

Universität Kassel

Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit
Witzenhausen

Prof. Dr. Albert Sundrum

Silage von jung genutzter Luzerne (*Medicago sativa*) als heimisches Proteinfutter in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung

Dissertation zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Agrarwissenschaften

vorgelegt
dem Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
von:

Jessica Kim Wüstholtz
Mönchsdeggingen

2017

Die vorliegende Arbeit wurde vom Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.) angenommen.

Erstgutachter: Prof. Dr. Albert Sundrum

Zweitgutachter: Prof. Dr. Gerhard Bellof

Tag der mündlichen Prüfung: 16. März 2017

Danksagung

Die vorliegende Dissertation wäre ohne die Unterstützung zahlreicher Menschen nicht zu Stande gekommen und vollendet worden.

Zuerst möchte ich mich bei **Prof. Dr. Albert Sundrum** bedanken, dass er es mir ermöglicht hat als externe Doktorandin an der Universität Kassel zu promovieren. Im Austausch mit ihm habe ich viel lernen können und die im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Publikationen sowie die Dissertationsschrift voran bringen können.

Herrn **Prof. Dr. Gerhard Bellof** bin ich zu großem Dank verpflichtet. Er hat mir das Thema überlassen und sich viel Zeit genommen mit mir Methoden, Probleme sowie Ergebnisse zu diskutieren. Im Austausch mit ihm habe ich sehr viel über Tierernährung und wissenschaftliches Arbeiten dazugelernt.

Herrn **Prof. Dr. Werner Zollitsch** und Herrn **Prof. Dr. Detlev Möller** danke ich für die Übernahme der Gutachterrolle in meiner mündlichen Prüfung.

Ebenso möchte ich mich bei **Prof. Dr. Eggert Schmidt** bedanken, der mir mit dem entgegengebrachten Vertrauen den beruflichen Einstieg ermöglicht hat und somit die Tür in Richtung Promotion geöffnet hat.

Meinem Kollegen **Holger Weller** danke ich für die entstandene Freundschaft und alles was ich vom ihm lernen konnte. Von seiner Erfahrung im Bereich der praktischen Tierhaltung und Versuchsdurchführung habe ich mehr als profitiert.

Meinem Kollegen **Ulrich Berger** danke für sein Engagement, das wesentlich dazu beigetragen hat, dass Futtermittel, Tiere und Stalleinrichtung für die Durchführung der Versuche bereitstanden.

Meiner Kollegin **Dr. Luz Salomé Carrasco** danke ich für die gute Zusammenarbeit bei der Auswertung der erfassten Daten und der Erstellung der Publikationen.

Dank gilt auch meiner Kollegin **Regine Müller**, die nie den Überblick über die zur Verfügung stehenden Projektmittel verloren hat.

Außerdem bedanke ich mich bei meinem Kollegen **Alfred Seibold**, der jedes EDV-Problem im Stall und im Büro lösen konnte.

Ohne die studentischen Hilfskräfte **Liane Ellmann, Constanze Feneis, Victoria Dietz, Sebastian Grimm, Elisabeth Daffner, Pia Meiller, Jonas Kettler, Immanuel Freitag, Julian Radtke, Friederike Huber, Kathrin Hechl, Josef Hauser** und **Fabiano Hensen** wäre die praktische Durchführung der Fütterungsversuche nicht möglich gewesen. Vielen Dank für euren Einsatz!

Besonderer Dank gilt auch meiner Kollegin und Freundin **Dr. Karina Appelmann**, die immer ein offenes Ohr für mich hatte und eine tolle Diskussionspartnerin bezüglich Methodik und Formatierung war.

Bei **Dr. Joseph Gross** und **Theodor Wassiliou** bedanke ich mich für die Durchsicht der englischen Texte.

Bei meinen Schwiegereltern **Walter und Elisabeth Wüstholtz**, meinen Schwägerinnen **Claudia Wüstholtz-Schonder** sowie **Elisabeth Wüstholtz** und meiner Oma **Inge Hörnle** bedanke ich mich für all die schönen Stunden, die sie meinen Kindern geschenkt haben damit ich mich meiner Dissertation widmen konnte.

Ich möchte mich bei meiner Schwägerin **Dr. Annette Wüstholtz** bedanken, sie weiß wofür.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Vater **Prof. Dr. Uwe Weltin** bedanken. Danke Papa, dass du immer für mich da bist, mir mein Studium ermöglicht hast und mich bei meiner Dissertation unterstützt hast.

Das größte Dankeschön gilt meinem Mann **Dr. Richard Wüstholtz**. Er stand die gesamte Promotionszeit hinter mir, hat mich unaufhörlich unterstützt und motiviert und war stets für unsere Töchter **Carmen** und **Marlene** da, während ich gearbeitet habe.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	XI
Auflistung der in dieser Dissertation zusammengefassten Publikationen.....	XIV
Zusammenfassung.....	XV
Summary.....	XVII
1. Kapitel Allgemeine Einführung.....	1
1.1 Gesetzliche Grundlagen der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung	1
1.2 Aminosäurenversorgung in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung	2
1.3 Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) im ökologisch wirtschaftenden Betrieb mit Geflügel- oder Schweinehaltung	5
1.4 Mögliche Auswirkungen hoher Anteile an Raufutter bzw. Rohfaser in der Futtermischung von Schweinen und Geflügel	6
1.5 Konservierung und Aufbereitung von Luzerne für den Einsatz in der Schweine- und Geflügelfütterung	9
1.6 Auswirkungen hoher Luzerneanteile in der Futtermischung auf die Qualität der Produkte von Schwein und Geflügel	11
1.7 Zielsetzung der vorliegenden Dissertation	13
1.8 Literaturverzeichnis.....	14
1.9 Rechtsquellenverzeichnis	28
2. Kapitel Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (<i>Medicago sativa</i>) in organic pig production	29
2.1 Abstract	29
2.2 Keywords.....	30
2.3 Introduction.....	30
2.4 Material and methods	31
2.5 Results	37
2.6 Discussion	40
2.7 Conclusion.....	42

2.8	Acknowledgment	43
2.9	References	43
3.	Kapitel Silage of young harvested alfalfa (Medicago sativa) as home-grown protein feed in the organic feeding of laying hens	47
3.1	Abstract	47
3.2	Keywords.....	47
3.3	Introduction.....	48
3.4	Materials and methods.....	49
3.5	Results	54
3.6	Discussion	58
3.7	Conclusions	60
3.8	Acknowledgments.....	60
3.9	References	60
4.	Kapitel Silage from alfalfa (Medicago sativa) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers.....	64
4.1	Introduction.....	64
4.2	Material and methods	65
4.3	Results	71
4.4	Discussion	75
4.5	Conclusions	77
4.6	Acknowledgements.....	77
4.7	Summary	77
4.8	Keywords.....	78
4.9	Zusammenfassung	78
4.10	Stichworte.....	79
4.11	References	79
5.	Kapitel How Does Feeding Organic Broilers High Levels of Alfalfa Silage Affect the Meat Quality?	84
5.1	Abstract	84
5.2	Keywords.....	84
5.3	Introduction.....	84
5.4	Material and Methods	85
5.5	Results and Discussion.....	88

5.6	Conclusions	95
5.7	Acknowledgements.....	95
5.8	References	95
6.	Kapitel Weiterführende Diskussion und Schlussfolgerungen.....	100
6.1	Eigenschaften jung genutzter Luzerne als Futtermittel für Mastschweine und Geflügel	100
6.1.1	Pflanzenbauliche Aspekte junger Luzerne als Eiweißfuttermittel für Schweine und Geflügel	100
6.1.2	Silierung als Konservierungsmethode für jung genutzte Luzerne	102
6.1.3	Silageaufnahme und tierische Leistungen bei Einsatz jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne.....	103
6.1.4	Verdaulichkeit der Nährstoffe von jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne.....	104
6.1.5	Schätzung der Energiegehalte jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne	105
6.2	Einsatzpotentiale jung genutzter, siliertes Luzerne in der Praxis	105
6.2.1	Einsatz jung genutzter, siliertes Luzerne in der praktischen Schweinefütterung	105
6.2.2	Einsatz jung genutzter, siliertes Luzerne in der praktischen Geflügelfütterung.....	106
6.2.3	Einfluss von jung genutzter, siliertes Luzerne auf die erzielte Produktqualität in der Schweine- und Geflügelfütterung	108
6.2.4	Arbeits- und betriebswirtschaftliche Aspekte des Einsatzes jung genutzter Luzerne in der Schweine und Geflügelfütterung	110
6.3	Fazit.....	111
6.4	Literaturverzeichnis.....	114
6.5	Rechtsquellenverzeichnis	122
	Lebenslauf.....	123
	Erklärung.....	125

Abbildungsverzeichnis

Figure 1:	Proportion of silage of the total dry matter consumption according to the groups.....	56
Figure 2:	Laying performance (%) over the experimental period	57
Figure 3:	Development of the laying hens body weight (kg) over the experimental period.....	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Rohprotein-, Lysin- und Methioningehalt ausgewählter Futtermittel	2
Table 2:	Composition of the complete feed mixtures and the supplemental feed mixtures for the particular phases of the trial	33
Table 3:	Average daily concentrated feed mixture intake, silage consumption and proportion of the silage in the diet as well as in combination with the feed analyses resulting intake of selected nutrients.....	35
Table 4:	Development of the live body weight and daily weight gain (LS-Means and Standard Error) in the different phases of the trial and in average as well as total increment and duration of the fattening period	38
Table 5:	Results of the elevated carcass characteristics per group and sex (LS-means and Standard error (SE))	39
Table 6:	Experimental design.....	51
Table 7:	Concentrate feed mixture ingredients and analysed nutritional composition.....	52
Table 8:	Nutritional composition of alfalfa silage (% in DM).....	54
Table 9:	Average daily concentrate feed mixture, silage and total dry matter intake (g DM, LS-Means and Standard Error (SE))	55
Table 10:	Average egg weight (g, LS-Means and Standard Error (SE))	57
Table 11:	Composition (on feed basis) of concentrates in phase 1 (starter phase).....	68
Table 12:	Composition (on feed basis) of the concentrated feed mixtures for phase 2 (grower phase)	69
Table 13:	Composition (on feed basis) of the concentrated feed mixture for phase 3 (fattening phase)	70
Table 14:	Daily feed intake as dry matter (DM g/animal; LS Means and SE) and proportion of silage in the daily diet (% arithmetic means).....	72
Table 15:	Average AME-, lysine-, and methionine intake	73
Table 16:	Development of the live weights (LS-Means and SE).....	74
Table 17:	Weight and proportions of carcass yield (LS-Means and SE).....	75
Table 18:	Composition of the complete feed mixture (CFM), supplemental feed mixture (SFM), pellets (SFM + extruded silage) in Phase 3 (WÜSTHOLZ et al., 2016).....	86

Table 19:	Birds' performance in P3 (WÜSTHOLZ et al., 2016), calculated alfalfa intake and ratios of alfalfa/fat and fat/silage89
Table 20:	Fatty acid profile (g/100g FAME) in the breast meat of broiler (n = 10).....90
Table 21:	Fatty acid profile of forage (g/100g FAME) according to some authors91
Table 22:	Fat, fatty acid and cholesterol content in the broiler breast meat (n = 10; LS-means and stadard error (SE))93
Table 23:	Color parameters of broiler breast meat (n = 10; LS means and standard error (SE))94
Table 24:	Selected sensory characteristics of breast meat samples from broilers (n = 10; LS-means and standard error (SE))95

Abkürzungsverzeichnis

a*	redness, Rotton
AFS	alfalfa silage, Luzernesilage
AME	apparent metabolisable energy, scheinbar umsetzbare Energie
AMI	Agrarmarkt Informations-GmbH
b*	yellowness, Gelbton
BÖLN	Bundesprogramm für ökologischen Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
C	chroma, Farbsättigung
CIE	Commission international de l'éclairage, Internationale Beleuchtungskommission
CFM	complete feed mixture, Alleinfutter
d	day/days, Tag/Anzahl Versuchstage
DDGS	distillers grains with solubles, Weizentrockenschlempe
DHA	docosahexaenoic acid, Docosahexaensäure
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DM	dry matter, Trockensubstanz
DPA	docosapentaenoic acid, Docosapentaensäure
EFSA	European Food Safety Authority, Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EG	Europäische Gemeinschaft
EPA	eicosapentaenoic acid, Eicosapentaensäure
EU	European Union, Europäische Union
EG	Europäische Gemeinschaft
f	female, weibliche Tiere
FAME	fatty acid methyl ester, Fettsäuremethylester
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FM	Frischmasse
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

GLM	General linear model
h	hue, Farbwinkel/Bunttonwinkel
HSWT	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
ICOPP	Improved Contribution of Local Feed to Support 100 % Organic Feed Supply to Pigs and Poultry
IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movements
K	Kalium
kJ	Kilojoule
KOH	potassium hydroxide, Kaliumhydroxid
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
L*	lightness, Helligkeit
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LPA	Leistungsprüfanstalt
LS-mean	Least square mean, geschätzter Mittelwert
LW	Live weight, Lebendgewicht
m	male, männliche Tiere
ME	metabolisable energy, umsetzbare Energie
mind.	mindestens
MJ	Megajoule
MUFA	mono unsaturated fatty acid, einfach ungesättigte Fettsäure
n	Anzahl an Beobachtungen/Tieren
n3	Omega-3-Fettsäure(n)
n6	Omega-6-Fettsäure(n)
N	Stickstoff
n.a.	not analysed, nicht analysiert
NEC-Richtlinie	National Emission Ceilings Directive, Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe
NKV	Nährwertkennzeichnungsverordnung
NS	not significant, nicht signifikant
p	probability of error, Irrtumswahrscheinlichkeit

P	Phosphor
P1	phase 1, Phase 1
P2	phase 2, Phase 2
P3	phase 3, Phase 3
PUFA	poly unsaturated fatty acids, mehrfach ungesättigte Fettsäuren
SE	Standard-error, Standardfehler
SFA	saturated fatty acid, gesättigte Fettsäure
SFM	supplemental feed mixture, Ergänzungsfuttermittel
TierSchG	Tierschutzgesetz
TierSchNutzV	Tierschutznutztierhaltungsverordnung
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
XA	crude ash, Rohasche
XF	crude fibre, Rohfaser
XL	crude lipid, Rohfett
XP	crude protein, Rohprotein
WPSA	World's Poultry Science Association
ZDS	Zentralverband der deutschen Schweineproduktion e.V.

Auflistung der in dieser Dissertation zusammengefassten Publikationen

Folgende Publikationen sind Teil der vorliegenden Dissertation. Sie wurden bei unterschiedlichen wissenschaftlichen Zeitschriften nach anonymer Begutachtung zur Veröffentlichung angenommen und publiziert:

- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2017): Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (*Medicago sativa*) in organic pig production
Publikation in: Livestock Science
- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2016): Silage of young harvested alfalfa (*Medicago sativa*) as home-grown protein feed in the organic feeding of laying hens.
Publikation in: Organic Agriculture
- WÜSTHOLZ, J., CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2016): Silage from alfalfa (*Medicago sativa*) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers.
Publikation in: European Poultry Science
- CARRASCO, S., WÜSTHOLZ, J., HAHN, G., BELLOF, G. (2017): How Does Feeding Organic Broilers High Levels of Alfalfa Silage Affect the Meat Quality?
Publikation in: Organic Agriculture

Die Beiträge sind in dieser Arbeit in einheitlicher Formatierung und Zitierweise sowie fortlaufender Kapitelnummerierung in den Kapiteln 2 bis 5 wiedergegeben. Siehe hierzu auch „Erklärung“ auf Seite 125.

Zusammenfassung

Die EU-Öko-Richtlinien sehen in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung den Einsatz ökologisch und zudem möglichst betriebseigener oder zumindest regional erzeugter Futtermittel vor. Des Weiteren ist ein tägliches Raufutterangebot für diese Tiere obligatorisch. In der Praxis wird die 100%-Biofütterung von Schweinen und Geflügel bislang auf vielen Betrieben noch nicht umgesetzt. Gründe dafür sind die mangelnde Verfügbarkeit und/oder der hohe Preis von Eiweißfuttermitteln, deren Aminosäuremuster für den Einsatz bei Schweinen und Geflügel günstig ist. Außerdem werden in der aktuellen Fütterungspraxis hohe Anteile an Importfuttermitteln wie Sojabohnen oder Sonnenblumen eingesetzt. Das Spektrum der heimischen Proteinträger ist begrenzt. Allerdings weist Luzerne, die im Vegetationsstadium „Beginn der Knospe“ geerntet wird, im Vergleich zu den Eiweißfuttermitteln Sojakuchen, Ackerbohnen und Erbsen pro 100 g Rohprotein (XP) hohe Lysin- und Methioningehalte auf. Da diese einheimische Pflanze zudem in vielen ökologisch wirtschaftenden Betrieben Teil der Fruchtfolge ist, liegt es nahe, ihr Potential als Eiweißfuttermittel für Monogastrier zu analysieren. Gleichzeitig kann mit dem Einsatz von Luzerne das in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung obligatorische Raufutterangebot bedient werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es zum einen zu untersuchen unter welchen Bedingungen jung genutzte Luzerne erfolgreich als Silage konserviert werden kann. Zum anderen sollte in Fütterungsversuchen die Eignung der erzeugten Luzernesilage als Eiweißfuttermittel für Schweine und Geflügel geprüft werden. Zielgrößen waren hierbei die Futteraufnahme (Silage und Krafftutter) sowie die tierischen Leistungen. Darüber hinaus stellte sich die Frage, ob die realisierte Aufnahme an Luzernesilage die Qualitätsparameter von Fleisch und Eiern beeinflusst.

Bei den durchgeführten Silageernten wurde neben dem genannten frühen Schnitzeitpunkt auf die Vermeidung einer Verschmutzung, das Anwelken auf mindestens 40% TS, das starke Kleinhäckseln und Verdichten des Erntegutes geachtet. Um möglicherweise positive Effekte auf den Silierverlauf sowie die Verdaulichkeit der Nährstoffe im Futter zu erhalten, wurde ein Teil des Erntegutes zusätzlich extrudiert.

In den Fütterungsversuchen mit Mastschweinen, Legehennen und Mastbroilern diente je eine mit Alleinfutter versorgte Tiergruppe als Kontrolle (A). In den Versuchsgruppen wurde den Tieren neben jeweils einer Silagevariante (gehäckselt (B) oder extrudiert (C)) ein Ergänzungskraftfutter angeboten. Dieses Krafftutter berücksichtigte in der Zusammensetzung jeweils die vorab unterstellte Silageaufnahme bzw. die daraus resultierende Nährstofflieferung. In den Geflügelversuchen wurde in einer weiteren Versuchsgruppe (D) das

Ergänzungskrafffutter mit der Luzernesilage in dem gewünschten Verhältnis vermischt und pelletiert. Die Silagen wurden in allen Fütterungsversuchen *ad libitum* vorgelegt. Das Krafffutter wurde bei den Mastschweinen rationiert, beim Geflügel wurden sowohl Krafffutter als auch Pellets *ad libitum* angeboten.

Von den erzeugten Produkten Fleisch und Ei wurden am Ende der Fütterungsversuche Proben entnommen und hinsichtlich Fettsäurenmuster, Cholesteringehalt und Farbe untersucht. Das Broilerfleisch wurde zusätzlich einer sensorischen Beurteilung unterzogen.

Die erzeugten Silagen wiesen bezüglich der analysierten Nährstoffgehalte nur minimale Unterschiede auf. Der Rohproteingehalt lag bei 22,2-23,1% in der Trockenmasse (TM), der Lysingehalt bei 1,1-1,3% in der TM und der Methioningehalt bei 0,31-0,36% in der TM. Schimmelbildung sowie unerwünschte Erwärmung und Gärsäurebildung konnten weder bei der gehäckselten, noch bei der extrudierten Silagevariante festgestellt werden.

Bezogen auf die Trockenmasseaufnahme lag der Anteil der Silage bei den Mastschweinen bei 20-50%, bei den Legehennen bei 10-20% und bei den Masthähnchen bei 10-30%. Im Versuch mit Mastschweinen wurden zwischen den Fütterungsgruppen bezüglich Wachstums- und Schlachtleistung keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die Leistungen lagen allerdings insgesamt auf niedrigem Niveau. Im Versuch mit Legehennen wurden in allen Fütterungsgruppen vergleichbare, zufriedenstellende tierische Leistungen erzielt. Im Versuch mit Masthähnchen erzielten die mit Silage gefütterten Tiere signifikant höhere Wachstumsleistungen und schwerere Schlachtkörper als die Kontrollgruppe.

Die Aufnahme der Luzernesilage führte im Vergleich zu den Eiern und Fleisch der Kontrollgruppen zu einem niedrigeren Cholesteringehalt und einem veränderten Fettsäurenmuster zu Gunsten des Anteils an ungesättigten Fettsäuren. Die Sensorik des Broilerfleisches wurde durch die Luzernesilage nicht beeinflusst.

Die Ergebnisse führen zu dem Schluss, dass jung geerntete Luzerne erfolgreich als Silage konserviert werden kann. Aufgrund der beobachteten Futteraufnahme und tierischen Leistungen hat jung genutzte Luzerne das Potential, zu einer 100%-Biofütterung von Schweinen und Geflügel beizutragen. Die beobachteten Einflüsse der Luzernefütterung auf die Produktqualität sind hinsichtlich des Beitrages für die Humanernährung positiv zu beurteilen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um herauszuarbeiten, welche Silagemengen in der Schweine- und Broilermast eingesetzt werden können, ohne mögliche Leistungseinbußen in Kauf nehmen zu müssen.

Summary

The EU-guidelines for organic agriculture require the use of organic and additionally preferably in house or regional produced feeding stuffs in the organic pig and poultry feeding. Furthermore, a daily offer of roughage is mandatory for these animals. In practice, the 100% organic feeding of pigs and poultry is not implemented in many farms. Reasons for this are the lack of availability and/or the high price of protein feed with an amino acid pattern that is favorable for the use with pigs and poultry. Moreover, in the current feeding practice high levels of imported feed stuffs such as soybeans or sunflowers are used. The spectrum of native protein feed is limited. However alfalfa harvested in the vegetative stage „beginning of the bud“ shows high lysine and methionine contents per 100 g crude protein, compared to the protein feeds soybean cake, field beans and peas. Since this native plant is part of the crop rotation in many organic farms it is not far to seek to analyse their potential as protein feed for monogastric animals. At the same time the use of alfalfa in the organic pig and poultry feeding can fulfill the mandatory offer of roughage. The aim of the present study was on the one hand to investigate under which conditions young harvested alfalfa can be successfully conserved as silage. On the other hand in feeding trials the suitability of the produced alfalfa silages as protein feed for pigs and poultry should be tested. Targets here were the feed intake (silage and concentrated feed) as well as the animal's performance. In addition, the question arose whether the realized alfalfa intake affected the quality parameters of meat and eggs. During the conducted harvests of the silage beside the mentioned early cutting time, the prevention of contamination with sand etc., the wilting up to not less than 40 % DM and the strong shredding and compaction of the crop were considered. To receive possibly positive effects on the ensiling process and the digestibility of the nutrients in the feed, a part of the crop was additionally extruded. In the feeding trials with fattening pigs, laying hens and broilers always a group of animals fed with a complete feed mixture served as control group (A). In the experimental groups the animals were offered beside one of the silage variations (chopped (B) or extruded (C)) a supplemental feed mixture. The composition of these concentrate feed considered in each case the assumed silage intake and the resulting nutrient delivery, respectively. In the poultry trials for a further experimental group (D), the supplemental feed mixture was mixed with the alfalfa silage in the desired ratio and pelletized. The silages were offered in all feeding trials *ad libitum*. The concentrate feed was rationed at the fattening pigs, the poultry both concentrate feed and pellets were offered *ad libitum*. At the end of the feeding trials of the produced products meat and eggs samples were taken and examined for fatty acid composition, cholesterol content and color. The broiler meat was additionally subjected to a sensory evaluation. Regarding the analysed nutrient contents the

produced silages showed only minimal differences. The crude protein content was about 22.2-23.1% of the DM, the lysine content about 1.1-1.3% of the DM and the methionine content about 0.31-0.36% of the DM. Mould formation as well as undesired warming and formation of fermentable acids could be detected neither in the chopped, nor in the extruded silage variation. In relation to the dry matter intake, the proportion of the silage was about 20-50% for the pigs, about 10-20% for the laying hens and about 10-30% for the broilers. In the trial with the fattening pigs no significant differences at growth performance and carcass traits were found between the feeding groups. However the performances were at a low level overall. In the trial with laying hens all feeding groups receive comparable, satisfactory animal performances. In the trial with broilers the silage fed animals showed significantly higher growth performance and heavier carcasses than the control group. In comparison to the control groups the intake of the alfalfa silage resulted in a lower cholesterol content and an altered fatty acid composition in favor of the proportion of the unsaturated fatty acids in the meat and eggs. The sensory characteristics of the broiler meat were not influenced by the alfalfa silage. The results lead to the conclusion that young harvested alfalfa can be conserved as silage successfully. Due to the determined feed intake and animal performance young harvested alfalfa has the potential to contribute to a 100% organic feeding of pigs and poultry. The observed effects of the alfalfa feeding on the product quality can be assessed positively in terms of the contribution for the human nutrition. Further studies are necessary to work out which silage amounts can be used in pig and poultry production without negative effects on the animal's performance.

1. Kapitel

Allgemeine Einführung

1.1 Gesetzliche Grundlagen der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung

Die Europäische Union (EU) gibt rechtliche Rahmenbedingungen für die ökologische Landwirtschaft vor. Diese Restriktionen umfassen unter anderem die Fütterung der Tiere. Beispielsweise müssen die eingesetzten Futtermittel aus ökologischer Erzeugung stammen. Dies schränkt unter anderem die Auswahl und Verfügbarkeit der Eiweißfuttermittel ein und erschwert dadurch eine bedarfsgerechte Versorgung der monogastrischen Nutztiere (Schweine, Geflügel) mit Aminosäuren (ZOLLITSCH et al., 2000; BELLOF und ANDERSON, 2008; SCHUMACHER et al., 2011). Bislang ist der Einsatz von bis zu 5% Eiweißfuttermitteln konventioneller Herkunft zulässig, falls eine Versorgung mit Proteinträgern ausschließlich aus ökologischer Erzeugung nicht möglich ist. Diese Ausnahmeregelung läuft Ende 2017 aus. Ab Januar 2018 müssen die Futtermittel in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung zu 100% ökologischer Herkunft stammen (Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Des Weiteren sind nach der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 bevorzugt betriebseigene oder zumindest in derselben Region erzeugte Futtermittel einzusetzen. Für Schweine und Geflügel beträgt der Mindestanteil an Futtermitteln regionaler Herkunft gemäß den entsprechenden Durchführungsbestimmungen mindestens 20% (Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Im Jahr 2014 berichtete die International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM, 2014), dass eine Erhöhung dieses Anteils auf sogar 60% diskutiert wird. Daten der AMI (Agrarmarkt Informations-GmbH) zufolge wurden 2009 große Mengen an Eiweißfuttermitteln ökologischer Herkunft importiert. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die heimische Produktion an Öko-Eiweißfuttermitteln hinter der Nachfrage zurück bleibt (SCHAACK et al., 2011) und durch diese Importe ausgeglichen wird.

Ziel der gesetzlichen Vorschriften für die ökologische Schweine- und Geflügelhaltung ist darüber hinaus die Förderung von Lebensbedingungen, die den Tieren das artspezifische Ausleben ihrer Bedürfnisse ermöglicht. Durch das obligatorische Angebot von frischem, getrocknetem oder siliertem Raufutter sowie die Verpflichtung den Zugang zu Auslauf zu ermöglichen, soll diesem Ziel Rechnung getragen werden (Verordnung (EG) Nr. 834/2007, Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Den Tieren werden somit Möglichkeiten zur Beschäftigung geboten, das Raufutter hat außerdem einen sättigenden Effekt (SCHRADER et al., 2006; KALLABIS und KAUFMANN, 2012).

1.2 Aminosäurenversorgung in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung

Grundsätzlich ist es möglich, Schweine und Geflügel mit 100% Futterkomponenten aus ökologischer Herkunft zu versorgen und dabei deren Aminosäurenbedarf zu decken (SUNDRUM et al., 2005; BELLOF et al., 2005). Die Bandbreite an Proteinfuttermitteln, die dabei zum Einsatz kommen bzw. kommen können, ist groß und in Kombination mit den einzelbetrieblichen Voraussetzungen resultieren daraus unterschiedlichste mögliche Fütterungsstrategien (SUNDRUM et al., 2005). In der Praxis wird die 100%-Biofütterung jedoch nicht immer umgesetzt (SCHUMACHER et al., 2011; SIMON und VOGT-KAUTE, 2014). Insbesondere in der Anfangsmast sind die Anforderungen der Tiere an ihre Aminosäurenversorgung hoch (GFE 1999 und 2006) und die Umsetzung in der Praxis dementsprechend schwierig. Die größten Probleme bezüglich der Aminosäurenversorgung der Monogastrier unter ökologischen Bedingungen bereitet die Aminosäure Methionin (ZOLLITSCH et al., 2004). Speziell beim Geflügel ist diese Aminosäure erstlimitierend (FANATICO, 2010). Die bestehende Differenz zwischen Aminosäurenversorgung und –bedarf hat mehrere Ursachen. Zur Verdeutlichung zeigt Tabelle 1 den Rohprotein-, Lysin- und Methioningehalt beispielhaft ausgewählter Futtermittel. Die Nährstoffgehalte von Futtermitteln können je nach Pflanzensorte und Anbaustandort schwanken. Untersuchungen des von Thünen-Institutes verdeutlichen, dass dies insbesondere bei Futtermitteln ökologischer Herkunft der Fall ist (AULRICH, 2010). Dies muss bei der Interpretation der dargestellten Daten berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Rohprotein-, Lysin- und Methioningehalt ausgewählter Futtermittel

Futtermittel	XP-Gehalt (g/kg)	Lysin- gehalt (g/kg)	Methionin- gehalt (g/kg)	g Lysin/ 100 g XP	g Methionin /100 g XP
Weizen ¹	119	3,5	2,0	2,9	1,7
Gerste ¹	99	4,1	1,8	4,1	1,9
Mais ¹	117	9,3	2,0	7,9	1,7
Erbsen ¹	216	16,3	2,3	7,5	1,1
Ackerbohnen ¹	309	17,9	2,1	5,8	0,7
Luzernegrünmehl ¹	174	9,3	3,4	5,3	2,0
Sojakuchen ¹	469	28,3	7,0	6,0	1,5
Sonnenblumenkuchen ^{2,3}	407	13,1	9,0	3,2	2,2
Rapskuchen ¹	306	23,9	8,5	7,8	2,8
Leinkuchen ¹	354	15,2	6,7	4,3	1,9
Magermilchpulver ¹	367	30,7	10,2	8,4	2,8
Fischmehl ²	587	50,8	19,7	8,7	3,4
Kartoffeleiweiß ¹	770	59,3	17,6	7,7	2,3
Maiskleber ¹	636	8,7	15,2	1,4	2,4

¹ aus ökologischer Erzeugung

² aus konventioneller Erzeugung

³ aus teilgeschälter Saat

XP: Rohprotein

Quelle: DLG; 2015

Getreide und Körnerleguminosen sind in ausreichender Menge aus ökologischer Herkunft verfügbar (SCHUMACHER et al., 2011). Die Getreidearten wie Weizen, Gerste und Mais haben zwar verglichen mit Erbsen und Ackerbohnen relativ hohe Lysin- und Methioningehalte pro 100 g Rohprotein (XP), der Gesamtgehalt an XP ist aber niedrig. Daher ist der Beitrag dieser Energiefuttermittel zur Aminosäurenversorgung der Tiere nur gering. Ackerbohnen und Erbsen weisen einen deutlich höheren Rohproteingehalt auf als Getreide. Dabei ist der Lysingehalt pro 100 g XP relativ hoch, der Methioningehalt pro 100 g XP dagegen vergleichsweise niedrig (ZOLLITSCH et al., 2000). Da bei hohen Einsatzmengen die Aminosäure Methionin im Mangel vorliegt (EBERT und BERK, 2013), sind den Verwendungsmöglichkeiten dieser Futtermittel in den Rationen für Schweine und Geflügel Grenzen gesetzt. Werden hohe Mengen an Körnerleguminosen eingesetzt, führt dies zu einem imbalanten Aminosäuremuster in der Ration (ZOLLITSCH, 2007). Luzernegrünmehl hat zwar im Vergleich zu den Körnerleguminosen einen höheren Methioningehalt pro 100 g XP, weist bei den gängigen Qualitäten aber zum einen nur einen niedrigen Gehalt an Rohprotein auf. Zum anderen sind durch die gleichzeitig hohen Rohfasergehalte von über 17% (DLG, 2015) und die damit verbundenen energie- und verdaulichkeitsreduzierenden Effekte (KUAN et al., 1983; LATSHAW, 2008; WERNER und SUNDRUM, 2008; KALMENDAL et al., 2011) auch hier die möglichen Einsatzmengen in der Monogastrierernährung begrenzt. Sowohl Sojakuchen als auch Sonnenblumenkuchen aus teilentschälter Saat weisen mit über 40% hohe XP-Gehalte auf. Sonnenblumenkuchen hat außerdem einen hohen Methioningehalt pro 100 g XP. Diese Eigenschaften machen diese Ölkuchen zu geeigneten Futtermitteln, um Schweine und Geflügel mit den erstlimitierenden Aminosäuren Lysin und Methionin zu versorgen. Da es sich dabei allerdings meistens um Importware handelt (SCHAACK et al., 2011) und möglichst eine heimische Produktion gefordert wird (Verordnung (EG) Nr. 889/2008), sollten diese Komponenten nicht in nennenswertem Umfang zur Aminosäurenversorgung der Monogastrier beitragen. Das Aminosäuremuster von Rapskuchen birgt durch den vergleichsweise hohen Methioningehalt pro 100 g Rohprotein gute Möglichkeiten diese Futterkomponente mit den heimischen methioninarmen Körnerleguminosen zu kombinieren. In der konventionellen Monogastrierfütterung wird der Einsatz einer Kombination aus Rapsextraktionsschrot und Erbsen anstelle von importiertem Sojaextraktionsschrot bereits diskutiert (BELLOF und WEINDL, 2013). Da die Schädlingsbekämpfung im ökologischen Rapsanbau ein bislang ungelöstes Problem darstellt (REINBRECHT und CLAUPEIN, 2004; KÜHNE et al., 2013), hat Raps im ökologischen Landbau trotz steigender Nachfrage nach Rapsöl in Bioqualität (DIERAUER et al., 2011; BIOSUISSE, 2016) nur eine geringe Bedeutung. Folglich sind auch die verfügbaren Mengen an ökologisch produziertem Rapskuchen nur gering (WITTEN et al., 2014). Ein weiterer Faktor, der die Einsatzmenge von Presskuchen der Ölsaaten im Allgemeinen begrenzt, ist der relativ hohe Restölgehalt von 5% bis zu über 20% (DLG, 2015) in diesen

Futtermitteln. Soja-, Raps- und Sonnenblumenöl dienen als wertvolle Energieträger in Futtermischungen, die den Tieren essentielle Fettsäuren liefern, die Aufnahme fettlöslicher Vitamine verbessern und zur Staubbindung beitragen (BAIÃO und LARA, 2005). In zu großen Mengen können sie allerdings aufgrund ihres hohen Gehaltes an ungesättigten Fettsäuren die Qualität des Speckes der Schlachttiere negativ beeinflussen. Da das Fettsäuremuster des Futterfettes sich direkt im Depotfett der Tiere widerspiegelt, führen hohe Anteile an ungesättigten Fettsäuren im Futter, beispielsweise durch nennenswerte Anteile an Ölkuchen in der Ration, zu weicherem Fett im Schlachtkörper, das sich schwer verarbeiten lässt und anfällig für Verderb ist (MADSEN et al., 1992; KRACHT et al., 1996; LESKANICH et al., 1997; WOOD et al., 2008; vgl. Kapitel 1.6).

Die tierischen Proteinfuttermittel Magermilchpulver und Fischmehl haben ein für den Monogastrier günstiges Aminosäuremuster bei gleichzeitig hohen Proteingehalten (RAVINDRAN und BLAIR, 1993; OJEWOLA et al., 2005; YUN et al., 2005) und wären daher bereits bei geringen Einsatzmengen geeignet, die Aminosäureversorgung der Tiere sicherzustellen. Magermilchpulver ökologischer Herkunft ist jedoch aufgrund der Produktion für die Humanernährung vergleichsweise teuer (WITTEN et al., 2014) und die Verwendung von Fischmehl gestaltet sich schwierig. Die entsprechenden Richtlinien erlauben in ökologischen Betrieben ausschließlich den Einsatz von Fischmehl, das ohne chemische Lösungsmittel produziert wurde, nur für Nicht-Pflanzenfresser (Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Daher wäre auch im Mischfutterwerk eine klare Trennung der Produktion von Futter für Pflanzenfresser, wie z.B. Rinder und Nicht-Pflanzenfresser, wie z.B. Schweine und Geflügel erforderlich (WITTEN et al., 2014).

