistungsversuch mit säugenden Sauen wurden Krafftuttermischungen mit Mischungsanteilen von 10 % getrockneten Rotklee- oder Luzerneblättern erfolgreich eingesetzt. Somit können diese Rohstoffe für die Praxis empfohlen werden. Allerdings kann somit nur ein geringer Anteil der Eiweißversorgung sichergestellt werden.

Der Einsatz von 10 % getrockneten Rotkleeblättern führte bei Ferkeln zu keinen Akzeptanzproblemen. Die Futteraufnahme und relevante Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zur Kontrollgruppe - unverändert. Der Einsatz von 10 % getrockneten Luzerneblättern ergab dagegen erkennbare Akzeptanzprobleme. Während der Aufzucht zeigten die Ferkel der Versuchsgruppe geringere Futteraufnahmen als die Kontrolltiere. Auch hier trugen die Testfuttermittel nur in geringem Umfang zur Eiweißversorgung bei.

Mischungsanteile von bis zu 20 % getrockneten Luzerneblättern in Krafftuttermischungen für Mastschweine wurden problemlos aufgenommen. Die relevanten Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zur Kontrollgruppe - unverändert. Damit kann ein wesentlicher Anteil der Eiweißversorgung aus Luzernetrockenblatt realisiert werden. Dieser Befund sollte von der Beratung aufgenommen und an die Praxis weitergegeben werden.

Die an Masthühnern und Legehennen geprüften Luzernetrockenblattprodukte zeigten dagegen, dass bereits geringe Mischungsanteile (> 5 %) in Alleinfuttermischungen zu Akzeptanzproblemen und Leistungsrückgängen führten. Der an Legehennen geprüfte Einsatz von silierten Luzerneblättern führte ebenfalls zu markanten Leistungsdepressionen und Gesundheitsproblemen (Kammnekrosen). Von einem Einsatz ist somit abzuraten.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

5.1 Arbeitspaket Pflanze

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
<p>Identifizierung geeigneter Luzerne- und Rotkleesorten mit hohen Blattanteilen bzw. -erträgen, deren Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen bzw. -erträge.</p>	<p>Die Luzerne- und Rotkleesortenversuche wurden an allen 3 Standorten (Freising, Gießen und Trenthorst) wie geplant angelegt. Aufgrund von Witterungsbedingungen und damit verbundenen Schwierigkeiten der Etablierung wurden die Versuche z.T. nochmals angelegt bzw. eine vollständige Nutzung war erst nach mehreren Pflegeschnitten möglich. Dennoch konnten wie geplant von allen Standorten zwei Hauptnutzungsjahre geprüft werden, wobei aufgrund von ausgeprägter Trockenheit nicht an jedem Standort 4 Schnitte realisiert werden konnten. Die Ergebnisse zeigen, dass deutliche Sortenunterschiede sowohl hinsichtlich der Ertragsleistungen als auch der untersuchten Qualitätsparameter vorlagen, diese aber oftmals durch den Standort, das Nutzungsjahr und den Schnittzeitpunkt überlagert wurden.</p>
<p>Auswirkungen unterschiedlicher Schnittnutzungsregime bei ausgewählten Rotklee- und Luzernesorten auf den Gesamt- und Blattertrag, deren Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen bzw. -erträge.</p>	<p>An den Standorten Freising und Trenthorst wurden in die Sortenversuche entsprechende Varianten für ein intensiveres Schnittnutzungsregime mit jeweils zwei ausgewählten Luzerne- und Rotkleesorten wie geplant integriert. Mit dem intensiveren 5-Schnittsystem konnten höhere Flächenerträge an Blattmasse als auch an Rohprotein und Aminosäuren realisiert werden.</p>

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
Effekte der Nährstoffversorgung mit Schwefel, Phosphor, Kalium und Mikronährstoffen bzw. deren Kombinationen auf den Gesamt- und Blattertrag, deren Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen bzw. -erträge von Luzerne und Rotklee.	Die Versuche wurden wie geplant angelegt und durchgeführt, wobei der Luzerne-Düngungsversuch ein zweites Mal angelegt werden musste, um ebenfalls Daten aus zwei Hauptnutzungsjahren zu generieren. Die Ergebnisse zeigen, dass neben dem Biomasseertrag der Grünleguminosen auch die Konzentration von Rohprotein und Aminosäuren im Erntegut durch die Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen positiv beeinflusst werden.
Bestimmung des Blattmasseertrages der im Sortenversuch betrachteten Sorten in Proben aus den norddeutschen Landessortenversuchen (LSV-Nord).	Es wurden, wie geplant, Proben der geprüften Luzerne- und Rotkleesorten aus den LSV-Nord erhalten und eine Blatt-Stängel-Trennung vorgenommen, um weitere Ergebnisse zu den Blattmasseerträgen dieser Sorten zu erhalten.
Landessortenversuche (LSV Süd) Überprüfung der Ergebnisse der Projektversuchsanlagen an einem breiteren Sortenpanel bei Rotklee besonders der diploiden Sorten. Abklärung, ob für diese neue Nutzungsoption für die Beratung permanente Blatt-Stängel-Erhebungen notwendig werden, oder ob Empfehlungen aus der Gruppe der bereits erhobenen Merkmale abgeleitet werden können	Dank der breiten Unterstützung der Kolleginnen und Kollegen in den an den gemeinsamen LSV's beteiligten Länderinstitutionen konnten umfangreiche Datensätze aufgebaut werden. Deren erste Auswertung ermöglichte es erste Hilfsmerkmale einzugrenzen. Die höchsten Blatterträge zeigten in aller Regel die Sorten mit den höchsten TM-Erträgen am jeweiligen Prüfstandort. Damit ist eine deutlich von der üblichen Sortenempfehlung abweichende Empfehlung nicht nötig.
Entwicklung von NIRS-Kalibrationen zur Vorhersage der Gehalte an Rohprotein und Aminosäuren	NIRS-Kalibrationen für die Vorhersage der Rohprotein- und Aminosäuregehalte in Blättern und Stängeln von Luzerne und Rotklee wurden erfolgreich entwickelt. Die Prüfung an unabhängigen Datensätzen könnte in Folgeprojekten stattfinden.

5.2 Arbeitspaket Verfahrenstechnik

Im Rahmen des Projekts wurden wie ursprünglich geplant (inklusive Projektverlängerungsphase) insgesamt fünf verschiedene großtechnologische Verfahren zur Blatt-Stängel Trennung bzw. zur Ernte von hochwertigen Eiweißkomponenten der Grünleguminosen untersucht und bewertet: Verfahren 1 (Trennung bzw. Abstreifen der Blätter direkt am Feld mithilfe der Prototypenmaschine MRF1 der Firma Trust'Ing), Verfahren 2 („Eingrasen“ der Grünleguminosen als Ganzpflanze mit stationärer Trennung der Blattmasse), Verfahren 3 (Mähen und Vor-

welken der Grünleguminosen am Feld als Ganzpflanze mit stationärer Trennung der Blattmasse), Verfahren 4 (Trennung von Blattmasse nach dem Mähen und Vorwelken der Luzerne mit Hilfe eines angepassten Mähreschers der Firma Brand Landtechnik GmbH und TU-Dresden) und Verfahren 5 (Mähen von Luzerne-Pflanzenspitzen mit hohem Eiweißgehalt als Alternative zur Blatt-/Stängeltrennung mit Hilfe der neuen Maschine TopCut Collect der Firma Zürn Harvesting). Neben den großtechnologischen Untersuchungen zum Verfahren 5 wurden auch Voruntersuchungen im Rahmen von Kleinparzellenversuchen erfolgreich durchgeführt und ausgewertet.

Während der großtechnologischen Versuchsreihen konnte der neueste Prototyp der französischen Firma Trust'ing (MRF2; Verfahren 1) bei der Ernte von Luzerne- und Rotkleeblättern entgegen der Planung nicht getestet werden. Dies wurde verursacht durch mehrere Aspekte wie die Corona-Krise sowie nötiger (ungeplanter) Reparaturarbeiten an der Maschine im Werk in Frankreich. Es ist zu erwarten, dass mit dem neuen Prototyp speziell die Verluste bei den Stängeln wesentlich geringer sind da im Vergleich zum ersten Prototyp die bisher getrennten Arbeitsschritte „Trennung der Blätter von den Stängeln“ und „Mähen“ gleichzeitig durchgeführt werden können und die Stängel somit nicht überfahren werden. Weiterhin werden bei der MRF2 die abgestreiften Blätter mittels Schnecken zum Einzugsaggregat eines Feldhäckslers transportiert, der die Blätter häckselnd und auf das daneben fahrende Transportfahrzeug überlädt, wodurch eine störungsfreiere Ernte möglich sein sollte.

Die Mehrheit der getesteten Verfahren befindet sich im Prototypenstadium (Verfahren 1 und 4) oder im Stadium der ersten Serie (Verfahren 5), somit besteht die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen unter Praxisbedingungen falls es zu einer Weiterentwicklung oder Änderung der Technik kommt. Weiterer Forschungsbedarf besteht auch im Bereich der Trocknung, insbesondere zum Einfluss der Heißlufttrocknung auf die Eiweißverfügbarkeit des Futters und der Effizienz der Trocknungsprozesse.

5.3 Arbeitspaket Tier - Futtermittelbewertung und Fütterung

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
Futtermittelbewertung: <i>Grünleguminosen-Ganzpflanzen, siliert oder getrocknet</i>	
Erhebung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen von Luzerne- und Rotkleeilagen für wachsende Schweine.	Die Verdauungsversuche wurden wie geplant durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse sind plausibel und können für die Praxis genutzt werden (3.3.2).
Erhebung der Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerne- und Rotkleeilagen für wachsendes Geflügel.	Die Verdauungsversuche konnten erfolgreich durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind plausibel und können für die Praxis genutzt (3.3.4).
Erhebung der Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerneganzpflanzen, getrocknet (Luzernegrünmehl) für wachsendes Geflügel.	Die Verdauungsversuche konnten erfolgreich durchgeführt werden. Die ermittelten Ergebnisse sind plausibel und können für die Praxis genutzt werden (3.3.4).

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
Futtermittelbewertung: <i>Grünleguminosen-Blätter, siliert oder getrocknet</i>	
Erhebung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen von Luzerneblatt, siliert für wachsende Schweine.	Die Verdauungsversuche wurden erfolgreich durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse sind plausibel und können für die Praxis genutzt werden (3.3.2).
Erhebung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen von Luzerneblatt, getrocknet für wachsende Schweine.	Die Verdauungsversuche wurden erfolgreich durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse sind plausibel und können für die Praxis genutzt werden (3.3.2).
Erhebung der Verdaulichkeit (pcV) von Rohprotein und Aminosäuren von Luzerne- und Rotkleeblättern, getrocknet für wachsendes Geflügel.	Es wurden insgesamt drei Verdauungsversuche absolviert. Zwei Verdauungsversuche konnten erfolgreich durchgeführt werden. Aufgrund der unerwartet aufgetretenen Akzeptanzprobleme für die eingesetzten Trockenblattprodukte musste die Methodik der Versuchsdurchführung angepasst werden (längere Vorbereitungsphase auf die Prüffuttermittel). Die Ergebnisse der beiden erfolgreich beendeten Verdauungsversuche können interpretiert werden (3.3.4), sind aber für die Praxis aufgrund der nicht vollständig geklärten Saponine-Thematik nur bedingt zu nutzen. Die geplante Evaluierung der Homoargininmethode für Trockenblattprodukte wurde nicht realisiert, da sich eine denkbare Hitzeschädigung der Aminosäure Lysin als nur bedingt relevant zeigte.

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
Fütterung: <p style="text-align: center;"><i>Schweine</i></p>	
Leistungsversuch mit säugenden Sauen: Einsatz eines Trockenblatt-Produktes als hauptsächliches Eiweißfuttermittel in öko-konformen Krafftuttermischungen, bei gleichzeitiger Vorlage von „früh genutzten Grünleguminosen“ als Ganzpflanzensilage, zur Sicherstellung der Eiweißversorgung.	Die Versuche konnten erfolgreich absolviert werden. Gegenüber der Planung wurden in zwei aufeinander folgenden Versuchen sowohl Rotklee- als auch Luzernetrockenblatt eingesetzt. Die gleichzeitig eingesetzte „betriebsübliche“ Kleeegrassilage entsprach qualitativ nicht den Zielvorstellungen. Der Mischungsanteil blieb auf 10 % getrockneten Rotklee- oder Luzerneblättern beschränkt. Somit konnte über diese Rohstoffe nur ein geringer Anteil der Eiweißversorgung sichergestellt werden. Die skizzierte Fütterung führte zu keinen Akzeptanzproblemen. Die relevanten Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollgruppen - unverändert (3.3.1).
Leistungsversuch mit Saug- und Absetzferkeln: Einsatz eines Trockenblattproduktes als hauptsächliches Eiweißfuttermittel in öko-konformen Krafftuttermischungen; gleichzeitiger Vorlage von „früh genutzten Grünleguminosen“ als Ganzpflanzensilage.	Die Versuche konnten erfolgreich absolviert werden. Gegenüber der Planung wurden in zwei aufeinander folgenden Versuchen sowohl Rotklee- als auch Luzernetrockenblatt in ökokonformen Krafftuttermischungen (= Säugefuttermischungen) eingesetzt. Die gleichzeitig eingesetzte „betriebsübliche“ Kleeegrassilage entsprach qualitativ nicht den Zielvorstellungen. Der Einsatz von 10 % getrockneten Rotkleeblättern führte zu keinen Akzeptanzproblemen. Die Futteraufnahme und relevante Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zur Kontrollgruppe - unverändert. Der Einsatz von 10 % getrockneten Luzerneblättern führte zu erkennbaren Akzeptanzproblemen. Die Ferkel zeigten zwar geringere Futteraufnahmen als die Kontrolltiere, die Lebendmasseentwicklung unterschied sich aber nicht (3.3.1). Auch hier trugen die Testfuttermittel nur in geringem Umfang zur Eiweißversorgung bei.

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
<p>Leistungsversuch mit Mastschweinen: Einsatz von steigenden Mischungsanteilen Luzernetrockenblatt in ökokonformen Kraftfuttermischungen; mit oder ohne Vorlage von Luzerneganzpflanzensilage.</p>	<p>Es wurden zwei aufeinander aufbauende Versuche (Akzeptanzversuch Anfangsmast; eigentlicher Leistungsversuch) durchgeführt. Aufgrund des erfolgreichen Akzeptanzversuchs konnte der Leistungsversuch wie geplant absolviert werden. Der Einsatz von bis zu 20 % getrockneten Luzerneblättern in Kraftfuttermischungen führte zu keinen Akzeptanzproblemen. Die relevanten Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollgruppen - unverändert (3.3.3). Damit konnte ein wesentlicher Anteil der Eiweißversorgung aus Luzernetrockenblatt realisiert werden.</p> <p>Es deutete sich aber in der Versuchsgruppe, die sowohl hohe Anteile an Luzernetrockenblatt in der Kraftfuttermischung als auch Luzerneganzpflanzensilage erhielt, eine geringere Futteraufnahme und daraus folgend eine verzögerte Lebendmasseentwicklung an.</p>

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
Fütterung: <i>Geflügel</i>	
Leistungsversuch mit Masthühnern: Einsatz von steigenden Mischungsanteilen Trockenblatt in ökokonformen Krafftuttermischungen; mit oder ohne Vorlage von Grünleguminosen-Ganzpflanzensilage.	Der Leistungsversuch wurde erfolgreich absolviert. Aufgrund der Erfahrungen aus den vorab durchgeführten Verdauungsversuchen mit Masthühnern wurde die Versuchsplanung abgeändert. Es wurde ein Dosis-Response-Versuch mit Luzernetrockenblatt geplant der insbesondere die sensible Aufzuchtphase berücksichtigte (3.3.5). Die Ergebnisse zeigten, dass der Einsatz von Luzernetrockenblatt, besonders der frühe Einsatz (5% in der Aufzuchtphase) und die Einmischung höherer Anteile in den Mastphasen (15-20%), zu Leistungsdepressionen bei wachsenden Broilern führen.
Leistungsversuch mit Legehennen: Einsatz von steigenden Mischungsanteilen Trockenblatt in ökokonformen Krafftuttermischungen.	Der Versuch wurde gegenüber der Planung mit deutlich reduzierter Tierzahl durchgeführt. Aufgrund der Erfahrungen aus dem zeitlich vorangegangenen Broilerversuch wurden in dem Fütterungsversuch - in ähnlicher Weise - steigende Mischungsanteile Luzernetrockenblatt (0%,10%,15%, 20%) in Alleinfuttermischungen geprüft (3.3.6.2). Aufgrund massiver Leistungseinbrüche musste für die beiden letztgenannten Versuchsgruppen der Fütterungsversuch bereits nach 14 Tagen abgebrochen werden. Die Versuchsgruppe mit 10%-Mischungsanteil Luzernetrockenblatt zeigte gegenüber der Kontrollgruppe bis zum Versuchsende (42. Tag) eine deutlich verminderte Lebendmasseentwicklung und Legeleistung.
Leistungsversuch mit Legehennen: Einsatz von Grünleguminosen-Ganzpflanzensilage in Ergänzung zu ökokonformen Krafftuttermischungen (mit Luzernetrockenblatt) mit unterschiedlicher Aminosäureausstattung zur Prüfung des „Cafeteria-Effektes“.	Der Versuch wurde mit geänderter Versuchsplanung durchgeführt. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus den vorangegangenen Geflügelversuchen und Literaturberichten wurde der Einsatz steigender Anteile an Luzerneblattsilage als Komponente in Krafftuttermischungen für Legehennen geprüft. Im Zuge des Silierprozesses wird die für die Futtermittelaufnahme kritische Saponinverbindung „Zanhicsäure“ umgebaut (Tabelle 3.3.7.2). Somit könnte die Silierung der Luzerneblätter die Akzeptanz verbessern. Bereits nach kurzer Versuchszeit traten in den Versuchsgruppen Leistungsdepressionen, eine Grünfärbung des Eidotters sowie Kammnekrosen auf (3.3.6.3). Somit muss von der Verfütterung von Luzerneblattsilage an Legehennen dringend abgeraten werden.