Kartoffeleiweiß und Maiskleber haben ebenso einen hohen Rohproteingehalt bei günstigem Aminosäureverhältnis für Schweine und Geflügel (vergleiche Tabelle 1). Diese Futtermittel sind aber nur in geringen Mengen aus ökologischer Herkunft zu beziehen und sind diejenigen Eiweißfuttermittel, die im Rahmen der oben genannten 5%-Ausnahmegenehmigung hauptsächlich eingemischt werden (Verordnung (EG) Nr. 889/2008; SCHUMACHER et al., 2011; SIMON und VOGT-KAUTE, 2014; WITTEN et al., 2014). Darüber hinaus ist aufgrund des expliziten Verbotes der Einsatz von ernährungsphysiologisch interessanten Alternativen wie Extraktionsschroten, Tiermehlen oder synthetischen Aminosäuren (Verordnung (EG) Nr. 889/2008) ebenfalls keine Möglichkeit die Aminosäurenlücke in der ökologischen Tierernährung zu schließen.

Eine derzeit häufig umgesetzte Vorgehensweise, um den absoluten Aminosäurebedarf der Tiere trotzdem decken zu können, ist die Erhöhung des Rohproteingehaltes der Ration bei gleichzeitigen Imbalancen der Aminosäuren. Dabei wird der überschüssige Stickstoff (N) wieder ausgeschieden (ZOLLTISCH et al., 2004) und somit sowohl der Stoffwechsel der Tiere

belastet, als auch das Leistungspotential der Tiere nicht voll ausgeschöpft (DOURMAD et al., 1999; DAMME, 2004; WITTEN, 2014).

Weitere Nachteile, die durch überhöhte Rohproteingehalte in den Futtermitteln entstehen, sind zum einen eine feuchtere Einstreu durch vermehrte Wasseraufnahme, um den überschüssigen Stickstoff in Form von Harnstoff über die Nieren ausscheiden zu können (DAMME, 2004; PORTEJOIE, 2004) und damit verbundene Probleme, wie beispielsweise Fussballenentzündungen (HARMS et al., 1977; WANG et al., 1998). Mit den erhöhten Harnstoffausscheidungen der Tiere einhergehend sind unerwünschte N-Verluste vor allem in Form von Ammoniak im Stall, bei der Lagerung sowie der Ausbringung der betriebseigenen Wirtschaftsdünger (DOURMAD et al., 1999; LEEK et al., 2004; PORTEJOIE et al., 2004; LE et al., 2009; WITTEN et al., 2014). Vor dem Hintergrund der Ziele zur Emissionsminderung u.a. bei Ammoniak, die im Rahmen der Novellierung der NEC-Richtlinie diskutiert werden, gilt es diese Verlustpfade zukünftig mehr denn je zu verringern (AGE, 2016).

Zusammengefasst sind in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung die für die Bedarfsdeckung relevanten Futterkomponenten mit hohen Anteilen an essentiellen Aminosäuren entweder zu großen Teilen Importware, nur in geringen Mengen verfügbar, vergleichsweise teuer oder nicht zulässig. Viele Landwirte nehmen die derzeit noch geltende Ausnahmeregelung, konventionelle Eiweißfuttermittel in Anteilen von bis zu 5% einsetzen zu dürfen, in Anspruch. Eine bezüglich der Aminosäuren bedarfsgerechte Fütterung der Tiere ist, wie oben geschildert, mit entsprechenden Folgen für das Tierwohl, häufig nicht gewährleistet. Es gilt daher, Futtermittel regionaler Herkunft bezüglich ihres Futterwertes und ihrer Wirtschaftlichkeit einzuschätzen und mit resultierenden Fütterungsstrategien die bestehenden Defizite abzumildern.

1.3 Luzerne (*Medicago sativa*) im ökologisch wirtschaftenden Betrieb mit Geflügel- oder Schweinehaltung

Die Verzahnung von tierischer und pflanzlicher Erzeugung zur Etablierung von weitgehend geschlossenen Nährstoffkreisläufen ist ein zentrales Element der ökologischen Landwirtschaft (Verordnung (EG) Nr. 834/2007; ZOLLITSCH, 2007). Durch die EU-Öko-Richtlinien (Verbot des Einsatzes mineralischer Dünger, Gebot der Bevorzugung betriebseigener und regional erzeugter Futtermittel) sind für einen ökologisch wirtschaftenden Betrieb die Möglichkeiten, Stickstoff in Form von Dünge- oder Futtermitteln von extern einzuführen, eingeschränkt (BARTEL-KRATOCHVIL, 2005; Verordnung (EG) Nr. 834/2007; Verordnung (EG) Nr. 889/2008). Leguminosen spielen daher eine wesentliche Rolle in der Fruchtfolge dieser Betriebe. Diese Pflanzen können über die Symbiose mit Rhizobium Bakterien Luftstickstoff fixieren und dadurch beachtliche N-Mengen in die betrieblichen Nährstoffkreisläufe importieren (PHILLIPS, 1980; FUJITA et al., 1992; LODWIG et al., 2003; WÜSTHOLZ und BAHRS, 2013). Neben den Körnerleguminosen sind auch kleinkörnige Leguminosen wie Kleearten und Lu-

zerne im Rahmen des Feldfutterbaus und zur Gründüngung oft Teil von ökologischen Fruchtfolgen (CARLSSON und HUSS-DANELL, 2003; STARZ et al. 2005; KOLBE, 2006). Diese rohfaserreichen Futtermittel können von Wiederkäuern besser verwertet werden als von Monogastriern (WEIßMANN, 2003; HERMANSEN et al., 2004; ZOLLITSCH, 2007). Die Nutzung von Luzerne (*Medicago sativa*) im frühen Vegetationsstadium „vor der Knospe“ eröffnet möglicherweise einen Weg für ökologisch wirtschaftende Betriebe, diese Pflanzen als Proteinfutter für Monogastrier zu nutzen. Für die Nutzung als Strukturlieferant für Wiederkäuer wird Luzerne üblicherweise im Vegetationsstadium „Beginn der Blüte“ genutzt. Die dabei erzielbare Futterqualität des frischen Pflanzenmaterials (20% Trockensubstanz (TS)) liegt bei einem Rohproteingehalt von 220 g/kg Trockenmasse (TM), einem Rohfasergehalt von 310 g/kg TM, einem Lysingehalt von 11,4 g/kg TM und einem Methioningehalt von 3,3 g/kg TM. Im Vergleich dazu ist das Material „vor der Knospe“ (17% TM) mit einem Rohproteingehalt von 278 g/kg TM, einem Rohfasergehalt von 199 g/kg TM, einem Lysingehalt von 14,4 g/kg TM und einem Methioningehalt von 4,2 g/kg TM aminosäurenreich und rohfasearm (SIMON, 2008; BEYER et al., 1977). Dies entspricht mit einem Methioningehalt von 1,5 g pro 100 g Rohprotein dem Niveau des Sojaproteins und übersteigt deutlich die durchschnittlichen Gehalte in Erbsen (0,28 g/100 g Rohprotein) und Ackerbohnen (0,24 g/100 g Rohprotein; DLG, 2015). Des Weiteren unterstreicht die Untersuchung von ROTH und REENTS (2001) den Einfluss des Schnittzeitpunktes von Kleegrasmischungen auf deren Futterwert für Monogastrier. Mit fortschreitender Vegetation sinkt durch den zunehmenden Gehalt an Rohfaser die Verdaulichkeit der Nährstoffe solcher Pflanzen für diese Tiere. Für Kleegrassilage ermittelten ROTH und REENTS (2001) für die Verdaulichkeit der organischen Substanz zum Schnittzeitpunkt „vor der Knospe“ 56,9%. Zu „Beginn der Blüte“ sank dieser Wert auf 50,9% ab. Dieser Vergleich unterstreicht das offensichtliche Potential jung genutzter Luzerne als einheimisches Proteinfuttermittel für Schweine und Geflügel.

1.4 Mögliche Auswirkungen hoher Anteile an Raufutter bzw. Rohfaser in der Fütteration von Schweinen und Geflügel

Das Angebot von Raufutter, wie beispielsweise Gras-, Klee gras- oder Luzernesilage ist in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung obligatorisch (Verordnung (EG) Nr. 889/2008, vergleiche Kapitel 1.1). In der Fütteration von tragenden Sauen ist ein Mindestgehalt von 8% Rohfaser durch die Tierschutznutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV) sowohl für konventionelle als auch ökologische Betriebe vorgeschrieben. Bisherigen Untersuchungen zu Folge machen solche Futtermittel bislang aber nur geringe Anteile an der täglichen Fütteration der Tiere aus. In einer Untersuchung von HAGMÜLLER et al. (2008) wurde Mastschweinen zusätzlich zum Kraffutter Grassilage *ad libitum* angeboten. Die Grassilage wurde dabei mit einem Anteil von maximal 2% an der Gesamttrockensubstanzaufnahme verzehrt. KELLY et al. (2007) kamen mit einem vergleichbaren Fütterungssystem

zu demselben Ergebnis. Im Vergleich dazu berichten BELLOF et al. (1998) sowie CARLSON et al. (1999) von einer deutlich höheren Silageaufnahme. Mastschweine, denen Grassilage bzw. Kleegrassilage *ad libitum* zu rationiertem Kraftfutter angeboten wurde, realisierten daraus 7-16% bzw. 18% ihrer täglichen TM-Aufnahme. Diese Größenordnung wurde von BIKKER und BINNENDIJK (2012) mit einem Anteil von 6-18% für Grassilage bestätigt, die als bedarfsdeckende Mischung zusammen mit Kraftfutter angeboten wurde. Für das Geflügel sind in der Literatur bezüglich der absoluten Aufnahme von Raufutter dieser Art bislang kaum Angaben zu finden. CARD (1946) schildert die Raufutteraufnahme von Geflügel lediglich als „gering“. PEDERSEN et al. (2003) berichten von einem täglichen Angebot von 4-10 g frischer Kleegrassilage pro Tier für Mastbroiler auf dänischen Betrieben. Die genauen Futterraufnahmen wurden dabei nicht ermittelt, aber ebenfalls als gering eingeschätzt. Bei Legehennen wurde von STEENFELDT et al. (2007) bezogen auf die Frischmasse ein Anteil an der täglichen Futterrationsration von 33% bei Gersten-Erbсен-Silage und von 35% bei Maissilage ermittelt. Die Silagen wurden in dieser Untersuchung *ad libitum* zum Kraftfutter angeboten. KALMENDAL und WALL (2012) konnten eine Aufnahme von 2,9 g Luzerneheu pro Tier und Tag bei Legehennen feststellen. Dabei geben die Autoren zu bedenken, dass bei diesen Aufnahmemengen der Beitrag des Raufutters zur Nährstoffversorgung der Tiere vernachlässigbar ist. Dass eine nennenswerte Energie- und Nährstofflieferung aus dem Raufutter nur bei entsprechend hohen Aufnahmen desselben zu realisieren sind, schlussfolgern auch BELLOF et al. (1998) für Mastschweine. WERNER und SUNDRUM (2008) schildern, dass Stroh aufgrund seines niedrigen Energie- und hohen Rohfasergehaltes nur einen geringen Anteil zur Nährstoffversorgung der Tiere beitragen kann. Die Aufnahme nennenswerter Mengen an rohfaserreichem Raufutter in die tägliche Futterrationsration von Monogastriern führt allerdings zur Energieverdünnung und verringert die Verdaulichkeit der Gesamtrationsration (BINDELLE et al., 2008; LATSHAW, 2008; WERNER und SUNDRUM, 2008; KALMENDAL et al., 2011; KERR and SHURSON, 2013). In der Folge können die täglichen Zunahmen von Mastschweinen niedriger sein (KALLABIS und KAUFMANN, 2012). Für das Geflügel ist einer Verringerung der tierischen Leistungen durch den Einsatz rohfaserreicher Futtermittel nicht in dieser Weise in der Literatur beschrieben. Diese Tiere reagieren bei einer Energieverdünnung der angebotenen Futtermischung durch z.B. einen hohen Rohfasergehalt mit einer Steigerung der Futterraufnahme (JØRGENSEN et al., 1996; HETLAND et al., 2004; KALMENDAL et al., 2011). In den Untersuchungen von JØRGENSEN et al., 1996 und KALMENDAL et al., 2011 waren die Wachstumsleistungen der Broiler dadurch sogar gegenüber den Kontrollgruppen höher. Die Futtermittelverwertung war in diesen Untersuchungen allerdings signifikant negativ beeinflusst. Ebenso beobachteten DEATON et al. (1979) eine Verschlechterung der Futtermittelverwertung bei Legehennen durch eine Steigerung des Rohfasergehaltes gegenüber der Vergleichsration. Die Legeleistung der Tiere war dabei nicht beeinflusst.

Neben der Verdaulichkeit der Futtermittel beeinflussen hohe Rohfasergehalte auch die Ausbildung der Verdauungsorgane. Diverse Autoren berichten bei Schweinen und Geflügel von gesteigerter Länge und größerem Gewicht des Darmes, wenn die Futtermittel höhere Rohfasergehalte enthielt, als die jeweiligen Vergleichstiere (JØRGENSEN et al., 1996; BELLOF et al., 1998; HETLAND und SVIHUS, 2001).

Bedingt ist dies durch die Fähigkeit der Nicht-Stärke-Polysaccharide, Wasser je nach Zusammensetzung mehr oder weniger stark zu binden und somit das Chymusvolumen bzw. die Größe der Verdauungsorgane zu steigern (POND et al., 1987; WESTENDARP, 2006). In Bezug auf Mastschwein und Masthähnchen ist dies mit einer Verringerung der Ausschachtung verbunden (BELLOF et al., 1998). Ein weiterer Nachteil, der durch das Angebot von Kleesilage bei Legehennen beobachtet wurde, ist die Gefahr des Verstopfens des Kropfes (Kropfwickler), des Magens und des Dünndarms durch lange Pflanzenteile (HOLLE, 2006).

Den geschilderten negativen Aspekten, die mit der Integration nennenswerter Mengen an Raufutter und somit Rohfaser verbunden sein können, stehen diverse positive Effekte gegenüber. Mit der Erhöhung der Rohfasergehalte in der Futtermittelration ist zum einen eine sättigende Wirkung verbunden, zum anderen verlängert sich auf diese Weise die Dauer der Futteraufnahme (BERGERON et al., 2000; MEUNIER-SALAÜN et al., 2001; VAN KRIMPEN et al., 2005; DE LEEUW et al., 2008; LATSHAW, 2008; KALLABIS und KAUFMANN, 2012). Das Angebot von Raufutter bietet den Tieren außerdem ein Substrat zur Ausübung des Wühl- und Erkundungsverhaltens. Diese Effekte wirken in Bezug auf Stereotypen und Kannibalismus sowohl bei Schweinen als auch beim Geflügel präventiv. In der Geflügelhaltung kann dadurch beispielsweise das Auftreten von Federpicken und in der Schweinehaltung das Vorkommen von Schwanzbeißen reduziert werden (WHITTAKER et al., 1998; BERGERON et al., 2000; MEUNIER-SALAÜN et al., 2001; VAN KRIMPEN et al., 2005; STEENFELDT et al., 2007; KALMENDAL und WALL, 2012; HOY et al., 2015). Auf diese Weise kann ein Beitrag zur Verbesserung der Tiergesundheit geleistet werden (KALLABIS und KAUFMANN, 2012). In der Schweinemast bietet die Vorlage von Raufutter einen weiteren Vorteil. Durch die sättigende Wirkung und den Beschäftigungseffekt ermöglicht diese Maßnahme in der Endmast eine restriktive Krafftuttermittelvorlage ohne negative Auswirkungen auf die Tiere. Dem Verfetten der Tiere kann somit vorgebeugt werden (BELLOF et al., 1998; CANDEK-POTOKAR et al., 1998; HANSEN et al., 2006). Da sich der Schlachtkörperwert des ökologisch erzeugten Mastschweins in der Regel am Magerfleischanteil orientiert, ist dies wirtschaftlich relevant. Ähnliche Beobachtungen machten JIANG et al. (2012) bei Moschusentern. Durch die Integration eines Anteils von 9% Luzernegrünmehl in das Futter waren die Schlachtkörper fettärmer als in den Vergleichsgruppen mit weniger oder keinem Luzernegrünmehl im Futter. Erhöhte Rohfasergehalte im Futter von Schweinen wirken sich außerdem positiv auf deren Darmgesundheit aus. Die Darmflora wird durch prebiotische Effekte der Rohfaser gestärkt, pathogene Keime wie Sal-

monellen, Clostridien und E. Coli werden gehemmt und der Einsatz von Antibiotika kann reduziert werden (LINDBERG, 2014).

1.5 Konservierung und Aufbereitung von Luzerne für den Einsatz in der Schweine- und Geflügelfütterung

Um jung genutzte Luzerne das ganze Jahr über als Futtermittel einsetzen zu können, ist eine Konservierung erforderlich. Dabei kommen vor allem zwei Methoden in Frage: zum einen die Heißlufttrocknung und zum anderen die Silierung.

Bei der Heißlufttrocknung beruht die Konservierung des zugeführten Materials auf dem zügigen Entzug des enthaltenen Wassers bei hohen Temperaturen von ca. 100- 200 °C und an einzelnen Stellen des Trockners von über 600 °C (STEINHÖFEL, 2008). Vorteil dieses Verfahrens ist eine gewisse Unabhängigkeit von den Witterungsverhältnissen am jeweiligen Erntetag (VON NORDENSKJÖLD, 1970). Hinsichtlich des Zieles, junge Luzerne als Proteinfuttermittel für Schweine und Geflügel zu konservieren, weist die Heißlufttrocknung jedoch einen entscheidenden Nachteil auf. Durch die Hitzeeinwirkung kann die Verdaulichkeit des Proteins vermindert werden. Durch die sogenannte Maillardreaktion kommt es zu stofflichen Veränderungen, die eine enzymatische Spaltung des Lysins verhindern und es somit für Schweine und Geflügel unverdaulich machen (HENK und LAUBE, 1968; PRYM und WEISBACH, 1985; KUCINSKAS et al., 2004; GONZÁLES-VEGA et al, 2011).

Vorteil der Silierung ist, dass sie in der Regel mit betriebseigenen Maschinen und/oder der Hilfe von Lohnunternehmen in jedem landwirtschaftlichen Betrieb realisiert werden kann. Damit kann der Forderung der betriebseigenen Futterproduktion gemäß Verordnung (EG) Nr. 834/2007 in besonderem Maße entsprochen werden. Die Konservierung beruht dabei auf der Schaffung anaerober Bedingungen unter denen der im Siliergut vorhandene Zucker zu Milchsäure umgewandelt und auf diese Weise der pH Wert abgesenkt wird (STEINHÖFEL, 2008). Die Silierung von Luzerne wird in der Literatur als vergleichsweise schwierig geschildert. Die schlechte Gäreigung dieser Pflanze beruht auf ihrem niedrigen Zuckergehalt bei gleichzeitig hoher Pufferkapazität durch die hohen Rohproteingehalte- und bei starker Verschmutzung hohen Rohaschegehalte (LOGES et al., 2002; MUCK und HINTZ, 2003; JÄNICKE, 2004). Außerdem ist der TS-Gehalt der Luzerne niedrig, was einem guten Silierergebnis zusätzlich entgegen steht (MUCK, 1987; JÄNICKE, 2004). Durch den vergleichsweise noch höheren Rohproteingehalt (vergleiche Kapitel 1.3) stellt das Vorhaben, jung genutzte Luzerne als Futtermittel für Schweine und Geflügel silieren zu wollen, eine besondere Herausforderung dar. Durch die umfassende Beachtung der Grundsätze für ein gutes Silierergebnis könnte die Konservierung des beschriebenen Materials dennoch gelingen. Dabei handelt es sich um eine größtmögliche Vermeidung der Verschmutzung der Futters, eine kurze Feldliegedauer, eine ausreichende Anwelkung sowie die starke Verdichtung zur Schaffung anaerober Verhältnisse (HAN et al., 2003; MUCK und HINTZ, 2003; JÄNICKE; 2011).

Im Einzelnen bedeutet dies, dass bei der Mahd der Pflanzen auf eine ausreichend hohe Mähwerkseinstellung zur Vermeidung des Eintrages von Verschmutzung (PÖLLINGER et al., 2013) z.B. durch Maulwurfshügel geachtet werden sollte. Auf diese Weise bleiben gleichzeitig die rohfaserreichen unteren Teile der Pflanzenstengel auf dem Feld. Zudem kann durch den Einsatz eines Mähaufbereiters das Erntegut direkt auf einem Schwad abgelegt werden, der nach dem Anwelken der „Oberseite“ einmal gewendet wird. Auf häufiges Wenden des Mähgutes sollte verzichtet werden. Einerseits kann so die Verschmutzung gering gehalten werden und andererseits werden Brökelverluste vermieden (SAUTER et al., 2002; NUSSBAUM, 2011; PÖLLINGER et al., 2013). Da bei großen Brökelverlusten die nährstoffreichen Blätter auf dem Feld bleiben und die rohfaserreichen Stengel sich im Futterstock anreichern, wäre dies mit einer Verminderung der Futterqualität verbunden (JÄNICKE, 2004; PÖLLINGER et al., 2013). Lange Feldliegezeiten führen zu großen Verlusten an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten und dadurch zu einer weiteren Verschlechterung der Silierbarkeit. Um dennoch in relativ kurzer Zeit einen Anwelkgrad von mindestens 38-40% TS im Schwad erreichen zu können (JÄNICKE, 2004), sollte die Mahd bzw. Ernte bei warmer, trockener Witterung erfolgen. Diesbezüglich bietet der Einsatz eines Mähaufbereiters einen weiteren Vorteil. Da die Pflanzen bei der Ernte durch die Maschine geknickt werden, können sie leichter Wasser abgeben und das zügige Anwelken wird begünstigt (CIELEJEWSKI, 2003; PÖLLINGER et al., 2013). Das Wenden des Erntegutes kann dadurch unter Umständen vermieden werden. Eine starke Verdichtung des zu silierenden Materials kann auf zweierlei Wegen begünstigt werden. Zum einen kann das Erntegut mit einem Feldhäcksler vor dem Pressvorgang stark zerkleinert werden und zum anderen kann eine spezielle Ballenpress- und Wickeltechnik eingesetzt werden. Die Firma GÖWEIL aus Österreich hat zum Zweck der Silierung von Mais in Ballen die sogenannte LT Master entwickelt, die ein effektives Verpressen klein gehäckselten Materials ermöglicht. Insgesamt empfiehlt sich der Einsatz schlagkräftiger Maschinen. Diese ermöglichen durch hohe Flächenleistungen die Einhaltung des optimalen Schnitzeitpunktes und eine gute Abstimmung der einzelnen Verfahrensschritte aufeinander (CIELEJEWSKI, 2003).

Bezüglich der Konservierung jung genutzter Luzerne ist außerdem denkbar, dass die vor der Silierung angewendete, sogenannte Bioextrusion den Siliererfolg positiv beeinflussen könnte. Dieses Verfahren wurde von der Firma LEHMANN MASCHINENBAU aus Sachsen entwickelt, um rohfasereiches Material wie beispielsweise Stroh oder Ganzpflanzensilage aufzuschließen. In einem Doppelschneckenextruder wird das zugeführte Material dabei abwechselnd einer Belastung aus Druck oder Temperatur ausgesetzt. Die Behandlung führt zu einer Zerkleinerung, dem Auffasern des Substrates und zum Aufschluss des Lignozelluloseverbundes, die spezifische Oberfläche wird erhöht sowie abbaubare Zellulose- und Hemizellulose zugänglich gemacht. Durch den Einsatz dieses Verfahrens bei Substraten für

Biogasanlagen konnten die Methanausbeuten der Anlagen deutlich gesteigert werden (LEHMANN und FRIEDRICH, 2012 a und b; LEHMANN MASCHINENBAU, 2016). Hypothetisch wird durch einen solchen Aufschluss der Zellinhalt wie z.B. Zucker für die säurebildenden Mikroorganismen besser zugänglich und somit die erwünschte Milchsäurebildung während des Silierprozesses unterstützt. Des Weiteren ist vorstellbar, dass ebenso die Aminosäuren aus der Luzerne besser zugänglich gemacht werden könnten und dadurch deren Verdaulichkeit für Schweine und Geflügel erhöht werden kann. Aufgrund der kompakten Bauweise des beschriebenen Extruders wäre ein überbetrieblicher Einsatz möglich. Somit bleibt der Vorteil der Silierung bestehen, dass sie direkt auf dem landwirtschaftlichen Betrieb erfolgen kann, auch wenn der Ernteprozess um diesen Verfahrensschritt ergänzt wird.

1.6 Auswirkungen hoher Luzerneanteile in der Futtermittellation auf die Qualität der Produkte von Schwein und Geflügel

Die Integration nennenswerter Anteile an Grünfütter wie Gras, Klee oder Luzerne, sowie deren Konservate in die Futtermittellation von Schweinen und Geflügel kann die Qualität der Produkte dieser Tiere (Fleisch und Eier) beeinflussen. In diesem Zusammenhang sind das Fettsäuremuster, der Cholesteringehalt, sowie die Färbung von Fleisch und Eidotter zu nennen. Es ist bekannt, dass sich das Fettsäuremuster des Futters im Muskel- und Fettgewebe, sowie im Eidotter der damit versorgten Tiere widerspiegelt (MADSEN et al., 1992; KRACHT et al., 1996; LESKANICH et al., 1997; RAES et al., 2002; KEHUI et al., 2004; GRASHORN, 2008; WOOD et al., 2008; POURESLAMI et al., 2012). In Grünfüttermitteln wie der Luzerne sind vergleichsweise hohe Anteile an mehrfach ungesättigten Fettsäuren enthalten. Dabei handelt es sich unter anderem um Linol- und Linolensäure (GAWEL und GRZELAK, 2012). In der Literatur ist mehrfach beschrieben, dass durch den Einsatz von Grünfüttermitteln wie Grassilage, Klee-Grassilage, Luzernegrünmehl oder den Aufwuchs im Auslauf der Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren sowohl im Fettgewebe von Schweinen und Geflügel als auch im Eidotter ansteigt (BELLOF et al., 1998; LOPEZ-BOTE et al., 1998; CASTELLINI et al., 2002; HANSEN, et al., 2006; KARSTEN et al., 2010; RUDOLPH et al., 2011). Nachteile einer solchen Veränderung der Fettzusammensetzung im Fleisch, Schweinespeck oder Eiern sind möglicherweise in der Verarbeitung und der Lagerung zu sehen. Durch die höheren Anteile an ungesättigten Fettsäuren verdirbt das Fett schneller. Damit verbundene oxidative Prozesse können den Geschmack und die Farbe des Fleisches negativ beeinflussen (JONSÄLL et al. 2000; WOOD et al, 2003; HANSEN et al., 2006; GAWEL und GRZELAK, 2012). In Grünfüttermitteln wie beispielsweise Gras oder Luzerne sind neben ungesättigten Fettsäuren aber gleichzeitig Antioxidantien enthalten, die möglicherweise vor solchen negativen Effekten schützen (LOPEZ-BOTE et al., 1998; GAWEL und GRZELAK, 2012). KARWOWSKA et al. (2008) kamen nach der Untersuchung der Fettoxidation von Schweinefleisch, das unter Einsatz eines Luzerneextraktes im Futter produziert wurde, zu der Auffassung, dass die Aufnahme von Luzerne

den Verderb des Fleisches nicht beeinflusst. CASTELLINI et al. (2002) produzierten unter Einbeziehung eines Grünauslaufes Geflügelfleisch. Dieses wies höhere Anteile an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und eine höhere Lipidoxidation auf als das Fleisch der Vergleichstiere, die Verbraucherakzeptanz war jedoch nicht beeinflusst. LOPEZ-BOTE et al. (1998) konnten bei Eiern, die aufgrund der Grasaufnahme der Legehennen mit Omega-3-Fettsäuren angereichert waren, ebenfalls keine Veränderung der Oxidationsprozesse feststellen. SKŘIVAN und ENGLMAIEROVÁ (2014) stellten bei Legehennen, die Zugang zu Grasaufwuchs hatten, sogar eine Verbesserung der Oxidationsstabilität der Eier fest.

Des Weiteren kann durch die Integration von Luzerne in die tägliche Futtermischung der Cholesteringehalt in Fleisch und Eiern beeinflusst sein (GAWEL und GRZELAK, 2012). Dies ist bedingt durch den hypocholesterämischen Effekt der enthaltenen Saponine (OAKENFULL und SIDHU, 1990; SEN et al., 1998). PONTE et al. (2004) ermittelten signifikant niedrigere Cholesteringehalte im Fleisch von Broilern im Vergleich zu *ad libitum* mit Kraftfutter versorgten Tieren, die neben restriktiver Kraftfuttergabe freien Zugang zu Luzernemehl hatten. KOCAOĞLU GÜÇLÜ et al. (2004) stellten bei Wachteln eine Reduzierung des Cholesteringehaltes in den Eiern fest, nachdem 9% Luzernegrünmehl in das Futter der Tiere gemischt wurden. LAUDATIO et al. (2014) beobachteten dies mit einem Anteil von 15% Luzernegrünmehl (rohfaserverreduziert) bei Legehennen.

Grünfuttermittel wie beispielsweise Gras, Klee oder Luzerne enthalten nennenswert Carotinoide. Sind diese Pflanzenfarbstoffe im Futter enthalten, können Eidotter und Fleisch visuell beeinflusst sein. Luzerne im Futter von Wachteln bzw. Legehennen bewirkt einen höheren Carotinoidgehalt und somit eine kräftigere Eidotterfärbung (KARADAS et al., 2006; MOURÃO et al., 2006; GRELA et al., 2014; LAUDATIO et al., 2014). Bei Legehennen ist außerdem die Beeinflussung der Eidotterfärbung durch die Vorlage von Karotten oder Maissilage als Carotinoidquelle beschrieben (HAMMERSHØJ und STEENFELDT, 2005; HAMMERSHØJ et al., 2010).

Für die Humanernährung ist die Beeinflussbarkeit des Fettsäuremusters und des Cholesteringehaltes im erzeugten Produkt über die Fütterung sehr interessant. Linol- und Linolensäure haben für den Menschen essentiellen Charakter und müssen daher über die Nahrung zugeführt werden (BIESALSKI et al., 2011). In der Humanernährung wird insgesamt angeraten, den mehrfach ungesättigten Fettsäuren den Vorzug zu geben. Neben den essentiellen Fettsäuren wird insbesondere die Zufuhr von Docosahexaensäure und Eicosapentaensäure ausdrücklich empfohlen. Dieser Ernährungsform wird ein vorbeugender Effekt in Bezug auf Diabetes, Herz- und Krebserkrankungen zugesprochen (FAO, 2010). Eine cholesterinreduzierte Ernährung kann dazu beitragen, den Cholesterinspiegel im Blut zu senken (BIESALSKI et al., 2011). Dies wiederum ist für die Herzgesundheit ebenfalls erstrebenswert und positiv zu bewerten (EVANS et al., 2002).

1.7 Zielsetzung der vorliegenden Dissertation

Die aktuellen gesetzlichen Grundlagen erfordern die Suche nach regional erzeugten, ökonomisch und physiologisch interessanten Futtermitteln für die Realisierung von Fütterungsstrategien in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung mit Komponenten aus 100% ökologischer Erzeugung. Luzerne, die in einem frühen Vegetationsstadium geerntet und als Silage konserviert wird, könnte dabei eine interessante Möglichkeit darstellen, den in den in Kapiteln 1.1 bis 1.5 dargestellten Anforderungen Rechnung zu tragen. Ziel der vorliegenden Dissertation ist es zum einen, zu überprüfen ob und unter welchen Voraussetzungen sich jung geerntete Luzerne erfolgreich als Silage konservieren lässt. Zum anderen stellt sich die Frage, in welchem Umfang die erzeugte Luzernesilage von Mastschweinen, Legehennen und Mastbroilern im Fütterungsversuch aufgenommen wird und welchen Beitrag dieses Futtermittel zur Nährstoffversorgung der Tiere leisten kann. Darüber hinaus sollen die erzielbaren tierischen Leistungen bei nennenswerten Mengen jung genutzter Luzerne in der Fütterung von Monogastriern beleuchtet werden. Des Weiteren ist die Betrachtung der unter dem Einsatz von Luzerne als Futtermittel erzielbaren Qualität von Eiern und Fleisch Gegenstand der vorliegenden Dissertationsschrift.

1.8 Literaturverzeichnis

- AGE-AGRA-EUROPE (2016): Deutschland muss Ammoniakemissionen um 29 Prozent mindern, 57. Jahrgang Nr. 27 vom 04.07.2016/Europa-Nachrichten.
- AULRICH, K., BÖHM, H., JÜRGENS, H.-U. (2010): Schnelle Bestimmung der Futterqualität und der Aminosäuren von Erbsen mittels Nah-Infrarotspektroskopie, in: RAHMANN, G. (Hrsg.), Resortforschung für den ökologischen Landbau, 33-40, http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn048514.pdf (15.4.14).
- BAIÃO, N.C., LARA, L.I.C. (2005): Oil and Fat in Broiler Nutrition, Brazilian Journal of Poultry Science, 7 (3), 129-141.
- BARTEL-KRATOCHVIL, R. (2005): Bio & Regional – zwei logische Partner, Vortrag im Rahmen der Konsumenten-Produzenten Tagung “Bio + Regional = Optimal”, Bio Vorarlberg, 19. November 2005, Bildungshaus St. Arbogast, Götzis, http://orgprints.org/14940/1/3_Manuskript_Bio%26Regional_Kopra2005.pdf (17.01.2016).
- BELLOF, G., GAUL, C., FISCHER, K., LINDERMAYER, H. (1998): Der Einsatz von Grassilage in der Schweinemast, Züchtungskunde, 70 (5), 372-388.
- BELLOF, G., SCHMIDT E., RISTIC, M. (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, Archiv für Geflügelkunde, 69 (6), 252-260.
- BELLOF, G., ANDERSSON, R. (2008): Geflügelernährung in der Ökologischen Landwirtschaft, Tierernährung im Ökolandbau – Fütterungspraxis, Ökologie und Landbau, 146 (2), 28-30.
- BELLOF, G., WEINDL, P. (2013): Kapitel 6: Kalkulation von Futtermischungen mit reduzierten Mischungsanteilen an Sojaschrot, in: WWF Deutschland, Der Futtermittelreport – Strategien zum verminderten Einsatz von aus Übersee importierten Sojaerzeugnissen in der Geflügelfütterung in Deutschland, ISBN: 978-3-9813048-6-2, https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Futtermittelreport_Gefluegel.pdf (10.01.2016).
- BERGERON, R., BOLDUC, J., RAMONET, Y., MEUNIER-SALAÜN, M.C., ROBERT, S. (2000): Feeding motivation and stereotypes in pregnant sows fed increasing levels of fibre and/or food, Applied Animal Behaviour Science, 70 (1), 27-40.

-
- BEYER, M., CHUDY, A., HOFFMANN, B., HOFFMANN, L., JENTSCH, W., LAUBE, W., NEHRING, K., SCHIEMANN, R. (1977): Das DDR-Futterbewertungssystem, Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs für Fütterung und Futterplanung mit einer Anleitung zu ihrem Gebrauch, 4. unveränderte Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 122-123 und 146-147.
- BIESALSKI, H.K., GRIMM, P., NOWITZKI-GRIMM, S. (2011): Taschenatlas der Ernährung, 5. Überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 80-100.
- BIKKER, P., BINNENDIJK, G.P. (2012): Ingekuild gras voor biologisch gehouden vleesverkens - Grass silage in diets for growing-finishing pigs, Wageningen Livestock Reserach, Rapport 603, ISSN 1570-8616, Lelystad, <http://edepot.wur.nl/240587> (18.05.2016).
- BINDELLE, J., BULDGEN, A., LETERME, P. (2008): Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review, *Base (en ligne)*, 12, 69-80.
- BIOSUISSE (2016): Marktinfo Biosuisse, Markspiegel Ölsaaten, Januar 2016, www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Markt/Ackerbau/Marktspiegel_Oelsaaten_2016_de.pdf (16.05.2016).
- CANDEK-POTOKAR, M., ZLENDER B., LEFAUCHEUR, L., BONNEAU, M. (1998): Effect of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs, *Meat Science*, 48 (3-4), 287-300.
- CARD, L.E. (1946): Practical Poultry Feeding, Circular 606, University of Illinois, College of Agriculture, Extension Service in Agriculture and Home Economics, <https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/34014> (27.03.2016).
- CARLSON, D., LÆRKE, H.N., POULSEN, H.D., JØRGENSEN, H. (1999): Roughages for Growing pigs, with Emphasis on Chemical Composition, Ingestion and Faecal Digestibility, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science*, 49 (3), 129-136.
- CARLSSON, G., HUSS-DANELL, K. (2003): Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field, *Plant and Soil*, 253 (2), 353-372.
- CASTELLINI, C., MUGNAI, C., DAL BOSCO, A. (2002): Effect of organic production systems on broiler carcass and meat quality, *Meat Science*, 60 (3), 219-225.
- CIELEJEWSKI, H. (2003): Trends bei der Technik für die Futterernte, *Landtechnik* 58 (6), 364-365.

- DAMME, K. (2004): Ökologische Hähnchenmast – Perspektive 100 % Biozucht und Fütterung, *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach*, 43 (165), 223-228.
- DEATON, J.W., MCNAUGHTON, J.L., BURDICK, D. (1979): High-fibre sunflower meal as a replacement for soyabean meal in layer diets, *British Poultry Science*, 20 (2), 159-162.
- DE LEEUW, J.A., BOLHUIS, J.E., BOSCH, G., GERRITS, W.J.J. (2008): Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs, *Symposium on 'Behavioural nutrition and energy balance in the young'*, *Proceedings of the Nutrition Society*, 67, 334-342.
- DIERAUER, H., DANIEL, C., HUMPHRYS, C., HEBEISEN, T. (2011): FiBL, Merkblatt Bioraps, Bestellnummer 1343, Ausgabe Schweiz, <https://shop.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1343-raps.pdf> (16.05.2016).
- DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2015): Datenbank Futtermittel, <http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (18.09.2015).
- DOURMAD, J.Y., SÈVE, B., LATIMIER, P., BOISEN, S., FERNÁNDEZ, J., VAN DER PEET-SCHWERING, C., JONGBLOED, A.W. (1999): Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark, *Livestock Production Science*, 58 (3), 261-264.
- EBERT, U., BERK, A. (2013): Buntblühende Wintererbsen in der Schweinefütterung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus, Abschlussbericht Projekte 2811 NA 036 und 2811 NA 059, <http://orgprints.org/25293/1/25293-11NA036-059-fli-koen-2013-ebert-berk-wintererbsen-ferkelfuetterung.pdf> (15.04.14).
- EFSA – EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2009): Labelling reference intake value for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids, *Scientific Opinion of the Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies on a request from European Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids*. The EFSA Journal 1176, 1-11, <http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/doc/1176.pdf> (03.04.2016).
- EVANS, M., ROBERTS, A., REES, A. (2002): The future direction of cholesterol-lowering therapy, *Current Opinion in Lipidology*, 13 (6), 663-669.
- FANATICO, A. (2010): Organic Poultry Production: Providing Adequate Methionine, A publication of ATTRA – National Sustainable Agricultural Information Service, <https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=336> (17.09.2015).

-
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS (2010): Fats and fatty acids in human nutrition-Report of an expert consultation, FAO Food and Nutrition Paper 91, ISSN 0254-4725, <http://foris.fao.org/preview/25553-0ece4cb94ac52f9a25af77ca5cfba7a8c.pdf> (18.05.2016).
- FUJITA, K., OFUSO-BUDU, K.G. UND OGATA, S. (1992): Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems, *Plant and Soil*, 141 (1), 155-175.
- GAWEL, E., GRZELAK, M. (2012): The Effect of a Protein-Xanthophyll Concentrate from Alfalfa (Phytobiotic) on Animal Production – a current Review, *Annals of Animal Science*, 12 (3), 281-289.
- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GONZÁLEZ-VEGA, J.C., KIM, B.G., HTOO, J.K., LEMME, A., STEIN, H.H. (2011): Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs, *Journal of Animal Science*, 89 (11), 3617-3625.
- GRASHORN, M. (2008): Eiqualität, in: BRADE, W., FLACHKOWSKY, G., SCHADER, L. (Hrsg.), *Legehuhnzucht und Eierzeugung, Empfehlungen für die Praxis, Landbauforschung, vTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 322*, 18 ff.
- GRELA, E.R., OGNIK, K., CZECH, A., MATRAS, J. (2014): Quality assessment of eggs from laying hens fed a mixture with lucerne protein concentrate, *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23, 236-243.
- HAGMÜLLER, W., NAGEL, P., DOMIG, K.J., PFALZ, S., KRONSTEINER, S., ORTNER, B., SUNDRUM, A., ZOLLITSCH, W. (2008): Fütterungsstrategien in der biologischen Schweinefleischproduktion zur Gewährleistung der Nahrungsmittelsicherheit, Abschlussbericht WT, <http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/1818-sonstige/14663-fuetterungsstrategien-in-der-biologischen-schweinefleischproduktion-zur-gewaehrleistung-der-nahrungsmittelsicherheit.html> (18.05.16).

-
- HAMMERSHØJ, M., STEENFELDT, S. (2005): Effects of Blue Lupin (*Lupinus angustifolius*) in Organic Layer Diets and Supplementation with Foraging Material on Egg Production and Some Egg Quality Parameters, *Poultry Science*, 84 (5), 723-733.
- HAMMERSHØJ, M., KIDMOSE, U., STEENFELDT, S. (2010): Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90 (7), 1163-1171.
- HAN, K.J., COLLINS, M., VANZANT, E.S., DOUGHERTY, C.T. (2003): Bale Density and Moisture Effects on Alfalfa Round Bale Silage, *Crop Science* 44 (3), 914-919.
- HANSEN, L.L., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., JENSEN, S.K., ANDERSEN, H.J. (2006): Effect of organic pig production systems on performance and meat quality, *Meat Science* 74 (4), 605-615.
- HARMS, R.H., DAMRON, B.L., SIMPSON, C. F. (1977): Effect of Wet Litter and Supplemental Biotin and/or Whey on the Production of Foot Pad Dermatitis in Broilers, *Poultry Science*, 56 (1), 291-296.
- HENK, G., LAUBE, W. (1968): Untersuchungen zur Heißlufttrocknung von Grünfütter, *Archiv für Tierernährung*, 18 (5), 437-448.
- HERMANSEN, J., STRUDSHOLM, K., HORSTED, K. (2004): Integration of organic animal production into land use with special reference to swine and poultry, *Livestock Production Science*, 90 (1), 11-26.
- HETLAND, H., SVIHUS, B. (2001): Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens, *British Poultry Science*, 42 (3), 354-361.
- HETLAND, H., CHOCT, M., SVIHUS, B. (2004): Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition, *World's Poultry Science Journal*, 60 (4), 415-422.
- HOLLE, R. (2006): Entwicklung von Futtermitteln für 100%tige Biofütterung von Freilandlegehennen unter besonderer Berücksichtigung von Raps- und Leinkuchen, optimierten Grundfüttereinsatz (Silage) und anderen Eiweißpflanzen, Schlussbericht Projekt-Nr. 03OE434, <http://orgprints.org/8957/1/8957-03OE434-oekoring-holle-2006-legehennen.pdf> (14.04.14).

-
- HOY, S., BRAUNER, J., HICKL, E., GOßMANN, J., LUTTERMANN, C., RUETZ, M. (2015): Möglichkeiten zur Verminderung von Technopathien beim Schwein, *Praktische Tierarzt*, 96 (5), 508-512.
- IFOAM-INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS (2014): Information on the EU organic regulation and action plan proposals, http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/page/files/ifoameu_reg_regulationproposal_201403_media_briefing_.pdf (14.09.15).
- JÄNICKE, H. (2004): Luzernesilierung – Ergebnisse und Empfehlungen in M-V, in: *Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Beiträge zur Tierproduktion, Aufzucht, Fütterung, Haltung und Gesundheit von Milchkühen*, Heft 31, ISSN 1618-7938, Teil 2, 39-45, http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content_downloads/Hefte/Heft_31/Teil2.pdf (18.05.2016).
- JÄNICKE, H. (2011): Grobfutter- und Substraterzeugung, in: DLG e.V. (Hrsg.), *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, 8. Vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt.
- JIANG, J.F., SONG, X.M., HUANG, X., WU, J.L., ZHOU, W.D., ZHENG, H.C., JIANG, Y.Q. (2012): Effects of alfalfa meal on carcass quality and fat metabolism of Muscovy ducks, *British Poultry Science*, 53 (5), 681-688.
- JONSÄLL, A., JOHANNSON, L., LUNDSTRÖM, K. (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), 371-376.
- JØRGENSEN, H., ZHAO, X.-Q., BACH KNUDSEN, K.E., EGGUM, B.O. (1996): The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens, *British Journal of Nutrition*, 75 (3), 379-395.
- KALLABIS, K.E., KAUFMANN, O. (2012): Effect of a high-fibre diet on the feeding behaviour of fattening pigs, *Archiv Tierzucht*, 55 (3), 272-284.
- KALMENDAL, R., ELWINGER, K., HOLM, L., TAUSON, R. (2011): High-fibre sunflower cake affects small intestine digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*, 52 (1), 86-96.
- KALMENDAL, R., WALL, H. (2012): Effects of high oil and fibre diet and supplementary roughage on performance, injurious pecking and foraging activities in two layer hybrids, *British Poultry Science*, 53 (2), 153-161.

- KARADAS, F., GRAMMENIDIS, E., SURAI, P.F., ACAMOVIC, T., SPARKS, N.H.C. (2006): Effects of carotenoids from Lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition, *British Poultry Science*, 47 (5), 561-566.
- KARSTEN, H.D., PATTERSON, P.H., STOUT, R., CREWS, G. (2010): Vitamins A, E and fatty acid composition of the eggs of caged hens and pastured hens, *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (Special Issue 1), 45-54.
- KARWOWSKA, M., DOLATOWSKI, Z.J., GRELA, E. R. (2008): Influence of dietary supplementation with extracted alfalfa meal on meat quality, https://www.researchgate.net/publication/237117357_Influence_of_dietary_supplementation_with_extracted_alfalfa_meal_on_meat_quality (03.04.2016).
- KEHUI, O., WENJUN, W., MINGSHEN, X., YAN, J., XINCHEN, S. (2004): Effects of Different Oils on the Production Performances and Polyunsaturated Fatty Acids and Cholesterol Level of Yolk in Hens, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17 (6), 843-847.
- KELLY, H. R. C., BROWING, H. M., EL DAY, J., MARTINS, A., PEARCE, G.P., STOPES, C., EDWARDS, S. A. (2007): Effect of breed type, housing and feeding system on performance of growing pigs managed under organic conditions, *Journal of the science of Food and Agriculture*, 87(15), 2794-2800.
- KERR, B.J., SHURSON, G.C. (2013): Strategies to improve fiber utilization in swine, *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 (11), 1-12.
- KOC AOĞLU GÜÇLÜ, B., İŞCAN, K.M., UYANIK, F., EREN, M., CAN AĞCA, A. (2004): Effect of Alfalfa Meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters, *Archives of Animal Nutrition*, 58 (3), 255-263.
- KOLBE, H. (2006): Fruchtfolgegestaltung im ökologischen und extensive Landbau: Bewertung von Vorfruchtwirkungen, *Pflanzenbauwissenschaften*, 10 (2), 82-89.
- KUCINSKAS, A., DÄNICKE, S., v. LENGERKEN, J. (2004): Lysinverfügbarkeit von Tiermehlen für Broiler, *Archiv für Geflügelkunde*, 68 (2), 71-76.
- KUAN, K. K., STANOGLIAS, G., DUNKIN, A.C. (1983): The effect of proportion of cell-wall material from Lucerne leaf meal on apparent digestibility, rate of passage and gut characteristics in pigs, *Animal Production*, 36 (2), 201-209.
- KÜHNE, S., LUDWIG, T., ULBER, B., DÖRING, A., SAUCKE, H., WEDEMEYER, R., BÖHM, H., IVENS, B., ULRICH, E. (2013): Schädlingsregulierung im ökologischen Winterrapsanbau, Ab-

- schlussbericht zum Verbundvorhaben mit den Projekten Julius-Kühn-Institut (JKI), Institut für Strategien und Folgenabschätzung (FKZ 06OE050), Universität Göttingen (FKZ 06OE351), Universität Kassel-Witzenhausen (FKZ 06OE352), Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau (FKZ 06 OE350), Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (KÖN), <http://orgprints.org/22515/1/22515-06OE050-jki-kuehne-2013-schaedlingsregulierung-winterrapsanbau.pdf> (18.05.2016).
- KRACHT, W., JEROCH, H., MATZKE, W., NÜRNBERG, K., ENDER, K., SCHUMANN, W. (1996): The Influence of Feeding Rapeseed on Growth and Carcass Fat Quality of Pigs, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 98 (10), 343-351.
- LATSHAW, J.D. (2008): Daily Energy Intake of Broiler Chickens is Altered by Proximate Nutrient Content and Form of the Diet, *Poultry Science*, 87(1), 89-95.
- LAUDATIO, V., CECI, E., LASTELLA, N.M., INTRONA, M., TUFARELLI, V. (2014): Low-fibre alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: effects on productive traits and egg quality, *Poultry Science*, 93 (7), 1868-1874.
- LE, P.D., AARNINK, A.J.A., JONGBLOED, A.W. (2009): Odour and ammonia emission from pig manure as affected by dietary crude protein level, *Livestock Science*, 121(2-3), 267-274.
- LEEK, A. B. G., HAYES, E.T., CURRAN, T. P., CALLAN, J. J., BEATTIE, V.E., DODD, V. A., O'DOHERTY, J. V. (2004): The influence of manure composition on emissions of odour and ammonia from finishing pigs fed different concentrations of dietary crude protein, *Bioresource Technology*, 98 (18), 3431-3439.
- LEHMANN, T., FRIEDRICH, E. (2012 a): Lignozellulosehaltige Substrate – (k)ein Problem für Biogasanlagen?, *Landtechnik*, 67 (2), 114-117.
- LEHMANN, T., FRIEDRICH, E. (2012 b): Stroh statt Feldfrüchte, *Landtechnik* 67 (5), 358-360.
- LEHMANN MASCHINENBAU (2016): Verfahren der „Bioextrusion by LEHMANN®“, Produktinformation auf der Firmenhomepage, <http://www.lehmann-maschinenbau.de/biogastechnik/bio-extrudierttechnik.html> (26.03.2016).
- LESKANICH, C.O., MATTHEWS, K.R., WARKUP, C.C., NOBLE, R.C., HAZZLEDINE, M. (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), 673-683.

-
- LINDBERG, J. E. (2014): Fiber effects in nutrition and gut health in pigs, *Animal Science and Biotechnology*, 5 (1).
- LODWIG, E.M., HOSIE, A.H.F., BOURDÈS, A., FINDLAY, K., ALLAWAY, D., KARUNAKARAN, R., DOWNIE, J.A. UND POOLE, P.S. (2003): Amino-acid cycling drives nitrogen fixation in the legume-Rhizobium symbiosis, *Nature*, 422 (6933), 722-726.
- LOGES, R., THAYSEN, J., TAUBE, F. (2002): Untersuchungen zur Silagequalität und Siliereignung von Rotklee und Luzerne sowie deren Gemenge mit Dt. Weidelgras, Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 46. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Rostock, 29. -31. August 2002, Veröffentlicht in: 46. Jahrestagung vom 29.-31. August 2002 in Rostock, Referate und Poster, 268-276, <http://orgprints.org/2150/1/loges-2002-silagequalitaet-rotklee-luzerne-gras.pdf> (25.03.2016).
- LOPEZ-BOTE, C.J., SANZ ARIAS, R., REY, A.I., CASTAÑO, A., ISABEL, B., THOS, J. (1998): Effect of free-range feeding on n-3 fatty acid and α -tocopherol content and oxidative stability of eggs, *Animal Feed Science and Technology*, 72 (1-2), 33-40.
- MADSEN, A., JAKOBSEN, K., MORTENSEN, H.P. (1992): Influence of Dietary Fat on Carcass Fat Quality in Pigs. A Review, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 42 (4), 220-225.
- MEUNIER-SALAÜN, M.C., EDWARDS, S.A., ROBERT, S. (2001): Effect of dietary fibre on the behaviour and health of the restricted fed sow, *Animal feed science and technology*, 90 (1-2), 53-69.
- MOURÃO, J.L., PONTE, P.I.P., PRATES, J.A.M., CENTENO, M.S.J., FERREIRA, L.M.A., SOARES, M.A.C., FONTES, C.M.G.A. (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, *The Journal of Applied Poultry Research*, 15 (2), 256-265.
- MUCK, R. E. (1987): Dry Matter Level Effects on Alfalfa Silage Quality I. Nitrogen Transformations, *Transactions of the ASAE* 30 (1), 7-14.
- MUCK, R.E., HINTZ, R.W. (2003): Effects of breeding for quality on alfalfa ensilability, *American Society of Agricultural Engineers*, 46 (5), 1305-1309.
- NUSSBAUM, H. (2011): Schmutz, in: DLG e.V. (Hrsg.), *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, 8. Vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags- GmbH, Frankfurt.

- OAKENFULL, D., SIDHU, G.S. (1990): Could saponins be a useful treatment for hypercholesterolaemia?, *European Journal of Clinical Nutrition*, 44 (1), 79-88.
- OFOU, I.W., APPIAH-NKANSAH, E., OWUSU, L., APEA-BAH, F.B., ODURO, I., ELLIS, W.O. (2010): Formulation of annatto feed concentrate for layers and the evaluation of egg yolk color preference of consumers, *Journal of Food Biochemistry*, 34 (1), 66-77.
- OJEWOLA, G.S., OKOYE, F.C., UKOHA, O.A. (2005): Comparative Utilization of Three Animal Protein Sources by Broiler Chickens, *International Journal of Poultry Science*, 4 (7), 462-467.
- PEDERSEN, M.A., THAMSBORG, S.M., FISHER, C., RANVIG, H., CHRISTENSEN, J.P. (2003): New Production Systems: Evaluation of Organic Broiler Production in Denmark, *The Journal of Applied Poultry Research*, 12 (4), 493-508.
- PHILLIPS, D.A. (1980): Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes, *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 29-49.
- PÖLLINGER, A., NEUPER, C., ROHRER, F. (2013): Technische Möglichkeiten zur Reduktion der Feldverluste bei der Grünlandernte, in: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.), Fachtagung für biologische Landwirtschaft, Grünlandbasierte BIO-Rinderhaltung, Ergebnisse aus Forschung und Umsetzung, ISBN: 978-3-902559-97-5, 129-132, http://orgprints.org/24616/1/4b_2013_tagungsband_gesamt.pdf (18.05.2016).
- POND, W.G., JUNG, H.G., VAREL, V.H. (1987): Effect of Dietary Fiber on Young Adult Genetically Lean, Obese and Contemporary Pigs: Body Weight, Carcass Measurements, Organ Weights and Digesta Content, *Journal of Animal Science*, 66 (3), 699-706.
- PONTE, P.I.P., MENDES, I., QUARESMA, M., AGUIAR, M.N.M., LEMOS, J.P.C., FERREIRA, L.M.A., SOARES, M.A.C., ALFAIA, C.M., PRATES, J.A.M., FONTES, C.M.G.A. (2004): Cholesterol Levels and Sensory Characteristics of Meat from Broilers Consuming Moderate to High Levels of Alfalfa, *Poultry Science*, 83 (5), 810-814.
- PORTEJOIE, S., DOURMAD, J.Y., MARTINEZ, J. UND LEBRETON, Y. (2004): Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs, *Livestock Production Science*, 91 (1-2), 45-55.
- POURESLAMI, R., RAES, K., HUYGHEBAERT, G., BATAL, A.B., DE SMET, S. (2012): Egg yolk fatty acid profile in relation to dietary fatty acid concentrations, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (2), 366-372.

- PRYM, R., WEISSBACH, F. (1985): Analytische Möglichkeiten zur Kennzeichnung des Rückganges der Proteinverdaulichkeit bei der Heißlufttrocknung von Grünfütter, Archiv für Tierernährung, 35 (7), 515-526.
- RAES, K., HUYGHEBAERT, G., DE SMET, S., NOLLET, L., ARNOUITS, S., DEMEYER, D. (2002): The Deposition of Conjugated Linoleic Acids in Eggs of Laying Hens Fed Diets Varying in Fat Level and Fatty Acid Profile, The Journal of Nutrition, 132 (2), 182-189.
- RANVINDRAN, V., BLAIR, R. (1993): Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources, Worlds Poultry Science Journal, 49 (3), 219-235.
- REINBRECHT, C. UND CLAUPEIN, W. (2004): Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzen und -sorten für den Ökologischen Landbau und unter den Aspekten Speiseölgewinnung und Eiweißquelle, Schlussbericht (FKZ 02OE434), <http://orgprints.org/4844/1/4844-02OE434-hohenheim-2004-oelpflanzen.pdf> (06.12.2015).
- ROTH, F.X., REENTS, H.J. (2001): Futterwert von frischem und siliertem Klee gras aus ökologischem Anbau für Mastschweine, in: REENTS, H.J. (Hrsg.), Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6.-8. März 2001, Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- RUDOLPH, G., GEßL, R., STARK, H. (2011): Praxisversuch zur Verfütterung von Kleesilage und Luzernegrünmehl an Bioschweine, in: LEITHOLD, G.; BECKER, K.; BROCK, C.; FISCHINGER, S.; SPIEGEL, A.-K.; SPORY, K.; WILBOIS, K.-P., WILLIGES, U. (Hrsg.), Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Band 2: Tierproduktion, Sozioökonomie, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- SAUTER, G. J., KIRCHMEIER, H., NEUHAUSER, H. (2002): Ernte von Luzernenheu mittels Schwadwendeverfahren, Landtechnik, 57 (4), 202-203.
- SCHAACK, D., RAMPOLD, C., WILLER, H., RIPPIN, M., VON KOERBER, H. (2011): Analyse der Entwicklung des ausländischen Angebots bei Bioprodukten mit Relevanz für den deutschen Biomarkt, Schlussbericht Projekt Nummer 09OE065 im Rahmen des Programms des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau, [http://www.ami-](http://www.ami-infor-)

miert.de/fileadmin/redaktion/bio_daten/importdaten/Schlussbericht_Bioimporte.pdf (15.09.15).

SCHRADER, L., BÜNGER, B., MARAHRENS, M., MÜLLER-ARNKE, I., OTTO, CH., SCHÄFFER, D., ZERBE, F. (2006): Anforderungen an eine tiergerechte Nutztierhaltung, KTBL-Schrift 446, Darmstadt, 19-25.

SCHUMACHER, U., FIDELAK, C., KOOPMANN, R., WEIßMANN, F., SNIGULA, J., BRÜGGEMANN, R.; NAATJES, M., SIMONEIT, C., BENDER, S. (2011): Wissensstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100% Biofütterung Monogastrier, Gemeinsamer Abschlussbericht des Verbundprojekts, <http://orgprints.org/25088/1/25088-10OE088-bioland-schumacher-2011-wissenstandanalyse-tiergesundheit.pdf> (15.09.2015).

SEN, S., MAKKAR, H.P., BECKER, K. (1998): Alfalfa Saponins and Their Implication in Animal Nutrition, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (1), 131-140.

SIMON, O. (2008): Grünfütter und Grünfütterkonservate, in: JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (Hrsg.), Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Überarbeitete Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

SIMON, S., VOGT-KAUTE, W. (2014): 100-Prozent-Biofütterung: theoretisch ja, praktisch schwierig, *Ökologie & Landbau*, 170 (2), 12-14.

SKŘIVAN, M., ENGLMAIEROVÁ, M. (2014): The deposition of carotenoids and α -Tocopherol in hen eggs produced under a combination of sequential feeding and grazing, *Animal Feed Science and Technology*, 190, 79-86.

STARZ, W., PETSCH, G., FREYER, B. (2005): Verbesserung der Eiweißversorgung durch angepasste Fruchtfolge, in: HÖHERE BUNDESLEHR- UND FORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.), Bericht über die: Österreichische Fachtagung für Landwirtschaft, „Low-Input“ Milchproduktion bei Vollweidehaltung und Eiweißversorgung in der biologischen Nutztierfütterung gemäß Lehrer- und Beraterfortbildungsplan 2005 am 09. und 10. November 2005, <http://core.ac.uk/download/files/311/10924159.pdf#page=43> (24.01.2016).

STEENFELDT, S., KJAER, J.B., ENGBERG, R.M. (2007): Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behavior, *British Poultry Science*, 48 (4), 454-468.

-
- STEINHÖFEL, O. (2008): Konservierung von Futtermitteln, in: JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (Hrsg.), Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Überarbeitete Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SUNDRUM, A., SCHNEIDER, K., RICHTER, U. (2005): Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. Report, Project title: Research to support revision of the EU Regulation on organic agriculture, 75-76, <http://orgprints.org/10983/> (15.09.15).
- VAN KRIMPEN, M.M., KWAKKEL, R.P., REUVEKAMP, B.F.J., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C., DEN HARTOG, L.A., VERSTEGEN, M.W.A. (2005): Impact of feeding management on feather pecking in laying hens, *World's Poultry Science Journal*, 61 (4), 663-686.
- VON NORDENSKJÖLD, R. (1970): Stand der Technik der Grünfütter-Heißlufttrocknung, *Grundlagen der Landtechnik*, 20 (1).
- WANG, G., EKSTRAND, C., SVEDBERG, J. (1998): Wet litter and perches as risk factors for the development of foot pad dermatitis in floor housed hens, *British Poultry Science*, 39 (2), 191-197.
- WEIßMANN, F. (2003): Aspekte der Mast- und Schlachtleistung von Schweinen unterschiedlicher Genotypen in Freilandmast auf dem Fruchtfolgeglied Klee gras. In: FREYER, B. (Hrsg.), *Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, 23. -26. Februar, Wien, S. 265-268.
- WESTENDARP, H. (2006): Zur Wirkung von Nicht-Stärke-Polysacchariden in der Fütterung von Monogastriern, *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 113 (10), 379-384.
- WERNER, C., SUNDRUM, A. (2008): Zum Einsatz von Raufutter bei Mastschweinen, *Landbau-forschung Völkenrode, Sonderheft 320*, 61-68.
- WHITTAKER, X., SPOOLDER, H.A.M., EDWARDS, S.A., LAWRENCE, A.B., CORNING, S. (1998): The influence of dietary fibre and the provision of straw on the development of stereotypic behavior in food restricted pregnant sows, *Applied animal behaviour science*, 61 (2), 89-102.
- WITTEN, S. PAULSEN, H. M., WEIßMANN, F.; BUSSEMAS, R. (2014): Praxisbefragung zur Aminosäuren-lücke und praktische Möglichkeiten zur Verbesserung der Eiweißversorgung der Monogastrier in der Fütterung im Ökologischen Landbau, *Thünen Working Paper*, No. 23,

<https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/97638/1/787184934.pdf>
(10.01.2016).

- WOOD, J.D., RICHARDSON, R.I., NUTE, G.R., FISHER, A.V., CAMPO, M.M., KASAPIDOU, E., SHEARD, P.R., ENSER, M. (2003): Effects of fatty acids on meat quality: a review, *Meat Science*, 66 (1), 21-32.
- WOOD, J.D., ENSER, M., FISHER, A.V., NUTE, G.R., SHEARD, P.R., RICHARDSON, S.I., HUGHES, WHITTINGTON, F.M. (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review, *Meat Science* 78 (4), 343-358.
- WÜSTHOLZ, R., BAHRS, E. (2013): Effiziente Nährstoffbilanzierungsmethoden in der Landwirtschaft zur Erreichung des guten Wasserzustands gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie – Erkenntnisse eine Hoftor-Bilanzierungsprojekts in Baden-Württemberg, *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht*, 2, 197-226.
- YUN, J.H., KWON, I.K., LOHAKARE, J.D., CHOI, J.Y., YONG, J.S., ZHENG, J., CHO, W. T., CHAE, B.J. (2005): Comparative Efficacy of Plant and Animal Protein Sources on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Morphology and Ceacal Microbiology of Early-weaned Pigs, *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 18 (9), 1285-1293.
- ZOLLITSCH, W., WLCEK, S., LEEB, T., BAUMGARTNER, J. (2000): Aspekte der Schweine- und Geflügelfütterung im biologisch wirtschaftenden Betrieb, 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 6-8- Juni 2000, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irding.
- ZOLLITSCH, W., KRISTENSEN, T., KRUTZINNA, C., MACNAEIHDE, F., YOUNIE, D. (2004): Chapter 15: Feeding for Health and Welfare: the Challenge of Formulating Well-balanced Rations in Organic Livestock Production, in: VAARST, M., RODERICK, S., LUND, V., LOCKERETZ, W. (Ed.), *Animal health and welfare in organic agriculture*, DOI: 10.1079/9780851996684.0329.
- ZOLLITSCH, W. (2007): Perspective Challenges in the nutrition of organic pigs, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 (15), 2747-2750.

1.9 Rechtsquellenverzeichnis

NEC-Richtlinie - Richtlinie 2001/81/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe.

VERORDNUNG (EG) Nr. 834/2007 DES RATES vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, ABl. Nr. L 189, zuletzt geändert am 18.10.2014 (EG-ÖKO-BASISVERORDNUNG).

VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 DER KOMMISSION vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle, ABl. Nr. L 250, zuletzt geändert am 19.12.2014.

TIERSCHUTZ-NUTZTIERHALTUNGSVERORDNUNG – TierSchNutztV, Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94) geändert worden ist.

2. Kapitel

Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (*Medicago sativa*) in organic pig production

Autoren des Originalbeitrags:

Jessica Wüstholtz, Salomé Carrasco, Ulrich Berger, Albert Sundrum, Gerhard Bellof

Veröffentlicht in: Livestock Science

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.04.004>

2.1 Abstract

A key objective of organic pig production is the use of feedstuffs originating entirely from organic and also, if possible, from in house or local production, respectively. However, the supply of protein for the organic pig production so far has not been achieved. Additionally, the European guidelines for organic livestock include a daily offer of roughage for pigs. Young harvested and possibly additionally macerated alfalfa (*Medicago sativa*), conserved as silage, can be used as a protein source as well as roughage. The potential of alfalfa silage as feedstuff was examined in a feeding trial: 3 feeding groups x 2 gender x 6 repetitions (2 animals/repetition) with 36 fattening pigs crossbred: (Duroc x Pietrain) x (German Landrace x Large White), initial body weight: 29 kg. The control group (A) was fed with a complete feed mixture and the silage groups (B and C) were fed with a supplementary feed mixture (adjusted to the alfalfa silage). Group B and C received alfalfa silage as chopped (B) and as extruded (C) *ad libitum*. Animals were slaughtered at 100–105 kg live weight. Feed intake, fattening performance and carcass characteristics were determined. The proportion of alfalfa silage in the total daily DM ration of the experimental groups was ~ 20% in the starter phase, ~ 40% in the grower phase and up to 50% in the finishing phase. In this way, approximately 100 kg of concentrated feed per pig and fattening period could be saved in comparison to the control group. Fattening performance and carcass characteristics of the silage groups (groups B and C) did not significantly differ from those of the pigs in control group (A), which was served concentrated feed only. However, the daily gain of all feeding groups (an average of 600 g) was at a relatively low level. Young harvested alfalfa can be an appropriate regional protein source and additionally a possible roughage for organically fattening pigs.

2.2 Keywords

Pig feeding, roughage, alfalfa, organic farming, amino acids, cannibalism

2.3 Introduction

The EU guidelines for organic farming provide the waiver of conventionally produced feeding stuffs (EUROPEAN UNION, 2007). Currently a percentage of up to 5% is allowed by a temporary regulation. But presumably, from January 2018 onwards, the used feeding stuffs must originate 100% from organic production (EUROPEAN COMMISSION, 2014). In general, a 100% organic feeding of fattening pigs is possible (SUNDRUM et al., 2005). In practice, this goal has currently not been reached (SCHUMACHER et al., 2011). Simultaneously, the EU guidelines provide a mandatory offer of roughage in organic pig production. In doing so, alfalfa, clover and their dried meals can be used aside from hay, straw, silage and root vegetables (EUROPEAN COMMISSION, 2008). Given the problems with cannibalism, the use of roughage is also discussed in conventional pig production. HOY et al. (2015) ascertained that the frequency of injuries by tail biting can be significantly reduced through the offer of grass pellets. Alfalfa (*Medicago sativa*) shows a methionine content of 1.5 g/100 g crude protein, as long as it is harvested at an early stage (BEYER et al., 1977). This corresponds to the level of soya protein, and distinctly exceeds the average contents of peas (0.28 g/100 g crude protein) and fava beans (0.24 g/100 g crude protein), which are often used as home-grown protein sources (DLG, 2014). Therefore, the use of alfalfa as protein-providing roughage for fattening pigs is interesting. In this way, imported protein feed (particularly soya beans) could possibly be reduced. Conservation is required to be able to feed young harvested alfalfa throughout the year. Consequently, ensiling can be considered. Certainly this is difficult due to the low sugar and high protein content of the material (JIANXIN and JUN, 2002; MUCK and HINTZ, 2003). The extrusion of silage with the Bioextruder engineered by the company Lehmann Maschinenbau may generate positive effects improving the availability of nutrients for the pigs. The treatment destroys the cell structure of plants and releases the cellular nutrient contents. (LEHMANN and FRIEDRICH, 2012; LEHMANN MASCHINENBAU, 2016). The potential of alfalfa to provide nutrients for pigs has hardly been tested in scientific studies. In the context of a research project at the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, alfalfa was harvested at the beginning of bud, then chopped and ensiled or chopped, extruded and ensiled and finally used in a feeding trial with fattening pigs. The study was focused on investigating the effect of alfalfa silage (chopped and extruded) as a source of protein and roughage on the growth and carcass performance of pigs.

2.4 Material and methods

Silage production

A pure alfalfa stock in vegetation stage "before the bud" was mowed in July 2013. The fresh crop was first sampled and then wilted to approximately 45% DM. Afterwards the wilted crop was chopped with a forage harvester (strived particle size 6 mm) and transported with a trailer to a stationary bale press. This machine manufactured by GÖWEIL (2016) combines pressing and wrapping processes. It was designed for corn bales and guarantees low losses of chopped material, good air exclusion and high compression. A part of the wrapped material was stored as "chopped silage" and ensiled until the beginning of the feeding trial. The other part of the bales was opened again one day later and the material was additionally treated with the Bioextruder of the company Lehmann Maschinenbau GmbH. This machine was specifically designed for the treatment of fibrous plant material. According to the manufacturer's specifications in this process the supplied substrate is digested by alternating high pressure and temperatures of about 60–70 °C. This allows the release of the cell contents (among others, sugar and amino acids, LEHMANN and FRIEDRICH, 2012; LEHMANN MASCHINENBAU, 2016). Afterwards the extruded material was compacted with a punch press, packed in polyethylene bags and ensiled to produce the "extruded silage".

Silage analysis

Analysis and sampling methods of fresh or ensiled alfalfa were carried out according to the laying down rules for the official control of feed (EUROPEAN COMMISSION, 2009), and according to NAUMANN and BASSLER (2012). The *in vitro* digestibility of organic matter was analysed according to the method described by BOISEN and FERNÁNDEZ (1997) at the MTT Agrifood Research Finland.

Feeding trial

The feeding trial with fattening pigs was conducted between July and December 2013 at the experimental stable of the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf. The study involved 3 feeding groups x 2 gender x 6 repetitions. 36 animals of a four-breed cross-bred ((Duroc x Pietrain) x (German Landrace x Large White)) from an organically managed pig production farm were stabled. The animals weighed an average of 29±0.5 kg and were randomly distributed across the feeding groups. Half of the animals were females, the other half were castrates. Females or castrates were kept in pairs, in 6 m² large pens with concrete floors. The temperatures in the stable were similar to the outdoor climate due to large open windows. When temperatures below the freezing point were expected, it was heated with a thermostatically-controlled oil burner. The thermostat was set to 10 °C. In the first two months of the experiment, the pens were littered down with chopped miscanthus. Afterwards,

they were littered down with wood shavings for a better differentiation between silage and litter. Choosing these bedding materials ensured that no litter would be eaten. Because of the rooting behaviour of the pig, it was expected that the bedding material and the silage intermix. To simplify the estimation of the silage wastes, the litter amount was kept to a low level. The small amounts of silage, which were distributed by the animals in the litter, could not be accurately measured. Accordingly, the silage consumption per pen, and not the exact silage intake, was determined. Every second day the pens were mucked out manually. The trial was divided into three feeding phases: initial phase (30–60 kg), growing phase (60–90 kg) and finishing phase (90–105 kg). For each phase, concentrated feed mixtures were formulated, which were based on the energy and nutrient requirements of the animals. All feed rations were formulated according to the recommendations of the GfE (2006) for fattening pigs. Likewise, daily growth rates of 700 g for the initial and finishing phase and 750 g for the grower phase were assumed for the calculations. The animals in the control group (group A) received complete feed mixtures. However, the animals of the experimental groups were offered alfalfa silage in the chopped (group B) or the extruded version (group C), and a supplemental feed mixture adjusted to the nutrients composition of the silage. To formulate these supplemental feed mixtures, the following silage consumptions from the total DM intake were considered: 37% for the initial phase, likewise 40% and 43% for the growing and finishing phase. The assumed proportions correspond to previous experiences from these authors' unpublished preliminary experiments. Consequently the supplemental feed mixture of the first phase included only half of the amount of soya cake compared to the complete feed mixture. Therefore, the supplemental feed mixtures of the growing and finishing phases could be formulated without soya cake (see Table 2). The complete feed mixture included small amounts of alfalfa meal. However, the comparison of different conservation forms of alfalfa was not the aim of the trial. Alfalfa meal was integrated in the diets with the purpose of reducing the concentration of energy. All concentrate feed mixtures were constituted of feedstuffs from 100% organic origin. The composition of the concentrate feed mixtures is shown in Table 2. Due to the consideration of silage as a low-energy and protein supplying feed component in the animals' rations, the complete feed mixture and the supplemental feed mixture differ especially in their energy and protein contents.