Geplante Ziele	Erreichte Ziele
<p>Ergänzendes Teilprojekt: Saponine in der Luzernepflanze: Gehalte und Wirkungen beim monogastrischen Tier. Ziel dieses Teilprojektes war es, Untersuchungen zur genetischen Variabilität, zu relevanten Umwelteinflüssen und dem Einfluss der Konservierungsmethode auf die Gehalte individueller Saponine in der Luzerne für die Beurteilung und den Einsatz entsprechender Futtermittel durchzuführen. Neben einem Saponine-Monitoring relevanter Luzernesorten und Erntetermine basierend auf vorliegenden Proben aus dem AP Pflanzenbau, sollte ein darauf aufbauender Akzeptanzversuch mit wachsendem Geflügel durchgeführt werden.</p>	<p>Das Monitoring konnte wie geplant absolviert werden. Die in der Literatur beschriebenen Unterschiede im Gehalt der Saponinverbindungen hinsichtlich Sorten, Erntetermine, Verteilung in der Pflanze und Konservierungsmethoden konnten nachgewiesen werden (3.3.7.2). Somit wurde ein entsprechender Fütterungsversuch mit drei verschiedenen Luzernesorten (Trockenblatt) geplant und durchgeführt (3.3.7.3). Die Ergebnisse bestätigten erneut einen ausgeprägten Dosis-Effekt der Luzerneblätter für wachsendes Geflügel. Ein markanter Sorten-Effekt war dagegen nicht zu beobachten.</p>

5.4 Arbeitspaket Wissenstransfer

Die ursprünglichen Ziele wurde, wie oben geschildert, in Abstimmung mit Projektpartnern und Geldgeber umfänglich geändert. Statt einer Praxiserprobung der erreichten wissenschaftlichen Erkenntnisse wurden sechs Praxisbetriebe als Verwertungsbeispiele von feinkörnigen Leguminosen in der Fütterung von Monogastriern beschrieben. Daran kann zukünftig angeknüpft werden. Wissenstransfer auf Veranstaltungen wurde wo möglich in Form von Projektvorstellungen und Vorträgen durchgeführt; die geplanten Demonstrationen auf direkte involvierten Praxisbetrieben war nicht möglich. Beratungen zur detaillierten Rationsanpassung und –optimierung, insbesondere auch zum Einsatz von Trockenblatt, waren ebenso wie die Technikerprobung auf Ackerbaubetrieben nicht möglich. Jedoch konnten Fragen von am Thema Interessierten beantwortet und die im Projekt besuchten Betriebe hinsichtlich spezifischer Fragestellungen, wie der Optimierung von Silagequalitäten, beraten werden.

6 Zusammenfassung

6.1 Pflanzenbau (S. WITTEN, K. BECKER, H. BÖHM, K. AULRICH)

Es wurden drei pflanzenbauliche Versuche durchgeführt, in denen der Einfluss der Sorte und des Standortes, der Einfluss einer erhöhten Schnitffrequenz sowie der Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen sowie deren Erträge in Blättern von Rotklee und Luzerne geprüft wurden. Die pflanzenbaulichen Untersuchungen an Luzerne und Rotklee haben gezeigt, dass es möglich ist, mit der Blattmasse von Grünleguminosen in Bezug auf Rohproteinkonzentration und Aminosäurezusammensetzung qualitativ hochwertige Komponenten für die Fütterung von Monogastriern bereitzustellen. Bei einer Rohproteinkonzentration vergleichbar mit der von Ackerbohnen war weniger Lysin, aber mehr Methionin und Threonin im Rohprotein beider Grünleguminosen im Vergleich zu Ackerbohnen und in der Luzerne auch im Vergleich zu Sojabohnen enthalten. In den pflanzenbaulichen Versuchen war die Luzerne dem Rotklee bezüglich der Inhaltsstoffe und dem Ertrag überlegen. Es konnten Rohproteinerträge aus Grünleguminosenblättern von bis zu 2 t/ha in der Summe aller Schnitte erzielt werden. Der Effekt der Sorten wurde dabei von Standort- und Jahreseffekten überlagert. Daher wird angeraten, die Blattanteile sowie die Rohprotein- und Aminosäurenkonzentrationen in regional verankerten Sortenversuchen über einen längeren Zeitraum zu untersuchen, um regionale Sortenempfehlungen aussprechen zu können. Eine gesteigerte

Schnittfrequenz führte zu einem gesteigerten Rohprotein- und Aminosäureertrag, aber nicht zuverlässig zu einer Erhöhung der Rohproteinkonzentration oder einer Verbesserung des Aminosäurenmusters innerhalb des jeweiligen Schnittes. Um ein hochwertiges Proteinfuttermittel für Monogastrier zu erzeugen, ist die standortoptimierte Versorgung der Bestände mit Makro- und Mikronährstoffen essentiell. Insbesondere im 2. Hauptnutzungsjahr können die Leistungen der Pflanzen durch verfügbare Nährstoffe deutlich verbessert werden. Die optimale Düngestrategie muss in weiteren Versuchen ermittelt werden. Um pflanzenbauliche Versuche zukünftig einfacher bewerten zu können, wurden erfolgreich NIRS-Kalibrationen zur Vorhersage der Rohprotein- und Aminosäuregehalte in Luzerne- und Rotkleeblatt erstellt.

6.2 Technik (J. MAXA, S. THURNER)

Im Rahmen des Arbeitspakets Technik wurden unterschiedliche großtechnologische Verfahren zur Blatt-Stängel Trennung bzw. zur Ernte von hochwertigen Eiweißkomponenten der Grünleguminosen untersucht und bewertet: Verfahren 1 (Trennung bzw. Abstreifen der Blätter direkt am Feld mithilfe der Prototypenmaschine MRF1 der Firma Trust'Ing), Verfahren 2 („Eingrasen“ der Grünleguminosen als Ganzpflanze mit stationärer Trennung der Blattmasse), Verfahren 3 (Mähen und Anwelken der Grünleguminosen am Feld als Ganzpflanze mit stationärer Trennung der Blattmasse), Verfahren 4 (Trennung von Blättern und Stängeln nach dem Mähen und Anwelken der Luzerne mit Hilfe eines angepassten Mähdreschers der Firma Brand Landtechnik GmbH und der TU-Dresden) und Verfahren 5 (Mähen von Luzerne-Pflanzenspitzen mit hohem Eiweißgehalt als Alternative zur Blatt-/Stängeltrennung mit Hilfe der Maschine Top-Cut Collect der Firma Zürn Harvesting). Neben den großtechnologischen Untersuchungen wurden zum Verfahren 5 auch Voruntersuchungen im Rahmen von Kleinparzellenversuchen durchgeführt. Derzeit wird somit zwischen Verfahren unterschieden, bei denen die Blatt-Stängel Trennung direkt am Feld geschieht und anderen bei denen das Erntegut erst in späteren Schritten getrennt wird. Die Techniken zur Blatt-Stängel Trennung direkt auf dem Feld (Verfahren 1 und 4) befinden sich noch im Prototypenstadium und sind somit derzeit nicht direkt für den Landwirt in Deutschland verfügbar. Die Technik zur stationären Blatt-Stängel Trennung bei Luzerne (Verfahren 2) funktioniert seit 2013 bei der Qualitätstrocknung Nordbayern eG am Standort in Wechingen und das Blattprodukt „Cobs“ wird mittlerweile auch als Eiweißfutter vermarktet. Verfahren 3 befindet sich zwar derzeit nicht im praktischen Einsatz, die Trocknung der Grünleguminosen als Ganzpflanze kann aber schonend auf hofeigenen Heubelüftungsanlagen praktiziert werden. Das Mähen der Pflanzenspitzen mit hohem Eiweißgehalt (Verfahren 5) kann als Alternative zur Blatt-/Stängeltrennung gesehen werden. Hierzu gibt es aktuell auf dem Markt das Gerät der Firma Zürn Harvesting GmbH & Co. KG mit der Bezeichnung „Top Cut Collect“. Für den praktischen Einsatz im Luzernebestand sind jedoch einige Anpassungen an der Maschine nötig. Neben der Technik zur Blatt-/Stängeltrennung ist bis auf das Verfahren 4, bei dem das Blattmaterial unter guten Wetterbedingungen bereits nach der Ernte lagerfähig ist, die Verfügbarkeit einer Trocknungsanlage in der Region des jeweiligen Landwirts eine wichtige Prämisse. Damit Grünleguminosen wie Luzerne und Rotklee ein hochwertiges Futter für Monogastrier (Schweine) liefern können, ist neben dem Einsatz der neuen Werbungsverfahren zur Blatt-Stängel-Trennung auch der Zeitpunkt bzw. das Wachstumsstadium der Pflanze und die Wetterverhältnisse bei der Ernte wichtig. Die besten Voraussetzungen bieten dazu Bestände im Knospenstadium. Dann ist es möglich, in der geernteten Blattmasse oder in den geernteten Pflanzenspitzen einen Rohproteingehalt von über 30 % in der TM zu erzielen. Dementsprechend hoch ist dann auch die Konzentration der essenziellen Aminosäuren wie z. B. Lysin und Methionin. Der richtige Einsatz des Werbungsverfahrens sowie die folgenden Weiterverarbeitungsschritte sollen möglichst schonend bezüglich der Blattverluste und der Eiweißqualität ablaufen.

6.3 Tier - Futtermittelbewertung und Fütterung (G. BELLOF)

Für Luzerne- und Rotklee Ganzpflanzen (getrocknet oder siliert) und Luzerne- und Rotkleeblätter (getrocknet oder siliert) wurden Verdauungsversuche mit wachsenden Schweinen und Hühnern durchgeführt. Diese Untersuchungen zielten darauf ab, durch die Bestimmung der Roh Nährstoffverdaulichkeiten (Schwein) bzw. der praecaecalen Verdaulichkeiten von Rohprotein und Aminosäuren (Geflügel) das Potential von Luzerne- und Rotklee Produkten als Proteinquelle für wachsende Schweine bzw. Hühner zu ermitteln.

Die Verdauungsversuche für die skizzierten Grünleguminosenganzpflanzen ergaben plausible Ergebnisse. Die für Grünleguminosenblätter (siliert oder getrocknet) durchgeführten Verdauungsversuche für die genannten Tiergruppen liefern ein differenziertes Bild. Die ermittelten Nährstoffverdaulichkeiten für Schweine sind ebenfalls plausibel und für die Fütterungspraxis nutzbar. Die Ergebnisse der Verdauungsversuche für Hühner können interpretiert werden, sind aber für die Praxis aufgrund der nicht vollständig geklärten Saponine-Thematik nur bedingt zu nutzen. Es wird vermutet, dass antinutritiv wirksame Saponine die Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren in den Blättern von Luzerne und Rotklee, in ersterer insbesondere Zanhicssäure-Glykoside, negativ beeinflusst haben.

Im durchgeführten Leistungsversuch mit säugenden Sauen wurden Krafftuttermischungen mit Mischungsanteilen von 10 % getrockneten Rotklee- oder Luzerneblättern erfolgreich eingesetzt. Der Einsatz von 10 % getrockneten Rotkleeblättern führte bei Ferkeln zu keinen Akzeptanzproblemen. Die Futteraufnahme und relevante Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zur Kontrollgruppe - unverändert. Der Einsatz von 10 % getrockneten Luzerneblättern ergab dagegen erkennbare Akzeptanzprobleme. Die Ferkel zeigten zwar geringere Futteraufnahmen als die Kontrolltiere, die Lebendmasseentwicklung unterschied sich aber nicht.

In zwei Leistungsversuchen mit Mastschweinen wurden steigende Mischungsanteile an Luzernetrockenblatt in Krafftuttermischungen geprüft. Mischungsanteile von bis zu 20 % getrockneten Luzerneblättern in Krafftuttermischungen für Mastschweine wurden problemlos aufgenommen. Die relevanten Leistungsmerkmale blieben - im Vergleich zur Kontrollgruppe - unverändert. Damit kann ein wesentlicher Anteil der Eiweißversorgung aus Luzernetrockenblatt realisiert werden. Es deutete sich aber in einer Versuchsgruppe, die sowohl hohe Anteile an Luzernetrockenblatt in der Krafftuttermischung als auch Luzerneganzpflanzensilage erhielt, eine geringere Futteraufnahme und daraus folgend eine verzögerte Lebendmasseentwicklung an.

Die an Masthühnern und Legehennen in Leistungsversuchen geprüften Luzernetrockenblattprodukte zeigten dagegen, dass bereits geringe Mischungsanteile (> 5 %) in Alleinfuttermischungen zu Akzeptanzproblemen und Leistungsrückgängen führten. Insgesamt bedarf es der intensiven wissenschaftlichen Erforschung der Saponine und deren antinutritiven Wirkung in Bezug auf Bitterkeit und gastrointestinale Verdauungs- und Absorptionsprozesse beim Geflügel.

Der an Legehennen geprüfte Einsatz von silierten Luzerneblättern führte ebenfalls zu markanten Leistungsdepressionen und Gesundheitsproblemen (Kammnekrosen). Vor einem Einsatz von Luzerneblattsilage an Geflügel ist somit abzuraten.

7 Literaturverzeichnis

- AFFENTRANGER, P., C. GERWIG, G. J.F. SEEWER, D. SCHWÖRER, N. KÜNZI, 1996: Growth and carcass characteristics as well as meat and fat quality of three types of pigs under different feeding regimens. *Livestock Production Science* 45, 1996, S. 187–196.
- ALBRECHT, K. A., R. E. MUCK (1991): Proteolysis in ensiled forage legumes that vary in tannin concentration. *Crop Science* 31, 2/1991, S. 464–469.
- ASSA, Y., S. SHANY, B. GESTETNER, Y. TENCER, Y. BIRK, A. BONDI, 1973: Interaction of alfalfa saponins with components of the erythrocyte membrane in hemolysis. *Biochimica et Biophysica Acta* 307, 1/1973, S. 83–91.
- AVIAGEN, 2018: Ranger Gold Broiler, Performance Objectives. https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Rowan_Range/RangerGold-Broiler-PO-18-EN.pdf
- BALDINGER, L., R. BUSSEMAS, K.HÖINGHAUS, A RENGER, F WEIßMANN, 2017): Effect of six 100 % organic feeding strategies differing in external input demand on animal performance and production costs of piglets before and after weaning. *Organic Agriculture*, 7(3), 267-279. doi:10.1007/s13165-016-0157-3
- BARISHAK, Y.R., A. M. BEEMER, M.N. EGYED, A. SCHLOSBERG AND A. ELIAT, 1975: A histology of the iris in geese and ducks photosensitized by ingestion of Ammi majus seeds. *Acta Ophthalmologica* 53:585-590. doi: [10.1159/000264813](https://doi.org/10.1159/000264813)
- BARRY, T. N., W.C. MCNABB, 1999: The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British journal of nutrition* 81, 4/1999, S. 263–272.
- BECKER, K., A. RIFFEL, S. A., FISCHINGER, G.LEITHOLD, 2014: Benefit of Sulfate fertilisation in Alfalfa- and clover-grass mixtures in organic farming. In: Rahmann, G. und Aksoy, U. (Hrsg.) *Building Organic Bridges*, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, 2, Thuenen Report, Nr. 20, S. 535-538.
- BECKER, K., A. RIFFEL, G. LEITHOLD, 2015: Sicherung des Ertragspotentials von Luzerne-Klee-grasbeständen durch Verbesserung des aktuellen Schwefelversorgungszustandes ökologisch bewirtschafteter Flächen - Situation und Bedeutung unter Praxisbedingungen. BÖLN Abschlussbericht.
- BELLE, P. C., 2020: Produktionskosten für Luzernetrockenblatt bei unterschiedlichen Ernte- und Aufbereitungsverfahren. Bachelorarbeit, (HSWT).
- BELLOF, G., 2013: Heimische Sojaprodukte in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere. Zugriff:24.07.2021, URL: https://orgprints.org/id/eprint/24970/1/soja_fuetterungsfibel.pdf, 2013.
- BELLOF, G., 2014: 100 %-Bio-Fütterung in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung: Stand, Restriktionen und Lösungsansätze, Vortrag im Rahmen der 7. Wintertagung Ökologischer Landbau Baden-Württemberg am 26.02.2014 in Stuttgart-Hohenheim.
- BELLOF, G., R. ANDERSSON, 2008: Geflügelernährung in der ökologischen Landwirtschaft. Tierernährung im Öko-Landbau-Fütterungspraxis. *Ökologie & Landbau* 146, 28–30.
- BELLOF, G., C. GAUL, K. FISCHER, H. LINDERMAYER, 1998: Der Einsatz von Grassilage in der Schweinemast. *Züchtungskunde* 70, 5/1998, S. 372–388.
- BELLOF, G., C. GAUL, K. FISCHER, H. LINDERMAYER (1998): Der Einsatz von Grassilage in der Schweinemast. *Züchtungskunde* 70, 5/1998, S. 372–388.
- BERGER, U., 2012: Kleegrassilage aus spezieller Nutzung in der ökologischen Schweinefütterung. Masterarbeit, Studiengang Agrarmanagement, Technische Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Masterarbeit, Studiengang Agrarmanagement, Technische Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, 2012.

- BIOLAND - VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU, 2020: Bioland-Richtlinie, Fassung vom 24. November 2020. Zugriff: 09 März 2021, URL: https://www.bioland.de/fileadmin/user_upload/Verband/Dokumente/Richtlinien_fuer_Erzeuger_und_Hersteller/Bioland_Richtlinien_24_Nov_2020.pdf, 2020.
- BÖHM, H. (2013): Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Klee grasbestandes. In: Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 216-219.
- BOISEN, S., J.A. FERNANDEZ, 1997: Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 68 (3-4), 277-286.
- BÖLW - BUND ÖKOLOGISCHE LEBENSMITTELWIRTSCHAFT, 2020: Pressemitteilung: Öko-Verordnung: Eu beschließt Verschiebung, Berlin 19.10.2020, 2020, Zugriff: 05. September 2021, URL: <https://www.boelw.de/themen/eu-oeko-verordnung/neues-biorecht/artikel/oeko-verordnung-eu-beschliesst-verschiebung/>.
- BRODERICK, G. A., R. P. WALGENBACH, S. MAIGNAN, 2001: Production of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage at equal dry matter or crude protein contents in the diet. *Journal of Dairy Science* 84, 7/2001, 1728–1737, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74608-5.
- BROWN, W. E., C. A. RYAN, 1984: Isolation and characterization of a wound-induced trypsin inhibitor from alfalfa leaves. *Biochemistry* 23, 15/1984, S. 3418–3422.
- BUNDESSORTENAMT (BSA), 2011: Beschreibende Sortenliste 2011 Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. Herausgeber: Bundessortenamt, ISSN 1612-894X.
- BUNDESSORTENAMT (BSA), 2013: Beschreibende Sortenliste 2013 Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. Herausgeber: Bundessortenamt, ISSN 1612-894X.
- BUNDESSORTENAMT (BSA), 2016: Beschreibende Sortenliste 2016 Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. Herausgeber: Bundessortenamt, ISSN 1612-894X.
- CARRASCO, S., J. WÜSTHOLZ, G. HAHN, G. BELLOF, 2018: How does feeding organic broilers high levels of alfalfa silage affect the meat quality? *Organic Agriculture* 8, 3/2018, 185–193, DOI:10.1007/s13165-017-0182-x.
- CHAMALET, A., J.M. AUDERGON, J.P. MAITRE, A.M. DOMENEK, 1987: Etude par le 15N de l'influence du potassium sur la fixation symbiotique de l'azote chez trifolium pretense. *Plant and Soil*, 98, 347-352.
- CHEEKE, P. R., 1971: Nutritional and physiological implications of saponins: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 51, 621-632. <https://doi.org/10.4141/cjas71-082>
- CHEEKE, P. R., 1983: Biological properties and nutritional significance of legume saponins. In Telek, L., & Graham H. D. (Eds.), *Leaf Protein Concentrates* (pp. 396-414). Westport, Connecticut: Avi Publishing Company, Inc.
- CHEEKE, P.R., 1996: Biological effects of feed and forage saponins and their impacts on animal production. In: *Saponins used in food and agriculture*. WALLER, G.R. UND K. YAMASAKI (Hrsg.), New York, Plenum Press, S. 377–386.
- CHIEN, T. F., H. L. MITCHELL, 1970: Purification of a trypsin inhibitor of alfalfa. *Phytochemistry* 9, Chang, H.-Y., G. R. Reeck, H. L. Mitchell (1978): Alfalfa trypsin inhibitor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 26, 6/1978, 1463–1464, DOI:10.1021/jf60220a030.
- CHRIST, B., S. HÖRTENSTEINER, 2013: Mechanism and Significance of Chlorophyll Breakdown. *Journal of Plant and Growth Regulation* 33: 4-20. doi: 10.1007/s0034-013-9392-y

- COHEN, S.A., D.P. MICHAUD, 1993: Synthesis of a Fluorescent Derivatizing Reagent, 6-Aminoquinolyl-N-Hydroxysuccinimidyl Carbamate, and Its Application for the Analysis of Hydrolysate Amino Acids Via High-Performance Liquid. *Analytical Biochemistry* 211:279-287. doi:10.1006/abio.1993.1270
- DLG, 1997: DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- DLG, 2014a: Datenbank Futtermittel, <http://datenbank.futtermittel.net>.
- DLG, 2014b: DLG-Futterwerttabellen - Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- DOLLAHITE, J. W., R. F. PIGEON, B. J. CAMP, 1962: The toxicity of gallic acid, pyrogallol, tannic acid, and Quercus havardi in the rabbit. *American journal of veterinary research* 23, 1962, S. 1264–1267.
- DU PREL, J.-B., B. RÖHRIG, G. HOMMEL, M. BLETTNER, 2010: Auswahl statistischer Testverfahren. *Deutsches Ärzteblatt* 107, 343-348.
- DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 469/2013: Durchführungsverordnung (EU) Nr. 469/2013 der Kommission vom 22. Mai 2013 über die Zulassung der Futtermittelzusatzstoffe DL-Methionin, DL-Methionin-Natriumsalz, Hydroxyanalog von Methionin, Calciumsalz des Hydroxyanalog von Methionin, Isopropylester des Hydroxyanalog von Methionin, DL-Methionin, geschützt durch das Copolymer Vinylpyridin/Styrol, und DL-Methionin, geschützt durch Ethylcellulose. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 136/1.
- DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 2020/464: Durchführungsverordnung (EU) 2020/464 der Kommission vom 26. März 2020 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der für die rückwirkende Anerkennung von Umstellungszeiträumen erforderlichen Dokumente, der Herstellung ökologischer/biologischer Erzeugnisse und der von den Mitgliedstaaten bereitzustellenden Informationen. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 98/2.
- DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 2020/997: Durchführungsverordnung (EU) 2020/997 der Kommission vom 9. Juli 2020 zur Zulassung von L-Lysin-Base (flüssig), L-Lysin-Sulfat und L-Lysin-Monohydrochlorid (technisch rein) als Futtermittelzusatzstoffe für alle Tierarten. *Amtsblatt der europäischen Union*, L 221/90
- EG Nr. 834/2007: 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. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 189/1.
- EG 2009: Verordnung (EG) Nr. 152/2009 der Kommission vom 27. Januar 2009 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln (Text von Bedeutung für den EWR)
- EG 889/2008: Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labeling of organic products with regard to organic production, labeling and control. *Official Journal of the European Union*. 18.09.2008. L250. Vol. 51. ISSN 1725-2555. Consolidated text: 1.01.2021. <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/889/2020-01-07>
- EU 2018/848: Regulation of the European Parliament and of the council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. *Official Journal of the European Union*. 14.06.2018. L 150/1. Document 32018R0848.

- EU 2018/1584: Commission implementing regulation (EU) No 2018/1584 of 22 October 2018 amending Regulation (EC) No 889/2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. Official Journal of the European Union. 23.10.2018. L264/1. Document 32018R15844/1970, 717–720, DOI: 10.1016/S0031-9422(00)85170-5.
- EDWARDS, R. H., B.E KNUCKLES, R.E MILLER, D.H. CURRENCE, D. DE FREMERY, G.O. KOHLER, 1979: Use of leaf enriching harvesting methods to increase the yield of leaf protein concentrate from lucerne. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30 (6), pp. 558-565.
- EDWARDS, S. A., 2005: Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science* 94, 1-2/2005, S. 5–14.
- EISLER, M.C., M.R.F. LEE, J.F. TARLTON, G.B. MARTIN, J. BEDDINGTON, J.A.J. DUNGAIT, H. GREATHEAD, J. LIU, S. MATHEW, H. MILLER, T. MISSELBROOK, P. MURRAY, V.K. VINOD, R. VAN SAUN, M. WINTER, 2014: Agriculture: Steps to sustainable livestock. *Nature* 507 (7490), 32–34, DOI:10.1038/507032a.
- EPPENDORFER, W.H., 1971: Effects of S, N, and P on Amino Acid Composition of Field Beans (*Vicia faba*) and Responses of the Biological Value of the Seed Protein to S-Amino Acid Content, *J Sci, Fd Agric*, 22.
- ERTL, P., A. STEINWIDDER, M. SCHÖNAUER, K., KRIMBERGER, W. KNAUS, W. ZOLLITSCH, 2016: Net food production of different livestock: A national analysis for Austria including relative occupation of different land categories. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 67, 91–103. <https://doi.org/10.1515/boku-2016-0009>
- FRANCIS, G., Z. KEREM, H.P.S. MAKKAR, K. BECKER, 2002: The biological action of saponins in animal systems: A review. *The British Journal of Nutrition* 88 (6), 587–605, DOI:10.1079/BJN2002725.
- FUSTEC, J., F. LESUFFLEUR, S. MAHIEU, et al., 2010: Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 57–66. <https://doi.org/10.1051/agro/200900>
- GANZER, C., H. KLUTH, M. RODEHUTSCORD, 2006: Untersuchung mit unterschiedlichen genetischen Herkünften von Broilern auf die praecaecale Verdaulichkeit von Aminosäuren. In: 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung: Tagungsband; 28.-30.11.2006, Halle (Saale). RODEHUTSCORD, M. (Hrsg.), Halle, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, S. 250–252.
- GAWEL, E., M. GRZELAK, 2012: The Effect of a protein-xanthophyll concentrate from alfalfa (phytobiotic) on animal production - a current review. *Annals of Animal Science* 12, 3/2012, 281-289, DOI: 10.2478/v10220-012-0023-5.
- GEE, J. M., K. R. PRICE, C. L. RIDOUT, I. T. JOHNSON, G. R. FENWICK, 1989: Effects of some purified saponins on transmural potential difference in mammalian small intestine. *Toxicology in Vitro* 3, 2/1989, 85–90, DOI:10.1016/0887-2333(89)90049-0.
- GEFROM, A., E. M. OTT, S. HOEDTKE, A. ZEYNER, 2013: Effect of ensiling moist field bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*) and lupine (*Lupinus* spp.) grains on the contents of alkaloids, oligosaccharides and tannins. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97, 6/2013, 1152–1160, DOI: 10.1111/jpn.12024.
- GFE-GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 1999: Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). Frankfurt a.M., Deutschland, DLG-Verlags-GmbH.

- GFE-GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 2005: Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* **14**, 207–213.
- GFE-GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 2006: Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GFE-GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 2008: Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pigs. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 199–204
- GIERUS, P. M., 2009: Bedeutung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen für die Proteinqualität von Futterpflanzen. 15. Alpenländisches Expertenforum - Grundfutterqualität: aktuelle Ergebnisse und zukünftige Entwicklungen, Zugriff: 18. Juni 2020 URL: https://www.researchgate.net/profile/Martin-Gierus/publication/252931029_Bedeutung_sekundarer_Pflanzeninhaltsstoffe_fur_die_Bestimmung_der_Proteinqualitaet/links/0deec51f53c8b53346000000/Bedeutung-sekundaerer-Pflanzeninhaltsstoffe-fuer-die-Bestimmung-der-Proteinqualitaet.pdf, 2009.
- GLICK, Z., M. A. JOSLYN, 1970: Food intake depression and other metabolic effects of tannic acid in the rat. *The journal of nutrition* **100**, 5/1970, 509–515, DOI: 10.1093/jn/100.5.509.
- GRUHN, K., W. WIESMÜLLER, 1990: Untersuchungen zum Futterwert von fraktioniert geernteten Luzerneblättern an Legehybriden und Broilerzuchthennen. *Archives of Animal Nutrition* **40** (7), 607–617, DOI:10.1080/17450399009428410.
- GRUHN, K., A. HENNIG, G. SCHILLING, M. FARACK, 1983: Bestimmung der Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe, basischen und schwefelhaltigen Aminosäuren von natürlich und technisch getrockneten Rotkleeblättern an kolostomierten Legehennen. *Archives of Animal Nutrition* **33** (2-3), 225–231, DOI:10.1080/17450398309426919.
- HAMACHER, M., R. LOGES, F. TAUBE, 2015: Zum Nutzungspotential alternativer Leguminosen und Wiesenkräuter – unter besonderer Berücksichtigung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Köster, Berlin, 17. - 20. März 2015, Zugriff: 12. September 2021, URL: https://orgprints.org/id/eprint/27259/1/27259_hamacher.pdf, 2015.
- HANSEN, L. L., C. CLAUDI-MAGNUSSEN, S. K. JENSEN, H. J. ANDERSEN, 2006: Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat science* **74**, 4/2006, 605–615, DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.02.014.
- HANSON, C. H., G. O. KOHLER, J. W. DUDLEY, E. L. SORENSEN, G. R. VAN ATTA, K. W. TAYLOR, M. W. PEDERSEN, H. L. CARNAHAN, C. P. WILSIE, W. R. KEHR, C. C. LOWE, E. H. STANFORD, J. A. YUNGEN, 1963: Saponin content of alfalfa as related to location, cutting, variety, and other variables. *USDA Res. Rep. ARS*, 1963, S. 34–44.
- HARTMANN, S., T. ECKL, H. HEGNER, M. SCHMIDT, C. KINERT, M. PROBST, A. WOSNITZA, W. WURTH, 2014: Ergebnisse aus Versuchen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und den Fachzentren für Pflanzenbau der Landwirtschaftsämter in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen, dem Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg, Grünlandwirtschaft Aulendorf und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Herausgeber: Ländergruppe Mitte Süd; <http://www.isip2.de/-versuchsberichte/67342>

- HATFIELD, R., R. MUCK, 1999: Characterizing Proteolytic Inhibition in Red Clover Silage. Proc. 12th International Silage Conference, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 1999, S. 147–148.
- HEGSTED, M., H. M. LINKSWILER, 1980: Protein quality of high and low saponin alfalfa protein concentrate. *Journal of the science of food and agriculture* 31, 1980, 777–781, DOI: 10.1002/jsfa.2740310806.
- HELDT, H.-W., B. PIECHULLA, 2005: *Plant biochemistry*. 5th ed., Elsevier Academic Press, San Diego, CA.
- HEUZÉ, V., G. TRAN, P. NOZIÈRE, M. LESSIRE, F. LEBAS, 2017: Soybean seeds. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/42> Last updated on July 4, 2017, 10:37
- HILTBRUNNER, J., M. LIEGGENS, L. BLOCH, P. STAMP, B. STREIT, 2007: Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds, *European J Agron*, 26, 21–29, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.002>
- HOISCHEN-TAUBNER, S., A. SUNDRUM, A., 2016: Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne und Perserklee. Retrieved from <http://www.orphprints.org/30426/>
- HUHMANN, D.V., L.W. SUMNER, 2002: Metabolic profiling of saponins in *Medicago sativa* and *Medicago truncatula* using HPLC coupled to an electrospray ion-trap mass spectrometer. *Phytochemistry* 59 (3), 347–360, DOI:10.1016/S0031-9422(01)00432-0.
- IKEDO, S., M. SHIMOYAMADA, K. WATANABE, 1996: Interaction between bovine serum albumin and saponin as studied by heat stability and protease digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, 3/1996, 792–795, DOI: 10.1021/jf940742.
- ISHAAYA, I., Y. BIRK, 1965: Soybean saponins. IV. The effect of proteins on the inhibitory activity of soybean saponins on certain enzymes. *Journal of Food Science* 30, 1/1965, 118–120, DOI:10.1111/j.1365-2621.1965.tb00273.x.
- ISRAEL, D. W., 1987: Investigations of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation, *Plant Physiology*, 84: 835–840.
- JANSMAN, A.J.M., M.W.A. VERSTEGEN, J. HUISMAN, 1993: Effects of dietary inclusion of hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) with a low and high content of condensed tannins on digestion and some physiological parameters in piglets. *Animal Feed Science and Technology* 43, 3–4/1993, 239–257, DOI: 10.1016/0377-8401(93)90080-4.
- JONES, B. A., R. E. MUCK, R. D. HATFIELD, 1995: Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *Journal of the science of food and agriculture* 67, 3/1995, 329–333, DOI:10.1002/jsfa.2740670309.
- JONSÄLL, A., L. JOHANSSON, K. LUNDSTRÖM, 2000: Effects of red clover silage and RN genotype on sensory quality of prolonged frozen stored pork (*M. Longissimus dorsi*). *Food quality and preference* 11, 5/2000, S. 371–376.
- KALAIČ, P., K.R. PRICE, G.R. FENWICK, 1996: Changes in saponin content and composition during the ensilage of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Food Chemistry* 56: 377–380. doi: [10.1016/0308-8146\(95\)00185-9](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00185-9)
- KARWOWSKA, M., Z. J. DOLATOWSKI, E. GRELA, 2008: Influence of dietary supplementation with extracted alfalfa meal on meat quality. Zugriff: 07. Mai 2021, URL: http://icomst-proceedings.helsinki.fi/papers/2008_07_37.pdf, 2008.
- KECMAN, J., 2016: Qualifizierung und Quantifizierung von pränatalen und postnatalen maternalen Einflüssen auf die Entwicklung von Saugferkeln. (Doktor der Agrarwissenschaften). Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale).