Table 2: Composition of the complete feed mixtures and the supplemental feed mixtures for the particular phases of the trial

Components		Initial phase		Growing phase		Finishing phase	
		Complete feed mixture	Supplemental feed mixture	Complete feed mixture	Supplemental feed mixture	Complete feed mixture	Supplemental feed mixture
Soybean cake	%	15.8	7.6	11.0	-	5.6	-
Sunflower cake, dehulled	%	3.7	4.6	3.1	3.2	-	-
Peas	%	10.5	19.8	8.8	12.7	3.7	-
Alfalfa meal	%	9.5	-	11.0	-	13.0	-
Triticale	%	21.1	61.1	33.0	76.4	18.5	95.9
Barley	%	36.9	-	30.8	-	57.5	-
Rapeseed oil	%	-	3.8	-	5.1	-	1.6
Feed lime	%	0.6	-	0.4	-	0.2	-
Mineral mixture	%	1.9	3.1	1.9	2.6	1.5	2.5
Analysed ingredients (feed basis)							
Dry matter	g/kg	896	889	886	886	869	894
Ether extract	g/kg	42.0	71.0	50.0	53	74.0	36.0
Crude fiber	g/kg	64.0	43.0	60.0	38	73.0	32.0
Starch	g/kg	406	457	376	469	310	553
Sugar	g/kg	45.0	38.0	53.0	54	44.0	34.0
Crude protein	g/kg	168	155	167	131	161	93.0
Lysine	g/kg	9.4	8.4	7.7	5.9	6.7	3.9
Methionine	g/kg	2.7	2.2	3.0	2.7	3.4	1.6
Crude ash	g/kg	60.0	48.0	56.0	47.0	93.0	36.0
Calcium	g/kg	7.4	2.8	5.8	3.4	21.5	2.3
Phosphor	g/kg	5.6	5.4	5.3	5.1	5.6	4.7
Sodium	g/kg	1.4	1.5	1.4	1.7	0.8	1.0
ME ¹	MJ/kg	12.5	13.9	12.7	13.6	11.7	13.6
Lysine/ME ¹	g/MJ	0.75	0.76	0.61	0.52	0.57	0.26
Methionine/ME ¹	g/MJ	0.22	0.19	0.24	0.15	0.29	0.11

ME: metabolisable energy (calculated according to GFE (2006)).

¹ For the supplemental feed mixture the energy content must be interpreted with reservation. The equation of the GFE (2006) for estimating the energy content in feed mixtures is only valid for feed with a crude protein content of 150 to 250 g/kg DM and a crude fat content of ≤ 60 g/kg DM what does not apply to the supplemental feed mixtures.

Supplemental and complete feed mixtures were offered twice a day in a restrictive way. The assigned amount was based on the current live weight of the animals in each pen and increased daily.

In comparison to the complete feed mixture, the supplemental feed mixture was assigned in a smaller amount. During the grower phase, the animals in group C showed higher daily weight gains than their counterparts. Likewise did the animals in group B during the finishing phase. Therefore, the animals of these groups were supplied with more concentrate feed than the animals of the other experimental groups. The amount of that supplementation was according to the current body weight of the animals. The averagely offered feed mixture per pen is listed in Table 3. The Silage was provided *ad libitum* in feed troughs. Silage waste was removed daily and collected as well as weighed every second day. All weights of offered and left feed were documented. Furthermore, the individual live body weights of the animals were

determined every three weeks, and finally weakly in the finishing period. Upon reaching the target weight of 100–105 kg body mass, the animals were deprived of feed. After 20 h of fasting, the animals were slaughtered on four dates at the slaughter house Grub of the Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). In addition to the fattening performance, carcass characteristics (see Table 5) were determined by the performance testing laboratory in Grub (LPA-Standard; ZDS, 2004). At the end of the trial, worm infestation was found in one animal. Subsequently, the faeces of a sample of four animals were examined for parasites by the Tiergesundheitsdienst Bayern. The sample involved animals with and without silage feeding. In all samples, *Ascaris suum* was detected.

Table 3: Average daily concentrated feed mixture intake, silage consumption and proportion of the silage in the diet as well as in combination with the feed analyses resulting intake of selected nutrients

Phases	Item		Group A	Group B	Group C	p
			Only complete feed mixture	Supplemental feed mixture and chopped silage	Supplemental feed mixture and extruded silage	
Initial phase	Total dry matter intake	kg	1.49	1.38	1.44	0,285
	SE		0.04	0.04	0.05	
	Concentrate feed mixture intake	kg DM	1.49 ^a	1.05 ^c	1.11 ^b	<0.001
	SE		0.02	0.02	0.02	
	Silage consumption ¹	kg DM	-	0.34	0.33	0.816
	SE			0.03	0.03	
	Proportion of the silage	%	-	24.2	22,5	0.530
	SE			1,72	1,93	
	Crude fiber	g	95	155	162	
	Ether extract	g	63	94	100	
	Starch	g	605	540	571	
	Sugar	g	67	45	47	
	Crude protein	g	250	260	270	
	Lysine	g	14	14	15	
Methionine	g	4	4	4		
Growing phase	Total dry matter intake	kg	2.07	2.38	2.33	0.067
	SE		0.09	0.09	0.10	
	Concentrate feed mixture intake	kg DM	2.07 ^a	1.41 ^b	1.41 ^b	<0.001
	SE		0.02	0.01	0.02	
	Silage consumption ¹	kg DM	-	0.97	0.92	0.665
	SE			0.08	0.09	
	Proportion of the silage	%	-	40.5	39.1	0.578
	SE			1.62	1.81	
	Crude fiber	g	124	357	361	
	Crude fat	g	104	112	116	
	Starch	g	778	746	746	
	Sugar	g	110	86	86	
	Crude protein	g	346	427	421	
	Lysine	g	16	21	21	
Methionine	g	6	7	7		
Finishing phase	Total dry matter intake	g	2.36 ^c	3.10 ^a	2.76 ^b	<0.001
	SE		0.05	0.05	0.06	
	Concentrate feed mixture intake	kg DM	2.37 ^a	1.57 ^b	1.54 ^c	<0.001
	SE		0.01	0.02	0.02	
	Silage consumption ¹	kg DM	-	1.51	1.22	0.001
	SE			0.04	0.04	
	Proportion of the silage	%	-	48.7	44.1	0.007
	SE			0.81	0.91	
	Crude fiber	g	172	518	454	
	Crude fat	g	175	107	103	
	Starch	g	732	971	1083	
	Sugar	g	104	60	84	
	Crude protein	g	380	503	444	
	Lysine	g	16	25	23	
Methionine	g	8	8	7		

DM: dry matter; ^{a,b,c}: Different indices indicate significant differences ($p < 0.05$); p: probability of error

¹The target silage consumption in the different phases was:

Initial phase 0.68 kg DM, growing phase: 0.9 kg DM, finishing phase: 1.22 kg DM

Concentrate feed analysis

In the course of the trial, samples of the used concentrate feed mixtures were taken, and the nutritional composition (crude nutrients, starch, sugar, lysine and methionine) was examined according to NAUMANN and BASSLER (2012), the European Commission (2009) and DIN EN 15510:2007 at the feed laboratory bioanalysis Weihestephan (Technical University of Munich). On the basis of the analysis results, the energy content of the concentrated feed mixtures was estimated using the estimation equation proposed by the GfE (2006). Certainly, the interpretation of the energy content of the supplemental feed mixture can only be performed with reservations. The mentioned formula applies formally only to feed mixtures with a crude protein content of 150–250 g/kg DM and a crude fat content below 60 g/kg DM. This does not pertain to the present supplementary feed mixture.

Animal Health

During the feeding trial no animal losses occurred. However, due to strongly retarded weight gain a female animal of group A was sorted out at the end of the grower phase. For the same reason one pen with females of group C was not included in the evaluations at the end of the experiment. At the beginning of the initial phase a male of group B was treated for diarrhoea with Amoxicillin and Metacam. Due to full recovery, it could continue to participate in the trial. Other health abnormalities were not observed.

Statistics

The collected data were statistically analysed with the program SPSS V.20 (2011) following the “General Linear Model” (GLM). The effect of feeding groups (A, B, C) and sex (females and castrates) as fixed effect on all variables was analysed according to the following model:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E.$$

Y_{ij} : Observed value;

μ : General constant;

α_i : Effects of i feeding group, $i = A, B, C$;

β_j : Effects of j sex, $j = \text{females, castrates}$;

E_{ij} : Associated error.

Each pen was considered an experimental unit.

Differences among groups were determined by the Tukey test. Differences with a level of significance below 0.05 were considered significant.

2.5 Results

Feed analyses

The freshly cut alfalfa showed a dry matter content of 17.9%, a crude protein and fibre content of 29.9% and 21.7% as well as a lysine and methionine content of 1.8% and 0.53% in the DM respectively. The chopped silage showed a dry matter content of 45%, a crude protein and fibre content of 22.5% and 30.6% as well as a lysine and methionine content of 1.2% and 0.33% in the DM respectively. Finally, the extruded silage had a dry matter content of 41.4%, a crude protein and fibre content of 23.1% and 32.7% and also a lysine and methionine content of 1.3% and 0.31% in the DM respectively. The determined *in vitro faecal* digestibility of organic matter was slightly higher in the chopped silage (65.6%) than in the extruded silage (63.7%). Regarding the sensory properties of the silage, undesired deviations such as butyric acid or acetic acid and mold growth or heating, respectively, could not be found at any time. The analysis results of the used concentrated feed mixtures are listed in Table 2.

Feeding trial

The results of each group represent the average of 6 repetitions.

Table 3 shows the average values of total dry matter and concentrate intake, the determined silage consumption and the proportion of silage in the daily ration per animal. Also, the calculated intake of important nutrients is listed. At any time in the trial, the restrictive allocated amount of concentrate has been completely eaten. In the initial phase, the daily silage consumption was about 0.3 kg DM per animal and day in both experimental groups (B and C), and therefore much lower than previously assumed (0.68 kg). In the grower phase, the silage consumptions of group B and C (0.97 kg DM 0.92 kg DM/animal/day) were slightly above the scheduled amount of 0.9 kg DM. For the finishing phase, a daily silage consumption of 1.22 kg DM per animal was assumed. The total daily consumption of silage per animal was different among the groups ($P < 0.05$). The animals in group B consumed 1.51 kg and in group C 1.22 kg. Differences between castrated and female animals were not detected. With regard to the daily total DM intake per animal, no differences were observed in the initial phase. In the grower phase, the total DM intake in group A (2.07 kg) was lower than in groups B (2.38 kg) and C (2.33 kg). But the differences among the groups were more significant in the finishing phase: Animals of group B (3.1 kg) showed the highest DM intake and those of group A (2.36 kg) the lowest. Concerning the proportion of consumed silage of the total DM intake, differences were found only in the finishing phase ($P < 0.05$): The silage proportion in group B (48.7%) was higher than in group C (44.1%). In the initial phase, the consumed silage was 23.4% and 40% in the grower phase. Table 4 shows the average live weights in each phase, and also daily weight gains and the duration of the fattening period.

The daily weight gain of group A was 844 g in the grower phase, and thereby significantly higher than in group B (678 g) and C (562 g). The cumulated daily gain during of the fattening period ($P < 0.05$) was for group C significantly lower than for group A; and it was between these values in group B. Concerning the daily weight gain between castrated and female animals, there were at no time during the trial significant differences.

Table 4: Development of the live body weight and daily weight gain (LS-Means and Standard Error) in the different phases of the trial and in average as well as total increment and duration of the fattening period

Item	Group				Sex			
	A	B	C	p	m	f	p	
Initial phase	Initial weight (kg)	29.2	28.9	29.3	0.829	28.8	29.4	0.248
	SE	0.5	0.5	0.5		0.4	0.4	
	daily weight gain (kg)	0.628	0.566	0.604	0.160	0.61	0.59	0.558
	SE	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	
	Final weight (kg)	60.0	56.6	58.9	0.203	58.5	58.4	0.945
	SE	1.4	1.3	1.5		1.1	1.2	
Growing phase	Daily weight gain (kg)	0.844 ^a	0.678 ^b	0.562 ^c	0.000	0.71	0.68	0.220
	SE	0.03	0.03	0.03		0.02	0.02	
	Final weight (kg)	86.1	85.0	82.5	0.407	85.5	83.6	0.389
	SE	1.9	1.8	2.0		1.5	1.6	
Finishing phase	Daily weight gain (kg)	0.485	0.548	0.454	0.263	0.54	0.45	0.068
	SE	0.04	0.04	0.04		0.03	0.03	
	Final weight (kg) ¹	105.7 ^a	102.7 ^{ab}	100.2 ^b	0.050	103.9	101.9	0.262
	SE	1.5	1.4	1.6		1.2	1.3	
	Final weight at slaughter house (kg) ¹	100.2	97.7	95.5	0.089	98.3	97.3	0.548
	SE	1.4	1.3	1.5		1.1	1.2	
Average (all phases)	Cumulated daily weight gain (kg)	0.634 ^a	0.593 ^{ab}	0.541 ^b	0.035	0.61	0.57	0.088
	SE	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	
	Total increment (kg)	76.5 ^a	73.8 ^{ab}	70.9 ^b	0.033	75.08	72.41	0.107
	SE	1.38	1.32	1.47		1.08	1.19	
	Duration of fattening period (d)	122.1	125.2	131.9	0.085	123.61	129.17	0.113
	SE	2.91	2.78	3.11		2.27	2.52	

LS-means: least square means; SE: standard error; p: probability of error; ^{a, b, c}: Different indices indicate significant differences ($p < 0.05$); m: male; f: female; d: days

¹ the difference between the final weight and the final weight at slaughter house is caused by the deprivation of the feed for one night before slaughter.

Carcass yield

The recorded carcass characteristics are presented in Table 5. A significant difference between the feeding groups was not found in any of the observed characteristics. The carcass yields of the animals were between 76% and 78%. The average lean meat content was between 58.3% and 59.8%. The characteristic muscle thickness was between 52.4 mm and 57.3 mm. The determined values for the bacon thickness were between 12.2 mm (group B)

and 13.6 mm (group A). The values for fat area were 10.6–13.0 cm² for a meat area of 42.5–46.7 cm². Regarding the carcass characteristics between both sexes, a significant difference could only be determined for the characteristic fat area. The fat area of the castrated animals was 13.3 cm² and thus 2.6 cm² larger than that of the females.

Table 5: Results of the elevated carcass characteristics per group and sex (LS-means and Standard error (SE))

Item	Group			<i>p</i>	Sex		
	A	B	C		m	f	<i>p</i>
Carcass percentage (%)	77.9	77.6	76.0	0.066	77.8	76.5	0.064
<i>SE</i>	0.6	0.5	0.6		0.4	0.5	
Lean meat content (%)	58.8	59.8	58.3	0.483	58.5	59.4	0.406
<i>SE</i>	0.8	0.8	1.0		0.7	0.7	
Muscle thickness (mm)	57.3	56.4	52.4	0.119	55.9	54.9	0.590
<i>SE</i>	1.5	1.5	1.8		1.2	1.4	
Bacon thickness (mm)	13.6	12.2	13.1	0.480	13.6	12.4	0.232
<i>SE</i>	0.8	0.8	1.0		0.7	0.7	
Fat area (cm²)	12.4	10.6	13.0	0.088	13.3	10.7	0.007
<i>SE</i>	0.7	0.7	0.8		0.6	0.6	
Meat area (cm²)	46.7	45.3	42.5	0.088	45.0	44.6	0.780
<i>SE</i>	1.2	1.2	1.4		1.0	1.1	

LS-means: least square means; SE: standard error; *p*: probability of error; m: male; f: female

2.6 Discussion

Quality of the Silage

According to the analysis results of the silage, it can be deduced that the ensiling with the executed procedure (wilting to 45% DM, intense chopping with a forage harvester, strong compactation with a bale press for corn silage) is suitable to conserve young harvested protein rich alfalfa. The lysine and methionine contents in the produced, extruded silages were slightly lower than the values from previous studies by BEYER et al. (1977) for fresh alfalfa harvested in the bud. Negative sensory deviations as evidence for bad fermentation, heating or mold growth could not be observed, neither in the beginning nor several days after opening the bales. For the extruded silage, no advantages in the ensiling process were observed. Equally, there were no relevant differences between both silage variations regarding the determined *in vitro* digestibility. Since an increasing crude fibre content reduces the digestibility of pig feeds (BINDELLE et al., 2008; KERR and SHURSON, 2013; KUAN et al., 1983), the harvest of young alfalfa explains the obtained higher digestibility. The clover grass silages considered by BELLOF et al. (1998) and ROTH and REENTS (2001) showed lower crude fibre contents (287 g/kg DM and 186 g/kg DM, respectively) than the presented alfalfa silage (more than 300 g crude fibre per kg DM).

Feeding trial

Compared to conventional pig fattening, the performance level attained in the present study is relatively low. According to the standardised growth rates for organic pigs in Germany, which are illustrated by LFL (2014), a medium performance level corresponds to a daily weight gain of about 710 g. The feed mixtures and daily feed rations of the trial were designed for a daily weight gain of about 700 g in the initial and finishing phases, and of about 750 g in the grower phase. Two aspects can be quoted as possible reasons for the comparatively low performance level. First, an infestation with *Ascaris suum* was found in a random sample of animals. Considering that all animals come from the same pig production farm, it can be assumed that they were all infested. This fact may produce a limited performance (HALE et al., 1985). Second, the minimal amount of bedding material in the pens may have been insufficient to keep the animals warm during the last part of the experiment, when stable temperatures were often below 10 °C and eventually fell below 5 °C. The temperatures in the stable followed the outdoor climate. Only when the outside temperatures fell below the freezing point, the stable was heated with a thermostatically controlled oil burner. This situation may have increased the energy needs of the animals for thermoregulation (GFE, 2006). Due to the restrictive concentrate feed offer, it was not possible for the animals to compensate the additional energy requirement by increasing the intake.

The silage intake in the initial phase was lower than expected. At the grower phase, it reached the assumed values and exceeded them in the finishing phase. The low ambient temperatures may have promoted the silage intake in this phase of the trial. BELLOF *et al.* (1998) observed that the silage consumption of pigs was lower at high temperatures in summer than at low temperatures in autumn and winter. Feedstuffs that are rich in crude fibre like alfalfa silage are fermented microbially in the intestine of the pig. Among others, it produces short chain fatty acids and heat. At high ambient temperatures, the developed heat may affect the intake of the silage; at low ambient temperatures, the heat could possibly contribute to thermoregulation. The produced short chain fatty acids can contribute to meet the increased demand for energy (VAREL and YEN, 1997 ; BELLOF *et al.*, 1998). This context together with the fed restricted condition can also explain the lower growth performance of group A in comparison to group B in the finishing phase. However, it can be supposed that the increased uptake of silage, together with the offered feed restriction, was not sufficient to satisfy the additional energy requirements of the animals for thermoregulation.

In context with the silage intake, it must also be considered that the silage partially was distributed by the animals in the litter. These silage quantities could not be determined to 100% when weighing the wastes. BELLOF *et al.* (1998) report a proportion of 7–16% clover grass silage of the daily DM intake in fattening pigs. This range was confirmed by BIKKER and BINNENDIJK (2012) with a percentage of 6–18% for grass silage. In the present study, however, very high silage proportions of 20–50% in the daily feed rations were reached. These differences can be explained by the silage presentation form of the trial (intense chopping of the alfalfa before ensiling), where silage in small pieces was offered to ease the animals' intake. Regarding the daily weight gains, statistical differences between group A and B were not found. This aspect suggests that young harvested alfalfa has a high potential as protein source for the feeding of fattening pigs. However, both groups consumed different amounts of nutrients (see Table 3). The animals of group B achieved an estimated higher crude protein intake at all phases, as well as a lysine and methionine intake in the last two phases. This intake was not sufficient to be converted into growth performance, because the animals of group B received a low supply of energy-yielding nutrients (crude fat: in the finishing phase, starch and sugar: in the initial and grower phase). The intake of metabolisable energy was not calculated due to the lack of an equation for the supplemental feed mixture (high protein and fat content). The recommended equation by the GfE (2006) applies to feed stuffs with determined protein (150–250 g/kg DM) and fat contents (below 60 g/kg DM) only. As a consequence of the high silage intake, the animals in group B ingest up to 300% more crude fibre than the animals in group A. The associated deterioration of the energy digestibility leads to an additional energy diluting effect on the total feed ration (BINDELLE *et al.*, 2008; KERR and SHURSON, 2013; WERNER and SUNDRUM, 2008).

Another indicator of low energy supply in group B is the determined fat area in the carcasses. As shown in Table 5, the fat area of pigs in group B was on average about 2 cm² smaller than in group A. Consequently, thoroughly positive effects are associated with a high proportion of silage in the daily ration of pigs.

Roughage serves as a material for enrichment. Hence, the use of roughage is associated with a preventive effect on the occurrence of stereotypes and cannibalism. In this way, animal welfare and animal health can be increased (DE LEEUW *et al.*, 2008; HØØK PRESTO *et al.*, 2009; HOY *et al.*, 2015; WENK, 2001). Due to the water-binding of the contained non-starch polysaccharides, roughage has a satiating effect. Indeed, this is associated with a higher filling of the gastrointestinal tract. Under certain circumstances, it is reflected in a worse carcass percentage (WESTENDARP, 2006). This fact opposes the fat tissue development of the animals (LEBRET, 2008). In the present study, this effect was reflected by a higher lean meat content of 1%, which, although not significant, is still relevant for the payment of farmers in Germany. HANSEN *et al.* (2006) observed that a restrictive offer of concentrate feed in combination with an *ad libitum* supply of silage produced carcasses with higher lean meat contents than in the concentrate feed comparison group. Especially with regard to the organic pig fattening, the integration of young harvested alfalfa conserved as silage in the feeding is profitable. First, the mandatory offer of roughage is fulfilled (EUROPEAN COMMISSION, 2008; EUROPEAN UNION, 2007). Second, a locally, mostly even in-house produced, source of protein with a favourable amino acid pattern for the pig can be used. Regarding the required 100% organic feeding of pigs from 01.01.2018 onwards (EUROPEAN COMMISSION, 2014), this can be assessed positively. Even despite the slightly lower performance of the silage fed animals in group B, this still holds true. The low performance level of group C, obtained under otherwise identical conditions, is presumably a consequence of the additional extrusion of the silage. This result may indicate heat damage of the protein in the silage during the extrusion process. In an interview, the director of the company Lehmann Maschinenbau stated that the temperatures during the extrusion increase distinctly with higher fibre and DM contents in the processed material. Consequently, it is possible that above 100 °C protein damage occurred with high fibre and low water contents. At this temperature, the so-called Maillard reaction could take place, reducing the digestibility of the amino acids (GONZÁLEZ-VEGA *et al.*, 2011).

2.7 Conclusion

The results of the present study show that alfalfa silage can make a relevant contribution to the protein supply of the animals in organic pig fattening. Simultaneously, the legal requirement of a daily offer of roughage can be fulfilled. Restricted concentrate feeding produces a consumption of high amounts of alfalfa silage. However, a high proportion of fibre in the feed

of pigs is related to poor growth performance, which relativizes the described positive effects. Young harvested alfalfa can be conserved as silage with low losses, so that it is available throughout the year. The additional extrusion of the crop cannot be recommended.

2.8 Acknowledgment

Funding: The study was financially supported in the frame of the so-called Bundesprogramm für ökologischen Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN).

2.9 References

- BELLOF, G., GAUL, C., FISCHER, K., LINDERMAYER, H. (1998): Der Einsatz von Grassilage in der Schweinemast, *Züchtungskunde*, 70 (5), 372-388.
- BEYER, M., CHUDY, A., HOFFMANN, B., HOFFMANN, L., JENTSCH, W., LAUBE, W., NEHRING, K., SCHIEMANN, R. (1977): Das DDR-Futterbewertungssystem, Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs für Fütterung und Futterplanung mit einer Anleitung zu ihrem Gebrauch, 4. unveränderte Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 122-123 und 146-147.
- BIKKER, P., BINNENDIJK, G.P. (2012): Ingekuild gras voor biologisch gehouden vleesverkens - Grass silage in diets for growing-finishing pigs, Wageningen Livestock Reserach, Rapport 603, ISSN 1570-8616, Lelystad, <http://edepot.wur.nl/240587> (18.05.2016)
- BINDELLE, J., BULDGEN, A., LETERME, P. (2008): Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review, *Base (en ligne)*, 12, 69-80.
- BOISEN, S., FERNÁNDEZ, J.A. (1997): Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, 68 (3-4), 277-286.
- DLG–DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2014): Datenbank Futtermittel. <http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (16.07.2014).
- EUROPEAN COMMISSION (2008): Regulations, 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.
- European Commission (2009): Regulations, Commission Regulation (EC) No 152/2009 of 27 January 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed.

- EUROPEAN COMMISSION (2014): Commission implementing regulation (EU) No 836/2014 of 31 July 2014 amending Regulation (EC) No 889/2008 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.
- EUROPEAN UNION (2007): Regulations, Council regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labeling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91.
- DE LEEUW, J.A., BOLHUIS, J.E., BOSCH, G., GERRITS, W.J.J. (2008): Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs, Symposium on 'Behavioural nutrition and energy balance in the young', Proceedings of the Nutrition Society, 67, 334-342.
- GfE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GONZÁLEZ-VEGA, J.C., KIM, B.G., HTOO, J.K., LEMME, A., STEIN, H.H. (2011): Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 89 (11), 3617-3625.
- GÖWEIL (2016): LT Master, Press-Wickelkombination für Rundballen, Produktinformation auf der Herstellerhomepage, <http://www.goeweil.com/index.php/de/produkte/press-wickelkombinationen/lt-master/funktion-ltmaster> (22.03.16).
- HALE, O.M., STEWART, T.B., MARTI, O.G. (1985): Influence of an Experimental Infection of *Ascaris suum* on Performance of Pigs, *Journal of Animal Science*, 60 (1), 220-225.
- HANSEN, L.L., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., JENSEN, S.K., ANDERSEN, H.J. (2006): Effect of organic pig production systems on performance and meat quality, *Meat Science* 74 (4), 605-615.
- HØØK PRESTO, M., ALGERS, B., PERSSON, E., ANDERSSON, H.K. (2009): Different roughages to organic growing/finishing pigs – Influence on activity behavior and social interactions, *Livestock Science*, 123 (1), 55-62.
- HOY, S., BRAUNER, J., HICKL, E., GOßMANN, J., LUTTERMANN, C., RUETZ, M. (2015): Möglichkeiten zur Verminderung von Technopathien beim Schwein, *Der Praktische Tierarzt*, 96, 508-512.
- JIANXIN, L., JUN, G. (2002): Chapter 4, Ensiling crop residues. in: TINGSHUANG, G., SÁNCHEZ, M.D., YU, G.P. (Ed.), *Animal production based on crop residues Chinese experiences*,

- Food and agriculture organization of the united nations,
<http://www.fao.org/docrep/005/y1936e/y1936e08.htm#bm08> (06.01.2016).
- KERR, B.J., SHURSON, G.C. (2013): Strategies to improve fiber utilization in swine, *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 (11), 1-12.
- KUAN, K. K., STANOGLAS, G., DUNKIN, A.C. (1983): The effect of proportion of cell-wall material from Lucerne leaf meal on apparent digestibility, rate of passage and gut characteristics in pigs, *Animal Production*, 36 (2), 201-209.
- LEBRET, B. (2008): Effects of feeding and rearing systems on growth rate, carcass composition and meat quality in pigs, *Animal*, 2 (10), 1548-1558.
- LEHMANN, T., FRIEDRICH, E. (2012): Straw insted of field crops, *Landtechnik*, 67(5), 358–360.
- LEHMANN MASCHINENBAU (2016): Process of bioextrusion by LEHMANN®”
<http://www.lehmann-maschinenbau.de/en/biogas-technology/bio-extrusion.html>
(04.01.2016).
- LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2014): Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Öko-Schweinemast. Internetangebot der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, <https://www.stmelf.bayern.de/idb/schweinemastoeko.html>
(22.04.2014).
- MUCK, R.E., HINTZ, R.W. (2003): Effects of breeding for quality on alfalfa ensilability, *American Society of Agricultural Engineers*, 46(5), 1305-1309.
- NAUMANN, C., BASSLER, R. (2012): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik: Methodenbuch. Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Grundwerk einschließlich 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- ROTH, F.X., REENTS, H.J. (2001): Futterwert von frischem und siliertem Klee gras aus ökologischem Anbau für Mastschweine. In: Reents, H.J. (Eds.) Von Leitbildern zu Leitlinien. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 6.-8. März 2001, Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- SCHUMACHER, U., FIDELAK, C., KOOPMANN, R., WEIßMANN, F., SNIGULA, J., BRÜGGEMANN, R., NAATJES, M., SIMONEIT, C., BENDER, S. (2011): Wissensstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100 % Biofütterung Monogastrier. Gemeinsamer Abschlussbericht des Verbundprojekts, 8-9,

<http://orgprints.org/25088/1/25088-10OE088-bioland-schumacher-2011-wissenstandanalyse-tiergesundheit.pdf> (14.04.2014).

SUNDRUM, A., SCHNEIDER, K., RICHTER, U. (2005): Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production, Report. Project title: Research to support revision of the EU Regulation on organic agriculture, <http://orgprints.org/10983/> (15.04.14).

VAREL, V.H., YEN, J.T. (1997): Microbial Perspective on Fiber Utilization by Swine, *Journal of Animal Science*, 75, 2715-2722.

WENK, C. (2001): The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig, *Animal Feed Science and Technology*, 90 (1-2), 21-33.

WERNER, C., SUNDRUM, A. (2008): Zum Einsatz von Raufutter bei Mastschweinen, *Landbau-forschung Völkenrode, Sonderheft 320*, 61-68.

WESTENDARP, H.(2006): Zur Wirkung von Nicht-Stärke-Polysacchariden in der Fütterung von Monogastriern, *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 113 (10), 379-384.

ZDS – ZENTRALVERBAND DER DEUTSCHEN SCHWEINEPRODUKTION E.V. (2004): Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein vom 01.07.2004, www.zds-bonn.de/services/files/pdf/rlnkp04geaendert0704.pdf (23.03.2016).

3. Kapitel

Silage of young harvested alfalfa (*Medicago sativa*) as home-grown protein feed in the organic feeding of laying hens

Autoren des Originalbeitrags:

Jessica Wüstholtz, Salomé Carrasco, Ulrich Berger, Albert Sundrum, Gerhard Bellof

Veröffentlicht in: Organic Agriculture

DOI: 10.1007/s13165-016-0151-9

3.1 Abstract

The aim of the study was to assess the suitability of very young harvested alfalfa as a protein source for laying hens. Alfalfa was harvested at a very early stage of maturity, chopped and conserved as silage. A subset of the crop was additionally treated with a twin-screw extruder prior to ensiling. For the feeding trial, four groups were investigated. The control group (A) was fed with a complete feed mixture, groups B and C were offered the chopped and extruded silage, as well as a supplemental feed mixture and group D received pellets which consisted of the extruded silage and the supplemental feed mixture. The silage was calculated to form 20% (in relation to the dry matter) of the daily diet of the animals. For this purpose, the offered supplemental feed mixture was matched with regard to the nutrient content to the desired silage intake. The feed was offered *ad libitum*. The silage consumption represented 10 to 20% of the dry matter intake and is apparently influenced by the offer of the outdoor access. Laying performance, egg weight and body weights of the animals in the experimental groups reached the level of the control group. It was concluded that the use of significant amounts of very young harvested alfalfa which was ensiled is possible without losses of performance in the organic feeding of laying hens. The additional extrusion treatment of the wilted crop had no benefit, either for the ensiling or for the animals' productivity.

3.2 Keywords

Laying hens, Organic feeding, Roughage, Alfalfa silage, Outdoor access, Amino acids

3.3 Introduction

The legal regulations of organic farming should support housing conditions that enable the animals to follow their species' specific needs. This aim is taken into account with the requirement to allow all animals, including the laying hen, access to an outdoor area and roughage (EUROPEAN UNION, 2007). Among other things, the offer of roughage to the laying hen is expected to have a preventive effect in terms of cannibalism (STEENFELDT et al., 2007; KALMENDAL and WALL, 2012). However, a potential disadvantage of the integration of roughage into the diet of laying hens could be the energy diluting and digestibility impairing effect which results from increasing the crude fibre content (LATSHAW, 2008; KALMENDAL et al., 2011). With regard to feeding, EU-regulations prescribe the use of 100% organic and mainly locally produced feeding components (EUROPEAN UNION, 2007; EUROPEAN COMMISSION, 2008). Currently, the use of protein feeds originating from conventional sources is allowed in the feeding of laying hens with a proportion of up to 5%. Presumably as of January 1, 2018, this exemption will be omitted (EUROPEAN COMMISSION, 2014). In principle, a 100% organic feeding in poultry is possible (SUNDRUM et al., 2005; BELLOF et al., 2005). In practice, however, this objective is not always achieved (SCHUMACHER et al., 2011). Simultaneously, the large amount of imported soybean products of organic origin (SCHAACK et al., 2011) allows the assumption that the proportion of locally produced protein feeds used for poultry feeding is actually still low. Alfalfa could potentially fill this gap here. This plant shows comparatively high lysine and methionine contents when it is harvested at a very early stage of maturity. The methionine content of this material is with 1.5 g/100 g crude protein (BEYER et al., 1977) at a level comparable with soybean cake (1.5 g/100 g crude protein) and significantly higher than the level in peas (0.28 g/100 g crude protein; DLG, 2014). Compared with alfalfa silage that is harvested at the vegetation stage beginning of flowering with a crude fibre content of 310 g/kg, the crude fibre content of very young harvested alfalfa is with 215 g/kg very low (BEYER et al., 1977). Therefore, alfalfa can be used as a possible source of protein for laying hens, while at the same time, it could facilitate the aspect of a regional production and the offer of roughage.

To realize a perennial use of this protein source, conservation and specific treatments are necessary. In this case, ensiling is an option which is however difficult due to the low sugar and high protein content (JIANXIN and JUN, 2002; MUCK and HINTZ, 2003). By chopping the plants into very small pieces, the compression process for the ensiling can be improved. The use of a bale wrapper for corn silage ensures an effective exclusion of air. In addition, positive effects may be achieved by treating the material with an extruder. For this procedure, a machine is used, that owns two specially designed screws that run into each other. The supplied material, exposed to high pressure and high temperatures (about 60 to 70 °C)

alternately, decomposes by means of this treatment and releases its cell content (LEHMANN and FRIEDRICH, 2012; LEHMANN MASCHINENBAU, 2016).

In the context of a research project at the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, it was investigated whether very young harvested alfalfa can be conserved as silage and whether an additional extrusion could lead to positive effects. Furthermore, it was investigated whether such special roughage can be integrated as a protein feed in the diets of laying hens without negative effects on the development and performance of the animals.

3.4 Materials and methods

The investigations described below were carried out at the organic farming, experimental station Viehhausen (district of Freising) of the Technische Universität München.

Preparation of the silage

A field of 4 ha of arable land was seeded in year 2011 with alfalfa. With the aim to avoid gaps and weed infestation in the seedling alfalfa, a proportion of 10% of white clover was considered with the alfalfa seed. The next year, the crop was well established, and the harvested crop was composed nearly only of alfalfa. The detailed botanical composition of the crop was not determined. The fourth cut was harvested in August 2012 at the stage of beginning of bud. The plants were harvested with a self-propelled mower. The crop was wilted to a targeted dry matter content of about 45%. In the subsequent chopping process, a particle length of about 6 mm was strived for. A subset of the chopped material was compacted with a baling press (LT Master, GÖWEIL) and wrapped in silage film. This was the chopped silage. The second subset was additionally treated with the Bioextruder from the company LEHMANN MASCHINENBAU (Joketa, Saxony). In this machine, the crop was treated alternately with high pressure and temperatures about 60–70 °C with the aim to open the cell walls and facilitate the release of the cell content. Subsequently, the crop was compacted with a punch press and packed in polyethylene bags. Half of this extruded silage was used for the preparation of the pelleted silage (described below). In this way, the basis for the best silage quality, as described in the literature (JIANXIN and JUN, 2002), sufficient wilting, strong shredding and compaction, were taken into account since ensiling high protein content alfalfa is difficult (MUCK and HINTZ, 2003). The finished silages were examined for crude nutrients and for their lysine and methionine levels according to the methods described by NAUMANN and BASSLER (2012) as well as in line with the regulation laying down the methods for sampling and analysing feeding stuffs for official controls (EUROPEAN COMMISSION, 2008).