- KEPHART, J.C., 1955: Chlorophyll derivatives—Their chemistry? commercial preparation and uses. *Economic Botany* 9 (3): 3-38. doi: [10.1007/BF02984956](https://doi.org/10.1007/BF02984956)
- KIRCHGEßNER, M., F. X. ROTH, F. J. SCHWARZ, G. I. STANGL, 2011: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- KLUTH, H., M. MANTEI, C. ELWERT, M. RODEHUTSCORD, 2005: Variation in precaecal amino acid and energy digestibility between pea (*Pisum sativum*) cultivars determined using a linear regression approach. *British Poultry Science* 46 (3), 325–332, DOI:10.1080/00071660500127415.
- KOFAHL, A., 2009: Methodische Untersuchungen zur Beurteilung der proteolytischen Aktivität, der Proteolyse und der Desmolyse bei der Silierung eiweißreicher Grünfütterleguminosen. Dissertation, Universität Rostock, 2009.
- KOZERA, W. J., K. KARPIESIUKE, D. BUGNACKA, J. FALKOWSKI, W. MILEWSKA, 2016: Production performance of pigs reared in different systems and fed increased energy content diets with or without green alfalfa. *South African Journal of Animal Science* 46, 1/2016, 70–76, DOI: 10.4314/sajas.v46i1.9.
- KRACHT, W., H. JEROCH, W. MATZKE, K. NÜRNBERG, K. ENDER, W. SCHUMANN, 1996: The influence of feeding rapeseed on growth and carcass fat quality of pigs. *Lipid/Fett* 98, 10/1996, 343–351, DOI: 10.1002/lipi.19960981006.
- LAUDADIO, V., E. CECI, N.M.B. LASTELLA, M. INTRONA UND V. TUFARELLI, 2014: Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science* 93 (7), 1868–1874, DOI:10.3382/ps.2013-03831.
- LEAMASTER, B.R., P.R. CHEEKE, 1979: Feed preferences of swine: Alfalfa meal, high and low saponin alfalfa, and quinine sulfate. *Canadian Journal of Animal Science* 59, 467–469.
- LEBRET, B., 2008: Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal: an international journal of animal bioscience* 2, 10/2008, S. 1548.
- LEE, M. R. F., A. L. WINTERS, N. D. SCOLLAN, R. J. DEWHURST, M. K. THEODOROU, F. R. MINCHIN, 2004: Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. *Journal of the science of food and agriculture* 84, 13/2004, 1639–1645, DOI: 10.1002/jsfa.1854.
- LEE, M. R. F., L. J. PARFITT, N. D. SCOLLAN, F. R. MINCHIN, 2007: Lipolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities in the presence and absence of rumen fluid. *Journal of the science of food and agriculture* 87, 7/2007, 1308–1314, DOI: 10.1002/jsfa.2849.
- LESKANICH, C. O., K. R. MATTHEWS, C. C. WARKUP, R. C. NOBLE, M. HAZZLEDINE, 1997: The effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical, and organoleptic characteristics of pig meat and fat. *Journal of Animal Science* 75, 3/1997, 673–683, DOI: 10.2527/1997.753673x.
- LOHMANN 2017: Management Guide Alternative Haltung. *Lohmann Tierzucht* 05/17: 38. https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/de/Legehennen/Alternativ/LTZ_MG-AlternHaltung_DE.pdf
- LOPEZ-BOTE, C. J., R. S. ARIAS, A. I. REY, A. CASTANO, B. ISABEL, J. THOS, 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, 1-2/1998, 33–40, DOI: 10.1016/S0377-8401(97)00180-6.

- LORENZ, M. M., T. ERIKSSON, P. UDÉN, 2010: Effect of wilting, silage additive, PEG treatment and tannin content on the distribution of N between different fractions after ensiling of three different sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties. *Grass and Forage Science* 65, 2/2010, 175–184, DOI: 10.1111/j.1365-2494.2010.00736.x.
- LUCKETT, C.R., T.J. KLOPFENSTEIN, 1970: Leaf-To-Stem Ratio and Composition of Alfalfa from Five Harvesting Systems. *J Anim Sci*, 31, 126–129, <https://doi.org/10.2527/jas1970.311126x>
- MADSEN, A., K. JAKOBSEN, H. P. MORTENSEN, 1992: Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science* 42, 4/1992, 220–225, DOI: 10.1080/09064709209410132.
- MAITRA, S., D.P. RAY, 2019: Enrichment of Biodiversity, Influence in Microbial Population Dynamics of Soil and Nutrient Utilization in Cereal-Legume Intercropping Systems: A Review. *JBS*: 6, 11-19, DOI: 10.30954/2347-9655.01.2019.3.
- MALIAR, T., J. DROBNÁ, J. KRAIC, M. MALIAROVÁ, J. JUROVATÁ, 2011: Proteinase inhibition and antioxidant activity of selected forage crops. *Biologia* 66, 1/2011, 96–103, DOI:10.2478/s11756-010-0149-9.
- MASSIOT, G., C. LAVAUD, D. GUILLAUME, L. LE MEN-OLIVIER, 1988: Reinvestigation of the saponin and prosapogenin from alfalfa (*Medicago sativa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36, 5/1988, S. 902–909.
- MESSINGER, D., M. KAINDL, P. WEINDL, G. BELLOF, 2019: Futterwert und Einsatz von Luzerne-trockenblatt als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Schweinemast. In: Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Tagungsunterlage: Beiträge der Veranstaltung vom 02. und 03. April 2019 in Fulda. VERBAND DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (Hrsg.), Bonn, Verband der Landwirtschaftskammern, S. 116–119.
- MESSINGER, D., P. A. WEINDL, K. AULRICH, L. PLEGER, WEINDL P. N., G. BELLOF, 2021a: Determination of apparent total tract digestibility of nutrients of lucerne (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) products in growing pigs. *Züchtungskunde* 93, 5/2021, S. 389–405.
- MESSINGER, D., P. A. WEINDL, K. AULRICH, L. PLEGER, G. BELLOF, 2021b: Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming different alfalfa (*Medicago sativa*) products in organic farming systems. Eingereicht wo??
- MONAHAN, F. J., D. J. BUCKLEY, J. I. GRAY, P. A. MORRISSEY, A. ASGHAR, T. J. HANRAHAN, P. B. LYNCH, 1990: Effect of dietary vitamin E on the stability of raw and cooked pork. *Meat science* 27, 2/1990, S. 99–108.
- MOURÃO, J.L., P.I.P. PONTE, J.A.M. PRATES, M.S.J. CENTENO, L.M.A. FERREIRA, M.A.C. SOARES UND C.M.G.A. FONTES, 2006: Use of β -glucanases and β -1,4-xylanases to supplement diets containing alfalfa and rye for laying hens: Effects on bird performance and egg quality. *Journal of Applied Poultry Research* 15 (2), 256–265, DOI:10.1093/japr/15.2.256.
- NATURLAND - VERBAND FÜR ÖKOLOGISCHEN LANDBAU E.V., 2021: Naturland Richtlinien Erzeugung, Fassung von Juni 2021. Zugriff: 24.07.2021, URL: https://www.naturland.de/images/Naturland/Richtlinien/Naturland-Richtlinien_Erzeugung.pdf, 2021.
- NICOLAISEN, T., E. LÜHKEN, M. FELS, J. SCHULZ, N. KEMPER, 2018: Gruppenhaltung und freie Abferkelbuchten für Sauen–Erste Ergebnisse aus dem Projekt Inno-Pig. In: (pp. 59-66.): Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

- NORIOKA, N., S. HARA, T. IKENAKA, J. ABE, 1988: Distribution of the Kunitz and the Bowman-Birk family proteinase inhibitors in leguminous seeds. *Agricultural and biological chemistry* 52, 5/1988, 1245–1252, DOI:10.1080/00021369.1988.10868815.
- OLESZEK, W., M. JURYSZTA, 1986: Isolation, chemical characterization and biological activity of red clover (*Trifolium pratense* L.) root saponins. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 55 (2), 247–252, DOI:10.5586/asbp.1986.025.
- OLESZEK, W., K.R. PRICE, I.J. COLQUHOUN, M. JURZYSTA, M. PLOSZYNSKI, G.R. FENWICK, 1990: Isolation and identification of alfalfa (*Medicago sativa* L.) root saponins: their activity in relation to a fungal bioassay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38 (9), 1810–1817, DOI:10.1021/jf00099a006.
- OLESZEK, W., M. JURZYSTA, M. PLOSZYNSKI, I.J. COLQUHOUN, K.R. PRICE, G.R. FENWICK, 1992: Zahnic acid tridesmoside and other dominant saponins from alfalfa (*Medicago sativa* L.) aerial parts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40 (2), 191–196, DOI:10.1021/jf00014a005.
- OLESZEK, W., J. NOWACKA, J. M. GEE, G. M. WORTLEY, I. T. JOHNSON, 1994: Effects of some purified alfalfa (*Medicago sativa*) saponins on transmural potential difference in mammalian small intestine. *Journal of the science of food and agriculture* 65, 1/1994, 35–39, DOI:10.1002/jsfa.2740650107.
- OLESZEK, W., 2000: Alfalfa saponins: chemistry and application. In: Bidlack, W. R., S. T. Omaye, M. S. Meskin und D. K. W. Topham (Hrsg.), *Phytochemicals as bioactive agents*. CRC Press, 2000, S. 167–188.
- OLESZEK, W., A. STOCHMAL, 2002: Triterpene saponins and flavonoids in the seeds of *Trifolium* species. *Phytochemistry* 61 (2), 165–170, DOI:10.1016/s0031-9422(02)00230-3.
- ORTIZ, L. T., C. CENTENO, J. TREVIÑO, 1993: Tannins in faba bean seeds: effects on the digestion of protein and amino acids in growing chicks. *Animal Feed Science and Technology* 41, 4/1993, 271–278, DOI: 10.1016/0377-8401(93)90002-2.
- ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT GMBH (AGES; Hrsg.), 2019: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2019 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2019, ISSN 1560-635X.
- PACZKOWSKI, A., S.HARTMANN, 2018. Blattanteil und Blattmasseertrag bei den Luzerne- und Rotkleearten unter verschiedenen Umweltbedingungen. [Hrsg.] K. Wiesinger und H. Heuwinkel. *Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbautag 2018, Tagungsband- Schriftreihe der LfL5/2018*.
- PECETTI, L., A. TAVA, M. ROMANI, M. G. DE BENEDETTO, P. CORSI, 2006: Variety and environment effects on the dynamics of saponins in lucerne (*Medicago sativa* L.). *European Journal of Agronomy* 25, 3/2006, 187–192, DOI: 10.1016/j.eja.2006.04.013.
- PFALZGRAF, A., M. FRIGG, H. STEINHART, M. KIRCHGESSNER, F. X. ROTH, 1995: Influence of dietary fat and vitamin E on the lipids in pork meat. *Lipid/Fett* 97, 1/1995, S. 13–20.
- PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, L.S. CARRASCO, C. LEITAO, M. ZHAO, B. SCHADE, K. AULRICH, G. BELLOF, 2020. Effects of increasing alfalfa (*Medicago sativa*) leaf levels on the fattening and slaughtering performance of organic broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 104, 1317–1332.
- PLEGER, L., P. N. WEINDL, P. A. WEINDL, L. S. CARRASCO, C. LEITAO, M. ZHAO, K. AULRICH, G. BELLOF, 2021: Precaecal digestibility of crude protein and amino acids from alfalfa (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) leaves and silages in broilers. *Animal Feed Science and Technology* 275, 114856, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.114856, 2021.

- PONTE, P.I.P., I. MENDES, M. QUARESMA, M. N.M. AGUIAR, J. P.C. LEMOS, L. M.A. FERREIRA, M. A.C. SOARES, C. M. ALFAIA, J. A.M. PRATES, C. FONTES, 2004: Cholesterol levels and sensory characteristics of meat from broilers consuming moderate to high levels of alfalfa. *Poultry science* 83, 5/2004, 810–814, DOI:10.1093/ps/83.5.810.
- POTTER, S. M., R. JIMENEZ-FLORES, J. POLLACK, T. A. LONE, M. D. BERBER-JIMENEZ, 1993: Protein-saponin interaction and its influence on blood lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41, 8/1993, 1287–1291, DOI:10.1021/jf00032a023.
- PRICE, K. R., I. T. JOHNSON, G.R. FENWICK, M.R. MALINOW, 1987: The chemistry and biological significance of saponins in foods and feedingstuffs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 26, 27-135. <https://doi.org/10.1080/10408398709527461>
- RAYUDU, G. V.N., R. KADIRVEL, P. VOHRA, F. H. KRATZER, 1970: Toxicity of tannic acid and its metabolites for chickens. *Poultry science* 49, 4/1970, 957–960, DOI: 10.3382/ps.0490957.
- RILEY, P. A., M. ENSER, G. R. NUTE, J. D. WOOD, 2000: Effects of dietary linseed on nutritional value and other quality aspects of pig muscle and adipose tissue. *Animal Science* 71, 3/2000, S. 483–500.
- RITTESER, C., M. GRASHORN, 2015: Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast. Endbericht BÖLN-Projekt FKZ 2811OE070.
- RODEHUTSCORD, M., 2008: Fütterung der Schweine, in: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Jeroch, H., Drochner, W. und Ortwin, S. (Hrsg.), Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- RUDOLPH, G., R. GEßL, H. STARK, 2011: Praxisversuch zur Verfütterung von Kleesilage und Luzernegrünmehl an Bioschweine. In: Leithold, G., Becker, K., Brock, C., Fischinger, S., Spiegel, S., Spory, A.-K., Wilbois, K. und Williges, U. (Hrsg.): Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Beitrag zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Band 2: Tierproduktion, Sozioökonomie, Verlag Dr. Köster, Berlin. Zugriff: 21. März 2021, URL: https://orgprints.org/id/eprint/17650/3/Rudolph_17650.pdf, 2011.
- SAIDE, A., C. LAURITANO, A. IANORA, 2020: Pheophorbide a: State of the Art. *Marine Drugs* 18 (5): 257. doi:[10.3390/md18050257](https://doi.org/10.3390/md18050257)
- SAS, 2013: The SAS System for Windows, Release 9.4. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, 556 p.
- SCHADER, C., A. MULLER, N.E.-H. SCIALABBA, J. HECHT, A. ISENSEE, K.-H. ERB, P. SMITH, H.P.S. MAKKAR, P. KLOCKE, F. LEIBER, P. SCHWEGLER, M. STOLZE, U. NIGGLI, 2015: Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *Journal of the Royal Society, Interface* 12 (113), 20150891, DOI:10.1098/rsif.2015.0891.
- SCHARER, K., H. LINSER, 1965-1972: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Springer-Verlag Wien und New York 1965-1972.
- SCHINNERS, K. J., M. E HERZMANN, B. N BINVERSIE, M. F DIGMAN, 2007: Harvest fractionation of Alfalfa. *Transactions of the ASABE* 50 (3).
- SCHMIDT, L., 1997: Separate harvest of leaves from the stems of lucerne stands. *Forage and Grassland Management*, Session 22.
- SCHUMACHER, U., C. FIDELAK, R. KOOPMANN, F. WEIßMANN, J. SNIGULA, R. BRÜGGEMANN, M. NAATJES, C. SIMONEIT, S. BENDER, 2011: Wissenstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100% Biofütterung, 2011.

- SEN, S., H. P. S MAKKAR, K. BECKER, 1998: Alfalfa saponins and their implication in animal nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 131–140. doi:[10.1021/jf970389j](https://doi.org/10.1021/jf970389j)
- SERRANO, J., R. PUUPPONEN-PIMIÄ, A. DAUER, A.-M. AURA, F. SAURA-CALIXTO, 2009: Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular Nutrition and Food Research* 53, S2/2009, S310-S329, DOI: 10.1002/mnfr.200900039.
- SHI, Y. H., J. WANG, R. GUO, C. Z. WANG, X. B. YAN, B. XU, D. Q. ZHANG, 2014: Effects of alfalfa saponin extract on growth performance and some antioxidant indices of weaned piglets. *Livestock Science* 167, 2014, 257–262, DOI: 10.1016/j.livsci.2014.05.032.
- SHIMOYAMADA, M., S. IKEDO, R. OOTSUBO, K. WATANABE, 1998: Effects of Soybean Saponins on Chymotryptic Hydrolyses of Soybean Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 12/1998, S. 4793–4797.
- SOMMER, H., A. SUNDRUM, 2013: Blattmasse von Rotklee als Proteinquelle für Schweine. In: Neuhoff, D., C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm und U. Köpke (Hrsg.): *Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 5.-8. März 2013*, Verlag Dr. Klöster, Berlin, Zugriff: 26. März 2021, URL: https://orgprints.org/id/eprint/21559/1/21559_sommer.pdf, 2013.
- SOMMER, H., A. SUNDRUM. 2014: Determining the feeding value and digestibility of the leaf mass of alfalfa (*Medicago sativa*) and various types of clover." *Proceedings of the 11th IFSA Symposium, 1-4 April 2014*, Berlin, Germany, Vol. 1: 1698–1704. doi:[10.18452/13659](https://doi.org/10.18452/13659)
- SOMMER, H., S. HARTMANN, H. SCHULTZ, A. SUNDRUM, 2014a: Über den Beitrag von Luzerne zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland; Tagungsband der 58. Jahrestagung der AGGF in Arnstadt vom 28. - 30. August 2014, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; ISSN 0944 – 0348, 139-142.
- SOMMER, H., S. HARTMANN, H. SCHULTZ, A. SUNDRUM, 2014b: Über den Beitrag von Rotklee zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland; Tagungsband der 58. Jahrestagung der AGGF in Arnstadt vom 28. - 30. August 2014, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; ISSN 0944 – 0348, 143-146.
- SOMMER, H., S. HARTMANN, H. SCHULTZ, A. SUNDRUM, 2014c: Über den Beitrag von Weißklee zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren im Dauergrünland; Tagungsband der 58. Jahrestagung der AGGF in Arnstadt vom 28. - 30. August 2014, Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, ISSN 0944 – 0348, 147-149.
- SOMMER, H., A. SUNDRUM, 2015: Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung. Häring, A. M., B. Hörning, R. Hoffmann-Bahnsen, H. Luley, V. Luthardt, J. Pape, & G. Trei (Eds.), *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, 350–353.
- Sommer, H., S. Hartmann, H. Schultz, A. Sundrum, A. (2015a): Über den Beitrag von Inkarnatklee (*trif. incarnatum*) als Zwischenfrucht zur Versorgung von Nutztieren mit essentiellen Aminosäuren; Tagungsband der 59. Jahrestagung der AGGF in Aulendorf vom 27. – 29. August 2015, Herausgeber: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LA-ZBW); ISBN: 978-3-00-049985-2, 168 – 170.

- Sommer, H., S. Hartmann, H. Schultz, A. Sundrum, 2015b: Über den Beitrag von Perserklee (*trif. resupinatum*) als Zwischenfrucht zur Versorgung von Nutztieren mit essentiellen Aminosäuren; Tagungsband der 59. Jahrestagung der AGGF in Aulendorf vom 27. – 29. August 2015, Herausgeber: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW); ISBN: 978-3-00-049985-2, 171 – 173.
- SU, L.J., J.H. ZHANG, H. GOMEZ, R. MURUGAN, X. HONG, D. XU, F. JIANG, Z. Y. PENG, 2019: Reactive Oxygen Species-Induced Lipid Peroxidation in Apoptosis, Autophagy, and Ferroptosis. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 13 pages. doi:[10.1155/2019/5080843](https://doi.org/10.1155/2019/5080843)
- SULLIVAN, M. L., R. D. HATFIELD, 2006: Polyphenol oxidase and o-diphenols inhibit postharvest proteolysis in red clover and alfalfa. *Crop Science* 46, 2/2006, 662–670, DOI: 10.2135/cropsci2005.06-0132.
- SZUMACHER-STRABEL, M., A. STOCHMAL, A. CIESLAK, M. KOZŁOWSKA, D. KUZNICKI, M. KOWALCZYK, W. OLESZEK, 2019: Structural and quantitative changes of saponins in fresh alfalfa compared to alfalfa silage. *Journal of the science of food and agriculture* 99, 5/2019, S. 2243–2250.
- TAKEDA, Y., H. KONUMA, S. UCHIYAMA, Y. SAITO, 1989: Microbial Formation of Pheophorbide a and Pyropheophorbide a in "Takana" during Brining and Fermentation. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan* 30: 228-232. doi:[10.3358/shokueishi.30.228](https://doi.org/10.3358/shokueishi.30.228)
- TAVA, A., M. ODOARDI, W. OLESZEK, 1999: Seasonal changes of saponin content in five alfalfa (*Medicago sativa*) cultivars. *Agricoltura Mediterranea* 129, 2/3/1999, S. 111–116.
- TAVA, A., P. AVATO, 2006: Chemical and biological activity of triterpene saponins from *Medicago* species. *Natural Product Communications* 1, 12/2006, 1159-1180, DOI: 10.1177/1934578X0600101217.
- UMWELTINSTITUT MÜNCHEN E.V., 2014: Unterschiede zwischen der EU-Verordnung Ökologischer Landbau und den Richtlinien der Anbauverbände Bioland, Naturland und Demeter, Stand August 2014, Zugriff: 11. März 2021, URL: https://www.umweltinstitut.org/fileadmin/Mediapool/Downloads/07_FAQ/Lebensmittel/vergleich_richtlinien.pdf, 2014.
- VAN LEEUMEN, P., A. J.M. JANSAM, J. WIEBENGA, J. KONINKX, J. MOUWEN, 1995: Dietary effects of faba-bean (*Vicia faba* L.) tannins on the morphology and function of the small-intestinal mucosa of weaned pigs. *British journal of nutrition* 73, 1/1995, S. 31–39.
- VDLUFA, 2012: VDLUFA Methodenbuch Band III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln einschl. 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA Verlag, Darmstadt.
- WEINDL, P.N., P.A. WEINDL, L. PLEGER, S. CARRASCO, G. BELLOF, 2018: Einsatz von Luzerneprodukten in Alleinfuttermischungen für die Anfangsmast von Masthühnern in der ökologischen Fütterung, In: LfL Schriftenreihe 5, Öko Landbautag, Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern 2018, ISSN 1611-415, 131-133.
- WEINDL, PN, P.A. WEINDL, E. SCHMIDT, L. PLEGER, D. MESSINGER, K. AULRICH, B. SCHADE, M. LEHMANN, G. BELLOF, 2021: Photosensitization and green egg yolks in laying hens caused by the feeding of alfalfa leaf silage, *British Poultry Science* (eingereicht).
- WEISSENSTEINER, R., L. BALDINGER, W. HAGMÜLLER, W. ZOLLITSCH, 2018: Effects of two 100% organic diets differing in proportion of home-grown components and protein concentration on performance of lactating sows. *Livestock Science*, 214, 211-218. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.006>

- WEISSMANN, F., R. BUSSEMAS, R. OPPERMANN, G. RAHMANN, 2006: Ökologische Schweinefleischerzeugung. In: Brade W., Flachowsky G.(Hrsg.)(2006): Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis. Landbauforschung Völkenrode SH 296, 2006, S. 170–181.
- WELTIN, J., A. SUNDRUM, G. BELLOF, 2015: Silage früh genutzter Luzerne (*Medicago sativa*) als Eiweiß- und Rohfuttermittel in der ökologischen Mastschweinefütterung. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. <http://orgprints.org/view/projects/int-conf-wita-2015.html>
- WELTIN, J., S. CARRASCO, U. BERGER, G. BELLOF, 2014: Luzernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung. Endbericht BÖLN-Projekt, FKZ 11OE077. <http://orgprints.org/26279/1/26279-11OE077-hswt-bellof-2014-luzernesilagetierernaehrung.pdf>.
- WILLNER, E., H. JÄNICKE, 2005. Futterwertigenschaften von Luzerne - ausgewählte Ergebnisse. [Hrsg.] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. AGGF- 49. Jahrestagung, 25.-27. August 2005. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005, Band 7. Bad Elster.
- WITTEN, S., H. BÖHM, K. AULRICH, 2019: Effect of variety and environment on the contents of crude nutrients and amino acids in organically produced cereal and legume grains. *Org Agr* 10, 199-219, <https://doi.org/10.1007/s13165-019-00261-7>.
- WITTEN, S., H. M. PAULSEN, F. WEIßMANN, R. BUSSEMAS, 2014: Praxisbefragung zur Aminosäurelücke und praktische Möglichkeiten zur Verbesserung der Eiweißversorgung der Monogastrier in der Fütterung im Ökologischen Landbau.
- WOOD, J. D., R. I. RICHARDSON, G. R. NUTE, A. V. FISHER, M. M. CAMPO, E. KASAPIDOU, P. R. SHEARD, M. ENSER, 2003: Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat science* 66, 1/2003, S. 21–32.
- WOOD, J. D., M. ENSER, A. V. FISHER, G. R. NUTE, P. R. SHEARD, R. I. RICHARDSON, S. I. HUGHES, F.M. WHITTINGTON, 2008: Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science* 78, 4/2008, 343–358, DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.019.
- WPSA (WORLD´S POULTRY SCIENCE ASSOCIATION)-WORKING GROUP NO 2-NUTRITION, 1984: The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds. *World´s Poultry Science Journal* 40: 181-182.
- WÜSTHOLZ, J., S. CARRASCO, U. BERGER, A. SUNDRUM, G. BELLOF: 2016: Silage from alfalfa (*Medicago sativa*) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers. *European Poultry Science* 80. doi:[10.1399/eps.2016.150](https://doi.org/10.1399/eps.2016.150), ISSN 1612-9199.
- WÜSTHOLZ, J., S. CARRASCO, U. BERGER, A. SUNDRUM, G. BELLOF, 2017: Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (*Medicago sativa*) in organic pig production. *Livestock Science*, 200, 46-52. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.04.004>

8 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

8.1 Fachwissenschaftliche Publikationen

8.1.1 Artikel in referierten Zeitschriften

MESSINGER, D., P.A. WEINDL, K. AULRICH, L. PLEGER, P.N. WEINDL, G. BELLOF, 2021: Determination of apparent total tract digestibility of nutrients of lucerne (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) products in growing pigs. *Züchtungskunde*, 93, (5), 389–405.

MESSINGER, D., P. A. WEINDL, K. AULRICH, L. PLEGER, G. BELLOF, 2021: Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming different alfalfa (*Medicago sativa*) products in organic farming systems. *Livestock Science* (submitted).

PLEGER, L., P. N. WEINDL, P. A WEINDL, L. S CARRASCO, C. LEITAO, M. ZHAO, B. SCHADE, K. AULRICH, G. BELLOF, 2020. Effects of increasing alfalfa (*Medicago sativa*) leaf levels on the fattening and slaughtering performance of organic broilers. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition* 104:1317–1332. DOI:10.1111/jpn.13353

PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, S. CARRASCO, C. LEITAO, M. ZHAO, K. AULRICH, G. BELLOF, 2021: Precaecal digestibility of crude protein and amino acids from alfalfa (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) leaves and silages in broilers. *Animal Feed Science and Technology* 275: 114856. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2021.114856.

WEINDL, PN, P.A. WEINDL, E. SCHMIDT, L. PLEGER, D. MESSINGER, K. AULRICH, B. SCHADE, M. LEHMANN, G. BELLOF, 2021: Photosensitization and green egg yolks in laying hens caused by the feeding of alfalfa leaf silage, *British Poultry Science* (submitted).

8.1.2 Beiträge für Wissenschaftstagungen

BÖHM, H., K. AULRICH, 2019: Auswirkung der Schnitffrequenz bei Rotklee auf den Ertrag von Blattmasse, Rohproteingehalt und -ertrag. In: Mühlrath D, et al. (eds) 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, pp 112-113.

LIEBHARDT, P., J. MAXA, H. BERNHARDT, S. THURNER, 2019: Harvesting techniques for legumes (especially leaves) as protein feed for monogastric animals. *Proceedings of the Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA*, Zürich, p. 69-71.

LIEBHARDT, P., P. WEINDL, J. MAXA, G. BELLOF, H. BERNHARDT, S. THURNER, 2019: Ensiling Alfalfa leaves as a high protein feed for monogastric animals. *Proceedings of the 47th International Symposium ATAE in Opatija*, p. 343-350.

MESSINGER, D., M. KAINDL, P. WEINDL, G. BELLOF, 2019: Futterwert und Einsatz von Luzerne-trockenblatt als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Schweinemast, In: *Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*. Tagungsband, 118-121.

MESSINGER, D., P.A. WEINDL, P.N. WEINDL, L. PLEGER, G. BELLOF, 2020: Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe von Luzerne- und Rotkleeprodukten in der ökologischen Schweinefütterung. In: *Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbautag 2020*. LfL (Hrsg.),

- MESSINGER, D., P. WEINDL, G. BELLOF, 2021: Einfluss der Fütterung von hohen Mischungsanteilen Luzernetrockenblatt mit und ohne zusätzliche Aufnahme von Luzernesilage auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von Mastschweinen. In: Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Tagungsband.
- PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, S. CARRASCO, E. KIENZLE, G. BELLOF, 2018: Precaecal digestibility of alfalfa products as an organic feedstuff in broilers, In: Proceedings of the 22nd Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition, Munich, p. 40.
- PLEGER, L., WEINDL, P.N., WEINDL, P.A. CARRASCO, S., BELLOF, G., 2018: Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Broilermast, In: LfL Schriftenreihe 5, Öko Landbautag, Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern 2018, ISSN 1611-415, 109-113.
- PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, S. CARRASCO, K. AULRICH, G. BELLOF 2019: Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Broilermast, In: Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau-Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft, 302-306.
- PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, S. CARRASCO, G. BELLOF, 2019: Determinating the precaecal digestibility of alfalfa (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) products in the organic feeding of broilers, In: Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, Vol. 28, p. 124.
- PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, D. MESSINGER, G. BELLOF, 2020: Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Legehennenfütterung. In: Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbautag 2020. LfL (Hrsg.).
- WEINDL, P.N., P.A. WEINDL, L. PLEGER, S. CARRASCO, G. BELLOF, 2018: Einsatz von Luzerneprodukten in Alleinfuttermischungen für die Anfangsmast von Masthühnern in der ökologischen Fütterung, In: LfL Schriftenreihe 5, Öko Landbautag, Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern 2018, ISSN 1611-415, 131-133.

8.2 Berichte in landwirtschaftlichen Zeitschriften

- MAXA, J., S. THURNER, 2020: Luzerneblätter in den Trog. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 21, S. 32-33.
- MAXA, J., S. THURNER, 2021: Ernte von Grünleguminosen: Eiweiß made in Germany. Profi, 07, S. 74-76.
- PLEGER, L., P.N. WEINDL, P.A. WEINDL, G. BELLOF, 2020: Welche Potentiale weisen Luzerneprodukte für die ökologische Geflügelfütterung auf? Informationsportal Proteinmarkt.de (www.proteinmarkt.de/aktuelles/fachbeitrag/details/news).

8.3 Präsentationen auf Fachveranstaltungen

- BELLOF, G., 2019: Grünleguminosen als Eiweiß- und Raufuttermittel in der ökologischen Schweinefütterung. Feldtag "Luzerne und Klee für die Schweinefütterung nutzen!" Veranstalter: Naturland- und Bioland- Beratung. 14.06.19, 88524 Uttenweiler-Saugart.

- BELLOF, G., 2020: Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe von Luzerne- und Rotkleeprodukten in der ökologischen Schweinefütterung. Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbautag, Online-Tagung, 27.10.2020.
- BELLOF, G., 2020: Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Legehennen-fütterung. Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbautag, Online-Tagung, 27.10.2020.
- BELLOF, G. 2021: Grünleguminosen als einheimische Eiweißquelle in der Schweinefütterung. ALB-Fachtagung Schweinehaltung: Praktische Umsetzung zukünftiger rechtlicher Vorgaben. Online-Veranstaltung der ALB Baden-Württemberg, 11.03.2021.
- LIEBHARDT, P., P. WEINDL, J. MAXA, G. BELLOF, H. BERNHARDT, S. THURNER, 2019: Ensiling Alfalfa leaves as a high protein feed for monogastric animals. 47th International Symposium ATAЕ, Opatija, 04.03.2019.
- LIEBHARDT, P., J. MAXA, S. THURNER, 2020: Werbungsverfahren für Grünleguminosen. Pflanzenbauliches Kolloquium, Freising 10.03.2020.
- MAXA, J., P. LIEBHARDT, S. THURNER, S., 2021: Evaluation of harvesting processes for alfalfa with the aim of attaining a high proportion of leaves as a high protein feed for monogastric animals, CIGR, Quebec (online-Tagung) 11.05.2021.
- MESSINGER, D., 2019: Einsatz von Luzerneprodukten in der Schweinefütterung. Feldtag "Luzerne und Klee für die Schweinefütterung nutzen!" Veranstalter: Naturland- und Bioland-Beratung. 14.06.19, 88524 Uttenweiler-Saugart.
- MESSINGER, D., 2019: Futterwert und Einsatz von Luzernetrockenblatt als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Schweinemast, 19. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 2.-3.04.2019, Fulda. (Tagung Fulda 2019)
- MESSINGER, D., 2021: Einfluss der Fütterung von hohen Mischungsanteilen Luzerne-trockenblatt mit und ohne zusätzliche Aufnahme von Luzernesilage auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von Mastschweinen. Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Online-Tagung, 27.-28.4.21.
- PLEGER, L., 2018: Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Broilermast, 7. Öko-landbautagung, 20.09.2018, Freising.
- PLEGER, L., 2018: Precaecal digestibility of alfalfa products as an organic feedstuff in broilers, 22nd Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition, 6.09.2018, München.
- PLEGER, L., 2019: Determinating the precaecal digestibility of alfalfa (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) products in the organic feeding of broilers, 73rd Conference of the Society of Nutrition Physiology, 13.-15.03.2019, Göttingen.
- PLEGER, L., 2019: Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Broilermast, 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 5.-8.03.2019, Kassel.
- THURNER, S., F.X. KNOTT, P. LIEBHARDT, J. MAXA, 2019: Klee und Luzerne als Eiweißfutter: Welche technischen Entwicklungen zur Blatt-Ernte bei Klee und Luzerne gibt es? Bioland-Woche 2019, Plankstetten 06.02.2019.