Feeding trial

The feeding trial was carried out between June 2013 and January 2014 in a mobile stable from the company WÖRDEKEMPER with outdoor access. In the outdoor area, mixtures of predominantly grass plants and other forage crops (usually leguminous) were grown. A total of 440 laying hens 18 weeks old of the genotype Lohmann Brown Classic were purchased from an organic farm. For the purpose of adaption, the animals had received extruded alfalfa silage from the first day of their lives, the same silage which was later used in the feeding trial. Animals were randomly allocated into four feeding groups (n = 110) taking into account their body weight ($\bar{\varnothing}$ 1.63 kg). The available space per animal fulfilled the requirements of the EU Organic Regulations (EUROPEAN COMMISSION, 2008). The nutritional composition of the offered feed based in all feeding groups on the recommendations of the GFE (1999) for laying hens. The aim of the nutritional composition of the experimental diets was an isoenergetic and isoaminogen offer in all groups. The experimental design is shown in Table 6. The experiment was divided into two phases (phase 1 up to the 140th day of laying and phase 2 up to the 210th day of laying). This allowed an adjustment of the feed to the age of the animals. For evaluation purposes (development of body and egg weights, laying performance, feed and silage intakes), the phases were divided into time sections. Animals were weighed at the beginning, and at the end of each section, the offered feed (concentrate and pellets) was registered continuously and the remaining feed every 14 days. Consequently, the feed intake was calculated by subtraction. At least three weight measurements were summarized as repetitions of the feed intake in each section. Regarding the feeding strategy (Table 6), the silage groups B, C and D received supplemental feed mixtures (SFM). These SFM were adjusted in their nutrient content to a considered daily silage intake of 20% (based on 88% DM). For the experimental group D, the SFM and the above-mentioned 20% silage as chopped were mixed and prepared into pellets. For the process of the pellet production, a machine from the company LEHMANN MASCHINENBAU that extruded and pelletized was used. This method should ensure the silage intake in the scheduled ratio to the concentrate feed.

Table 6: Experimental design

Item		Feeding group				
		A	B	C	D	
No. of birds	n	110	110	110	110	
Type of feed		Only complete feed mixture	Supplemental feed mixture and chopped silage	Supplemental feed mixture and extruded silage	Supplemental feed mixture and extruded silage as pellet	
Feeding phase						
		Phase 1 (140 days)			Phase 2 (74 days)	
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
Duration		42 days	56 days	42 days	41 days	32 days
		<i>6 june-18 july</i>	<i>19 july-12 september</i>	<i>13 september-24 october</i>	<i>25 october-5 december</i>	<i>6 december-7 january</i>
Evaluations						
Body weight¹						
	n = 110	n = 110	n = 110	n = 110	n = 110	n = 110
	(sections)					
Egg weight						
	n = 6	n = 8	n = 6	n = 6	n = 4	
	(weekly)					
Laying performance						
	n = 42	n = 55	n = 41	n = 41	n = 32	
	(daily)					
Silage intake						
	n = 21	n = 28	n = 21	n = 21	n = 17	
	(every 2 days)					
Feed intake						
	n = 3	n = 4	n = 3	n = 3	n = 3	
	(every 2 weeks)					

¹ at the beginning of the trial there were 110 animals in each group, at the end of the trial there were 109 animals in group A, 108 animals in group B, 110 animals in group C and 108 animals in group D.

In groups A to C, mealy concentrate feed mixtures were used. In Table 7, the composition of the concentrate feed mixtures used in the experiment is shown. For each phase, a complete feed mixture for the control group (A) and a supplemental feed mixture for the experimental groups (B to D) was designed.

Table 7: Concentrate feed mixture ingredients and analysed nutritional composition

		Phase 1			Phase 2		
		Complete feed mixture	Supplemental feed mixture	Pellets	Complete feed mixture	Supplemental feed mixture	Pellets
Component (proportion per kg diet)							
Soybean cake	%	11.50	08.75	07.00	07.50	10.00	08.00
Sunflower cake, dehulled	%	17.00	17.75	14.20	14.50	11.88	09.50
Dried alfalfa	%	04.00	-	-	04.00	-	-
Maize	%	19.00	28.20	22.56	21.00	27.50	22.00
Wheat	%	24.80	28.95	23.16	27.70	32.88	26.30
Barley	%	14.00	-	-	15.00	-	-
Rapeseed oil	%	-	04.65	03.72	-	05.25	04.20
Feed lime	%	07.40	08.60	06.88	07.80	09.50	07.60
Mineral mixture	%	02.30	03.10	02.48	02.50	03.00	02.40
Ingredients (per kg diet)							
Dry matter	g/kg	909.00	913.00	872.50	906.00	906.00	830.00
Crude fat	g/kg	55.00	96.50	48.00	69.00	105.00	77.00
Crude fibre	g/kg	50.00	37.00	68.50	49.00	43.00	68.00
Starch	g/kg	304.00	353.00	554.00	296.00	357.00	265.00
Sugar	g/kg	38.00	36.50	49.00	40.00	32.00	34.00
Crude protein	g/kg	183.50	153.50	132.00	179.00	147.00	163.00
Lysine	g/kg	8.35	6.75	5.70	7.40	6.20	7.60
Methionine	g/kg	3.15	2.95	2.40	3.80	3.10	3.20
Threonine	g/kg	6.80	5.55	4.95	6.70	5.30	6.70
Tryptophane	g/kg	2.30	1.90	1.55	2.30	1.80	1.80
Crude ash	g/kg	162.50	147.50	63.00	165.00	156.00	110.00
Calcium	g/kg	50.60	45.05	10.90	46.10	49.20	28.00
Phosphorus	g/kg	7.55	7.05	4.90	7.10	6.70	5.70
Sodium	g/kg	2.00	1.65	1.00	1.50	2.10	1.30
AME	MJ/kg	10.30	12.06	10.51	10.60	12.26	10.04
Lysine/AME	g/MJ	0.81	0.56	0.54	0.70	0.51	0.76
Methionine/AME	g/MJ	0.31	0.24	0.23	0.36	0.25	0.32

AME = calculated apparent metabolisable energy (WPSA, 1984)

Initially, the concentrate feed mixtures were offered *ad libitum* in automatic chain feeders for all groups. Fresh silage was provided daily in food baskets used for this application. These baskets consisted of a bowl with a 10 cm high border and about 50 cm in diameter. A 55-cm-high cone with a diameter of 40 cm at the top and made of wire mesh was attached to it with the top down. Residues in the baskets were removed and weighed every second day. A part

of the silage was wasted and mixed with the litter by the animals. This quantity of silage could not be recorded clearly and was calculated as consumed. The determination of the dry matter content of the offered silage residues and the removed silage allowed the calculation of the silage consumption in grams dry matter per animal and day.

The collected samples of concentrate mixtures were analysed in the feed laboratory of the Research Center Weihenstephan for Brewing and Food Quality (Technische Universität München) for their contents of crude nutrients, like starch, sugar, lysine, methionine, threonine, tryptophan as well as sodium, calcium and phosphorus. Here, the methods according to NAUMANN and BASSLER (2012), the EUROPEAN COMMISSION (2009) and DIN EN 15510:2007 were applied. The levels of apparently metabolizable energy (AME) in the concentrate feed mixtures, as well as the silages, were calculated in line with the estimation equation of the WORLD'S POULTRY SCIENCE ASSOCIATION (WPSA, 1984).

Due to a very low feed intake at the beginning of the experiment for the animals in group D and their consequentially slower physical development, the complete feed of group A was additionally offered to the animals in group D in a restrictive manner (20% based on dry matter intake) for a duration of 46 days in section II. By these means, a compensatory growth was intended to be achieved. In addition, the pellets were offered in feed dispensers since the mechanical stress in the automatic feeding chain destroyed the feed structure. Subsequently, the experiment was continued as shown in Table 6. The animals of all groups were allowed (daily, but not on rainy days) outdoor access in groups from 9.30 h until dusk except for the first 4 weeks (June 6 to July 4, 2013) when they were kept inside to acclimate them to the stable. To get an idea of the influence of using the outdoor access on the silage consumption in phase 2, the animals were not allowed outside the first 6 weeks (October 24 to December 5, 2013). The strategy of data collection is shown in Table 6. The laying performance was recorded daily to observe the development of this parameter per group; the daily measurements were considered as repetitions into the established period of time. The weights of all eggs per group were determined once a week; each week was a repetition conformed for the individual egg weights. In addition, the animals were weighed approximately every 6 weeks; the individual weights conformed the repetitions. The results of the investigations carried out on the product quality will be presented in CARRASCO et al. (2016).

Statistics

Data were analysed according to the established phases (Table 6) and statistically analysed according to the general linear model (GLM) using SPSS v.20 (2011). In the model, the fix factor feeding system was considered with four levels (feeding groups) with a number of repetitions per group which varied according to the nature of the parameter as shown in Table 6.

The effect of the feeding group as a fixed effect on all variables was studied according to the following model:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} dependent variable (silage and feed intake, body weight, laying performance, egg weight);
 μ overall mean;
 D_i effect of i feeding group (control, chopped silage, extruded silage or pelleted silage groups);
 ϵ_{ij} residual error.

The differences between the groups were tested using the F test.

3.5 Results

Feed analyses

The results of the concentrate feed mixture analyses are shown in Table 7. In comparison to the complete feed mixtures, the supplemental feed mixtures contain more energy and less protein. The nutritional composition of the harvested silages is shown in Table 8. The crude protein content of the silage was both in the chopped and the extruded silage about 22% of the dry matter. The lysine content reached 1.1% of the dry matter, while the methionine content was 0.35 and 0.36% of the dry matter. The fibre content of the extruded silage was 21.2% of the dry matter and therefore a little lower than in the chopped silage (22.5% of dry matter).

Table 8: Nutritional composition of alfalfa silage (% in DM)

Silage type	DM	XP	XL	XF	XA	Lysine	Methionine
Silage, chopped	45.2	22.6	2.5	22.5	12.4	1.1	0.35
Silage, extruded	46.0	22.2	2.5	21.2	13.4	1.1	0.36

DM: Dry matter; XP: Crude Protein; XL: Crude fat; XF: Crude fibre; XA: Crude ash

Feed intake

The results of the feed intake are shown in Table 9. In phase 1, the concentrate feed mixture intake is about 100 g dry matter. Between the groups A, B and C, no significant difference was found. The concentrate feed intake of group D was significantly lower than that of the other groups. In phase 2, there was no significant difference in the concentrate feed mixture intake between the groups. With 126 g of dry matter, group A showed the highest value. As an undefined portion of the silage was distributed by the animals in the litter, it could not be included into the weighing of the residues. Thus, only the silage consumption and not the real silage intake could be determined. In phase 1, the silage consumption in all groups was

about 20 g of dry matter. In phase 2, group D showed with 35.1 g significantly the highest silage consumption, while group B showed with 19.4 g significantly the lowest.

Table 9: Average daily concentrate feed mixture, silage and total dry matter intake (g DM, LS-Means and Standard Error (SE))

Phases	Group				<i>p</i>
	A	B	C	D	
Concentrate feed mixture intake					
P1	103 ^a	101 ^a	104 ^a	60 ^b	<0.001
<i>SE</i>	3.78	3.78	3.78	3.78	
P2	126	114	119	106	0.069
<i>SE</i>	4.90	4.90	4.90	4.90	
Silage consumption					
P1	-	19.4	19.2	19.1	0.976
<i>SE</i>	-	0.818	0.579	0.808	
P2	-	19.4 ^c	27.7 ^b	35.1 ^a	<0.001
<i>SE</i>	-	1.27	0.897	1.25	
Total dry matter intake					
P1	103 ^b	130 ^a	134 ^a	85 ^b	<0.001
<i>SE</i>	6.21	6.21	6.21	6.21	
P2	126	134	140	132	0.358
<i>SE</i>	5.44	5.44	5.44	5.44	

LS: least square; P1: Phase 1; P2: Phase 2; *p*: probability of error;
^{a, b, c}: Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$)

As shown in Figure 1, the proportion of the silage consumption reached a maximum of about 25 and 20% the first weeks in phase 1 and phase 2, respectively. After these weeks, the consumption of silage decreased in the course of the experiment to 10%. These decrements are in line with the timeframe of no outdoor access. For group D, the proportion of silage consumption was pre-determined with the offer as pellets.

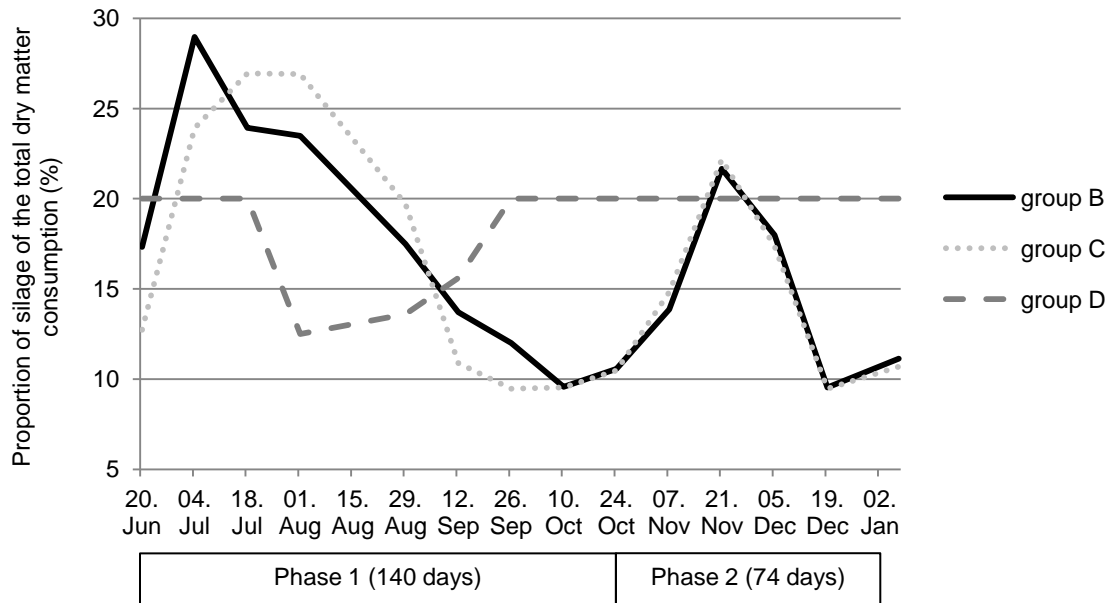
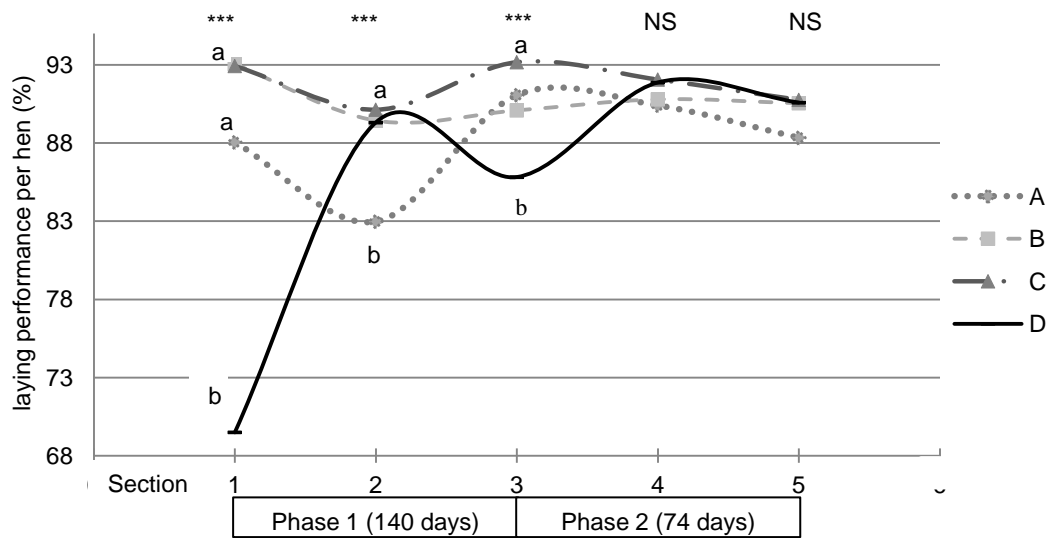


Figure 1: Proportion of silage of the total dry matter consumption according to the groups

Laying performance and egg weights

The average laying performance of the animals in the control group was 84% in phase 1. The performance of group B reached 87% in this phase. The laying performance of group C was compared to group A with 89% significantly higher in the same phase. Group D had the significantly lowest performance in phase 1 with 81% on average ($p < 0.001$). In phase 2, the laying performance of all four groups was between 88 and 90%. There was no significant difference between the groups. The progress of the laying performance is shown in Figure 2. The performance of group A showed greater fluctuations than the performance of groups B and C. At the beginning of the trial, the laying performance of group D was much lower than that of the other groups, but reached in phase 2 a level of 90%.



***: Probability of error < 0,001; NS: not significant; a, b: Different indices indicate significant differences

Figure 2: Laying performance (%) over the experimental period

A similar pattern was found for the egg weights shown in Table 10. In phase 1, the egg weights of group D (54.7 g) were significantly lower than those of the other groups (approximately 57 g). In phase 2, the egg weights of all groups were at similar levels (about 65 g). A significant difference was found only between the eggs of group B and D ($p < 0.001$).

Table 10: Average egg weight (g, LS-Means and Standard Error (SE))

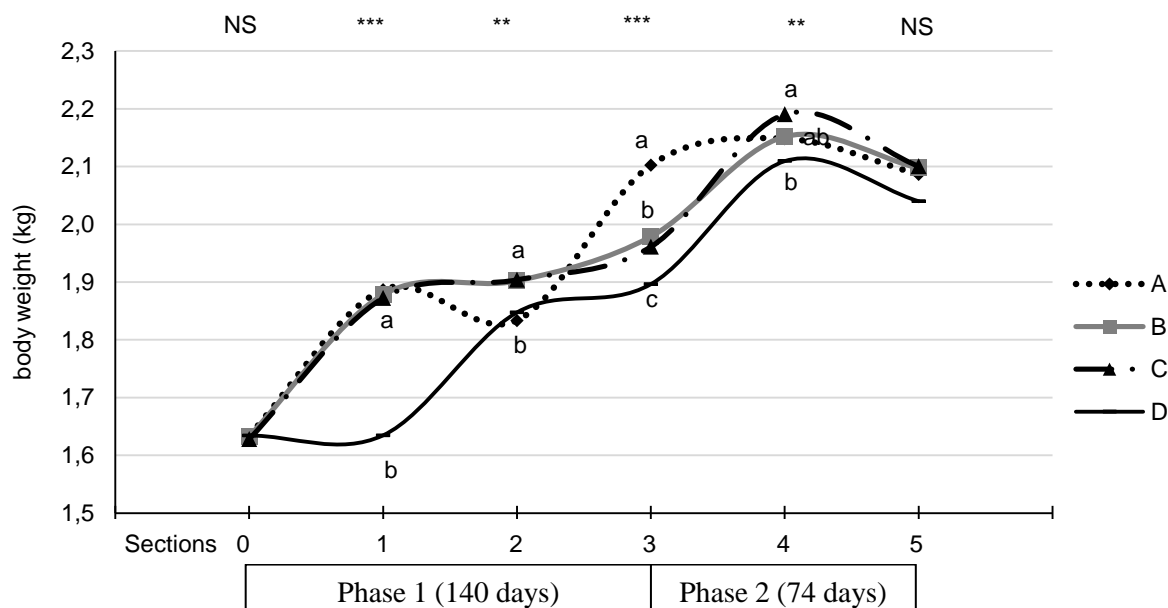
Phases	Group				<i>p</i>
	A	B	C	D	
P1	57.2 ^a	56.8 ^a	57.1 ^a	54.7 ^b	<0.001
<i>SE</i>	0.200	0.201	0.199	0.200	
P2	65.2 ^{ab}	64.6 ^b	65.3 ^{ab}	65.7 ^a	<0.001
<i>SE</i>	0.185	0.186	0.184	0.185	

LS: least square; P1: Phase 1; P2: Phase 2; *p*: probability of error; a, b, c: Different indices indicate significant differences ($p < 0.05$)

Body weights

At the beginning of the trial, the animals of all groups had an average weight of 1.63 kg. At the end of the experiment, the body weights of the animals were between 2.04 and 2.10 kg. Significant differences between the animal weights occurred at the end of sections 1 to 4 (see Figure 3). The animals of groups B and C showed a continuous development of their body weight. The body weight of the animals in group A had significant fluctuations in the course of the experiment but reached the level of group B and C at the end of the experi-

ment. Initially, the animals of group D exhibited a slower physical development, but reached the level of the other groups at the end of the experiment as well.



***: Probability of Error < 0,001; **: Probability of Error < 0,01; NS: not significant; a, b, c: Different indices indicate significant differences

Figure 3: Development of the laying hens body weight (kg) over the experimental period

3.6 Discussion

Quality of the silage

The lysine content of the produced silages was with 1.1% of the dry matter only 0.05% lower compared to the value of fresh alfalfa which was in previous studies of BEYER et al. (1977) harvested when in bud. In comparison to the corresponding table of BEYER et al. (1977), the methionine content of the silage reached 0.02% higher levels. Even several days after opening, the bales of both silage versions were of high sensory quality.

Feed intake and laying performance

The mean proportion of silage (of the daily total dry matter consumption) ranged from 10 to 20% and thus can be considered as important. Due to lack of comparable data in the literature, the relevance of these figures cannot adequately be determined and only speculated. The proportion of silage intake of groups B and C decreased progressively with the intensity of use of the outdoor area. When animals started to use outdoors, they were still scared and spend no long time there. While the animals were getting more courageous, they spend more time ranging outdoors, consequently the proportion of silage intake decreased. Since, during the intensive use of the outdoor area, the nutrient requirements can be achieved by

feeding plant pieces, insects, worms, etc. (ELWINGER et al., 2008). That observation is in accordance with GILANI et al. (2014), who pointed out that laying hens prefer ranging and spending more time outdoors than indoors. It is known that the feed intake of the poultry is inversely related with the energy content of the feed (LEESON et al., 1996; BELLOF et al., 2005; CARRASCO and BELLOF, 2013). In this sense, the experiment was designed testing low energy diets to promote a substantial silage intake, comparable to the one of the present experiment (group D); it appears to be conducive to offer a concentrate feed mixture that matches with the silage intake and comprises a high energy and a low protein content. Regardless of the amount of silage consumption, the animals of groups B and C showed similar performance as the animals in the control group. As simultaneously comparable egg weights and body weights of the animals were also found, it can be assumed that the animals were able to meet their needs with a nutrient supply of either supplementary concentrates and silage or supplementary concentrates, silage and the option of using the outdoor area, to the same extent as if they had been fed with a complete feed mixture. In total, the laying performance and the body weight of the animals in group A had stronger fluctuations as in groups B and C. Laying hens are able to regulate the intake of nutrients in line with demand (CHAH and MORAN, 1985; SCOTT and BALNAVE, 1988). Maybe the necessity for the silage groups to select their nutrients from the different offered parts (concentrate, silage, outdoor area) by themselves allowed to compensate variations in the quality of the supplemental feed mixture by decreasing or increasing the intake of the required feed. The animals of group A had such a possibility not in that scale, and variations in the feed quality lead to stronger fluctuations in performance. Because the performances of groups B and C did not significantly differ and furthermore the silage consumption of group C was in phase 2 significantly higher than in group B, the assumption is obvious that the additional extrusion of the alfalfa had no advantages for the digestibility of its nutrients. A striking result of the experiment is the very low feed intake of group D in the first phase of the experiment. This could explain the low laying performance, egg weights and delayed physical development of these animals. Because the feed intake of poultry is influenced by the feed structure (NIR and HILLEL, 1994), one reason for the low feed intake may be seen in the unsuitable food presentation technique which was used at the beginning of the trial and by which the pellets were completely pulverized. In the studies of TUFARELLI et al. (2007) and NIR et al. (1995), a reduction of the feed intake and also birds' performance when birds were fed with fine particles and low pellets durability was observed. For a satisfactory laying performance, it is important that the physical development corresponds with the occurrence of sexual maturity and the age of the animals (SUMMERS, 2008). To avoid an interference factor for the experiment, the compensatory growth was intended by additional feeding the animals temporarily in a restrictive way with the complete feed mixture (same in group A). The animals were able to compensate their deficits easily

during the next 6 weeks. Afterwards, they showed a satisfactory feed intake and a performance comparable to the level of the other groups during the feeding regime executed as planned. As a result, the silage consumption of group D was the highest because it was offered as part of the pellets and the animals had no possibility to select their silage-concentrate mixture by themselves.

3.7 Conclusions

Taking into account a sufficient degree of wilting and a high compression, very early harvested alfalfa can be conserved as silage without considerable loss of quality. The integration of this material into the daily diet of laying hens succeeds without losing performance. In this way, it has the potential to contribute as a regionally produced feed component to a 100% organic feeding while meeting the mandatory offer of roughage. The additional extrusion of the crop shows no advantages, either for the ensiling or for the animals' productivity. When the animals are simultaneously offered a concentrate feed mixture with a high energy content that is adapted to the silage intake, a silage intake in the order of 10–20% based on the daily total feed intake can be expected.

3.8 Acknowledgments

This study was financially supported in the framework of the CORE Organic II Consortium Improved Contribution of Local Feed to support 100% organic feed supply to Pigs and Poultry (ICOPP).

3.9 References

- BELLOF, G., SCHMIDT, E., RISTIC, M. (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 69 (6), 252-260.
- BEYER, M., CHUDY, A., HOFFMANN, B., HOFFMANN, L., JENTSCH, W., LAUBE, W., NEHRING, K., SCHIEMANN, R. (1977): Das DDR-Futterbewertungssystem, Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs für Fütterung und Futterplanung mit einer Anleitung zu ihrem Gebrauch, 4. unveränderte Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 122-123 und 146-147.
- CARRASCO, L. S., BELLOF, G. (2013): Alfalfa (*Medicago sativa*) meal in low energy diets of organic broiler production. in: NEUHOFF, D., STUMM, C., ZIEGLER, S., RAHMANN, G., HAMM, U., KÖPKE, U. (Hrsg.), *Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven Ökologischer Land-*

bewirtschaftung, Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. -8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin, 634-635.

CARRASCO, L.S., WÜSTHOLZ, J., BELLOF, G. (2016): The effect of chopped, extruded and pelleted alfalfa silage on the egg quality of organic laying hens, *Animal Feed Science and Technology*, 219, 94-101.

CHAH, C.C., MORAN, E.T. JR (1985): Egg Characteristics of high performance hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein, and calcium, *Poultry Science*, 64(9), 1696-1712.

DLG–DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2014): Datenbank Futtermittel. <http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (16.07.2014).

ELWINGER, K., TUFVESSON, M., LAGERKVIST, G., TAUSON, R. (2008): Feeding layers of different genotypes in organic feed environments, *British Poultry Science*, 49(6), 654-665.

EUROPEAN COMMISSION (2008): Regulations, 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.

EUROPEAN COMMISSION (2009): 540 Regulations, Commission Regulation (EC) No 152/2009 of 54127 January 2009 laying down the methods of sampling and 542 analysis for the official control of feed.

EUROPEAN COMMISSION (2014): Commission implementing regulation (EU) No 836/2014 of 31 July 2014 amending Regulation (EC) No 889/2008 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.

EUROPEAN UNION (2007): Regulations, Council regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labeling of organic products and repealing regulation (EEC) No 2092/91.

GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GILANI, A.M., KNOWLESA, T.G., NICOL, C.J. (2014): Factors affecting ranging behaviour in young and adult laying hens, *British Poultry Science*, 55(2), 127-135.

- JIANXIN, L., JUN, G. (2002): Chapter 4, Ensiling crop residues. in: TINGSHUANG, G., SÆNCHEZ, M.D., YU, G.P. (Ed.), Animal production based on crop residues Chinese experiences, Food and agriculture organization of the united nations, <http://www.fao.org/docrep/005/y1936e/y1936e08.htm#bm08> (06.01.2016).
- KALMENDAL, R., WALL, H. (2012): Effects of high oil and fibre diet and supplementary roughage on performance, injurious pecking and foraging activities in two layer hybrids, *British Poultry Science*, 53 (2), 153-161.
- KALMENDAL, R., ELWINGER, K., HOLM, L., TAUSON, R. (2011): High-fibre sunflower cake affects small intestine digestion and health in broiler chickens, *British Poultry Science*, 52 (1), 86-96.
- LATSHAW, J.D. (2008): Daily energy intake of broiler chickens is altered by proximate nutrient content and form of the diet, *Poultry Science*, 87 (1), 89-95.
- LEESON, S., CASTON, L., SUMMERS, J.D. (1996): Broiler response to diet energy, *Poultry Science*, 75 (4), 529-535.
- LEHMANN, T., FRIEDRICH, E. (2012): Straw insted of field crops, *Landtechnik*, 67 (5), 358-360.
- LEHMANN MASCHINENBAU (2016): Process of bioextrusion by LEHMANN®” <http://www.lehmann-maschinenbau.de/en/biogas-technology/bio-extrusion.html> (04.01.2016).
- MUCK, R.E., HINTZ, R.W. (2003): Effects of breeding for quality on alfalfa ensilability, *American Society of Agricultural Engineers*, 46 (5), 1305-1309.
- NAUMANN, C., BASSLER, R. (2012): *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik: Methodenbuch. Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Grundwerk einschließlich 1–8. Ergänzungslieferung*, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- NIR, I., HILLEL, R. (1994): Effect of grain particle size on performance 2. Grain texture interactions, *Poultry Science*, 73 (6), 781-791.
- NIR, I., HILLEL, R., PITCHI, I., SHEFET, G. (1995): Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interaction, *Poultry Science*, 74 (5), 771-783.
- SCHAACK, D., RAMPOLD, C., WILLER, H., RIPPIN, M., VON KOERBER, H. (2011): *Analyse der Entwicklung des ausländischen Angebots bei Bioprodukten mit Relevanz für den deutschen Biomarkt. Schlussbericht (Projektnummer 09OE065) im Rahmen des*

- Programms des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau, 9-72, http://www.amiinformiert.de/fileadmin/redaktion/bio_daten/importdaten/Schlussbericht_Bioimporte.pdf (14.04.14).
- SCHUMACHER, U., FIDELAK, C., KOOPMANN, R., WEIßMANN, F., SNIGULA, J., BRÜGGEMANN, R., NAATJES, M., SIMONEIT, C. BENDER, S. (2011): Wissenstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100% Biofütterung Monogastrier. Gemeinsamer Abschlussbericht des Verbundprojekts, 8-9, <http://orgprints.org/25088/1/25088-10OE088-bioland-schumacher-2011-wissenstandanalyse-tiergesundheit.pdf> (14.04.2014).
- SCOTT, T.A., BALNAVE, D. (1988): Comparison between concentrated complete diets and self-selection for feeding sexually-maturing pullets at hot and cold temperatures, *British Poultry Science*, 29 (3), 613-626.
- STEENFELDT, S., KJAER, J.B., ENGBERG, R.M. (2007): Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behavior, *British Poultry Science*, 48 (4), 454-468.
- SUMMERS, J.D. (2008): Importance of pullet feeding programs in ensuring a profitable laying flock. Technical information bulletin 1 from Canadian poultry industry council, <http://www.thepoultrysite.com/articles/1174/importance-of-pulletfeeding-programs-in-ensuring-a-profitable-laying-flock/> (24.01.2016).
- SUNDRUM, A., SCHNEIDER, K., RICHTER, U. (2005): Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. Report, Project title: Research to support revision of the EU Regulation on organic agriculture, 75-76, <http://orgprints.org/10983/> (15.09.15)
- TUFARELLI, V., DARIO, M., LAUDADIO, V. (2007): Effect of xylanase supplementation and particle-size on performance of guinea fowl broilers fed wheat-based diets, *International Journal of Poultry Science*, 6 (4), 302-307.
- WPSA-WORLD'S POULTRY SCIENCE ASSOCIATION (1984): Working Group No. 2 - Nutrition: the prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds, *World's Poultry Science Journal*, 40, 181-182.

4. Kapitel

Silage from alfalfa (*Medicago sativa*) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers

Autoren des Originalbeitrags:

Jessica Wüstholtz, Salomé Carrasco, Ulrich Berger, Albert Sundrum, Gerhard Bellof

Veröffentlicht in: European Poultry Science

DOI: 10.1399/eps.2016.150

4.1 Introduction

EU regulations for organic livestock promote housing conditions that satisfy animals' needs and allow animals to perform their natural behaviour. This aim is taken into account with the requirement to allow all animals, including broilers, access to an outdoor area and roughage (EUROPEAN UNION, 2007). In addition, the requirements for organic livestock have banned conventionally produced feedstuffs and prefer the use of those from regional origin. The use of conventional protein sources in the organic feeding of poultry is permitted until the end of 2017. In the meantime, when the supply of appropriate feedstuffs from organic production is not possible, a share of up to 5% of conventional feedstuffs is allowed. From 2018 onwards, 100% organic feedstuffs are required (EUROPEAN COMMISSION, 2008). Several studies (DAMME, 2004; SUNDRUM et al., 2005; BELLOF et al., 2005) conclude that feeding poultry with 100% organic feedstuffs is possible, in general. On the other hand SCHUMACHER et al. (2011) point out that this goal is not always achieved using the current feeding strategies. Furthermore, since a large amount of organic soya products is imported (SCHAACK et al., 2011), it can be assumed that the proportion of regionally produced protein feed for poultry feeding still remains low.

According to legislation (EUROPEAN COMMISSION, 2008) the daily ration of the birds should include a distinct amount of roughage. Obviously, as was mentioned by STEENFELDT et al. (2007) silage as roughage can also help to prevent the occurrence of feather pecking and cannibalism in laying hens. If roughage is offered to the birds as a substrate for pecking and scratching, the environmental enrichment is improved (JENDRAL and ROBINSON, 2004). However, the intake of roughage is also associated with the disadvantage of an energy diluting effect (LATSHAW, 2008; KALMENDAL et al., 2011).

The native forage crop alfalfa has comparatively high lysine and methionine levels at a very early vegetative stage (pre-bud). Methionine is the first limiting essential amino acid for poul-

try; its presence in young alfalfa is about 1.5 g/100g crude protein, which is similar to that in soya protein and higher than in pea protein (0.28 g/100 g crude protein). Simultaneously at this stage the fiber content is lower than that of the crops harvested at “beginning of flowering” (215 vs. 310 g/kg) (BEYER et al., 1977; DLG, 2014). The offer of alfalfa as silage would also have the advantage that the supply of roughage for poultry which is claimed by the EU guidelines is also fulfilled (EUROPEAN COMMISSION, 2008). Therefore, early harvested alfalfa could be an alternative to the inclusion of organic and regional protein in the organic broiler feeding.

Extrusion technology is common in food and feed processing. It is applied in the production of fish feed to improve the digestibility of nutrients from feedstuffs like soya bean meal, wheat, barley, corn etc. (VENS-CAPPELL, 1984; PFEFFER et al., 1991; CHENG and HARDY, 2003). In the poultry industry it is used to treat whole feed mixtures for poultry (PLAVNIK AND SKLAN, 1995), or to process eggshells, feather and carcass meal to poultry feed (HAQUE et al., 1991; TADTIYANANT et al., 1993). A disadvantage of the extrusion can be the destruction of amino acids in the treated feedstuffs due to high temperatures of up to 154 °C occurring (WEINGARTNER and WIJERATNE, 1993; JONES et al., 1995; PERILLA et al., 1997). Little is known about the extrusion of silage or other fiber rich feedstuffs. For this application the company LEHMANN MASCHINENBAU developed the so called Bioextruder. This machine should destroy the cell composition and open the cells (LEHMANN und FRIEDRICH, 2012; LEHMANN MASCHINENBAU, 2013).

The additional extrusion of early harvested alfalfa with the Bioextruder is assumed to add positive effects to the ensiling process and the digestibility of the nutrients for the animals because the treatment possibly improves the accessibility of cell contents like sugar and amino acids (LEHMANN und FRIEDRICH, 2012; LEHMANN MASCHINENBAU, 2013).

In a research project at the University of Applied Sciences WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF, alfalfa was harvested at the vegetative stage prior to budding, chopped and afterwards conserved as silage. Additionally, a part of the material was treated with the Bioextruder. The aim of the study presented here was to test the suitability of the silages as a protein feed in organic broilers. In a simultaneous study at the University of Hohenheim, the digestibility of the silage was examined in vivo with broiler chickens (RITTESER and GRASHORN, 2015).

4.2 Material and methods

Harvest of the silage

The ensiling of a protein-rich alfalfa is difficult (LOGES und THAYSEN, 2003), and factors that determine the quality of silage are: sufficient wilting, strong shredding and compaction (JÄNIKE, 2011). Initially in the summer of 2012, a population of alfalfa and white clover (seed mixture: 90% alfalfa, 10% white clover) from the organically managed experimental station

Viehhausen of the TU Munich was mowed at a very early stage of maturity and wilted to approximately 45% DM. In the next step the wilted crop was severely chopped to a targeted particle size of 6 mm with a forage harvester and transported to a stationary positioned bale wrapper from the company GÖWEIL, which was specifically developed for corn silage and enables a low-loss severe compaction of short chopped material. One part of this material was stored under the name “chopped silage”. The second part of the bales was transported to the campus of the company LEHMANN MASCHINENBAU GMBH. On the following day these bales were opened again for the additional treatment of the material with the Bioextruder. The extruder utilizes two specially designed, meshing screws rotating in opposite directions. The supplied material undergoes high pressure and temperatures (about 60 to 70 °C) alternately, which facilitate the breakdown of tissues and release of cell contents (LEHMANN und FRIEDRICH, 2012; LEHMANN MASCHINENBAU, 2013). Subsequently, the extruded alfalfa was compacted with a punch press, packed in polyethylene bags and transported back. This batch of the harvested material was stored under the name “extruded silage”.

Feeding trial

The feeding trial with broiler chickens was carried out in spring 2013 on the experimental farm, Zurnhausen, of the University of Applied Sciences WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF. The experiment involved 4 different feeding groups and 5 repetitions per treatment. A total of 520 one-day-old chicks (50% male, 50% female) of the genotype ISA 957 were randomly distributed into 20 pens (6 m² / pen; 13 male and 13 female chicks / pen) and housed in a temperature controlled stable without outdoor access. The first feeding group, control group (A), was fed with complete feed mixtures. These feed mixtures contain relatively high proportions (8.9 to 12%) of dried alfalfa meal to create a high crude fiber content in the feed. In this way, a better comparison of the animals' performance with that of the animals fed with silage should be constituted. An investigation of CARRASCO and BELLOF (2013) showed that proportions of dried alfalfa meal up to 12% can be included in broiler feed without detriment to the animals' performance. The second feeding group (B) received the chopped silage and supplemental feed mixtures that were adapted to the assumed silage intake. The third feeding group (C) was fed with the same supplemental feed mixtures as group B and additionally received the extruded silage. For the fourth feeding group (D), the chopped silage and the supplemental feed mixtures were mixed in the assumed target ratio and prepared to pellets. For this process a machine of the company, LEHMANN MASCHINENBAU, that extruded and pelletized was used. The experiment was divided into three feeding phases: P1, starter phase from 1st to 14th life day, P2, grower phase from 15th to 28th life day and P3, fattening phase from 29th to 61st life day. The silage proportion considered in the diet (calculated on feed basis with 88% DM) of the silage feeding groups (B, C and D) was 7.5, 12.5 and 20%

for phase 1, 2 and 3, respectively. Table 11, Table 12 and Table 13 showed the composition of the feed mixtures used. Feed mixtures were formulated according to the recommendations of the GFE (1999) and complied with the requirements of a 100% organic feed. For groups B to D the silages were calculated as a component of the daily diet in the proportions mentioned above. Consequently the corresponding supplemental feed mixtures presented a slightly lower protein and higher energy content than the complete feed mixtures. The animals were fed *ad libitum*, the feed mixtures and silage-pellets were offered in feed dispensers and chopped and extruded silage in self-made food baskets. These baskets were made of a metal plate (40 cm in diameter; 5 cm high border) and a cone of wire mesh (55 cm high, 40 cm in diameter) that was fixed to the plate with the tip down. The silage intake was estimated as the difference between the offered silage and remains of silage. Additionally, the dry matter content of silages (offered and remains) and concentrates were estimated. The nutrients' composition of concentrates, and silage samples were analyzed in the feed laboratory of the Research Center Weihenstephan for Brewing and Food Quality of the TU Munich to ascertain the amount of crude nutrients, essential amino acids as well as important minerals. For the pellets, analysis of the content of crude nutrients, lysine and methionine is considered sufficient because they are a mixture of analysed silage and supplemental feed mixtures. For this, the methods according to NAUMANN und BASSLER (2012), in line with the EUROPEAN COMMISSION (2009) and DIN EN 15510:2007 respectively, were applied. The apparent metabolizable energy (AME) in the concentrates as well as in the silages was calculated in line with the estimation equation of the World's Poultry Science Association (WPSA, 1984). The aim of the study was not to investigate the AME of alfalfa silage, rather, to obtain reference data for our study. Therefore an approximate calculation of AME was carried out using the WPSA (1984). In this context it is worth mentioning that an accurate equation for the determination of AME in roughage as alfalfa for poultry is necessary. Consequently more investigation in this area is required.

The complete feed mixture and the supplemental feed mixture for Phase 1 were additionally analyzed for the available lysine according to MORGAN and RUTHERFURD (1996).

Individual body weights were recorded considering sex at day 0, 7, 14, 28 and 56. The final individual weight was measured at day 61; then a sample of animals per pen (two males and two females), which represented the average weight of the pen, was selected for slaughter. After depriving the feed for one night, the selected animals were slaughtered on the following day. Another day later carcasses were dissected into commercial cuts and weighed.

The studied parameters of product quality of this experiment will be presented in a further publication (CARRASCO et al., 2017; see also chapter 5).

Table 11: Composition (on feed basis) of concentrates in phase 1 (starter phase)

Zusammensetzung (der Originalsubstanz) der Kraftfuttermischungen für die Phase 1 (Aufzucht)

Ingredients		Complete feed mixture	Supplemented feed mixture for 7.5% AFS ¹	Pellets
Soybean cake	%	12.0	12.3	11.4
Sunflower cake, dehulled	%	14.0	14.7	13.6
Peas	%	10.0	10.8	9.99
DDGS ²	%	12.0	13.5	12.5
Wheat	%	20.0	24.9	23.0
Maize	%	20.0	20.5	19.0
Dried alfalfa meal	%	8.90	-	-
Alfalfa silage	%	-	-	7.50
Mineral mixture	%	1.30	1.30	1.20
Calcium carbonate	%	0.600	0.700	0.648
Monocalcium phosphate	%	1.20	1.30	1.20
Analysed contents of nutrients				
Dry matter	g/kg	894	895	906
Ether extracts	g/kg	57.0	52.0	54.0
Crude fiber	g/kg	66.0	59.0	80.0
Starch	g/kg	332	350	323
Sugar	g/kg	44.0	44.0	40.0
Crude protein	g/kg	200	208	207
Lysine	g/kg	9.60	9.30	9.50
Methionine	g/kg	3.50	3.70	3.60
Threonine	g/kg	7.60	7.80	n.a.
Tryptophan	g/kg	2.20	1.20	n.a.
Ash	g/kg	65.0	62.0	64.0
Calcium	g/kg	10.2	10.4	n.a.
Phosphor	g/kg	8.40	8.70	n.a.
Sodium	g/kg	5.30	2.80	n.a.
AME	MJ/kg	11.2	11.4	11.0
Lysine/AME	g/MJ	0.859	0.814	0.866
Methionine/AME	g/MJ	0.313	0.324	0.328

¹AFS: Alfalfa silage (calculated with 88% DM), ²DDGS: Distillers dried grains with solubles, AME: apparent metabolisable Energy (WPSA, 1984), n.a.: not analysed, the conducted analyses were considered as sufficient because the pellets are a mixture of the analysed silage and supplemental feed mixture.

Table 12: Composition (on feed basis) of the concentrated feed mixtures for phase 2 (grower phase)

Zusammensetzung (der Originalsubstanz) der Kraftfuttermischungen für die Phase 2 (Aufzucht)

Ingredients		Complete feed mixture	Supplemented feed mixture for 12.5% AFS ¹	Pellets
Soybean cake	%	11.0	10.3	9.01
Sunflower cake, dehulled	%	12.0	15.2	13.3
Peas	%	8.00	8.30	7.26
DDGS	%	10.0	9.00	7.88
Wheat	%	24.0	24.2	21.2
Maize	%	23.0	28.3	24.8
Dried alfalfa meal	%	9.00	-	-
Alfalfa silage	%	-	-	12.5
Rapeseed oil	%	-	1.15	1.01
Mineral mixture	%	1.10	1.50	1.31
Calcium carbonate	%	0.650	1.50	1.31
Monocalcium phosphate	%	1.25	0.550	0.481
Analysed contents of nutrients				
Dry matter	g/kg	895	903	860
Ether extracts	g/kg	56.0	67.0	57.0
Crude fiber	g/kg	62.0	51.0	66.0
Starch	g/kg	344	370	340
Sugar	g/kg	43.0	44.0	38.0
Crude Protein	g/kg	196	205	193
Lysine	g/kg	9.50	9.40	8.60
Methionine	g/kg	3.40	3.60	3.50
Threonine	g/kg	7.60	7.70	n.a.
Tryptophan	g/kg	2.20	2.40	n.a.
Ash	g/kg	65.0	59.0	57.0
Calcium	g/kg	10.2	8.90	n.a.
Phosphor	g/kg	8.20	8.60	n.a.
Sodium	g/kg	3.70	3.40	n.a.
AME	MJ/kg	11.3	12.2	11.1
Lysine/AME	g/MJ	0.844	0.769	0.774
Methionine/AME	g/MJ	0.302	0.294	0.315

¹AFS: Alfalfa silage (calculated with 88% DM), ² DDGS: Distillers dried grains with solubles, AME: apparent metabolisable Energy (WPSA, 1984), n.a.: not analysed, the conducted analyses were considered as sufficient because the pellets are a mixture of the analysed silage and supplemental feed mixture.

Table 13: Composition (on feed basis) of the concentrated feed mixture for phase 3 (fattening phase)

Zusammensetzung (der Originalsubstanz) der Kraftfuttermischungen für die Phase 2 (Mast)

Ingredients		Complete feed mixture	Supplemented feed mixture for 20% AFS ¹	Pellets
Soybean cake	%	9.00	7.50	6.00
Sunflower cake, dehulled	%	10.0	12.5	10.0
DDGS	%	9.00	11.3	9.04
Wheat	%	13.0	15.8	12.6
Maize	%	25.0	30.0	24.0
Triticale	%	20.0	16.9	13.5
Dried alfalfa meal	%	12.0	-	-
Alfalfa silage	%	-	-	20.0
Rapeseed oil	%	-	3.75	3.00
Mineral mixture	%	1.15	1.55	1.24
Calcium carbonate	%	0.25	-	-
Monocalcium phosphate	%	0.600	0.800	0.640
Analysed contents of nutrients				
Dry matter	g/kg	899	897	798
Ether extracts	g/kg	51.0	84.0	67.0
Crude fiber	g/kg	64.0	38.0	79.0
Starch	g/kg	380	441	296
Sugar	g/kg	42.0	38.0	34
Crude protein	g/kg	185	177	164
Lysine	g/kg	8.40	7.20	7.5
Methionine	g/kg	3.30	3.20	2.8
Threonine	g/kg	7.00	6.20	n.a.
Tryptophan	g/kg	1.10	2.00	n.a.
Ash	g/kg	56.0	45.0	53.0
Calcium	g/kg	7.80	5.20	n.a.
Phosphor	g/kg	6.80	6.20	n.a.
Sodium	g/kg	2.70	3.10	n.a.
AME	MJ/kg	11.5	12.9	10.2
Lysine/AME	g/MJ	0.730	0.519	0.733
Methionine/AME	g/MJ	0.287	0.232	0.274

¹AFS: Alfalfa silage (calculated with 88% DM), ² DDGS: Distillers dried grains with solubles, AME: apparent metabolisable Energy (WPSA, 1984), n.a.: not analysed, the conducted analyses were considered as sufficient because the pellets are a mixture of the analysed silage and supplemental feed mixture.

Statistical evaluation

The collected data were statistically analyzed according to the general linear model (GLM) using SPSS v.20 (2011). All data presented a normal distribution (tested with the Kolmogorov-Smirnov and the Shapiro-Wilk Test). A linear model with the influencing factors “group” and “sex” was used. To accept or reject the null hypothesis, the F-test was used. A level of significance below 0.05 was considered significant. In case of significance, multiple comparisons were carried out using the Tukey-test. Also a level of significance below 0.05 was considered significant.

4.3 Results

Quality and nutritional composition of the silage

The sensory test of the harvested silages showed no evidence for undesirable kinds of fermentation (genesis of butyric acid, acetic acid and mould; warming etc.). Regarding this, no difference could be detected between the extruded and chopped silage. With regard to the nutritional composition, minimal differences between both silages were observed. Extruded silage was slightly drier (45.2 vs. 46.0% dry matter), presented a lower content of crude fiber (21.2 vs. 22.5%) and protein (22.2 vs. 22.6%), but a higher content of methionine (0.36 vs. 0.35%). Both silages showed the same level of lysine (1.1%).

Nutritional composition of concentrates

Results of the analysis of the concentrates are shown in Table 11 to Table 13. The determined energy and amino acid values are in agreement with the target values. Both complete and supplemental feed mixture of phase 1 showed approximately 74% of available lysine. In addition, the analyzed sodium contents of the complete feed mixtures were twice that of what was expected both in phase 1 and 2 and one third of phase 3.

Mortality

Mortality was low (0.7% based on the total animal population) and not affected by treatments.

Feed intake

The intake of feed mixtures as well as silages per animal and day expressed in DM, and the total DM consumption are shown in Table 14. Silage consumption was estimated as the difference between offered silage and residues. Waste (an undefined portion of silage wasted through the litter) was not considered in this calculation.

In Phase 1 no differences between groups for concentrate and total DM consumption were observed, but differences were present for silage intake. The highest consumption of silage

was shown by group C (2.4 g), and the lowest by group D (1.6 g). The attained silage consumption in this phase was lower than expected. In phase 2, the concentrates and silage intake increased to 44 g and 14 g respectively. Differences between groups for concentrate intake were not observed ($p > 0.05$); however they were observed for silage intake. Group C showed the highest silage intake (14 g) and group D the lowest (5 g). Therefore group B and C had the highest total dry matter consumption. The same tendency was observed in Phase 3 and consequently in the whole experiment. The proportion of silage consumed in the daily diet was highest in group C (29%), second highest in B (24%) and lowest in D (18%).

Table 14: Daily feed intake as dry matter (DM g/animal; LS Means and SE) and proportion of silage in the daily diet (% arithmetic means)

Trockenmasseaufnahme bzw. -verbrauch (g/Tier/Tag, LS-Mittelwerte und Standardfehler (SE)) und Anteil (%) des Silageverbrauchs am Gesamttrockenmasseverbrauch (arithmetisches Mittel)

	Feed in DM	Group				SE	p
		A	B	C	D*		
P1	Concentrates	21.8	19.0	18.8	19.9	1.05	0.209
	Silage	-	2.02 ^{ab}	2.36 ^a	1.61 ^b	0.12	0.003
	Total	21.8	21.0	21.1	21.5	1.08	0.959
	Silage (%)	-	10.0	11.2	7.5	-	-
P2	Concentrates	43.8	42.4	41.2	37.7	2.35	0.339
	Silage	-	11.8 ^b	13.6 ^a	5.4 ^c	0.33	<0.001
	Total	43.8 ^b	54.1 ^a	54.8 ^a	43.1 ^b	2.37	0.003
	Silage (%)	-	21.8	25.0	12.5	-	-
P3	Concentrates	71.6	81.0	77.8	77.5	2.76	0.158
	Silage	-	27.8 ^b	34.7 ^a	19.4 ^c	1.78	<0.001
	Total	71.6 ^c	108 ^{ab}	112 ^a	96.8 ^b	2.86	<0.001
	Silage (%)	-	25.7	30.1	20.0	-	-
Total P1-P3	Concentrates	53.8	57.9	55.8	55.1	1.90	0.520
	Silage	-	18.1 ^b	22.4 ^a	12.1 ^c	0.97	<0.001
	Total	53.8 ^c	75.9 ^a	78.2 ^a	67.2 ^b	1.98	<0.001
	Silage (%)	-	23.8	29.0	18.0	-	-

* Phase 1 (P1): 7,5% Silage; Phase 2 (P2): 12,5% Silage; Phase 3 (P3): 20% Silage; P1: 14 days; P2: 14 days; P3: 33 days

LS: Least square

DM: Dry matter

p: probability of error

^{a, b, c} different Indices sign significant differences ($p < 0.05$)

The resulting average of AME-, lysine- and methionine-intake per day, per kg live weight and per kg metabolic live weight is shown in Table 15. In total for all cases the values of the experimental groups (B to D) are significantly ($p < 0.001$) higher than for group A. In the silage groups the AME-intake per kg metabolic live weight was about 20% higher than in the control

group. The lysine-intake per kg metabolic weight was 18 to 26% higher and the methionine-intake was 16 to 23% higher.

Table 15: Average AME-, lysine-, and methionine intake
Durchschnittliche AME-, Lysin- und Methioninaufnahme

		Group				SE	p	
		A	B	C	D			
AME-intake	kJ in average (P1-P3)							
		kJ/d	685 ^b	907 ^a	898 ^a	859 ^a	26.5	<0.001
		kJ/kg LW	403 ^b	462 ^a	462 ^a	479 ^a	8.00	<0.001
		kJ/kg LW ^{0.75}	460 ^b	547 ^a	546 ^a	554 ^a	9.71	<0.001
lysine-intake	mg in average (P1-P3)							
		mg/d	522 ^c	697 ^{ab}	727 ^a	643 ^b	19.1	<0.001
		mg/kg LW	308 ^b	355 ^a	374 ^a	359 ^a	6.95	<0.001
		mg/kg LW ^{0.75}	351 ^b	420 ^a	442 ^a	415 ^a	7.90	<0.001
methionine-intake	mg in average (P1-P3)							
		mg/d	200 ^c	267 ^{ab}	273 ^a	244 ^b	7.25	<0.001
		mg/kg LW	118 ^b	136 ^a	140 ^a	136 ^a	2.40	<0.001
		mg/kg LW ^{0.75}	135 ^b	161 ^a	166 ^a	157 ^a	9.71	<0.001

SE: Standard error

p: Probability of error

AME: Apparent metabolisable energy

LW: Live weight

Growth performance

Body weights and daily weight gains are shown in Table 16. In Phase 1 group A showed the highest body weights (184 g) and group D the lowest (163 g, $p < 0.001$). In Phases 2 and 3 animals of groups B and C were significantly heavier than their counterparts from groups A and D. The attained weights at slaughter of animals from groups B and C were the highest (1.86 kg) and those from groups A and D the lowest (1.7 kg). In regard to the daily weight gain of the whole experiment, groups B and C (more than 31 g) were significantly higher ($p < 0.01$) than group A (27 g) and group D (29 g).

Table 16: Development of the live weights (LS-Means and SE)

Entwicklung der Lebendgewichte (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Weights (g)	Sex		p	Group				p
	m	f		A	B	C	D	
Initial weight	37.4	37.2	0.270	37.3	37.3	37.3	37.3	0.999
SE	0.122	0.122		0.172	0.172	0.172	0.172	
Phase 1	165	180	<0.001	184 ^a	172 ^b	172 ^b	163 ^c	<0.001
SE	1.39	1.41		1.97	1.99	1.97	1.97	
Phase 2	530	562	<0.001	522 ^b	565 ^a	571 ^a	528 ^b	<0.001
SE	5.33	5.54		7.63	7.77	7.68	7.67	
Phase 3	1859	1839	0.496	1696 ^b	1969 ^a	1943 ^a	1790 ^b	<0.001
SE	0.022	0.020		0.029	0.030	0.029	0.029	
<u>Final weights¹ (g)</u>								
After selection	1876	1851	0.667	1741 ^b	1954 ^a	1959 ^a	1800 ^b	<0.001
SE	0.016	0.016		0.022	0.023	0.022	0.022	
At slaughter	1773	1767	0.832	1649 ^b	1862 ^a	1861 ^a	1.708 ^b	<0.001
SE	0.015	0.016		0.022	0.023	0.022	0.022	
<u>Weight gain (g/d)</u>								
Phase 1	-	-	-	10.5 ^a	9.58 ^b	9.59 ^b	8.96 ^b	0.002
SE	-	-	-	0.227	0.227	0.227	0.227	
Phase 2	-	-	-	24.1 ^b	28.1 ^{ab}	28.5 ^a	26.1 ^{ab}	0.034
SE	-	-	-	1.04	1.04	1.04	1.04	
Phase 3	-	-	-	35.6 ^b	42.5 ^a	41.6 ^a	38.3 ^{ab}	0.003
SE	-	-	-	1.20	1.20	1.20	1.20	
Total	-	-	-	27.2 ^b	31.6 ^a	31.2 ^a	28.7 ^b	0.008

m: males

w: females

d: day

p: probability of error

^{a, b, c} different Indices sign significant differences (p < 0.05)¹ The difference between the two final weight categories is caused by the deprivation of the feed for one night before slaughter.

Carcass yield

The results of carcass yields are presented in Table 17. The carcass weight of animals from groups B and C was significantly higher (1.4 kg) than in group D (1.3 kg). Those from group A were the lowest (1.2 kg). This order was also reflected in weights of the carcass parts. The carcass percentage and the proportions of the carcass parts did not differ between the different feeding groups except in abdominal fat. Carcasses from group B showed 2% abdominal fat which represents the highest value. In groups C and D this percentage was low at about 1.7% and 1.9% respectively, but the difference was not significant. The carcasses from group A showed the lowest percentage of abdominal fat (1.1%, p < 0.001).

Table 17: Weight and proportions of carcass yield (LS-Means and SE)

Schlachtkörpergewicht und Teilstückanteile (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

	Sex		p	Group				p
	m	f		A	B	C	D	
<u>Weight (g)</u>								
Cold carcass	1356	1366	0.632	1245 ^c	1440 ^a	1436 ^a	1324 ^b	<0.001
	± 15.5	± 14.8		20.3	23.4	20.3	21.5	
Breast	340	366	0.010	323 ^b	381 ^a	369 ^a	340 ^b	<0.001
SE	6.71	6.40		8.78	10.14	8.78	9.31	
Drumsticks	391	379	0.136	355 ^b	403 ^a	409 ^a	373 ^b	<0.001
SE	5.56	5.30		7.28	8.40	7.28	7.72	
Wings	145	142	0.191	136 ^b	150 ^a	148 ^a	139 ^b	<0.001
SE	1.82	1.74		2.38	2.75	2.38	2.53	
Abdominal Fat	20.5	25.1	0.061	13.4 ^b	28.8 ^a	24.7 ^a	24.4 ^a	<0.001
SE	1.69	1.61		2.21	2.56	2.21	2.35	
Back	237	246	0.129	215 ^c	257 ^a	260 ^a	234 ^b	<0.001
SE	3.77	3.60		4.94	5.70	4.94	5.24	
Neck	96.0	96.3	0.945	85.3 ^c	99.1 ^{ab}	107.8 ^a	92.5 ^b	<0.001
SE	2.49	2.37		3.25	3.76	3.25	3.45	
<u>Proportion (%)</u>								
Carcass	76.4	76.7	0.633	75.6	76.5	77.1	77.1	0.328
SE	0.460	0.439		0.602	0.695	0.602	0.638	
Breast	25.0	26.8	0.001	25.9	26.5	25.7	25.6	0.638
SE	0.342	0.327		0.448	0.517	0.448	0.475	
Drumsticks	28.8	27.7	0.007	28.5	28.0	28.5	28.2	0.791
SE	0.271	0.259		0.355	0.410	0.355	0.377	
Wings	10.7	10.4	0.091	10.9	10.4	10.3	10.5	0.095
SE	0.129	0.123		0.168	0.194	0.168	0.179	
Abdominal Fat	1.51	1.82	0.083	1.07 ^b	2.00 ^a	1.72 ^a	1.86 ^a	0.005
SE	0.125	0.119		0.164	0.189	0.164	0.173	
Back	17.5	17.9	0.194	17.3	17.9	18.1	17.7	0.616
SE	0.235	0.224		0.307	0.355	0.307	0.326	
Neck	7.08	7.03	0.815	6.83	6.87	7.51	7.00	0.281
SE	0.161	0.154		0.211	0.243	0.211	0.224	

LS: least square

m: males

f: females

p: probability of error

^{a, b, c} different Indices sign significant differences (p < 0,05)

4.4 Discussion

Quality of the silage

In the study of BEYER et al. (1977) a lysine content of 1.15% in fresh alfalfa harvested at the vegetative stadium of "bud", which was 0.05% higher than the lysine of the silages was reported, however the methionine content in the above mentioned study was 0.02% lower than that of the silages.

Growth and carcass yield

At the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, feeding trials with broilers were previously conducted with comparable genotypes and diets with similar energy content (BELLOF et al., 2005; BELLOF and CARRASCO ALARCÓN, 2013) and a similar energy and fibre content, respectively (BELLOF and CARRASCO ALARCÓN, 2013). The general concentrate intake of the present trial (55 g) was lower than that registered in the above mentioned studies (more than 80 g). Even animals from groups B and C, which attained the highest dry matter intake in this experiment, including the silage consumption, reached a level just below the previous studies. This low feed intake caused the delayed development of live weights and consequently the low slaughter weights of the animals, as was observed in the study of the mentioned authors. After an investigation of the concentrate of Phase 1 and its components it was found that the availability of lysine was low. As the same feedstuffs were used for all concentrates of the whole trial, it can be assumed that also the concentrates of the Phases 2 and 3 that were not analyzed showed the same which potentially explained the decreased growth performance observed in the broilers. Some feedstuffs used in the experimental diets, such as soya bean cake or dried distillers' grains with solubles (DDGS), received prior heat treatments. During this process a binding of the ϵ -NH₂ group of lysine with sugar or other carbohydrates is possible. They result in Maillard products which lead to the emergence of unreactive lysine, hence reducing the digestibility of lysine (GONZÁLEZ-VEGA et al., 2011), as observed in the study of PAHM et al. (2008) with DDGS. Additionally a lack of other amino acids like methionine can have a contribution for the found low performance of the animals, but this was not determined. Poultry compensates certain imbalances in the diet by the intake of other nutrient sources if a suitable offer is available (STEINRUCK et al., 1990; STEINRUCK and KIRCHGESSNER, 1992; STEINRUCK and KIRCHGESSNER, 1993). It was the case in the studied low energy diets by BELLOF et al. (2005) and CARRASCO and BELLOF (2013), where animals compensate the low availability of energy in the diets with increased feed intakes. Similar results were observed in animals of groups B and C for amino acids. By consuming the offered silage in an amount higher than calculated for the satisfaction of the nutrient requirement, they presumably compensate to a certain extent the lack of lysine in the concentrates (see Table 14). Consequently the calculative higher consumption of lysine and methionine by these animals could be the explanation for the better (not significant) growth performance than group D.

Considering the significantly higher nutrient intake per kg metabolic body weight of the silage groups, their higher growth performance in comparison to group A can be explained (Table 16). In the case of animals from group D, they did not have the possibility to take more silage and therefore show that compensation because they received silage together with concentrate as pellets. The higher but not significantly higher performance of group D compared to

group A explains the lysine contribution of silage. The same applies to the highest growth performance of groups B and C (significant higher than group A). Apparently contradictory to these results are the results for the ileal digestibility of the presented silages determined by RITTESER and GRASHORN (2015). In total the digestibility for the crude protein, lysine and methionine, can be classified as low (24%-59%, chopped silage and 33%-58%, extruded silage). Nevertheless, in the present study the animals fed with these silages showed a better growth performance than the control group. For the digestive trial the silages were dried, ground and mixed in the experimental diet. A selection of parts of the silage was not possible for the animals. In the feeding trial the broilers had the possibility to consume more digestible parts of the alfalfa silage like the leaves for example. In combination with the high amounts that the animals consumed of the silage the attained growth performance can be explained, despite the low determined digestibility of the silages.

4.5 Conclusions

The conservation of young harvested alfalfa as silage is possible under certain conditions: a sufficient degree of wilting, a very strong compression and a low degree of soiling. Broilers reach, with an intake of that silage as DM, up to 30% of their daily dry matter intake if simultaneously an adapted concentrate (high energy and low protein content) is offered. Under these conditions birds are able to use the consumed amino acids for protein as well as tissue accretion during the growth process.

The silage produced in the trial with a relatively high content of lysine and methionine, has a potential to evolve as a regionally produced protein source for poultry feed. Additionally, silage complies with the EU regulations for organic livestock, pertaining to the offering of roughage to the poultry. The additional extrusion of the alfalfa shows no benefits, neither for the ensiling process nor for the performance of the animals.

4.6 Acknowledgements

This study was financially supported in the framework of the “Bundesprogramm für ökologischen Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft” (BÖLN).

4.7 Summary

In the context of a research project, alfalfa was harvested at a very early stage of maturity, severely chopped and ensiled. A subset of the crop was additionally treated with a twin-screw extruder prior to ensiling. The aim of this treatment was to open vegetal tissues, then maximize the release of sugar and amino acids and consequently improve the digestibility of amino acids and the ensiling process. The obtained silages were of good quality, the extrusion process brought no additional advantages. In a feeding trial with broilers, the aim was to

test the suitability of this alfalfa silage as a protein source in the feed of broilers. Therefore growth and carcass yield of slow growing broilers (genotype ISA 957) fed with chopped and extruded silage was evaluated. The trial involved three feeding phases and four feeding groups: In control group (A) animals received a complete feed mixture, in groups B and C they received a supplemental feed mixture with an energy and protein content adapted to a previously assumed silage intake (Phase 1: 7,5%, Phase 2: 12,5%, Phase 3: 20%). Additionally group B and C received chopped and extruded silage, respectively. For the experimental group D the supplemental feed mixture and the extruded silage were mixed and then pelletized. The animals consumed both silages without problems. The achieved growth performance of all feeding groups was lower than those of comparable genotypes in previous studies. This fact is potentially related to the low lysine availability in the used concentrates. As a consequence, animals of groups B and C attained higher silage intakes than expected (up to 30% of the daily dry matter consumption), presumably compensating in this way the lack of lysine with the consumption of additional amino acids from the silages. This is reflected with the significantly higher growth performances in comparison to the control group. Extrusion as a pre-ensiling process had no benefits for the performance of the animals. From the results it can be deduced that alfalfa harvested in an early stage has high potential as a protein source for the feeding of poultry.

4.8 Keywords

Broiler, roughage, alfalfa, amino acids, 100% organic feeding

4.9 Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde Luzerne in einem sehr frühen Vegetationsstadium geerntet, stark vorzerkleinert und siliert. Ein Teil des geernteten Materials wurde vor dem Silierprozess zusätzlich mit einem Doppelschneckenextruder bearbeitet. Ziel dieser Behandlung war der Aufschluss der Pflanzen, um auf diese Weise den Zucker und die Aminosäuren aus den Zellen besser zugänglich zu machen. Ferner sollte der Silierprozess positiv beeinflusst und die Verdaulichkeit der Aminosäuren aus der Luzerne für Monogastrier verbessert werden. Die geworbene Silage zeigte eine gute Qualität, der Extrudierprozess hatte in diesem Zusammenhang keine positiven Auswirkungen.

Die Silage wurde in einem Fütterungsversuch mit Masthähnchen eingesetzt. Die Kontrollgruppe A erhielt ein Alleinfutter. Die Versuchsgruppen B und C erhielten ein Ergänzungskraftfutter dessen Energie- und Proteingehalt auf eine vorab unterstellte Silageaufnahme abgestimmt wurde, sowie die Silage in der gehäckselten bzw. extrudierten Version. Für die Versuchsgruppe D wurde der Ergänzter mit der extrudierten Silage vermischt und anschließend pelletiert. Die erzielten Wachstumsleistungen blieben in allen Fütterungs-

gruppen hinter den Leistungen des Genotyps aus früheren Versuchen zurück. Das Ergebnis kann wahrscheinlich auf eine verminderte Lysinverfügbarkeit in den eingesetzten Kraffttermischungen zurückgeführt werden. Die Tiere der Gruppen B und C realisierten hohe Silageaufnahmen (bis zu 30% des täglichen Trockenmasseverbrauches), die über die vorab unterstellten Mengen hinausgingen. Damit konnten die Tiere den Lysinmangel in der Kraffttermischung vermutlich durch die zusätzliche Aufnahme von Aminosäuren aus der Silage teilweise kompensieren. Dies korrespondiert mit signifikant höheren Wachstumsleistungen gegenüber der Kontrollgruppe. Durch den Extrudierprozess konnten keine Vorteile für die tierischen Leistungen festgestellt werden. Aus den Ergebnissen kann für früh genutzte Luzerne ein großes Potential als Eiweißquelle für die Geflügelfütterung abgeleitet werden.

4.10 Stichworte

Hähnchenmast, Raufutter, Luzerne, Aminosäuren, 100%-Biofütterung

4.11 References

- BELLOF, G., CARRASCO ALARCÓN, S. (2013): Einsatz der Mikroalge *Spirulina platensis* in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 77 (2), 73-80.
- BELLOF, G., SCHMIDT, E., RISTIC, M. (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 69 (6), 252-260.
- BEYER, M., CHUDY, A., HOFFMANN, B., HOFFMANN, L., JENTSCH, W., LAUBE, W., NEHRING, K., SCHIEMANN, R. (1977): Das DDR-Futterbewertungssystem, Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs für Fütterung und Futterplanung mit einer Anleitung zu ihrem Gebrauch, 4. unveränderte Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 122-123 und 146-147.
- CARRASCO, L.S., BELLOF, G. (2013): Alfalfa (*Medicago sativa*) meal in low energy diets of organic broiler production. in: NEUHOFF, D., STUMM, C., ZIEGLER, S., RAHMANN, G., HAMM, U., KÖPKE, U. (Hrsg.), *Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft*, Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. -8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin, 634-635.
- CARRASCO, S., WÜSTHOLZ, J., G. HAHN, G. BELLOF (2017): How Does Feeding Organic Broilers High Levels of Alfalfa Silage Affect the Meat Quality?, *Organic Agriculture*, DOI: 10.1007/s13165-017-0182-x (see also chapter 5).

-
- CHENG, Z.J., HARDY, R. W. (2003): Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture Nutrition*, 9 (2), 77-83.
- DAMME, K. (2004): Ökologische Hähnchenmast - Perspektive und 100% Biozucht und Fütterung, *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach*, 43 (165), 223-228.
- DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2014): Datenbank Futtermittel, <http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (16.07.2014).
- EUROPEAN COMMISSION (2008): Regulations, 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.
- EUROPEAN COMMISSION (2009): Regulations, Commission Regulation (EC) No 152/2009 of 27 January 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed.
- EUROPEAN UNION (2007): Regulations, Council regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labeling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91.
- GfE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GONZÁLEZ-VEGA, J.C., KIM, B.G., HTOO, J.K., LEMME, A., STEIN, H.H. (2011): Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 89 (11), 3617-3625.
- HAQUE, A.K.M.A., LYONS, J.J., VANDEPOPULIERE, J.M. (1991): Extrusion Processing of Broiler Starter Diets Containing Ground Whole Hens, Poultry By-Product Meal, Feather Meal, or Ground Feathers, *Poultry Science*, 70 (2), 234-240.
- JÄNIKE, H. (2011): Eignung des Ausgangsmaterials für die Silierung. in: DLG e.V. (Hrsg.), *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt, 23-28.

- JENDRAL, M.J., ROBINSON, F.E. (2004): Beak trimming in chickens: historical, economical, physiological and welfare implications, and alternatives for preventing feather pecking and cannibalistic activity, *Avian and Poultry Biology Reviews*, 15 (1), 9-23.
- JONES, F.T.; ANDERSON, K.E., FERKET, P.R. (1995): Effect of Extrusion on Feed Characteristics and Broiler Chicken Performance, *The Journal of Applied Poultry Research*, 4 (3), 300-309.
- KALMENDAL, R., ELWINGER, K., HOLM, L. TAUSON, R. (2011): High-fibre sunflower cake affects small intestine digestion and health in broiler chickens, *British Poultry Science*, 52 (1), 86-96.
- LATSHAW, J.D. (2008): Daily Energy Intake of Broiler Chickens is altered by Proximate Nutrient Content and Form of the Diet, *Poultry Science*, 87 (1), 89-95.
- LEHMANN, T., FRIEDRICH, E. (2012): Stroh statt Feldfrüchte, *Landtechnik*, 67 (5), 358-360.
- LEHMANN MASCHINENBAU (2013): ...Zerkleinern reicht nicht, es kommt auf den Aufschluss an. [http://www.lehmann-maschinenbau.de/web/index.php?id=54&no_cache=1&sword_list\[\]=bioextruder](http://www.lehmann-maschinenbau.de/web/index.php?id=54&no_cache=1&sword_list[]=bioextruder) (31.01.13).
- LOGES. R. , THAYSEN, J. (2003): Siliereignung und Silagequalität von Luzerne- bzw. Rotklee-gras in Abhängigkeit vom Begleitgrasanteil. In: FREYER, B. (Hrsg.), *Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, 23. -26. Februar, Wien, 181-184.
- MORGAN, P.J., RUTHERFURD, S.M. (1996): A New Method for Determining Digestive Reactive Lysine in Foods, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (8), 2202-2209.
- MOUGHAN, P.J. (2003): Amino acid availability: aspects of chemical analysis and bioassay methodology, *Nutrition Research Reviews*, 16 (2), 127-141.
- NAUMANN, C., BASSLER, R. (2012): *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik: Methodenbuch. Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*, Grundwerk einschließlich 1–8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- PAHM, A.A., PEDERSEN, C., STEIN, H.H. (2008): Application of the Reactive Lysine Procedure To Estimate Lysine Digestibility in Distillers Dried Grains with Solubles Fed to Growing Pigs, *Journal of Agricultural and food chemistry*, 56 (29), 9441-9446.