- THURNER, S., P. LIEBHARDT, J. MAXA, 2021: Ernte und Konservierung von Luzerneblättern und Luzernespitzen als Eiweißfuttermittel für Schweine und Wiederkäuer. 34. Sitzung des KTBL-Arbeitskreises „Referenten Land- und Energietechnik“ (online-Tagung) 19.05.2021.
- WEINDL, P.A., 2019: Klee und Luzerne als Eiweißfuttermittel in der Geflügel- und Schweinefütterung, Bioland Woche 2019, 3.-7.02.2019, Kloster Plankstetten.
- WEINDL, P., BELLOF, G., 2020: Projekt Grünlegum - Grünleguminosen als Eiweiß- und Raufuttermittel in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung. Pflanzenbauliches Kolloquium der LfL, Freising, 10.03.2020.
- WEINDL, P.N., 2019: Potentiale von Luzerneprodukten in der Schweinefütterung, 18. Internationale Bioland Schweinetagung: "Vom Acker bis zur Ladentheke", 7.02.2019, Döttingen.
- WERNER D., 2021: Grünleguminosenpellets für säugende Sauen, 20. Internationale Bioland Schweinefachtagung 09. – 10. Februar 2021, Online-Tagung 04.07.2018, Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof Feldtag „hochwertiges Eiweiß vom eigenen Feld“. Vorstellung der Sorten- und Düngungsversuche, gemeinsam mit den Projektpartnern
- 04.11.2019, Beitrag zum Grünleguminosenprojekt auf der Öko-Junglandwirtetagung in Fulda

8.4 Posterbeiträge auf Fachveranstaltungen

- AULRICH, K, H. BÖHM, R. BUSSEMAS, D. WERNER, S. WITTEN, 2019: Grünleguminosen als Futtermittel in der Monogastrierfütterung. Öko-Feldtage 2019 auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, 3.-4. Juli 2019, Frankenhausen/Grebenstein.
- BÖHM, H., 2018: Auswirkung der Schnitffrequenz auf den Blattertrag bei Rotklee. Feldtag am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, 10. Juli 2018, Westerau/Trenthorst.
- LIEBHARDT, P., J. MAXA, H. BERNHARDT, S. THURNER, 2019: Harvesting techniques for legumes (especially leaves) as protein feed for monogastric animals. Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA, Zürich.
- LIEBHARDT, P., J. MAXA, H. BERNHARDT, S. THURNER, 2019: Investigation on harvesting techniques and conservation of alfalfa and red clover leaves as a protein and roughage feed for monogastric. 5th HEFagrar PhD Symposium, Freising.
- 04.07.2018, Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof Feldtag „hochwertiges Eiweiß vom eigenen Feld“. Posterausstellung im Rahmen des Feldtages

8.5 Studienabschlussarbeiten

- BELLE, P., 2020: Produktionskosten für Luzernetrockenblatt bei unterschiedlichen Ernte- und Aufbereitungsverfahren, Bachelorarbeit (HSWT).
- BOLL, S., 2018: Silierversuche mit Rotklee- und Luzerneblätter im Hinblick auf pH-Wert, Gär säurenmuster und Proteinabbau, Bachelorarbeit (HSWT).
- CORDES, I. (2019): Auswirkungen der Sortenwahl und des Nutzungsregimes von Rotklee auf pflanzenbauliche und qualitätsbestimmende Parameter im Hinblick auf eine bedarfsgerechte Rohproteinversorgung von Schweinen in der ökologischen Landwirtschaft, Bachelorarbeit (Thünen-Institut und Universität Kassel-Witzenhausen)

- DANNINGER, I., 2021: Untersuchungen zum Einsatz von Luzerne-Kleegrassilage auf einem ökologischen Schweinemastbetrieb, Masterarbeit (HSWT).
- HADERSBECK, K., 2021: Ermittlung der optimalen Schnitthöhe und Schnittnutzung beim neuen Hochschnittverfahren von Luzerne, sowie die Schnellbestimmung des Blattanteils im Erntegut mittels NIRS. Bachelorarbeit (HSWT und LfL).
- IBRAGIMOV, I., 2021: Der Einsatz von Rotkleetrockenblatt in der ökologischen Putenmast, Masterarbeit (HSWT).
- KAINDL, M., 2019: Futterwert und Einsatz von Luzernetrockenblatt als Eiweißfuttermittel in der ökologischen Schweinemast, Bachelorarbeit (HSWT).
- KIRN, A. I., 2021: Einsatz von Luzernetrockenblatt als heimisches Eiweißfuttermittel in der ökologischen Hühnermast, Bachelorarbeit (HSWT).
- KNOTT, F. X., 2017: Evaluierung verschiedener Verfahrensprinzipien und -kombinationen zur Separierung von Luzerneblättern, Masterarbeit (TUM, HSWT und LfL).
- KOZEL, M., 2017: Werbung, Futterwert und Einsatz von Luzerneprodukten in der ökologischen Hühnermast, Masterarbeit (HSWT).
- NEUMANN, M., 2019: Verlauf der Nährstoff- und Mineralstoffkonzentration in Luzerneblättern in Aufwüchsen in 2018, Bachelorarbeit (HSWT).
- PAGLIA, F., 2019: Einsatz von Luzernetrockenblatt sowie Luzerne- und Rotkleesilage in der ökologischen Legehennenfütterung, Bachelorarbeit (HSWT).
- SCHMAUS, K. 2021: Untersuchung der praecaecalen Verdaulichkeit von Eiweißfuttermitteln in der ökologischen Putenmast, Bachelorarbeit (HSWT).

9 Anhang

9.1 Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.1

Tabelle A 3.3.1- 1: Übersicht der Rohdaten auf Wurfebene und Versuchsgruppen

Variable	Variante Rotklee					Variante Luzerne														
	Kontrolle		Versuch			Kontrolle		Versuch												
	N	MW	Min	Max	SD	N	MW	Min	Max	SD	N	MW	Min	Max	SD					
Wurfnummer	29	3,9	1,0	13,0	2,9	35	4,9	1,0	13,0	3,3	20	5,8	1,0	15,0	4,0	24	4,8	2,0	14,0	2,8
Lebend geborene Ferkel (n)	29	13,6	3,0	20,0	3,7	35	14,2	5,0	22,0	4,0	20	13,8	3,0	19,0	4,7	24	15,3	3,0	20,0	4,0
Tot geborene Ferkel (n)	29	2,5	1,0	6,0	1,7	35	2,5	1,0	9,0	1,9	20	1,7	1,0	4,0	1,2	24	2,2	1,0	5,0	1,3
Wurfmasse (kg)	29	1,6	1,2	2,1	0,2	35	1,5	0,8	2,1	0,3	20	1,3	1,0	2,1	0,3	24	1,5	0,9	1,9	0,2
Säugezeit (d)	29	47,5	45,0	51,0	1,5	35	48,0	45,0	53,0	2,0	20	48,5	44,0	51,0	1,6	24	48,3	44,0	53,0	1,8
Abgesetzte Ferkel (n)	29	11,0	8,0	14,0	1,6	35	11,0	8,0	14,0	2,0	20	11,0	6,0	14,0	2,6	24	11,1	7,0	14,0	1,8
Saugferkelverluste (%)	29	17,0	0,0	38,5	11,4	35	16,4	0,0	38,5	10,3	20	20,9	0,0	58,8	16,8	24	17,8	0,0	41,2	12,5
Aufgezogene Ferkel (n)	29	10,8	6,0	14,0	1,9	35	10,7	5,0	14,0	2,0	18	10,1	6,0	14,0	2,5	21	10,9	7,0	14,0	2,1
Aufzuchtverluste (%)	29	2,2	0,0	25,0	5,5	35	2,6	0,0	37,5	7,7	18	4,6	0,0	20,0	7,5	21	2,3	0,0	30,0	6,9

N: Anzahl Würfe, MW: Mittelwert; Min: Minimum; Max: Maximum; SD: Standardabweichung

^{a,b} ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen

Tabelle A 3.3.1- 2: Körperkondition der Sauen – Absolute Werte und Prozentuale Differenz der Körperkondition zwischen Geburt und Absetzen (LS Means)

Variable	Gruppe		Variante		SEM	P-Werte		
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne		Gruppe	Variante	Wurf-zu-wachs Säugezeit
n	48	55	52	41				
Lebendmasse nach Geburt (kg)	298	309	309	298	13,92-14,14	0,0822	0,1287	-
Lebendmasse zum Absetzen (kg)	273	284	278	280	11,65-11,86	0,0579	0,7581	0,161
Differenz Lebendmasse (%)	6,3	7,5	9,4	4,3	1,61-1,88	0,5826	0,0273	0,0346
n	47	49	59	37				
Rückenspeckdicke nach Geburt (mm)	16,1	16,7	17,2	15,5	0,87-0,94	0,4566	0,0413	-
Rückenspeckdicke zum Absetzen (mm)	13,2	14,8	13,7	14,2	1,04-1,07	0,0119	0,4795	0,5938
Differenz Rückenspeckdicke (%)	23,4	17,9	25,0	16,3	2,49-2,83	0,0558	0,0068	0,6545
n	47	49	58	38				
Body Condition Score nach Geburt (Punkte)	4,1	4,1	4,3	3,9	0,11-0,12	0,6576	0,0010	-
Body Condition Score zum Absetzen (Punkte)	3,4	3,6	3,5	3,5	0,15-0,16	0,1092	0,7457	0,0133
Differenz Body Condition Score (%)	17,2	14,5	18,7	13,0	3,00-3,32	0,406	0,1063	0,0829

*Standardfehler des Mittelwertes

Tabelle A 3.3.1- 3: Futteraufnahme der Sauen (LS Means)

Variable	Gruppe		Variante		SEM*	P-Werte		
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne		Gruppe	Variante	Variante*Gruppe
n	44	52	58	38				
Krafftutter Säugephase 1 (kg FM/Tier/Tag)	6,4	6,4	6,2	6,6	0,18-0,19	0,7095	0,0609	-
	Variante*Gruppe							
	Rotklee		Luzerne					
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch				
n	43	51	58	36				
Krafftutter Säugephase 2 (kg FM/Tier/Tag)	6,8 ^a	7,4 ^{ab}	8,4 ^b	7,2 ^{ab}	0,58-0,65	0,3314	0,0501	0,0119
	Gruppe		Variante					
Variable	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne				
n	46	54	58	42				
Raufutter Säugephase 1 (kg FM/Tier/Tag)	5,0	4,6	4,5	5,1	0,33-0,36	0,2513	0,0259	-

*Standardfehler des Mittelwertes

Tabelle A 3.3.1- 4: Lebendmasseentwicklung der Ferkel abhängig vom Alter im Versuchsverlauf (LS Means)

Variable	Gruppe		Variante		SEM*	P-Werte				
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne		Gruppe	Variante	Säugezeitdauer/ Aufzucht-dauer	Geburts-gewicht /Absetz-gewicht	Tägliche Zu- nahmen
n	551	632	699	484						
Geburts-gewicht (kg)	1,5	1,5	1,6	1,5	0,03-0,04	0,9033	0,1010	-	-	-
n	551	632	699	484						
Säugezeit (d)	48,0	48,2	47,8	48,4	0,20-0,25	0,6401	0,0518	-	0,0006	-
n	551	632	699	484						
Absetz-gewicht (kg)	16,2	16,5	15,6	17,1	0,24-0,29	0,3865	<0,0001	0,0002	<0,0001	-
n	530	621	682	469						
Alter Aufzuch- tende (d)	62,0	62,1	61,6	62,5	0,32-0,37	0,7715	0,0671	-	-	0,3193
n	530	621	682	469						
Gewicht Aufzuch- tende (kg)	21,3	20,9	21,1	21,2	0,16-0,20	0,1304	0,6599	<0,0001	<0,0001	-

*Standardfehler des Mittelwertes

Tabelle A 3.3.1- 5: Lebendmassezunahmen der Ferkel im Versuchsverlauf (LS Means)

Variable	Gruppe		Variante		SEM*	Gruppe	Variante	P-Werte	
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne				Säugezeit- dauer/Aufzucht- dauer/Gesamt- dauer	Geburtsgewicht /Ab- setzgewicht
n	551	632	699	484					
Tägliche Zu- nahmen Säu- gezeit (g)	304	311	292	323	4,98-6,05	0,3763	<0,0001	0,4935	<0,0001
n	530	621	682	469					
Tägliche Zu- nahmen Auf- zucht (g)	369	336	349	356	11,97-14,50	0,0772	0,6964	0,7706	<0,0001
n	530	621	682	469					
Tägliche Zu- nahmen Ge- samt (g)	319	318	306	332	5,14-6,25	0,9353	0,0013	0,0086	<0,0001
n	530	621	682	469					
Lebendmasse- zuwachs Auf- zucht (kg)	5,1	4,7	4,9	5,0	0,16-0,20	0,1304	0,6599	<0,0001	<0,0001

*Standardfehler des Mittelwertes

Tabelle A 3.3.1- 6: Futteraufnahme der Ferkel (LS Means)

Variable	Gruppe		Variante		SEM*	P-Werte			Wurfgewicht Geburt /Wurfgewicht Absetzen
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne		Gruppe	Variante	Variante*Gruppe	
n	22	24	27	19					
Kraftfuttermenge Säugephase 2 (g FM/Tier/Tag)	140	136	137	139	9,69-11,56	0,8275	0,8793	-	0,6338
	Variante*Gruppe								
	Rotklee		Luzerne						
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch					
n	23	26	29	20					
Kraftfuttermenge Aufzucht (g FM/Tier/Tag)	769 ^{ab}	807 ^{ab}	862 ^b	693 ^a	36,24-46,40	0,1177	0,8070	0,0150	0,0888
	Kontrolle	Versuch	Rotklee	Luzerne					
n	23	26	29	20					
Raufuttermenge Aufzucht (g FM/Tier/Tag)	296	306	298	303	14,62-17,77	0,6536	0,8416	-	0,4949

*Standardfehler des Mittelwertes

^{a,b} ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen

9.2 Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.4.2

Tabelle A 3.3.4- 1: Nährstoffgehalte der im Verdauungsversuch 1 mit Broilern eingesetzten Luzerneprodukte (% TS)

Nährstoffe		Luzerneblatt¹	Luzernesilage¹	Luzerne-Ganzpflanze¹
Trockensubstanz	%	90,4	40,5	91,5
Rohprotein	%	32,5	22,6	23,7
Rohfaser	%	16,3	29,6	25,9
Rohfett	%	4,9	3,4	3,4
Rohasche	%	11,9	11,0	10,7
Zucker	%	5,6	1,0	5,5
Lysin	%	1,85	1,32	1,54
Methionin	%	0,54	0,34	0,34

¹ Sorte „Dakota“; Herkunft/Fläche: Am Vogelherd; Erntetermin: 09.09.2016

Tabelle A 3.3.4- 2: Versuchsdesign des Verdauungsversuchs 1

Variante	Phase 1 (1.-14. LT)				Phase 2 (15.-28. LT)				Phase 3-I (29.-35. LT)						Phase 3-II (36. - 41./42. LT) ¹			
	Anteil Luzerne (%)	Anzahl Boxen	Tiere Box	Tiere Variante	Anteil Luzerne (%)	Anzahl Boxen	Tiere Box	Tiere Variante	Stufe (S)	Anteil Luzerne (%)	Anzahl Boxen	Tiere Box	Tiere Stufe	Tiere Variante	Anzahl Abteile	Tiere Abteil	Tiere Stufe	Tiere Variante
Kontrolle (K)	0	4	24	96	0	4	16	72	K1	0	2	12	24	48	4	6	24	48
									K2	0	2	12	24		4	6	24	
Luzerneblätter (LB)	0	6	24	144	22,5	6	16	108	S1	15	2	12	24	72	4	6	24	72
									S2	22,5	2	12	24		4	6	24	
									S3	30	2	12	24		4	6	24	
Luzernesilage (LS)	0	6	24	144	15	6	16	108	S1	10	2	12	24	72	4	6	24	72
									S2	15	2	12	24		4	6	24	
									S3	20	2	12	24		4	6	24	
Luzermehl (LM)	0	6	24	144	15	6	16	108	S1	10	2	12	24	72	4	6	24	72
									S2	15	2	12	24		4	6	24	
									S3	20	2	12	24		4	6	24	
Gesamt		22		528		22		396			22			264	44			264

¹:Teilung der Boxen am Ende der Phase 3-I bei unveränderter Futtermaterie

Tabelle A 3.3.4- 3: Zusammensetzung des industriell hergestellten Öko-Starterfutters in Phase 1 des Verdauungsversuchs 1 (laut Deklaration Hersteller)

Parameter	Einheit	Phase 1
Rohprotein	%	22,0
Rohfaser	%	6,5
Rohfett	%	7,0
Rohasche	%	8,5
Lysin	%	1,13
Methionin	%	0,39
Energie	MJ AME _N /kg	11,2

Rohstoffe laut Deklaration:

Sojakuchen, Mais, Weizen aus der Umstellung, Weizenkleie, Sonnenblumenkuchen, Sonnenblumenkuchen aus geschälter Saat, Triticale aus der Umstellung, Kartoffeleiweiß, Maiskleber, Calciumcarbonat, Bierhefe, Monocalciumphosphat

Tabelle A 3.3.4- 4: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 2 des Verdauungsversuchs 1

Rohstoffe	Phase 2 (15.-28- Lebenstag)			
	K*	LB*	LS*	LM*
Luzerneblätter	-	22,5	-	-
Luzernesilage	-	-	15,0	-
Luzernemehl	-	-	-	15,0
Sojakuchen	13,0	4,0	9,0	9,0
Sonnenblumenkuchen	16,0	13,5	17,3	17,3
Mais	42,0	39,3	35,5	35,0
Weizen	18,1	8,0	9,5	10,4
Erbsen	7,0	4,0	4,4	4,4
Rapsöl	-	5,5	6,1	5,7
Vormischung	2,5	2,5	2,5	2,5
Calciumcarbonat	0,4	-	0,1	0,1
Monocalciumphosphat	0,8	0,5	0,4	0,4
Natriumchlorid	0,2	0,2	0,2	0,2

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl

Tabelle A 3.3.4- 5: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 3 des Verdauungsversuchs 1

Rohstoffe	Phase 3 (29. - 42. Lebenstag)										
	K*1	LB			K2	LS			LM		
		S ¹	S ²	S ³		S ¹	S ²	S ³	S ¹	S ²	S ³
Luzerneblätter	-	15,0	22,5	30,0	-	-	-	-	-	-	-
Luzernesilage	-	-	-	-	-	10,0	15,0	20,0	-	-	-
Luzernemehl	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	15,0	20,0
Sojakuchen	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Sonnenblumenkuchen	13,0	13,0	13,0	13,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Mais	21,5	21,5	21,5	21,5	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Weizen	10,7	10,7	10,7	10,7	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Erbsen	11,0	11,0	11,0	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Rapsöl	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Vormischung	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Calciumcarbonat	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Monocalciumphosphat	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Natriumchlorid	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Maisstärke	30,0	15,0	7,5	0,0	20,0	10,0	5,0	0,0	10,0	5,0	0,0
Titandioxid	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Lysin	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Methionin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Threonin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tryptophan	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl; ¹ Luzerneanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 15 %, 22,5 %, 30 % für LB bzw. 10 %, 15 %, 20 % für LS und LM

Tabelle A 3.3.4- 6: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 2 des Verdauungsversuchs 1

Parameter	Richtwerte (nach GfE 1999)	K*	Phase 2		
			LB	LS	LM
Trockensubstanz		90,4	91,0	90,8	90,5
Rohprotein		17,5	17,3	17,1	17,4
Rohfaser		5,2	7,0	8,5	8,5
Rohfett		6,0	11,0	11,7	11,2
Rohasche		6,3	7,1	6,7	6,6
Lysin	0,89	0,90	0,89	0,89	0,89
Methionin	0,34	0,34	0,33	0,33	0,34
Energie, MJ AME _N /kg	12,40	12,41	12,40	12,40	12,40
Lysin/ME	0,72	0,73	0,72	0,72	0,72
Methionin/ME	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl

Tabelle A 3.3.4- 7: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 1

Parameter	Richtwerte (nach GfE 1999)	Phase 3										
		K*1	LB			K2	LS			LM		
			S1 ¹	S2	S3		S1	S2	S3	S1	S2	S3
Trockensubstanz		91,2	90,7	90,5	90,2	90,9	90,3	90,0	89,8	90,2	89,8	89,5
Rohprotein		13,7	17,6	19,5	21,5	13,9	15,5	16,3	17,1	15,6	16,5	17,3
Rohfaser		3,8	6,0	7,0	8,2	3,8	6,4	7,7	9,0	6,4	7,7	9,0
Rohfett		7,0	7,7	8,1	8,4	7,7	8,0	8,2	8,3	8,0	8,1	8,3
Rohasche		5,0	6,6	7,4	8,2	5,1	6,1	6,6	7,0	6,0	6,5	6,9
Lysin	0,69	0,88	1,13	1,25	1,38	0,84	0,96	1,02	1,08	0,96	1,01	1,07
Methionin	0,28	0,33	0,4	0,44	0,47	0,33	0,36	0,38	0,39	0,37	0,38	0,4
Energie, MJ AME _N /kg	12,8	15,25	13,15	12,1	11,05	14,72	13,07	12,24	11,41	13,13	12,33	11,53
Lysin/ME	0,54	0,58	0,86	1,03	1,25	0,57	0,73	0,83	0,95	0,73	0,82	0,93
Methionin/ME	0,22	0,22	0,30	0,36	0,43	0,22	0,28	0,31	0,34	0,28	0,31	0,35

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl; ¹ Luzerneanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 15 %, 22,5 %, 30 % für LB bzw. 10 %, 15 %, 20 % für LS und LM

Tabelle A 3.3.4- 8: Analyisierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phasen 1 und 2 des Verdauungsversuchs 1

Parameter		Phase 1		Phase 2		
		Öko-Starter	K*	LB	LS	LM
Trockensubstanz	%	89,6	87,6	88,7	85,0	88,6
Rohprotein	%	24,4	18,7	18,5	17,4	18,4
Rohfaser	%	6,0	4,2	5,5	6,5	7,7
Rohfett	%	9,0	6,1	11,5	9,8	12,0
Rohasche	%	9,2	6,7	7,4	5,9	6,9
Lysin	%	1,17	0,89	0,89	0,72	0,89
Methionin	%	0,42	0,32	0,33	0,28	0,33
Energie	MJ AME _N /kg	12,99	13,58	13,69	13,71	13,64

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl

Tabelle A 3.3.4- 9: Analyalisierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 1

Parameter	Phase 3										
	K*1	LB			K2	LS			LM		
		S1 ¹	S2	S3		S1	S2	S3	S1	S2	S3
Trockensubstanz	87,2	87,4	87,5	86,1	85,9	86,3	83,2	79,6	86,2	86,5	87,4
Rohprotein	14,0	18,1	20,7	22,9	14,4	16,8	17,5	18,6	16,4	17,6	18,5
Rohfaser	3,2	4,8	5,7	6,7	3,5	5,9	6,9	8,2	5,7	7,1	8,5
Rohfett	7,9	8,4	8,6	8,7	8,3	8,5	8,4	8,5	8,2	8,3	8,5
Rohasche	5,8	7,4	8,2	9,1	6,1	6,8	7,3	7,8	7,0	7,4	7,9
Lysin	0,87	1,18	1,30	1,42	0,88	0,94	0,97	1,01	0,99	1,06	1,10
Methionin	0,33	0,40	0,43	0,48	0,35	0,35	0,36	0,38	0,38	0,38	0,40
Energie, MJ AME _N /kg	15,05	13,56	12,71	11,81	14,94	13,63	13,38	13,00	13,76	13,15	12,42
Titan, mg/kg	3086	3221	3379	3377	3230	2482	3129	2934	3025	3256	3251

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl; ¹ Luzerneanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 15 %, 22,5 %, 30 % für LB bzw. 10 %, 15 %, 20 % für LS und LM

Tabelle A 3.3.4- 10: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 1 mit Masthühnern: Futterverbrauch und Lebendmasseentwicklung in den Phasen 1 und 2 (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Phase	Parameter		Gruppe				p ¹
			K*	LB	LS	LM	
Phase 1	Lebendmasse Einstallung Tag 1	g	41,5	41,4	41,5	41,4	0,994
	SE		0,24	0,20	0,20	0,20	
	Lebendmasse Tag 14	g	300,0 ^b	297,6 ^b	297,4 ^b	310,7 ^a	0,007
	SE		3,73	2,95	3,22	3,13	
	Tageszunahme	g/d	18,5	18,3	18,3	19,2	0,094
	SE		0,34	0,28	0,30	0,28	
	Futterverbrauch	g/d	26,7	26,8	26,4	28,0	0,213
	SE		0,66	0,54	0,59	0,54	
Futteraufwand	kg/kg	1,43	1,45	1,44	1,45	0,946	
SE		0,04	0,03	0,03	0,03		
Phase 2	Lebendmasse Tag 28	g	811,7 ^a	574,6 ^d	716,7 ^c	780,7 ^b	0,000
	SE		9,43	8,73	7,74	7,70	
	Tageszunahme	g/d	36,5 ^a	19,8 ^c	29,4 ^b	33,6 ^a	0,000
	SE		1,10	0,90	0,99	0,90	
	Futterverbrauch	g/d	81,3 ^a	81,8 ^a	73,8 ^b	74,2 ^b	0,032
	SE		2,68	2,18	2,18	2,18	
	Futteraufwand	kg/kg	2,23 ^b	4,15 ^a	2,50 ^b	2,20 ^b	0,000
	SE		0,11	0,09	0,10	0,09	

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl; ¹ Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$

^{a,b,c} ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen

Tabelle A 3.3.4- 11: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 1 mit Masthühnern: Futterverbrauch und Lebendmasseentwicklung in der Phase 3 (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Phase	Parameter		Gruppe										p ¹	
			K*1	K2	LB*			LS			LM			
			S ² 1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3			
Phase 3-I	Lebendmasse Tag 34, g	g	1113 ^a	1104 ^{ab}	876 ^d	785 ^e	805 ^e	1008 ^c	1073 ^{abc}	928 ^d	1140 ^a	1122 ^a	1034 ^{bc}	0,000
	SE		18,62	18,62	17,24	17,24	17,24	18,62	18,62	18,62	18,62	18,62	18,62	
	Tageszunahme, g/d	g/d	48,2 ^{bc}	51,9 ^{ab}	48,0 ^{bc}	38,4 ^d	37,0 ^d	46,8 ^{bc}	54,0 ^{ab}	41,6 ^{cd}	56,5 ^a	56,3 ^a	50,5 ^{ab}	0,000
	SE		1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	
	Futterverbrauch, g/d	g/d	133,5 ^a	127,0 ^a	94,5 ^{bc}	85,5 ^c	97,5 ^{bc}	120,5 ^{ab}	127,5 ^a	117,5 ^{ab}	130,5 ^a	135,5 ^a	116,0 ^{ab}	0,010
	SE		8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	8,04	
	Futteraufwand, kg/kg	kg/kg	2,75	2,45	1,95	2,20	2,65	2,55	2,35	2,80	2,35	2,40	2,30	0,115
SE		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17		
Phase 3-II	Lebendmasse Versuchsende, g	g	1466 ^b	1465 ^b	1294 ^{de}	1229 ^e	1264 ^{de}	1432 ^{bc}	1495 ^b	1355 ^{cd}	1607 ^a	1614 ^a	1507 ^{ab}	0,000
	SE		32,14	32,14	24,30	24,30	24,30	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	
	Tageszunahme, g/d	g/d	50,4	51,5	52,2	55,6	57,4	53,0	52,8	53,3	58,3	61,5	59,1	0,201
	SE		2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	
	Futterverbrauch, g/d	g/d	139,5 ^b	130,3 ^{bc}	119,3 ^c	120,5 ^c	133,8 ^{abc}	133,5 ^{abc}	140,5 ^{ab}	140,0 ^{ab}	144,0 ^{ab}	147,3 ^a	140,0 ^{ab}	0,000
	SE		5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	
	Futteraufwand, kg/kg	kg/kg	2,78 ^a	2,58 ^{ab}	2,28 ^{ab}	2,18 ^b	2,35 ^{ab}	2,50 ^{ab}	2,68 ^{ab}	2,65 ^{ab}	2,48 ^{ab}	2,40 ^{ab}	2,38 ^{ab}	0,016
SE		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, LS=Luzernesilage, LM=Luzernemehl;

¹ Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$

² Luzerneanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 15 %, 22,5 %, 30 % für LB bzw. 10 %, 15 %, 20 % für LS und LM

^{a,b,c} ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen

Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.4.3

Tabelle A 3.3.4- 12: Versuchsdesign des Verdauungsversuchs 2 mit wachsendem Geflügel

Variante	Phase 1 (1.-14. LT)				Phase 2 (15.-28. LT)				Phase 3-I (29.-35. LT)						Phase 3-II (36. - 42. LT) ¹			
	Anteil Grünleguminosen (%)	Anzahl Boxen	Tiere Box	Tiere Variante	Anteil Grünleguminosen (%)	Anzahl Boxen	Tiere Box	Tiere Variante	Stufe (S)	Anteil Grünleguminosen (%)	Anzahl Boxen	Tiere Box	Tiere Stufe	Tiere Variante	Anzahl Abteile	Tiere Abteil	Tiere Stufe	Tiere Variante
Kontrolle (K)	0	4	24	96	0	4	18	72	K1	0	2	18	36	72	4	9	36	72
									K2	0	2	18	36		4	9	36	
Luzerne-blätter (LB)	0	6	24	144	15	6	18	108	S1	10	2	18	36	108	4	9	36	108
									S2	15	2	18	36		4	9	36	
									S3	20	2	18	36		4	9	36	
Luzerne-silage (LS)	0	6	24	144	15	6	18	108	S1	10	2	18	36	108	4	9	36	108
									S2	15	2	18	36		4	9	36	
									S3	20	2	18	36		4	9	36	
Rotklee-blätter (RKB)	0	6	24	144	15	6	18	108	S1	10	2	18	36	108	4	9	36	108
									S2	15	2	18	36		4	9	36	
									S3	20	2	18	36		4	9	36	
Rotklee-silage (RKS)	0	6	24	144	15	6	18	108	S1	10	2	18	36	108	4	9	36	108
									S2	15	2	18	36		4	9	36	
									S3	20	2	18	36		4	9	36	
Gesamt		28		672		28		504			28			504	56			504

¹Teilung der Boxen am Ende der Phase 3-I bei unveränderter Futtermittelsvariante

Tabelle A 3.3.4- 13: Nährstoffgehalte der im Verdauungsversuch 2 mit Broilern eingesetzten Luzerne- und Rotkleeprodukte (% TS)

Nährstoffe		Luzerneblatt¹	Rotkleeblatt³	Luzernesilage¹	Rotkleeilage⁴
Trockensubstanz	%	92,5	90,4	44,1	44,9
Rohprotein	%	23,9	24,2	22,8	20,6
Rohfaser	%	14,6	12,4	27,5	17,2
Rohfett	%	3,1	3,8	4,0	4,0
Rohasche	%	11,1	9,3	11,6	15,5
Zucker	%	4,3	6,2	<0,3	-
Lysin	%	1,30	1,50	1,30	1,08
Methionin	%	0,36	0,34	0,40	0,33

¹ Sorte „Plato“; Herkunft/Fläche: Am Vogelherd; Erntetermin: 22.9.17

² Herkunft/Fläche: Kirchdorf; Erntetermin: 21.9.17

³ Sorte „Plato“; Herkunft/Fläche: Am Vogelherd; Erntetermin: 19.07.17

⁴ Herkunft/Fläche: vTI-Trenthorst; Erntetermin: 17.07.17

Tabelle A 3.3.4- 14: Zusammensetzung des industriell hergestellten Öko-Starterfutters (%) in Phase 1 des Verdauungsversuchs 2 (1. - 14. Tag) (laut Deklaration Hersteller)

Parameter		Phase 1 ¹
Rohprotein	%	22,0
Rohfett	%	7,0
Rohfaser	%	6,5
Rohasche	%	8,7
Lysin	%	1,07
Methionin	%	0,39
Energie	MJ AME _N /kg	11,3

Rohstoffe laut Deklaration:

Sojakuchen, Mais, Weizen aus der Umstellung, Sonnenblumenkuchen, Weizengrießkleie, Zuckerrohrmelasse, Kartoffeleiweiß, Triticale aus der Umstellung, Maiskleber, Calciumcarbonat, Bierhefe, Monocalciumphosphat

¹ Das industriell hergestellte Starterfutter wurde zusätzlich auch in der ersten Woche der Phase 2 gefüttert.

Tabelle A 3.3.4- 15: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 2 des Verdauungsversuchs 2

Rohstoffe	Phase 2 ¹				
	K ²	LB	RKB	LS	RKS
Luzerneblätter (LB)	-	15,0	-	-	-
Rotkleeblätter (RKB)	-	-	15,0	-	-
Luzernesilage (LS)	-	-	-	15,0	-
Rotkleesilage (RKS)	-	-	-	-	15,0
Sojakuchen	12,0	6,0	7,0	7,5	8,0
Sonnenblumenkuchen	15,5	17,0	16,0	16,0	18,0
Mais	31,0	27,0	27,5	27,1	28,0
Weizen	27,1	17,3	16,8	16	12,1
Erbsen	11,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Rapsöl		4,7	4,5	5,4	5,7
Vormischung	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Calciumcarbonat	0,7	0,1	0,3	0,1	0,3
Monocalciumphosphat		0,2	0,2	0,2	0,2
Natriumchlorid	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

¹ Das Futter der Phase 2 wurde nur in der zweiten Woche der Phase 2 gefüttert; ² Kontrolle

Tabelle A 3.3.4- 16: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) in Phase 3 des Verdauungsversuchs 2

Rohstoffe	Phase 3 (29. - 42. Lebenstag)													
	K*1	K2 + PS ¹	LB			RKB			LS			RKS		
			S ² 1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Luzerneblätter (LB)	-	-	10	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotkleeblätter (RKB)	-	-	-	-	-	10	15	20	-	-	-	-	-	-
Luzernesilage (LS)	-	-	-	-	-	-	-	-	10	15	20	-	-	-
Rotkleesilage (RKS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	15	20
Sojakuchen	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Sonnenblumenkuchen	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
Mais	30	26,4	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Weizen	13,9	16	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
Erbsen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Rapsöl	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vormischung	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Calciumcarbonat	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Monocalciumphosphat	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Natriumchlorid	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Maisstärke	20	20	10,0	5	0	10,0	5	0	10,0	5	0	10,0	5	0
Titandioxid	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Lysin	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Methionin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Threonin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tryptophan	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Propionsäure	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleesilage; ¹ Propionsäure; ² Luzerne- bzw. Rotkleeanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 10 %, 15 %, 20 % für LB, RKB, LS und RKS

Tabelle A 3.3.4- 17: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 2 des Verdauungsversuchs 2

Parameter	K*	LB	RKB	LS	RKS
Trockensubstanz	89,02	89,76	89,13	89,57	89,77
Rohprotein	18,86	18,43	18,71	18,39	18,74
Rohfaser	4,57	5,79	5,52	7,38	6,09
Rohfett	5,91	10,27	10,01	11,05	11,55
Rohasche	6,27	6,84	6,8	6,81	7,6
Lysin	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Methionin	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35
Energie, MJ AME _N /kg	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
Lysin/ME	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Methionin/ME	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleeilage

Tabelle A 3.3.4- 18: Kalkulierte Inhaltsstoffe der Futtermischungen (%) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 2

Parameter	K*1	K2+P S ¹	LB			RKB			LS			RKS		
			S1 ²	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Trockensubstanz	90,0	90,1	89,6	89,5	89,3	89,2	88,8	88,4	89,4	89,1	88,9	89,4	89,1	88,9
Rohprotein	14,37	14,34	16,1	17,0	17,9	16,3	17,3	18,2	16,0	16,8	17,7	15,8	16,6	17,3
Rohfaser	3,22	3,2	4,54	5,2	5,86	4,39	4,97	5,56	5,64	6,85	8,06	4,73	5,49	6,24
Rohfett	8,18	8,36	8,51	8,68	8,85	8,5	8,66	8,82	8,59	8,79	8,99	8,53	8,71	8,88
Rohasche	5,13	5,13	6,17	6,68	7,2	6,02	6,47	6,91	6,15	6,66	7,17	6,49	7,18	7,86
Lysin	0,8	0,8	0,92	0,99	1,05	0,92	0,98	1,04	0,91	0,97	1,03	0,89	0,94	0,99
Methionin	0,33	0,33	0,36	0,38	0,4	0,37	0,39	0,41	0,37	0,39	0,41	0,36	0,38	0,39
Energie, MJ AME _N /kg	14,9	14,9	13,3	12,6	11,8	13,4	12,6	11,9	13,2	12,4	11,6	13,2	12,4	11,5
Lysin/ME	0,54	0,54	0,69	0,79	0,89	0,69	0,78	0,87	0,69	0,78	0,89	0,67	0,76	0,86
Methionin/ME	0,22	0,22	0,27	0,30	0,34	0,28	0,31	0,34	0,28	0,31	0,35	0,27	0,31	0,34