- PERILLA, N.S., CRUZ, M.P., DE BELALCÁZAR, F., DIAZ, G.J. (1997): Effect of temperature of wet extrusion on the nutritional value of full-fat soyabeans for broiler chickens, *British Poultry Science*, 38 (4), 412-416.
- PFEFFER, E., BECKMANN-TOUSSAINT, J., HENRICHFREISE, B., JANSEN, H.D. (1991): Effect of extrusion on efficiency of utilization of maize starch by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture*, 96 (3-4), 293-303.
- PLAVNIK, I., SKLAN, D. (1995): Nutritional effects of expansion and short time extrusion on feeds for broilers, *Animal Feed Science and Technology*, 55 (3-4), 247-251.
- RITTESER, C., GRASHORN, M. (2015): Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast, Estimation of ileal nutrient digestibility of native energy and protein feeding stuffs for organic broilers. Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft, Förderung der nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Ökologischen Landbau, Teilprojekt, Abschlussbericht, <http://orgprints.org/29363/1/29363-11OE070-uni-hohenheim-grashorn-2015-energiefuttermittel-huehnermast.pdf> (1.11.2015).
- SCHAACK, D., RAMPOLD, C., WILLER, H., RIPPIN, M., VON KOERBER, H. (2011): Analyse der Entwicklung des ausländischen Angebots bei Bioprodukten mit Relevanz für den deutschen Biomarkt. Schlussbericht Projektnummer 09OE065 im Rahmen des Programms des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau, 69-72, http://www.ami-informiert.de/fileadmin/redaktion/bio_daten/importdaten/Schlussbericht_Bioimporte.pdf (14.04.14).
- SCHUMACHER, U., FIDELAK, C., KOOPMANN, R., WEIßMANN, F., SNIGULA, J., BRÜGGEMANN, R., NAATJES, M., SIMONEIT, C. BENDER, S. (2011): Wissenstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100% Biofütterung Monogastrier. Gemeinsamer Abschlussbericht des Verbundprojekts, 8-9, <http://orgprints.org/25088/1/25088-10OE088-bioland-schumacher-2011-wissenstandanalyse-tiergesundheit.pdf> (14.04.2014).
- STEENFELDT, S., KJAER, J.B., ENGBERG, R.M. (2007): Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behavior, *British Poultry Science*, 48 (4), 454-468.

-
- STEINRUCK, U., ROTH, F.X., KIRCHGESSNER, M. (1990): Selektive Futteraufnahme von Broilern bei Methioninmangel, *Archiv für Geflügelkunde*, 54 (5), 173-183.
- STEINRUCK, U., KIRCHGESSNER, M. (1992): Zur Regulation der Proteinaufnahme von Hennen mit hoher Legeleistung bei Selbstauswahl von Rationen mit unterschiedlichem Proteingehalt, *Archiv für Geflügelkunde*, 56 (4), 163-171.
- STEINRUCK, U., KIRCHGESSNER, M. (1993): The origin of the specific protein hunger of layers by investigating their responses in dietary self-selection, *Archiv für Geflügelkunde*, 57 (1), 42-47.
- SUNDRUM, A., SCHNEIDER, K., RICHTER, U. (2005): Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. Report, Project title: Research to support revision of the EU Regulation on organic agriculture, 75-76, <http://orgprints.org/10983/> (15.09.15)
- TADIYANANT, J., LYONS, J.J., VANDEPOPULIERE, J.M., (1993): Extrusion Processing Used to Convert Dead Poultry, Feathers, Eggshells, Hatchery Waste, and Mechanically Deboned Residue into Feedstuffs for Poultry, *Poultry Science*, 72 (8), 1515-1527.
- VENS-CAPPELL, B. (1984): The effects of extrusion and pelleting of feed for trout on the digestibility of protein, amino acids and energy and on feed conversion, *Aquacultural Engineering*, 3 (1), 71-89.
- WEINGARTNER, K.E., WIJERATNE, W.B. (1993): Effects of Extrusion and Expelling on the Nutritional Quality of Conventional and Kunitz Trypsin Inhibitor-Free Soybeans, *Poultry Science*, 72 (12), 2299-2308.
- WPSA-WORLD'S POULTRY SCIENCE ASSOCIATION (1984): Working Group No.2 - Nutrition: The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds, *World's Poultry Science Journal*, 40, 181-182.

5. Kapitel

How Does Feeding Organic Broilers High Levels of Alfalfa Silage Affect the Meat Quality?

Autoren des Originalbeitrags:

Salomé Carrasco, Jessica Wüstholtz, Gisela Hahn, Gerhard Bellof

Veröffentlicht in: Organic Agriculture

DOI: 10.1007/s13165-017-0182-x

5.1 Abstract

The aim of the study was to evaluate the effect of young harvested alfalfa silage as protein source in the diet of organic broilers on the meat quality. Four groups were conformed: In a control group A, animals received a complete feed mixture (CFM); in the next three groups, animals received a supplemental feed mixture (SFM) and alfalfa silage as chopped (Group B), extruded (Group C) and pelleted (Group D). A 12 % of alfalfa meal was integrated in the CFM and rapeseed oil in the SPF (3.75 %) also in the pellets (3 %). The broilers consumed up to 30 % of silage of their daily dry matter intake. Silage improved the proportion of polyunsaturated fatty acids, mainly n-3. High levels of silage consumption consequently high ratios of alfalfa/fat in the diets of Group B and C were related with low contents of cholesterol in the meat. The sensory characteristics were not affected and sensory abnormalities were not detected. Alfalfa silage altered the meat colour; however the yellow intensity (b^*) depended on the ratio of fat/silage of the diet. Group D showed the lowest silage intake but the highest b^* due to the highest fat/silage ratio of the diets. The applied processes (chopped, extrusion or pelletisation) for the obtainment of silage had no effect on the quality of the meat. The production of organic meat with the mentioned positive characteristics using alfalfa silage for the market is possible.

5.2 Keywords

Alfalfa silage, broiler meat, fatty acid pattern, cholesterol, sensory characteristics

5.3 Introduction

European Union guidelines include the complete abandonment of conventional feedstuffs in organic broiler production (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Furthermore, the legal require-

ments demand the use of locally produced feedstuffs and roughage for poultry (EUROPEAN UNION, 2007). Alfalfa harvested at a very early stage of maturity and conserved as silage could fulfil these requirements. Harvested prior to the bud, alfalfa shows relatively high levels of lysine and methionine. The methionine content is similar to that in soya (1.5 g/100 g crude protein) and higher than in peas (0.28 g/100 g crude protein) (BEYER et al. 1977; DLG, 2014). A previous study (WÜSTHOLZ et al.; 2016) evaluated the growth performance of organic broilers fed with young harvested alfalfa silage. The broilers consumed up to 30 % together with a supplemented feed mixture. It is known that feeding poultry and pigs a diet rich in polyunsaturated fatty acids (PUFA) can influence the fatty acid pattern in the tissues (muscle, eggs) (KRACHT et al., 1996; LESKANICH et al., 1997; CASTELLINI et al., 2002; WOOD et al., 2008). Forage crops like grass or alfalfa are rich in PUFA, especially n - 3 (GAWEL and GRZELAK, 2012, Table 21). Therefore, it is to be expected that the mentioned silage consumption affects the fatty acid profile of the meat, but the magnitude of that change is unknown. This makes possible the production of healthy meat for the human diet. Thus, a sufficient intake of PUFA is strongly recommended in human nutrition to prevent diabetes, heart diseases, etc. Linoleic and alpha-linolenic acid are even essential for humans and must be consumed in a sufficient amount (FAO, 2010). Certainly a comparatively higher content of PUFA and the related oxidative processes in the meat can negatively influence its taste (WOOD et al., 2003; GAWEL and GRZELAK, 2012). Aside from PUFA, forage crops contain also natural antioxidants (GAWEL and GRZELAK, 2012). Therefore, the use of alfalfa silage in broiler feeding could affect the sensory characteristics of the meat.

The important presence of pigments (carotenoids and xanthophylls) and saponins in the alfalfa are related to a yellow colour and low levels of cholesterol in the tissues, respectively (GAWEL und GRZELAK, 2012; PONTE et al., 2004). Alfalfa conserved as silage could contribute to low cholesterol in the meat and reduce the cholesterol level of consumers (BIESALSKI et al., 2011).

At the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, alfalfa was harvested at the vegetative stage "prior to bud," conserved as silage, and used in a feeding trial with broilers. The results of the growing performance and carcass yield are described explicitly in WÜSTHOLZ et al. (2016, see chapter 4). The aim of the present study is to evaluate the effect of alfalfa silage (chopped, extruded or pelleted) on the qualitative characteristics of broiler meat.

5.4 Material and Methods

Animals and feeding

Young harvested alfalfa (at the bud) was chopped. One third of the chopped material was extruded (bio extrusion) and ensiled to conform the extruded silage. The next two thirds of the chopped material was ensiled to conform the chopped silage; afterwards, a half of the

chopped silage was mixed in the scheduled proportion with a supplemental feed mixture then pelleted to produce the pelleted silage (see below).

The feeding schedule comprised three feeding phases: a starter phase from day 1 to 14 (P1), a grower phase from day 15 to 28 (P2) and a fattening phase from day 29 to 61 (P3).

For the experiment two kinds of feed mixtures were designed: A complete feed mixture (CFM), which contained other feedstuffs and alfalfa meal (12 % in Phase 3; Table 18). A supplemental feed mixture (SFM) was formulated considering a silage intake (in dry matter) of 7.5 % in P1, 12.5 % in P2, and 20 % in P3. Due to the low energy content of silage, the SFM was enrichment with rapeseed oil (in P3: 3.75 % in the SFM and 3 % in the pellets) to allow a balanced energy intake in the diets of the birds.. The feed mixtures were formulated according to the recommendations of the GfE (1999).

Four feeding groups were conformed: A control group (Group A) was fed only with a complete feed mixture (CFM). A second group (Group B) was fed with chopped alfalfa silage and the SFM. A third group (Group C) was offered extruded alfalfa silage and the SFM. And a fourth group (Group D) was fed with the pelleted silage.

Table 18: Composition of the complete feed mixture (CFM), supplemental feed mixture (SFM), pellets (SFM + extruded silage) in Phase 3 (WÜSTHOLZ et al., 2016)

Ingredients		CFM	SFM	Pellets	Silage chopped	Silage extruded
Soybean cake	%	9.00	7.50	6.00	-	-
Sunflower cake, dehulled	%	10.0	12.5	10.0	-	-
DDGS ¹	%	9.00	11.3	9.04	-	-
Wheat	%	13.0	15.8	12.6	-	-
Maize	%	25.0	30.0	24.0	-	-
Triticale	%	20.0	16.9	13.5	-	-
Dried alfalfa meal	%	12.0	-	-	-	-
Alfalfa silage	%	-	-	20.0	-	-
Rapeseed oil	%	-	3.75	3.00	-	-
Mineral mixture	%	1.15	1.55	1.24	-	-
Calcium carbonate	%	0.25	-	-	-	-
Monocalcium phosphate	%	0.600	0.800	0.640	-	-
Nutrients						
Dry matter	g/kg	899	897	798	45.2	46.0
Crude fat	g/kg	51.0	84.0	67.0	2.5	2.5
Crude fibre	g/kg	64.0	38.0	79.0	22.5	21.2
Crude protein	g/kg	185	177	164	22.6	22.2
AME	MJ/kg	11.5	12.9	10.2	-	-
Lysine/AME	g/MJ	0.730	0.519	0.733	-	-
Methionine/AME	g/MJ	0.287	0.232	0.274	-	-

¹ DDGS: Distillers dried grains with solubles, AME: apparent metabolisable Energy (WPSA, 1984)

The trial was carried out with 520 one-day-old broiler chickens (50 % males and 50 % females) of the genotype ISA JA 957. The chicks were randomly distributed into 20 boxes of a temperature-controlled stable. Five boxes always constitute the repetitions of the four different feeding groups.

All feedstuffs and water were offered *ad libitum*. The obtained alfalfa consumption (as alfalfa meal in Group A and as alfalfa silage in Groups B to D) and fat intake in P3 were calculated. The nutritional composition of the silages and the concentrated feed mixtures used in P3 are presented in Table 18.

Feed mixtures and silages were offered *ad libitum*. Fresh silage was provided daily in special feed baskets, the residues were removed and weighed every second day. However, animals wasted part of the silage and mixed it with the litter. Those losses were not recorded. Therefore silage was calculated as “consumed”. More details about the preparation of the silage, the feeding of the broilers, as well as grow and carcass performance are described in WÜSTHOLZ et al. (2016).

Sample collection and chemical analysis

At the end of the trial (day 61), two males and two females representing the average weight of the pen were chosen from each pen. The following day, these animals were slaughtered. A day later, the carcasses were dissected. The right and left sides of the breast muscles were vacuum-packed; the left side was used at day 3 for the measure of the colour and the right side was stored at -20°C and used for the analysis of cholesterol, fatty acids, and sensory test.

The chemical analyses were determined at the Bioanalytik laboratory of the Technical University of Munich.

The fat extraction was conducted by the method of Bligh and Dyer (1959) modified by Hallermayer (1976). The percentage of fatty acid methyl esters (FAME) was determined according to the validated method from Firl et al. (2012). FAME were resolved using a gas chromatography procedure on a Hewlett Packard 6890 GC chromatograph equipped with an Agilent 7683 autosampler, a CP 7420 column (100 m × 0.25 mm, 0.25 µm film), and a flame ionisation detector (Agilent Technologies, Böblingen, Germany). The samples were injected at 50°C. Injector and detector temperatures were 260°C and 270°C, respectively. Hydrogen was used as carrier gas. Peaks were identified by comparison of retention times with known FAME standards.

Cholesterol was enzymatically determined using a colorimetric method (Boehringer Mannheim, 1994) with a Lambda 2 spectrophotometer (Perkin-Elmer, Überlingen, Germany) at a wavelength of 405 nm. Meat samples were cooked for 25 min and then the meat lipids were extracted with a methanol KOH and propanol and incubated with the cholesterol reagent (Kit

Monotest Cholesterol High Performance, Boehringer Mannheim), according to the instructions of the respective test kit employed.

The colour of the meat was measured at the laboratory of the LfL Bayern in Grub using a Minolta spectrophotometer (CM 508i) in the CIELAB system. The parameters of lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*), chroma (C), and hue (h) were measured 72 h after slaughter. The sensory evaluation was conducted at the Max Rubner-Institut, Institute for Safety and Quality of Meat in Kulmbach. The breast meat samples were thawed at 4°C in the fridge overnight and afterward cooked in foil bags at 76°C in a water bath to an internal temperature of 72°C. Additionally, the samples were weighed individually before and after the heating process to determine the percentage of cooking loss. Eight randomised meat samples were prepared per session and streaky pieces were distributed to the test panel (6 people). The sensory evaluation was conducted for the attributes of tenderness, juiciness, aroma and overall impression employing a scoring-describing test method (a semantic-numeric 6-point scale with 1 for the worst and 6 for the best rating). Moreover, sensory abnormalities (grassy, collard or lemon taste) were tested. For this evaluation, a 4-point scale was used (1 = strongest abnormality, 4 = no abnormality).

Statistical Analysis

The collected data were statistically analysed according to the general linear model (GLM) using SPSS v.20 (2011). A linear model with the influencing factor “group” was used. Differences between the groups were tested with the Tukey test ($p < 0.05$).

5.5 Results and Discussion

Selective data of the broilers' performance and feed intake determined by WÜSTHOLZ et al. (2016), namely the alfalfa consumption, the alfalfa/fat ratio, and the fat/silage ratio, are shown in Table 19.

In general, the broilers in the experiment showed low growth performance compared to those of previous trials with similar genotypes, fed diets with similar energy contents (BELLOF et al., 2005; BELLOF and CARRASCO ALARCÓN, 2013). This is in agreement with the scarcity of available lysine in the concentrated feed mixtures, probably as a consequence of the low quality of the used protein sources (DDGS). More details are described in WÜSTHOLZ et al. (2016). Due to this fact, broilers of Group A showed the lowest growth performance and final body weight. However, broilers fed with silage were able to compensate for the lack of lysine in the SFM, to some extent taking it from the silage (WÜSTHOLZ et al., 2016).

Table 19: Birds' performance in P3 (WÜSTHOLZ et al., 2016), calculated alfalfa intake and ratios of alfalfa/fat and fat/silage

Item	Groups				SE	p
	A	B	C	D		
Concentrate intake in DM (g/d)	71.60	81.00	77.80	77.50	2.76	0.158
Alfalfa intake in DM (g/d)*	8.59	27.80 ^b	34.70 ^a	19.40 ^c	1.78	<0.001
Final live weight (kg)	1.70 ^b	1.97 ^a	1.94 ^a	1.79 ^b	0.29	<0.001
Average daily gain (g/d)	35.6 ^b	42.5 ^a	41.6 ^a	38.3 ^{ab}	1.20	0.003
Alfalfa/fat (g/g)	2.12	3.36	4.26	2.98	-	-
Fat/Silage (g/g)	-	0.32	0.26	0.41	-	-

* Alfalfa meal for group A, Alfalfa silage for groups B to D; p: probability of error; ^a, ^b, ^c different indexes indicate significant differences (p < 0.05)

Fatty acid profile

The composition of fatty acids from monogastric animal products (meat and eggs) has been influenced by the composition of the diet. Unlike in ruminants, dietary fatty acids in monogastrics are absorbed and incorporated unchanged into the tissue lipid. Therefore the supply of PUFA to tissues may be increased simply by increasing their proportion in the diet (CHESWORTH et al., 1998; CASTELLINI et al., 2002; WOOD et al., 2003; WOODS and FEARON, 2009). The fatty acid profile (g/100 g FAME) of the analysed meat is shown in Table 20; the fatty acid profiles of feed and alfalfa silages were not analysed. However, the richness in n - 3 of the alfalfa and in grass as fresh or silage was reported by some authors (Table 21). Additionally, the predominance of saturated fatty acids (SFA), n - 6 PUFA, and a small amount of n - 3 PUFA in the cereal-based diets commonly offered to poultry and pigs is known (DAL BOSCO et al., 2014). The incorporation of alfalfa silages in the diet of the broilers changed the proportion of fatty acids in the meat. There were differences of total SFA between groups. The low content of alfalfa (meal) in the CFM of Group A was not able to reduce the proportion of SFA, where higher depositions of C 14:0, C 16:0, and C 24:0 than in the silage groups (B, C, and D) were found. These SFA were pointed out as predominant in broiler feed only with concentrate (PONTE et al., 2004). Consequently, monounsaturated fatty acids (MUFA) as C 16:1 and C 20:1 showed the same tendency. As observed in Table 21, fresh and silage grass or alfalfa contain a great deal of C 18:2 n - 6. Therefore, the encountered significantly high presence of this fatty acid (p < 0.01) in the meat from silage groups (B, C, and D) is the result of the additive effect of the silages. Consequently, the total content of n - 6 in Groups B, C, and D was higher than in Group A. The incorporation of silages in the diets of the broilers (B, C, and D) positively affected the proportion of n - 3 fatty acids (p < 0.001), mainly C

18:3 n - 3 ($p < 0.001$). The sum of PUFA was significantly higher in the meat of groups B, C, and D than in Group A.

Table 20: Fatty acid profile (g/100g FAME) in the breast meat of broiler (n = 10)

Fatty acids		Groups				SE	p
		A	B	C	D		
C 14:0		0.31 ^a	0.26 ^b	0.26 ^b	0.29 ^{ab}	0.010	0.006
C 15:0		0.12	0.12	0.11	0.14	0.007	0.187
C 16:0		19.51 ^a	18.49 ^b	18.65 ^b	18.45 ^b	0.229	0.007
C 16:1, 9c		1.18 ^{ab}	0.83 ^b	0.88 ^b	1.33 ^a	0.107	0.006
C 17:0		0.39	0.42	0.42	0.43	0.015	0.356
C 17:1,9c		0.04 ^b	0.04 ^b	0.04 ^b	0.05 ^a	0.003	0.004
C 18:0		10.14 ^a	9.49 ^{ab}	9.41 ^{ab}	8.85 ^a	0.322	0.050
C 18:1, 9c		21.80	21.24	20.84	22.87	0.585	0.100
C 18:1, c11		1.87	1.74	1.71	1.69	0.052	0.101
C 18:2, 9c,12c	n6	31.91 ^b	34.89 ^a	35.02 ^a	34.15 ^a	0.517	0.001
C 18:3, 6c,9c,12c	n6	0.15	0.13	0.14	0.15	0.008	0.211
C 18:3, 9c,12c,15c	n3	1.44 ^c	2.15 ^b	2.08 ^b	2.53 ^a	0.085	0.000
C 20:0		0.07	0.07	0.06	0.06	0.004	0.509
C 20:1, 11c		0.22 ^a	0.20 ^b	0.20 ^b	0.19 ^b	0.006	0.002
C 20:2, 11c,14c	n6	0.72	0.67	0.65	0.58	0.036	0.095
C 20:3, 8c,11c,14c	n6	0.70	0.59	0.59	0.58	0.039	0.105
C 20:4, 5c,8c,11c,14c	n6	6.23	5.61	5.80	4.97	0.387	0.164
C 20:3,11c,14c,17c	n3	0.09	0.09	0.08	0.09	0.009	0.816
C 20:5, 5c,8c,11c,14c,17c		0.08	0.09	0.09	0.11	0.008	0.286
C 24:0		1.38 ^a	1.15 ^{ab}	1.15 ^{ab}	0.94 ^b	0.077	0.005
C 22:4, 7c,10c,13c,16c n6	n6	0.27 ^a	0.19 ^b	0.21 ^{ab}	0.14 ^b	0.020	0.001
C 22:5, 7c,10c,13c,16c,19c	n3	0.86	0.97	0.98	0.87	0.069	0.446
C 22:6,4c,7c,10c,13c,16c,19c	n3	0.54	0.58	0.63	0.54	0.060	0.679
SFA		31.91 ^a	29.99 ^b	30.06 ^b	29.15 ^b	0.513	0.005
MUFA		25.12	24.06	23.67	26.14	0.667	0.057
PUFA		42.98 ^b	45.95 ^a	46.27 ^a	44.71 ^a	0.431	0.000
Σ n3		3.01 ^b	3.88 ^a	3.87 ^a	4.14 ^a	0.103	0.000
Σ n6		39.96 ^b	42.07 ^a	42.40 ^a	40.57 ^b	0.372	0.000

FAME: fatty acid methyl ester; SE: standard error; p: probability of error

^{a, b, c} different indexes indicate significant differences ($p < 0.05$)

Table 21: Fatty acid profile of forage (g/100g FAME) according to some authors

Forage	Fatty acids				Source
	C 16:0	C 18:1 n9	C 18:2 n6	C 18:3 n3	
Grass fresh	14.0	2.7	13.7	59.6	SCHMUTZ et al. (2014)
Grass fresh	20.8	5.7	14	49.2	FRENCH et al. (2010)
Grass silage	24	6.3	14.5	49.6	FRENCH et al. (2010)
Alfalfa fresh	18	3.6	13.4	49.6	DAL BOSCO et al. (2014)
Alfalfa fresh	21.3	3.4	17.6	38.5	WHITING et al. (2004)
Alfalfa Silage	22.1	3.7	21.4	34.8	WHITING et al. (2004)

FAME: fatty acid methyl ester

Content of intramuscular fat, cholesterol and main fatty acids in the meat

Although statistical differences were not detected for fat content, the lowest fat content of Group A drew attention as it is related to the low growth performance of broilers from Group A (Table 22). Broilers from Group A showed 19 % less intramuscular fat than the average of the silage groups ($p > 0.05$). Many studies showed low final weights, carcass yields and fat depots in the broilers fed diluted or restricted diets (YU et al., 1990; REZAEI and HAJATI, 2010).

The content of cholesterol in the meat suggests a decreasing impact of alfalfa on cholesterol. However, a lowest content of cholesterol in groups with the highest alfalfa silage intake was expected. It was only true for Groups B and C but not for Group D (it was similar to Group A). It is known that alfalfa contains high levels of saponins (SEN et al., 1998). Saponins demonstrated to have a hypocholesterolemic activity (PONTE et al., 2004; VINAROVA et al., 2015), which depends on the quantity and composition of lipids in the diet (BRAVO et al., 1998; VINAROVA et al., 2015). Saponins form insoluble complexes with cholesterol in the digesta and inhibit the intestinal absorption of endogenous and exogenous cholesterol (OAKENFULL and SIDHU, 1990), consequently decreasing the content of cholesterol in the meat. Alfalfa meal was an ingredient of the CFM of Group A (Phase 1: 8.9 %, Phase 2: 9 %, and Phase 3: 12 %). Therefore, an effect on the cholesterol level in the meat from Group A is expected. To explain the results of cholesterol in the study, the consumption of alfalfa meal (Group A) and alfalfa silage (Groups B, C and D) in Phase 3 was calculated in terms of the consumed fat from the total diet (alfalfa/fat). This information delivers an idea of the ingestion of saponins versus fat. The highest consumption of alfalfa/fat (highest saponin disponibility) from Groups B and C produced the lowest levels of cholesterol, 8 % less cholesterol than the control group. Even though the alfalfa/fat ratio from Group C was 21 % higher than B, it was not able to produce the lowest cholesterol level. Probably, as was pointed out by PONTE et al. (2004), alfalfa saponins do not have an additive effect and the saponins may have reached a thresh-

old to maintain cholesterol at that concentration. The cholesterol content of Groups D and A were the highest, which agrees with their lowest alfalfa/fat ratios.

To determine the customer consumption of the most important fatty acids in a portion of meat, the obtained fatty acids g/100 g FAME were calculated in terms of fatty acids g/100 g of meat (Table 22). Significant differences were found between groups for eicosapentaenoic acid (EPA) and docosapentaenoic acid (DPA). In regard to EPA, Group D (1.37 mg/100 g) had the highest content and Group A had the lowest content of EPA in the meat. The content of DPA was higher in Groups B, C and D (11.01 mg/100 g meat) than in Group A (8.94 mg/100 g meat). Regarding DHA, in spite of no significant differences, the same trend was observed as in DPA. No significant differences were noted in SFA, MUFA, PUFA and n - 6 fatty acids among groups. However, the content of n - 3 fatty acids showed significant differences. The highest was in Group D (53.96 mg/100 g meat) and the lowest in Group A (32.45 mg/100 g meat). The PUFA/SFA ratio was significantly lower in Group A than in the silage groups. In contrast, Group A showed the highest n - 6/n - 3 ratio. Group D showed the lowest n - 6/n - 3 ratio and Groups B and C showed intermediate ratios. The FAO (2010) recommend considering a sufficient intake of PUFA for health maintenance. Therefore, it is conceivable to use the described potential by using alfalfa silage in the feed to improve the quality of broiler meat for marketing. As a result, it may be possible to obtain a higher product price. Furthermore, taking into account an opinion of the EFSA (2009), the Authority on labeling reference intake values for n-3 fatty acids, it is recommended a daily amount of 250 mg n-3 fatty acids. If we attempt to fulfil this recommendation, it would be necessary to consume 230 g of the meat of Group D (highest n - 3 content). However, there are other more suitable food sources to achieve the above mentioned objective.

Table 22: Fat, fatty acid and cholesterol content in the broiler breast meat (n = 10; LS-means and standard error (SE))

Item	Groups				SE	p
	A	B	C	D		
Fat content (%)	1.47	1.66	1.80	1.80	0.112	0.144
Cholesterol content (mg/100 g meat)	66.09 ^a	61.02 ^b	60.81 ^b	65.60 ^a	1.398	0.020
<hr/>						
Fatty acid contents (mg/100 g meat)						
EPA n3	0.87 ^b	0.98 ^b	1.10 ^{ab}	1.37 ^a	0.085	0.002
DPA n3	8.94 ^b	10.58 ^a	11.38 ^a	11.08 ^a	0.410	0.001
DHA n3	5.51	6.31	7.05	6.84	0.472	0.120
SFA	341.09	334.54	363.76	380.30	22.544	0.466
MUFA	277.51	274.84	294.71	344.91	30.423	0.348
PUFA	464.27	519.68	564.02	583.70	39.278	0.163
n3	32.45 ^c	43.38 ^b	46.54 ^{ab}	53.96 ^a	2.883	0.000
n6	431.82	476.29	517.48	529.74	36.570	0.241
<hr/>						
PUFA/SFA	1.35 ^b	1.54 ^a	1.54 ^a	1.54 ^a	0.029	0.000
n6/n3	13.34 ^a	10.93 ^b	11.04 ^b	9.81 ^c	0.290	0.000

EPA: eicosapentaenoic acid

DPA: docosapentaenoic acid

DHA: docosahexaenoic acid

SFA: saturated fatty acids

MUFA: mono unsaturated fatty acids

PUFA: poly unsaturated fatty acids

n3: omega 3 fatty acid

n6: omega 6 fatty acid

LS: least square

p: probability of error

^{a, b, c} different indexes indicate significant differences (p < 0.05)

Color of the meat

The incorporation of silage in the diets of broilers affected the colour of the meat (Table 23). The silage groups (B, C, and D) showed higher b* and C values than Group A (control; p < 0.001).

The intensity of yellowness (b*) is directly related with the concentration of xanthophylls and carotenoids (SEN et al., 1998). PONTE et al. (2004) feeding broilers with alfalfa meal (40 and 15 %) found that this parameter increased as the proportion of alfalfa meal in the diet was enhanced. In our study (within the silage groups), this condition was not fulfilled; the quantity of silage intake was negative related to b*. The groups with the highest silage intake (Group B: 27.8 and Group C: 34.7 vs. Group D: 19.4 g/d) showed the lowest b* and vice versa

(Group B: 8.5; Group C: 7.1 vs. Group D: 10.2). The diets of these groups (B and C) had enough quantities of silage and pigments but not enough lipids for the transport and deposition of all pigments in the meat. As was noted in a previous study by CARRASCO et al. (2016), the deposition of pigments in yolks depends on the availability of lipids; lipids are required to transport the pigments and facilitate their deposition in the tissues (NOZIÈRE et al., 2006). To analyse this, the intake of concentrate (together with its nutritional composition) and silage of phase 3 from the previous part of the study (WÜSTHOLZ et al., 2016) was considered (Table 19). If the diet of the silage groups is expressed in terms of fat/silage, the results suggest a direct link of the ratios with b^* . The highest b^* and C from Group D matches the highest availability of fat per g of silage, therefore implying an optimal transport and deposition of pigments in the tissue. Conversely, the lowest b^* and C from Group C are related to the lowest availability of fat/g silage.

Table 23: Color parameters of broiler breast meat (n = 10; LS means and standard error (SE))

Item	Groups				SE	p
	A	B	C	D		
Lightness (L*)	49.62	49.68	50.96	50.22	0.67	0.476
Redness (a*)	2.75	3.03	2.27	3.26	0.26	0.060
Yellowness (b*)	5.80 ^d	8.47 ^b	7.07 ^c	10.23 ^a	0.46	<0.001
Chroma (C)	6.46 ^c	9.07 ^b	7.53 ^c	10.76 ^a	0.45	<0.001
Hue (h)	65.66	69.80	71.99	72.12	1.95	0.087

p: probability of error

^{a, b, c} different indexes indicate significant differences (p < 0.05)

Sensory evaluation of the meat

Regarding the criteria of the sensory evaluation, there were no significant differences between the groups (Table 24). The highest score was achieved by the meat of Group D, with 4.6 for tenderness. The juiciness showed medium scores for all groups. The aroma and the total impression presented values between 3.8 and 4.0. Sensory abnormalities reached values between 3.7 and 3.9 (4.0 = no abnormality). PONTE et al. (2004) determined a preference for meat of broilers fed with moderate levels of alfalfa instead of the meat of broilers fed with high levels of alfalfa. In contrast, the results of the sensory analysis in the present study showed no significant influence of the alfalfa diets in the feeding groups. An explanation for these different observations could be the content of fat in the meat. The fat content in the meat influences its taste (FERNANDEZ et al., 1999). PONTE et al. (2004) detected very low fat content in the meat of broilers fed with high proportions of alfalfa. The fat content in the meat of silage groups in the present study was higher than in the control group (lowest alfalfa proportion in the diet). Additionally, it seems that no taste-affecting oxidative

processes occurred as described in literature (WOOD et al. 2003, GAWEL and GRZELAK, 2012).

Table 24: Selected sensory characteristics of breast meat samples from broilers (n = 10; LS-means and standard error (SE))

Item	Groups				SE	p
	A	B	C	D		
Cooking losses (%)	19.2	18.7	19.5	19.6	0.62	0.693
Juiciness ¹	3.5	3.5	3.6	3.8	0.19	0.826
Tenderness ¹	4.3	4.2	4.4	4.6	0.28	0.707
Aroma ¹	3.9	3.8	3.8	3.8	0.13	0.992
Overall impression ¹	3.8	3.8	3.8	4.0	0.16	0.849
Grassy ²	3.9	3.9	3.8	3.9	0.03	0.127
After collard ²	3.9	3.9	3.9	3.8	0.05	0.917
Alter lemon ²	3.9	3.8	3.7	3.8	0.06	0.334

¹ semantic-numeric interval scale from 1 (worst rating) to 6 (best rating)

² semantic-numeric Interval scale from 1 (strongest abnormality) to 4 (no abnormality)

LS: least square

p: probability of error

5.6 Conclusions

The use of high percentages of young harvested alfalfa conserved as silage in the feed of broiler chickens can influence the resulting meat quality in a positive way. This refers to reduced cholesterol content due to the saponins contained in the alfalfa and to a higher amount of PUFA in the meat. Additionally, the yellowness and chroma of the meat can be increased by the xanthophylls and carotenoids in the alfalfa. An influence on the sensory characteristics of the meat was not observed in the present study. From the perspective of human nutrition, these changes in the meat quality criteria are desirable. Further studies are necessary to evaluate the possibilities to use the described context for marketing.

5.7 Acknowledgements

Funding: This study was financially supported in the framework of the Bundesprogramm für ökologischen Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN).

5.8 References

- BELLOF, G., S. CARRASCO ALARCÓN (2013): Einsatz der Mikroalge *Spirulina platensis* in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 77 (2), 73-80.
- BELLOF, G., E. SCHMIDT, M. RISTIC (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam

- wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 69 (6), 252-260.
- BEYER, M., A. CHUDY, B. HOFFMANN, L. HOFFMANN, W. JENTSCH, W. LAUBE, K. NEHRING, R. SCHIEMANN (1977): *Das DDR-Futterbewertungssystem, Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs für Fütterung und Futterplanung mit einer Anleitung zu ihrem Gebrauch*, 4. unveränderte Auflage, Berlin, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- BIESALSKI, H. K., GRIMM, P., NOWITZI-GRIMM, S. (2011): *Taschenatlas der Ernährung*, 5. Auflage, Stuttgart, Georg Thieme Verlag KG.
- BLIGH, E. G. UND DYER, W.J. (1959): A rapid method of total lipid extraction and purification, *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37 (8), 911-917.
- BOEHRINGER MANNHEIM (1994): *Methoden der enzymatischen Bioanalytik und Lebensmittelanalytik mit Testkombinationen*, Boehringer Mannheim Biochemica, Ref. 13905, 27-30.
- BRAVO, E., FLORA, L., CANTAFORA, A., DE LUCA, V., TRIPODI, M., AVELLA, M., BOTHAM, K.M. (1998): The influence of dietary saturated and unsaturated fat on hepatic cholesterol metabolism and the biliary excretion of chylomicron cholesterol in the rat, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1390 (2), 134-148.
- CARRASCO, S., WÜSTHOLZ, J., BELLOF, G. (2016): The effect of chopped, extruded and pelleted alfalfa silage on the egg quality of organic laying hens, *Animal Feed Science and Technology*, 219, 94-101.
- CASTELLINI, C., MUGNAI, C., DAL BOSCO, A. (2002): Effect of organic production systems on broiler carcass and meat quality, *Meat Science*, 60 (3), 219-225.
- CHESWORTH, J.M., STUCHBURY, T., SCAIFE, J.R. (1998): *An introduction to agricultural biochemistry*, London, Chapman and Hall.
- DAL BOSCO, A, MATTIOLI, S., RUGGERI, S., MUGNAI, C., CASTELLINI, C. (2014): Effect of slaughtering age in different commercial chicken genotypes reared according to the organic system: 2. Fatty acid and oxidative status of meat, *Italian Journal of Animal Science*, 13 (2), 462-466.
- DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2014): *Datenbank Futtermittel*, <http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (16.07.2014).
- EFSA (2009). *Scientific Opinion of the Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies on a request from European Commission related to labelling reference intake values for n-*

3 and n-6 polyunsaturated fatty acids, *The EFSA Journal*, 1176, 1-11,
<http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/doc/1176.pdf> (01.05.2016).

EUROPEAN COMMISSION (2014): Commission implementing regulation (EU) No 836/2014 of 31 July 2014 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.

EUROPEAN UNION (2007): Council regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labeling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS (2010): Fats and fatty acids in human nutrition – an expert consultation, FAO Food and nutrition Paper 91, ISSN 0254-4725.

FERNANDEZ, X., MONIN, G., TALMANT, A., MOUROT, J., LEBRET, B. (1999): Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum, *Meat Science*, 53 (1), 67-72.

FIRL, N., KIENBERGER, H., HAUSER, T., RYCHLIK, M. (2012): Determination of the fatty acid profile of neutral lipids, free fatty acids and phospholipids in human plasma, *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 51(4), 799-810.

FRENCH, P., STANTON, C., LAWLESS, F., O 'RIORDAN, E.G., MONAHAN, F.J., CAFFREY, P.J., MOLONEY, A.P. (2000): Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets, *Journal of Animal Science*, 78 (11), 2849-2855.

GAWEL, E., GRZELAK, M. (2012): The effect of a protein-xanthophyll concentrate from alfalfa (phytobiotic) on animal production – a current review, *Annals of Animal Science*, 12 (3), 281-289.

GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), Frankfurt am Main, DLG-Verlag.

HALLERMAYER, R. (1976): Eine Schnellmethode zur Bestimmung des Fettgehaltes in Lebensmitteln, *Deutsche Lebensmittelrundschau*, 10, 356-359.