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleeilage ¹ Propionsäure; ² Luzerne- bzw Rotkleeanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 10 %, 15 %, 20 %

Tabelle A 3.3.4- 19: Analytierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phasen 1 und 2 des Verdauungsversuchs 2

Parameter	Phase 1	Phase 2				
	Öko-Starter	K*	LB	RKB	LS	RKS
Trockensubstanz	90,9	87,5	89,1	89,0	74,6	79,2
Rohprotein	20,71	22,01	22,79	22,14	21,40	20,53
Rohfaser	5,28	4,83	8,34	7,03	11,54	10,05
Rohfett	6,10	5,99	11,21	10,44	11,15	10,83
Rohasche	8,02	6,55	7,33	7,41	7,13	8,43
Lysin	1,03	1,02	1,06	1,05	1,02	0,93
Methionin	0,36	0,36	0,41	0,36	0,35	0,33
Energie, MJ AME _N /kg	13,21	13,97	13,66	13,66	13,44	13,00

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleeilage

Tabelle A 3.3.4- 20: Analyalisierte Inhaltsstoffe in den Futtermischungen (% in der TS) der Phase 3 des Verdauungsversuchs 2

Parameter	K*1	K2	LB			RKB			LS			RKS		
			S1 ¹	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Trockensubstanz	87,7	88,0	88,9	88,4	88,6	88,5	88,7	88,3	82,0	78,0	74,7	83,8	80,8	78,2
Rohprotein	16,14	16,09	17,23	19,03	19,93	18,16	19,25	20,57	17,87	19,64	20,37	17,72	17,97	19,03
Rohfaser	3,86	3,79	5,09	6,04	6,66	4,94	5,82	6,32	6,29	8,24	9,97	6,04	6,67	8,35
Rohfett	8,85	8,78	8,63	9,25	9,59	9,48	9,08	9,27	8,97	9,23	9,39	8,77	8,59	8,95
Rohasche	6,17	6,22	6,86	7,49	7,82	6,93	7,36	7,86	7,00	7,34	7,88	7,72	8,17	8,69
Lysin	0,88	0,90	1,02	1,15	1,18	1,11	1,12	1,18	1,10	1,11	1,17	1,04	1,06	1,08
Methionin	0,36	0,35	0,39	0,42	0,44	0,41	0,44	0,43	0,42	0,42	0,45	0,42	0,39	0,42
Energie, MJ AME _N /kg	15,51	15,23	14,26	13,78	13,39	14,41	13,76	13,32	14,20	13,55	13,11	14,01	13,38	12,82

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleesilage; ¹ Luzerne- bzw Rotkleeanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 10 %, 15 %, 20 %

Tabelle A 3.3.4- 21: Relativgehalte von neun bedeutsamen Saponinen, ausgedrückt als Umbelliferon-Äquivalent ($\mu\text{g/g TM}$) in Luzerneblättern (LB) und Luzernesilage (LS)

Saponine*	Aglycon	Retentionszeit (min)	Masse, gemessen	Massenfehler (ppm)	Saponin-Gehalte, Umbelliferon-Äquivalent ($\mu\text{g/g TM}$) (n=3) (SE ¹)	
					LB	LS
Hex-Hederagenin	Hederagenin	21,93	633,39	16,19	11,3 (1,8)	65,5 (2,8)
3-Glc-medicagens.	Medicagens.	16,75	663,37	16,45	44,6 (4,2)	37,3 (1,1)
Medicagens. Derivat	Medicagens.	12,98	1104,53	4,88	51,4 (10,2)	62,6 (1,7)
Hex-HexA-Aglycone A	Unbekannt	16,45	823,40	14,25	61,4 (14,2)	23,4 (0,2)
Azukisaponin II	Azukisaponin	19,79	795,44	13,20	62,7 (11,2)	111 (2,8)
Medicoside H	Medicagens.	14,19	941,46	13,00	84,2 (8,4)	209 (4,7)
Medicagens. 3-O- β -D-glucuronide	Medicagens.	19,47	677,35	11,44	89,3 (18,9)	242 (3,4)
3-Glc-Glc-28-Ara-Rha-Medicagens.	Medicagens.	12,97	1103,52	4,80	101 (16,3)	138 (11,5)
HexA-dHex-Pen-Pen-Pen-Zanhics.	Zanhics.	13,98	1235,55	5,56	200 (29,9)	12,4 (0,5)

*Abkürzungen Saponine: Ara: Arabinose; Glc: Glucose; Hex: Hexose; HexA: Hexuronsäure; dHex: 6-Deoxyhexose; Pen: Pentose; Rha: Rhamnose.

¹SE: Standard-Fehler der Saponinkonzentration (drei Wiederholungsmessungen)

Tabelle A 3.3.4- 22: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 2 mit Masthühnern: Futterverbrauch und Lebendmasseentwicklung in den Phasen 1 und 2 (LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE))

Phase	Parameter		Gruppe					p ¹
			K*	LB	LS	RKB	RKS	
Phase 1	Lebendmasse Einstallung Tag 1	g	37,2	37,3	37,2	37,3	37,1	0,912
	SE		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	Lebendmasse Tag 14	g	216,4	214,8	215,6	220,0	218,2	0,420
	SE		2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	
	Tageszunahme Tag 14	g/d	12,8	12,7	12,7	13,0	12,9	0,904
	SE		0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	
	Futterverbrauch Tag 14	g/d	288,3	285,0	284,7	284,2	290,2	0,978
	SE		9,5	7,8	7,8	7,8	7,8	
Futteraufwand Tag 14	kg/kg	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	0,794	
SE		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Phase 2	Lebendmasse Tag 21	g	405,7	401,5	402,7	410,4	406,4	0,632
	SE		5,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Lebendmasse Tag 28	g	677,3 ^b	648,5 ^c	703,6 ^a	672,0 ^{bc}	652,7 ^{bc}	0,000
	SE		8,4	6,9	6,9	6,9	6,9	
	Tageszunahme Tag 21	g/d	27,1	26,7	26,7	27,2	26,9	0,976
	SE		0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	
	Tageszunahme Tag 28	g/d	38,8 ^b	35,3 ^b	43,0 ^a	37,4 ^b	35,2 ^b	0,000
	SE		1,4	1,1	1,1	1,1	1,1	
	Futterverbrauch Tag 21	g/d	357,5	357,7	374,0	380,3	363,7	0,867
	SE		21,5	17,6	17,6	17,6	17,6	
	Futterverbrauch Tag 28	g/d	580,0	603,7	693,3	643,0	700,5	0,115
	SE		42,1	34,4	34,4	34,4	34,4	
	Futteraufwand Tag 21	kg/kg	1,9	1,9	2,0	2,0	1,9	0,945
	SE		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Futteraufwand Tag 28	kg/kg	2,1 ^b	2,5 ^{ab}	2,3 ^{ab}	2,5 ^{ab}	2,9 ^a	0,052
	SE		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleesilage ¹ Signifikanzniveau: p ≤ 0,05

^{a,b,c} ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen

Tabelle A 3.3.4- 23: Ergebnisse des Verdauungsversuchs 2 mit Masthühnern: Futterverbrauch und Lebendmasseentwicklung in der Phase 3

Parameter	Gruppen															SE	p ¹
	K		LB			LS			RKB			RKS					
	K*1	K2	S*1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3			
Lebendmasse Tag 28, g	676,5 ^{bc}	678,9 ^{bc}	649,6 ^{bc}	651,7 ^{bc}	644,2 ^{bc}	738,3 ^a	679,6 ^{bc}	692,9 ^b	665,5 ^{bc}	682,3 ^{bc}	668,2 ^{bc}	654,0 ^{bc}	632,3 ^c	671,8 ^{bc}	11,68	0,000	
Lebendmasse Tag 41/42, g	1436 ^b	1436 ^b	1399 ^{bc}	1418 ^{bc}	1341 ^{bc}	1615 ^a	1544 ^a	1555 ^a	1388 ^{bc}	1372 ^{bc}	1384 ^{bc}	1375 ^{bc}	1297 ^c	1304,0 ^c	26,8	0,000	
Tageszunahme, g/d	56,4 ^{ab}	56,4 ^{ab}	55,5 ^{ab}	56,8 ^{ab}	51,5 ^b	64,9 ^a	64,0 ^a	63,8 ^a	53,2 ^b	51,1 ^b	53,0 ^b	53,5 ^b	49,4 ^b	47,0 ^b	1,94	0,000	
Futterverbrauch, g/d	128,9	123,4	127,8	136,4	140,5	140,7	153,3	149,9	137,8	150,4	129,7	131,8	137,8	132,6	9,22	0,495	
Futtermittelverbrauch, kg/kg	2,3 ^{bc}	2,2 ^c	2,3 ^{bc}	2,4 ^{abc}	2,7 ^{ab}	2,2 ^{bc}	2,4 ^{abc}	2,4 ^{abc}	2,6 ^{abc}	2,9 ^a	2,4 ^{abc}	2,5 ^{abc}	2,8 ^{ab}	2,9 ^a	0,16	0,016	

*K=Kontrolle, LB=Luzerneblatt, RKB=Rotkleeblatt, LS=Luzernesilage, RKS=Rotkleesilage; ¹ Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$

^{a,b,c} ungleiche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen; ² Luzerne- bzw Rotkleeanteil in den Zulagestufen S1, S2, S3 jeweils 10 %, 15 %, 20 %

9.3 Weiterführende Tabelle zum Kapitel 3.3.6.3

Tabelle A 3.3.6- 1: Analytierte Nährstoffgehalte (g/kg TM) der Einzelfutterkomponenten der Alleinfuttermischungen

Merkmal	LB* (frisch)	LBS (getrock- net)	Gerste	Mais	Maiskleber	Grünmehl	Sojakuchen	Sonnenblumen-ku- chen	Weizen	Triticale
Trockenmasse	210	912	884	888	927	925	912	918	890	884
Rohprotein	362	342	111	107	646	229	457	355	123	114
Rohfett	42.8	61.9	35.5	51.3	84.5	56.7	153	126	23.5	22.2
Rohasche	111	115	38.4	16.9	54.1	83.5	71.4	71.4	25.2	23.1
Rohfaser	101	110	63.1	27.5	12.3	161	66.1	146	34.5	30.3
Stärke	41.5	131	579	728	173	144	41.5	137	669	698
Zucker	53.7	-	30.8	24.0	-	81.4	97.1	62.2	31.6	31.6
AMEN ¹⁾	9.33	7.61	13.25	15.88	17.00	6.79	13.27	9.52	14.52	14.30
Lysin	21.77	13.97	5.07	3.78	11.83	9.69	31.34	15.60	4.19	4.07
Methionin	5.69	4.40	2.06	2.09	16.74	4.52	6.22	8.01	2.02	1.89
Cystein	4.38	2.39	2.59	2.32	12.75	3.51	7.09	6.33	2.89	2.68
Threonin	16.62	8.89	4.20	4.32	22.65	8.80	18.55	13.38	3.83	3.61
Tryptophan	5.48	2.81	1.42	0.74	4.01	2.73	6.30	4.45	1.48	1.15
Arginin	18.22	4.39	6.65	5.48	22.26	13.46	33.43	28.77	6.47	5.68
Leucin	26.69	20.58	7.82	13.18	103.25	19.92	34.36	23.17	8.36	7.33
Isoleucin	14.96	11.77	3.91	3.82	25.57	9.16	20.46	14.30	4.15	3.72
Tyrosin	11.34	3.45	3.45	4.40	31.97	7.10	14.97	9.04	3.47	3.08
Valin	19.49	15.06	5.36	5.20	30.46	11.33	21.22	17.04	5.40	4.97
Glycin	16.21	12.71	5.25	4.21	20.54	11.00	19.55	21.26	5.20	4.76
Phenylalanin	17.97	12.57	5.24	5.69	41.89	11.39	23.44	16.59	5.78	5.09
Asparagin	44.20	20.49	8.49	7.62	37.85	20.14	53.19	32.87	7.20	6.86
Glutamin	36.96	13.43	23.94	22.60	135.74	38.82	83.78	70.34	34.45	29.23
Serin	14.85	5.41	5.08	5.41	32.55	9.77	23.04	15.13	5.65	5.00
Histidin	8.09	5.45	2.59	2.90	14.68	5.31	12.81	9.36	2.81	2.44
Alanin	20.67	21.69	5.09	8.21	53.07	13.25	19.47	15.43	4.66	4.42
Prolin	12.40	53.20	9.73	10.76	61.79	16.78	24.18	15.93	11.24	10.34

*LB=Luzerneblatt, LBS=Luzerneblattsilage

Tabelle A 3.3.6- 2: Analyierte Gehalte an Inhaltsstoffen der Alleinfuttermischungen (in g bzw. MJ AME_N/kg (bezogen auf 88 %))

Parameter	Kontrolle	LBS 10%	LBS 20%
Trockensubstanz	909	909	915
Rohprotein	175	176	179
Rohfett	51,8	55,8	81,1
Rohasche	124	114	125
Rohfaser	45,8	54,8	57,3
NfE	484	480	438
Stärke	357	376	335
Zucker	34,7	26,6	19,4
AME _N ¹ (MJ)	11,3	11,4	11,4
Lysin	7,22	7,01	6,80
Methionin	3,66	3,47	3,58
Cystein	3,55	3,13	3,02
Threonin	6,29	6,05	5,95
Tryptophan	1,98	1,85	1,74
Arginin	10,4	8,78	7,34
Leucin	15,1	15,2	15,4
Isoleucin	6,61	6,80	6,68
Tyrosin	5,50	4,94	4,54
Valin	7,93	8,40	8,33
Glycin	7,95	7,99	7,82
Phenylalanin	8,66	8,62	8,46
Asparagin	14,3	13,4	12,7
Glutamin	37,3	32,6	27,7
Serin	7,98	7,04	6,43
Histidin	4,23	3,87	3,83
Alanin	8,99	10,0	11,0
Prolin	12,4	16,5	19,7

¹ AME_N berechnet nach WPSA (1984)

9.4 Weiterführende Tabellen zum Kapitel 3.3.7.3

**Tabelle A 3.3.7-1: Inhaltsstoffe der im Fütterungsversuch mit Masthühnern eingesetzten Luzer-
nesorten Sanditi, Plato und Fleetwood**

Inhaltsstoff		Sanditi	Plato	Fleetwood
Rohprotein	% in TS	24,3	25,0	25,8
Rohfett	% in TS	3,4	3,0	3,3
Rohasche	% in TS	10,5	10,9	10,4
Rohfaser	% in TS	19,4	17,9	18,1
Stärke	% in TS	4,6	2,5	2,3
Zucker	% in TS	5,7	5,1	4,9
Lysin	g/kg TM	13,7	14,7	15,1
Methionin	g/kg TM	3,7	4,0	3,8
Cystein	g/kg TM	3,2	3,3	3,3
Threonin	g/kg TM	11,0	12,0	12,0
Tryptophan	g/kg TM	3,6	4,4	4,1

Tabelle A 3.3.7-2: Saponinverbindungen in den Luzernesorten Sanditi, Plato und Fleetwood (Umbelliferon-Äquivalente ausgewiesen ($\mu\text{g/g TM}$))

Sub-Klasse der Saponine	Sanditi	Plato	Fleetwood
Bayogenin	2,01	1,94	2,07
Bayogenin; Medicagenic acid	0,04	0,04	0,03
Bayogenin; Soyasapogenol	3,23	3,50	4,76
Echinocystic acid; Hederagenin	0,36	0,52	0,30
Gypsogenic acid; Hederagenin	0,25	0,25	0,29
Hederagenin	8,74	6,74	7,61
Hederagenin; Soyasapogenol	0,46	0,37	0,34
Medicagenic acid	244	201	183
Medicagenic acid; Bayogenin	5,72	5,63	5,06
Saikosaponin	0,28	0,20	0,17
Soyasapogenol	161	161	175
Soyasapogenol; Unbekannt	0,81	0,72	0,54
nicht zuordenbare Saponinverbindungen	1,38	1,35	1,36
Zanhic acid	0,93	0,68	0,79

Tabelle A 3.3.7-3: Inhaltsstoffe und ME-Gehalte der Alleinfuttermischungen für den Fütterungsversuch mit Masthühnern

Inhaltsstoffe		Kontrolle	Sanditi 7,5 %	Plato 7,5 %	Fleetwood 7,5 %	Sanditi 15 %	Plato 15 %	Fleetwood 15 %
TS	%	90,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0
AME _N	MJME/kg	13,3	13,1	13,1	13,2	13,3	13,2	13,3
Rohprotein	% in TS	24,8	24,4	24,6	24,7	24,2	24,0	24,1
Rohfaser	% in TS	5,0	5,8	5,9	6,1	6,8	7,1	6,7
Rohfett	% in TS	8,7	8,9	8,9	9,3	10,2	9,9	10,0
Rohasche	% in TS	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,3
Stärke	% in TS	34,7	33,5	33,5	33,3	32,0	32,6	32,8
Zucker	% in TS	5,2	5,0	5,0	5,1	5,0	5,0	4,7
Lysin	g/kg TM	12,6	12,4	12,7	12,9	12,8	12,4	12,4
Methionin	g/kg TM	4,0	3,8	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8
Cystein	g/kg TM	4,3	4,1	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0
Tryptophan	g/kg TM	3,1	3,0	3,2	3,1	2,9	2,8	2,9
Threonin	g/kg TM	9,3	9,1	9,3	9,3	9,4	9,1	9,2