- KRACHT, W., JEROCH, H., MATZKE, W., NÜRNBERG, K., ENDER, K., SCHUMANN, W. (1996): The Influence of Feeding Rapeseed on Growth and Carcass Fat Quality of Pigs, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 98 (19), 343-351.
- LATTKA, E., ILLIG, T., KOLETZKO, B., HEINRICH, J. (2006): Genetic variants of the FADS1 FADS2 gene cluster as related to essential fatty acid metabolism, *Current Opinion Lipidology*, 21(1), 64-69.
- LESKANICH, C.O., MATTHEWS, K.R., WARKUP, C.C., NOBLE, R.C., HAZZLEDINE, M. (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), 673-683.
- NOZIÈRE, P., GRAULET, B., LUCAS, A., MARTIN, B., GROILER, P., DOREAU, M. (2006): Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products, *Animal Feed Science and Technology*, 131, 418-450.
- OAKENFULL, D., SIDHU, G.S. (1990): Could saponins be a useful treatment for hypocholesterolaemia?, *European Journal of Clinical Nutrition*, 44 (1), 79-88.
- PONTE, P.I.P., MENDES, I. QUARESMA, M. AGUIAR, M.N.M., LEMOS, J.P.C., FERREIRA, L.M.A., SOARES, M.A.C., ALFAIA, C.M., PRATES, J.A.M., FONTES, C.M.G.A. (2004): Cholesterol Levels and Sensory Characteristics of Meat from Broilers Consuming Moderate to High Levels of Alfalfa, *Poultry Science*, 83 (5), 810-814.
- REZAEI, M., HAJATI, H. (2010): Effect of diet dilution at early age on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks, *Italian Journal of Animal Science*, 9, 93-100.
- SCHMUTZ, M., WEINDL, P., CARRASCO, S., BELLOF, G., SCHMIDT, E. (2014): The effects of breed, grazing system and concentrate supplementation on the fatty acid profile of the musculus longissimus dorsi and the kidney fat of steers, *Archiv Tierzucht*, 57 (23), 1-16.
- SEN, S., MAKKAR, H. P., BECKER, K. (1998): Alfalfa Saponins and Their Implication in Animal Nutrition, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46 (1), 131-140.
- VINAROVA, L., VINAROV, Z., ATANOSOV, V., PANTCHEVA, I., TCHOLAKOVA, S., DENKOV, N., STOYANOV, S. (2015): Lowering of cholesterol bioaccessibility and serum concentrations by saponins: in vitro and in vivo studies. *Food & Function*, 6 (2), 501-512.

-
- WHITING, C.M., MUTSVANGWA, T., WALTON, J.P., CANT, J.P., MC BRIDE, B.W. (2004): Effects of feeding either fresh alfalfa or alfalfa silage on milk fatty acid content in Holstein dairy cows, *Animal Feed Science and Technology*, 113 (1-4), 27-37.
- WOOD, J.D., RICHARDSON, R.I., NUTE, G.R., FISHER, A.V., CAMPO, M.M., KASAPIDOU, E., SHEARD, P.R., ENSER, M. (2003): Effects of fatty acids on meat quality: a review, *Meat Science*, 66 (1), 21-32.
- WOOD, J.D., ENSER, M., FISHER, A.V., NUTE, G.R., SHEARD, P.R., RICHARDSON, R.I., HUGHES, S.I., WHITTINGTON, F.M. (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78 (4), 343-358.
- WOODS, V.B, FEARON, A.M. (2009): Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review, *Livestock Science*, 126 (1-3), 1-20.
- WÜSTHOLZ, J.; CARRASCO, S., BERGER, U., SUNDRUM, A., BELLOF, G. (2016): Silage from alfalfa (*Medicago sativa*) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers, *European Poultry Science*, 80, (see also chapter 4).
- YU, M.W., ROBINSON, F.E., CLANDININ, M.T., BODNAR, L. (1990): Growth and Body Composition of Broiler Chickens in Response to Different Regimens of Feed Restriction, *Poultry Science*, 69 (12), 2074-2081.

6. Kapitel

Weiterführende Diskussion und Schlussfolgerungen

6.1 Eigenschaften jung genutzter Luzerne als Futtermittel für Mastschweine und Geflügel

Die Kapitel 2 bis 5 enthalten die im Rahmen dieser Dissertation erarbeiteten Publikationen zum Einsatz jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne in der Mastschweine- und Geflügelfütterung. Die nachfolgende Diskussion soll die erarbeiteten Ergebnisse in den übergeordneten Kontext stellen, Verbindungen und Gemeinsamkeiten zwischen den Versuchen aufzeigen und die Möglichkeiten der Übertragung der erzielten Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis beleuchten. Außerdem werden die durchgeführten Versuche einer kritischen Betrachtung unterzogen. Zusammenführende Schlussfolgerungen sowie das Aufzeigen weiterführender Forschungsfragen sind außerdem Teil der folgenden Ausführungen.

6.1.1 Pflanzenbauliche Aspekte junger Luzerne als Eiweißfuttermittel für Schweine und Geflügel

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Möglichkeiten auszuloten, um Luzernesilage als Eiweißfuttermittel in die Futtermittelration von Mastschweinen und Geflügel zu integrieren (siehe Kapitel 2 bis 4). Die ernährungsphysiologisch für Schweine und Geflügel besonders relevanten Aminosäuren sind bei der Luzerne zu größeren Anteilen in den Blättern zu finden (RODER, 1961; POPOVIC et al. 2001; SOMMER und SUNDRUM, 2014; SOMMER und SUNDRUM, 2015). Da sich im Laufe der Vegetation das Blatt-Stängel-Verhältnis der Pflanzen zu Gunsten der Stängel verschiebt (NORDKVIST und ÅMAN, 1986) und somit der Rohfasergehalt in den Pflanzen ansteigt (JÄNICKE et al., 2013), hängt der Futterwert von Luzerne für den Monogastrier unter anderem entscheidend vom Schnittzeitpunkt der Pflanzen ab (vgl. Kapitel 1.3). Vor diesem Hintergrund wurde die Ernte jeweils im frühen Vegetationsstadium „Beginn der Knospe“ durchgeführt. Der mehrfache Schnitt der Luzerne im Stadium „Beginn der Knospe“ wirkt sich jedoch negativ auf die Nutzungsdauer dieser mehrjährigen Kultur aus. Aus pflanzenbaulicher Sicht wird empfohlen, Luzerne mindestens einmal im Jahr zur vollen Blüte kommen zu lassen und zwischen der letzten und vorletzten Nutzung mindestens 50 Tage einzuhalten. Mit dieser Vorgehensweise können Luzernebestände nach dem Ansaatjahr bis zu vier oder sogar sechs Hauptnutzungsjahre ertragreich bewirtschaftet werden (GISIGER, 1965; SCHMALER, 2007). Für landwirtschaftliche Betriebe mit Schweine- und Geflügelhaltung, die die Luzerne als Eiweißquelle für diese Tiere nutzen wollen, bedeutet dies allerdings, dass mindestens ein Schnitt im Jahr nicht in der beschriebenen Art und Weise genutzt werden kann. Häufige Schnittnutzung vor der Blüte liefert das eiweißreichste

Futter, wirkt sich aber negativ auf die Wurzelentwicklung und somit die Nutzungsdauer der Luzerne aus (WALTHER, 1959; RODER, 1961).

Aus pflanzenbaulicher Sicht gibt es darüber hinaus weitere Aspekte, die den Ertrag und den Futterwert von jung genutzter Luzerne beeinflussen könnten. Durch die Eigenschaft über die Symbiose mit Rhizobiumbakterien Luftstickstoff binden zu können, ist die Wachstumsleistung dieser Pflanze weitgehend unabhängig von der Düngung mit diesem Nährstoff. Zur Saat kann eine N-Startgabe allerdings sinnvoll sein, um die Etablierung der Symbiose zu fördern (WALTHER, 1959; RODER, 1961; SCHUBERT, 2006). Die Zufuhr anderer Pflanzennährstoffe kann darüber hinaus für den Ertrag und die Inhaltsstoffe der Luzerne durchaus von Bedeutung sein. Insbesondere die Düngung der über das Ernteprodukt abgeführten Nährstoffe Phosphor und Kalium wird unter Berücksichtigung der P- und K-Versorgungsstufen des Bodens empfohlen (WALTHER, 1959; RODER, 1961). BERG et al. (2005) berichten in diesem Zusammenhang von einem gesteigerten Ertrag durch die Zufuhr dieser Pflanzennährstoffe. Darüber hinaus werden der Zufuhr von Schwefel in Mangelsituationen Verbesserungen der N-Fixierungsleistung, der Trockenmasseerträge und der Rohproteingehalte zugeschrieben (AULAKH et al., 1976; FISCHINGER et al., 2011; RIFFEL et al., 2015). Im Hinblick auf die Nutzung als Proteinfuttermittel sollte der Zufuhr dieses Pflanzennährstoffes daher besondere Aufmerksamkeit beigemessen werden.

Aufgrund des oben aufgezeigten Sachverhaltes, dass die Blätter der Luzerne im Vergleich zu den Stängeln höhere Gehalte an Rohprotein aufweisen (POPOVIC et al., 2001; SOMMER und SUNDRUM, 2014; SOMMER und SUNDRUM, 2015), wäre eine Pflanzenzüchtung hin zu vergleichsweise blattreicheren Luzernesorten für den Einsatz in der Schweine- und Geflügelfütterung interessant. RODER (1961) weist darauf hin, dass der Blattanteil zwischen verschiedenen Luzernesorten deutlich schwanken kann. Ein Vergleich mehrerer Luzernesorten von JÄNICKE et al. (2013) zeigt im Mehrjahresvergleich allerdings nur für einzelne Schnitte signifikante Unterschiede bezüglich des Rohproteingehaltes auf. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um bestehende Sortenunterschiede genauer zu beleuchten und die Möglichkeiten einer züchterischen Bearbeitung zu identifizieren.

In Zusammenhang mit der Nährstoffverteilung in der Pflanze wäre alternativ zur Ernte der ganzen Luzerne die bereits von SOMMER und SUNDRUM (2015) vorgeschlagene Nutzung der reinen Blattmasse als Eiweißquelle genauer zu untersuchen. Vorteil dieser Vorgehensweise wäre die Möglichkeit, die Pflanzen auch in späteren Vegetationsstadien ohne eine Mindering der Futterqualität in Kauf nehmen zu müssen. Damit würde zudem die Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen eine geringere Rolle im Erntegeschehen spielen. Die Frage, mit welcher Technik die Blattmasse von Luzerne in der Praxis erfolgreich geerntet werden könnte, ist allerdings noch ungeklärt. Eventuell bietet die am Markt befindliche Kräutererntetechnik hierzu Lösungen an.

Die Luzerne gedeiht auf tiefgründigem Boden mit ausreichender Kalkversorgung ohne Stau-nässe. Durch die tiefe Pfahlwurzel können Trockenperioden trotz hohen Wasserbedarfs vergleichsweise gut überstanden werden (WALTHER, 1959; RODER, 1961). Nicht alle Standorte erfüllen die o.g. Bedingungen. SOMMER und SUNDRUM (2014) haben die Rohprotein- und Aminosäuregehalte unterschiedlicher kleinkörniger Leguminosen untersucht. Demzufolge weisen neben der Luzerne Inkarnat-, Weiß- und Rotklee die höchsten Rohproteingehalte auf. Diese Kleearten sind für die geschilderte Nutzung ggf. Alternativen für Standorte, die einen erfolgreichen Anbau der Luzerne nicht ermöglichen. Der dabei erzielbare Futterwert sollte in weiteren Untersuchungen betrachtet werden.

6.1.2 Silierung als Konservierungsmethode für jung genutzte Luzerne

Die Silierung erwies sich in den vorliegenden Untersuchungen als geeignete Konservierungsmethode für jung genutzte Luzerne (vgl. Kapitel 2 bis 4). Die erzeugten Silagen zeigten sich als lagerstabil. Allerdings waren die einzelnen Silageballen mit ca. 1000 kg bei der gehäckselten Silage und ca. 400 kg bei der extrudierten Silage zu groß, um einen zeitnahen Aufbrauch eines geöffneten Siloballens sicherzustellen. Dies war in erster Linie der vergleichsweise geringen Anzahl an Versuchstieren geschuldet. Aus diesem Grund wurden die Silageballen vor ihrer Verwendung geöffnet und die Silage anschließend portionsweise zu 4-5 kg in Vakuumbuteln eingeschweißt und so bis zu ihrem endgültigen Verbrauch in den Versuchen weiter gelagert. Selbst diese Vorgehensweise hatte bezüglich der Sensorik keinerlei negative Effekte auf die Silagequalität. Es wurden keine geruchlichen Veränderungen, Schimmelbildung oder eine Erwärmung festgestellt. Laboranalytische Untersuchungen wurden diesbezüglich jedoch nicht durchgeführt. Da bei der Lagerung von Silage der Zutritt von Luft mit dem Verderb der Silage in Verbindung gebracht wird (BAUER, 2004), spricht diese Beobachtung für die erzielte Stabilität und Qualität der Silage.

Die in dieser Arbeit aufgezeigte Vorgehensweise für die Produktion von gehäckselter Luzernesilage kann direkt in die Praxis übertragen werden. Alle eingesetzten Maschinen sind über Lohnunternehmen bzw. durch den überbetrieblichen Maschineneinsatz zu beziehen und einsetzbar. Bei der Ernte und Futterbergung sollten dabei die Grundsätze für eine ordnungsgemäße Silageproduktion eingehalten werden. Dazu zählen vor allem die Vermeidung von Verschmutzung, das Anwelken auf mindestens 40% TS, die starke Zerkleinerung mittels Feldhäcksler und die starke Verdichtung des Erntegutes. Des Weiteren gilt es Blattverluste möglichst zu vermeiden, da insbesondere die Blätter der Luzerne die für Schweine und Geflügel wertbestimmenden Inhaltsstoffe aufweisen (RODER, 1961; POPOVIC et al., 2001; SOMMER und SUNDRUM, 2014; SOMMER und SUNDRUM 2015). Mit hohen Blattverlusten ist insbesondere zu rechnen, wenn aufgrund warmer Witterung sehr rasch ein hoher Anwelkgrad erreicht wird. Jedoch sind warme Temperaturen und eine stabile Wetterlage

auch erforderlich, um in kurzer Zeit im Anwelkgut TS-Gehalte von etwa 40% erreichen zu können (vgl. Kapitel 1.5). Um die Abhängigkeit von der Witterung bei der Ernte von junger Luzerne als Eiweißquelle für Schweine und Geflügel etwas abzumildern, wäre die Produktion von Luzernegrünmehl eine alternative Konservierungsmethode. Allerdings muss dabei zwingend auf möglichst niedrige Prozesstemperaturen geachtet werden, da es ansonsten zu einer Schädigung der Aminosäuren durch die Maillardreaktion kommen kann (FREIMUTH, 1973; RÉRAT et al., 2002; KUCINSKAS et al., 2004; GONZÁLEZ-VEGA, 2011). Weitere Untersuchungen müssen aufzeigen, welche Trocknungsbedingungen die Produktion eines solchen Grünmehles ermöglichen würden, ohne Einfluss auf die Verdaulichkeit der Aminosäuren zu nehmen.

6.1.3 Silageaufnahme und tierische Leistungen bei Einsatz jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne

In allen geschilderten Fütterungsversuchen haben die Tiere die Silage teilweise mit der Einstreu vermischt. Dieser Anteil der Silage konnte bei den Rückwaagen nicht korrekt erfasst werden. Entsprechend konnte jeweils nur der Silageverbrauch, jedoch nicht die exakte Silageaufnahme ermittelt werden. Des Weiteren kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Tiere bei der Aufnahme der Silage eine gewisse Selektion vorgenommen haben und weichere Pflanzenteile (z.B. Blätter) gegenüber den Stängeln bevorzugt aufgenommen haben. Dadurch könnte die durchschnittlich aufgenommene Silage rohproteinreicher und rohfasärmer sein als aufgrund der Analyseergebnisse angenommen. Außerdem könnte die Verdaulichkeit der aufgenommenen Masse höher sein als eingeschätzt (TERRY und TILLEY, 1964). In weiterführenden Untersuchungen zur Silageaufnahme, möglicherweise unter Einzelhaltung der Versuchstiere bzw. mit Untersuchungen des Chymus, könnte diesen Fragen genauer nachgegangen werden.

Die in den aufgezeigten Versuchen (Kapitel 2 bis 4) erzielten tierischen Leistungen sind insgesamt zufriedenstellend. Die mit der gehäckselten Silage versorgten Mastschweine wiesen zwar geringere tägliche Zunahmen auf als diejenigen der Kontrollgruppe. Die beobachteten Unterschiede konnten jedoch nicht statistisch abgesichert werden. Die mit der gehäckselten bzw. extrudierten Silage gefütterten Legehennen wiesen dasselbe Leistungsniveau auf wie die mit Alleinfutter versorgten Tiere aus der Kontrollgruppe. Bei den Mastbroilern erwies sich das Angebot von gehäckselter bzw. extrudierter Silage sogar als vorteilhaft für die erzielten täglichen Zunahmen. Bezüglich des Fütterungsversuches mit Mastschweinen muss eingeschränkt angemerkt werden, dass die Tierzahl von jeweils $n = 12$ je Fütterungsgruppe möglicherweise zu gering war, um hinreichend statistisch signifikante Unterschiede herauszuarbeiten. Weitere Fütterungsversuche mit jung geernteter Luzerne müssten aufzeigen, ob und inwieweit gleichgerichtete Ergebnisse zu erzielen wären und somit die Ableitung belastbarer Aussagen möglich wäre.

Allen durchgeführten Versuchen gemeinsam ist, dass die Silagen jeweils mit einem vorab festgelegten Anteil als Komponente in die tägliche Futtermischung der Tiere integriert wurden. Ziel der konzipierten Futtermischungen bzw. -rationen war in allen Versuchen, den Tieren in den verschiedenen Fütterungsgruppen ein rechnerisch isoenergetisches und isoaminogenes Nährstoffangebot zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund enthielten die zu den Silagen angebotenen Ergänzerkraftfuttermischungen weniger Rohprotein und Aminosäuren sowie mehr Energie als die jeweiligen Alleinfuttermischungen, die den Kontrollgruppen vorgelegt wurden. Darüber hinaus wurde darauf geachtet, dass die verschiedenen Futtermischungen bzw. -rationen ein vergleichbares Aminosäuren-Energieverhältnis aufweisen. Vermutlich ist diese Herangehensweise wichtig für eine zufriedenstellende Silageaufnahme und -verwertung durch Schweine und Geflügel (SIBBALD und WOLYNETZ, 1987; CHIBA et al., 1991; CASTELL et al., 1994; BELLOF et al., 2005). Die GfE (1999, 2006) spricht auf bisherigen Forschungsergebnissen beruhende Versorgungsempfehlungen für die Fütterung von Schweinen und Geflügel aus. Für die Konzeption von Futtermischungen ist es erforderlich, zunächst die Nährstoffgehalte der Silage ermitteln zu lassen, um diese in der Rationsgestaltung berücksichtigen zu können. Die Nährstoffzusammensetzung von Silage weist, bedingt durch die Nutzung unterschiedlicher Vegetationsstadien, ein breites Spektrum auf (DLG, 2014). Daher kommt diesem Punkt besondere Wichtigkeit zu. Des Weiteren passt sich die Darmflora der Tiere nach und nach an steigende Rohfasergehalte im Chymus an (MOORE et al., 1987; JENSEN und JØRGENSEN, 1994; DURMIC et al., 1998). Aufgrund dessen sollten Fütterungskonzepte, die Silage als Komponente vorsehen, eine langsame Steigerung der Silageanteile im Verlauf der Produktionsperiode vorsehen.

6.1.4 Verdaulichkeit der Nährstoffe von jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne

In den dargestellten Fütterungsversuchen wurden Silagen aus zwei unterschiedlichen Ernten eingesetzt. Im Fütterungsversuch mit Mastschweinen (siehe Kapitel 2) wurde die Ernte aus dem Jahr 2013 und in den Fütterungsversuchen mit Legehennen und Mastbroilern (siehe Kapitel 3 bzw. 4) die Ernte aus 2012 verwendet. Für beide Silagechargen wurde auf unterschiedliche Weise die Verdaulichkeit betrachtet. Im Falle der Ernte 2012 wurde von RITTESER und GRASHORN (2015) an der Universität Hohenheim die *in vivo* Verdaulichkeit der gehäckselten und extrudierten Silage bei Mastbroilern untersucht. Im Falle der Ernte 2013 wurde am MTT in Finnland die *in vitro* Verdaulichkeit nach den Methoden von BOISEN und FERNÁNDEZ (1997) ermittelt. Die jeweiligen Ergebnisse finden in den Kapiteln 2 und 4 Berücksichtigung. An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass Luzernesilage aufgrund des großen Einflusses des Schnittzeitpunktes auf die Nährstoffzusammensetzung ein sehr variables Futtermittel ist. Die Ergebnisse einzelner Verdaulichkeitsanalysen können daher nicht verallgemeinert werden.

6.1.5 Schätzung der Energiegehalte jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne

Der Energiegehalt von Luzernesilage ist neben dem Aminosäurenmuster ein wichtiger Aspekt des Futterwertes. Da eine solche Silage jedoch kein gängiges Futtermittel für Schweine und Geflügel darstellt, sind in der Literatur keine Schätzgleichungen zur Ermittlung des Energiegehaltes aus den Rohnährstoffen solcher Futtermittel beschrieben. Für die Abschätzung des Energiegehaltes in den erzeugten Silagen wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen die gängigen Schätzformeln zur Ermittlung des Energiegehaltes in Mischfuttermitteln umsetzbare Energie (ME; GFE, 2006) beim Schwein und scheinbar umsetzbare Energie (AME; WPSA, 1984) beim Geflügel genutzt.

Mit der Anwendung dieser Formeln wurde in zweierlei Hinsicht ein methodischer Fehler gemacht. Einerseits handelt es sich bei der Luzernesilage um ein Einzelfuttermittel. Die Formel zur Schätzung der AME wurde aber für Mischfutter entwickelt. Andererseits dienen die Formeln zur Betrachtung energie- und proteinreicher Krafffutter bzw. Krafffuttermischungen. Im Vergleich dazu ist die Luzernesilage ein rohfaserreiches Raufuttermittel. In weiteren Untersuchungen müsste der Betrachtung des Energiegehaltes der Silage entsprechende Bedeutung beigemessen werden. Dazu wäre zunächst die Bestimmung der Verdaulichkeit der Nährstoffe erforderlich. In der Rationsgestaltung sollte der ermittelte Energiegehalt der betrachteten Silage dann entsprechende Berücksichtigung finden.

6.2 Einsatzpotentiale jung genutzter, siliierter Luzerne in der Praxis

6.2.1 Einsatz jung genutzter, siliierter Luzerne in der praktischen Schweinefütterung

Die Ergebnisse des in Kapitel 2 geschilderten Fütterungsversuches zeigen auf, dass Mast Schweine jung genutzte, als Silage konservierte Luzerne bei restriktiver Krafffuttergabe mit Anteilen von 20 bis 50% ihrer täglichen Futteraufnahme fressen. Dadurch konnten in den Silagegruppen Krafffutter und insbesondere der Eiweißträger Sojakuchen eingespart werden. Gegenüber der Kontrollgruppe waren die Leistungen der mit gehäckselter Silage gefütterten Tiere dabei zwar numerisch etwas niedriger, der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Insgesamt zeigen die Ergebnisse das Potential von jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne als Eiweißfutter heimischer Produktion für die ökologische Schweinemast auf. Bevor dieses Futtermittel mit Erfolg in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt werden kann, müssen allerdings noch einige Fragen geklärt werden. Die erzielten Wachstumsleistungen lagen insgesamt auf einem niedrigen Niveau, weitere Versuche sind nötig, um herauszuarbeiten, ob dies, wie interpretiert, auf den Befall mit Spulwürmern (*Ascaris suum*) und den erhöhten Bedarf an Energie für Thermoregulation zurückzuführen ist oder ob weitere Faktoren eine Rolle spielen. Außerdem stellt sich die Frage, welches Silageaufnahmelevel aufgrund der damit verbundenen hohen Rohfaseraufnahme mit zu-

friedenstellenden Wachstumsleistungen vereinbar ist (vgl. Kapitel 1.4). Die erzielte vergleichsweise hohe Silageaufnahme von 20-50% an der täglichen TS-Aufnahme entstand unter der Bedingung einer restriktiven Krafftutervorlage. In vorhergehenden Untersuchungen lag die Silageaufnahme mit 2-18% an der täglichen TS-Aufnahme deutlich niedriger (BELLOF et al., 1998; CARLSON et al., 1999; KELLY et al., 2007; HAGMÜLLER et al., 2008; BIKKER und BINNENDIJK, 2012, vgl. Kapitel 1.4). Eine restriktive Krafftutervorlage erfordert allerdings ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1. Dieses ist in der Praxis jedoch nicht in allen Betrieben anzutreffen bzw. je nach vorhandener Gebäudestruktur wahrscheinlich auch nicht überall umsetzbar (JUNGBLUTH et al., 2005; JAIS, 2007). Für Betriebe, in denen aufgrund des Tier-Fressplatzverhältnisses eine Sattfütterung realisiert werden muss, ist zunächst die Vorlage der Silage zusammen mit dem Krafftutter in Pelletform, wie in den Geflügelversuchen geschildert (siehe Kapitel 3 und 4), vorstellbar. Geht man allerdings von einem TS-Gehalt der Silage von 40%, einem TS-Gehalt des Krafftutters von ca. 88% und einem Silageanteil im Futter von 20% aus, errechnet sich für das fertige Pellet ein TS-Gehalt von 78%. Bei höheren Silageanteilen würde ein noch niedrigerer TS-Gehalt resultieren. Bei solchen TS-Gehalten ist eine Lagerstabilität des fertigen Futters, ohne weitere Konservierungsmaßnahmen, wie beispielsweise Trocknen oder die Zugabe von Siliermitteln nicht mehr gegeben (STEINHÖFEL, 2008).

Eine weitere vorstellbare Alternative zur Silagevorlage in Betrieben ohne ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 wäre eine Totale-Misch-Ration aus Silage und Krafftutter ähnlich wie in der Rinderfütterung. BIKKER und BINNENDIJK (2012) berichten von einer Selektion des Krafftutters bei der Vorlage einer Silage-Krafftutter-Mischung. In weiteren Untersuchungen müsste daher geklärt werden, ob eine Silage-Krafftuttermischung erstellt werden kann, bei der keine Selektion durch die Tiere stattfindet, beispielsweise durch eine starke Zerkleinerung der Silage. Dabei ist außerdem zu betrachten, in welchen Mengen eine solche Mischung von den Tieren aufgenommen wird und welche tierischen Leistungen mit diesem Konzept zu erzielen sind. Schweine haben einen ausgeprägten Wühltrieb (SCHRADER et al., 2006; ACHILLES et al., 2010). In der vorliegenden Untersuchung wurde die Silage durch die Tiere mit der Einstreu vermischt. Es ist davon auszugehen, dass es sowohl bei der Vorlage der Silage als auch bei der Vorlage der geschilderten Mischration in der Praxis ebenfalls zu einer Vermischung mit der Einstreu und somit zu einer Futterschwendung kommen könnte. Um die Futterschwendung gering zu halten, bedarf es für den Einsatz in der Praxis der Entwicklung geeigneter Tröge oder Raufen für die Vorlage dieser Futtermittel.

6.2.2 Einsatz jung genutzter, silierter Luzerne in der praktischen Geflügelfütterung

Die in Kapitel 3 und 4 dargestellten Versuchsergebnisse zeigen auf, dass Legehennen und Mastbroiler neben einer *ad libitum* Krafftutervorlage nennenswerte Mengen an jung genutz-

ter, als Silage konservierter Luzerne aufnehmen. Im Vergleich zur jeweiligen Kontrollgruppe waren die tierischen Leistungen dabei nicht negativ beeinflusst. Aufgrund des insgesamt niedrigen Leistungsniveaus aller Gruppen im Fütterungsversuch mit Mastbroilern sollte dieser Versuch wiederholt werden, bevor Empfehlungen für den Einsatz der Silage in der Praxis abgeleitet werden. Das im Fütterungsversuch mit Legehennen dargestellte Fütterungskonzept aus dem *ad libitum* Angebot von gehäckselter Silage und darauf abgestimmtem Ergänzungskrafffutter kann bereits in der praktischen Legehennenhaltung erprobt werden. Dabei stellt sich jedoch noch die Frage, wie eine verlustarme Futtevorlage gestaltet werden kann. In den vorliegenden Versuchen wurde die Silage von den Tieren teilweise mit der Einstreu vermischt und dann nicht mehr aufgenommen. Für die Gruppe D der Fütterungsversuche mit Geflügel wurde die Silage jeweils gemeinsam mit dem Krafffutter im entsprechenden Sollverhältnis pelletiert. Damit sollte die Aufnahme der Silage im jeweils geplanten Anteil an der Tagesration sichergestellt werden. Diese Vorgehensweise scheint jedoch überflüssig zu sein. Beim Geflügel ist die Silageaufnahme wahrscheinlich durch das jeweilige weitere Futter- bzw. Nährstoffangebot beeinflussbar. Im Fütterungsversuch mit Legehennen konnte beobachtet werden, dass die Silageaufnahme stieg, wenn die Tiere den Grünauslauf nicht nutzten oder nicht nutzen konnten. Wahrscheinlich haben die Tiere im Auslauf alternative Nährstoffquellen wie Gras, Kräuter, Klee, Insekten oder Würmer finden können (ANTELL und CISZUK, 2006; HORSTED et al., 2007a; LORENZ et al., 2013). Im Fütterungsversuch mit Mastbroilern wurde die Silageaufnahme offensichtlich durch die knappe Lysinausstattung des Krafffutters gefördert. In der Literatur ist die Fähigkeit des Geflügels beschrieben, selbst eine bedarfsdeckende Ration zu selektieren und die Futteaufnahme anzupassen, wenn die Tiere die entsprechenden Möglichkeiten dazu haben (STEINRUCK und KIRCHGESSNER, 1993; BELLOF et al., 2005; CARRASCO und BELLOF, 2013). Bereits THOMAS (1937) beobachtete sowohl bei Legehennen als auch bei Masthähnchen eine Kompensation des über das Krafffutter eingestellten Proteindefizits über die Aufnahme von Klee, Kräutern und Löwenzahn. HORSTED et al. (2007b) beobachteten im Vergleich zu Tieren, die mit Alleinfutter versorgt wurden, bei Legehennen eine vermehrte Aufnahme von pflanzlichen Material aus dem Auslauf wenn die Nährstoffversorgung über das Krafffutter limitiert wurde. HORSTED et al. (2006) stellten ähnliches fest und schlussfolgerten sogar, dass der Nährstoffbeitrag der Grünfütterpflanzen bei entsprechendem Angebot durch Senkung des Aminosäuregehaltes im Krafffutter Berücksichtigung finden kann.

Wenn die Silage in nennenswerten Mengen Bestandteil der Ration der Tiere sein soll, kommt dem dargestellten Ergänzerkonzept (vgl. Kapitel 6.1.3) besondere Bedeutung zu. Vor dem Hintergrund, zukünftig eine 100%-Biofütterung realisieren zu müssen (Durchführungsverordnung (EU) Nr. 836/2014, vgl. Kapitel 1.1), ist für das Geflügel denkbar, dieses Ergänzerkonzept weiter auszuweiten und sich die Fähigkeit dieser Tiere, bedarfsdeckende

Tagesrationen selbst zusammenzustellen, zu Nutze zu machen. Der obligatorische Grünauslauf (Verordnung (EG) Nr. 889/2008) könnte dabei mit der von einzelnen Anbauverbänden geforderten Vorlage ganzer Getreidekörner in der Einstreu bei der Legehennen (DEMETER, 2015; NATURLAND 2015; BIOLAND, 2016) kombiniert werden. Das bislang übliche Kraftfutter könnte zudem aufgetrennt in Energiekomponente, Eiweißkomponente und mineralische Komponente angeboten werden. Während der Vegetationsperiode könnte der Auslauf über Grünaufwuchs und sowohl Insekten als auch Würmer einen entsprechend höheren Anteil zur Deckung des Nährstoffbedarfes beitragen als in der vegetationslosen Zeit. Die geschilderte Luzernesilage könnte in den Wintermonaten in entsprechend größerem Umfang einen Beitrag zur Deckung des Aminosäurebedarfes leisten. Das Angebot von beispielsweise Muschelschalen trägt in manchen Legehennenherden bereits zur Deckung des Calciumbedarfes bei und könnte in einem solchem Konzept zusätzlich Berücksichtigung finden. Vermutlich ist es auf diese Weise möglich, teure und/oder importierte Eiweißfuttermittel einzusparen. Erste Ansätze in diese Richtung sind in der Literatur bereits als Cafeteria-System beschrieben. ROTH (2003) bot Legehennen in einem Mobilstall neben dem Zugang zu Grünauslauf ein Ergänzungskraftfutter (32% XP; 7,5 MJ ME/kg), ganze Weizenkörner, Muschelschalen und Grit an. Im Vergleich zur Kontrollgruppe, die mit Alleinfutter versorgt wurde, waren die tierischen Leistungen dabei höher. CHAH und MORAN (1985) stellten fest, dass bei Legehennen, denen Energiefuttermittel, Proteinquelle und Muschelschalen, getrennt angeboten wurden, die Aufnahme der einzelnen Futtermittel in Zusammenhang mit der Tageszeit steht. Das Proteinfuttermittel wurde bevorzugt am Morgen und die Muschelschalen später am Tag aufgenommen. Die mit Alleinfutter gefütterte Kontrollgruppe zeigte zwar dasselbe Leistungsniveau, hatte dabei aber einen höheren Futtermittelverbrauch. SCOTT und BALNAVE (1988) beobachteten bei Hähnchen, dass bei einem separaten Angebot von Energie- und Proteinfuttermittel die Tiere unter extremen Temperaturbedingungen (6-16 °C vs. 25-35 °C) die Möglichkeit nutzen, das Energie-Protein-Verhältnis im aufgenommenen Futter dem Bedarf anzupassen und somit höhere Leistungen erzielen. In der weiteren Forschung müsste ermittelt werden, in welcher Form ein solches Cafeteria-System in der ökologischen Legehennen- und Mastbroilerhaltung, ohne Einbußen in den tierischen Leistungen, umzusetzen wäre. Eventuell könnte mit einem solchen Konzept eine Möglichkeit zur 100%-Biofütterung etabliert werden. Geflügelhaltende, ökologisch wirtschaftende Betriebe hätten damit eine Möglichkeit die ab 2018 geltenden Richtlinien umzusetzen.

6.2.3 Einfluss von jung genutzter, siliierter Luzerne auf die erzielte Produktqualität in der Schweine- und Geflügelfütterung

Die in den Kapiteln 2 bis 4 geschilderten Fütterungsversuche wurden in einem weiteren Schritt um die Betrachtung der jeweils erzielten Produktqualität ergänzt. Die dabei erzielten Ergebnisse sind bei WELTIN et al. (2014) für das Schweinefleisch, bei CARRASCO et al. (2016)

für die Eier und in der in Kapitel 5 dargestellten Publikation für das Broilerfleisch geschildert. Die Produkte Eier und Fleisch der mit der Luzernesilage gefütterten Tiere wiesen dabei gegenüber der jeweiligen Kontrollgruppe einen niedrigeren Cholesteringehalt und einen höheren Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf. Im Fall von Broilerfleisch und Eiern wurden dabei signifikante Unterschiede pro 100 g Lebensmittel festgestellt. Das Schweinefleisch der Fütterungsgruppe B wies zwar ein zugunsten der Omega-3-Fettsäuren verschobenes Fettsäuremuster auf, aufgrund des im Vergleich zu Gruppe A jedoch niedrigeren Fettgehaltes im Fleisch ist der Unterschied bezüglich der einzelnen Fettsäuren pro 100 g Fleisch nicht signifikant. Da die in Kapitel 2 geschilderten Ergebnisse auf eine mangelnde Energieversorgung der Schweine hinweisen, ist es denkbar, dass bei adäquater Energieversorgung der mit Silage gefütterten Tiere, analog den Ergebnissen beim Geflügel, signifikante Unterschiede in der Produktqualität zu erzielen wären. Weitere Untersuchungen könnten diesen Sachverhalt klären.

Da die durch die Silagefütterung herbeigeführten Veränderungen bezüglich Fettsäuremuster und Cholesteringehalt in Eiern und Fleisch hinsichtlich der Humanernährung wünschenswert sind (FAO, 2010; BIESALSKI et al., 2011), könnten sie als Marketingargument zur Erzielung eines höheren Produktpreises genutzt werden (KARSTEN et al., 2010). Allerdings müssten dabei die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Deklaration solcher Produkte beachtet werden (Verordnung (EG) Nr. 1924/2006; EFSA, 2009; Verordnung (EU) Nr. 432/2012; NKV). Soll beispielsweise die Verpackung eines Produktes den Hinweis auf einen reduzierten Cholesteringehalt tragen, muss das Produkt mindestens 30% weniger Cholesterin enthalten als Vergleichsprodukte (NKV). Eier werden bereits gezielt mit einem höheren Gehalt an Omega-3-Fettsäuren produziert und im Verkauf auch als solche deklariert (GRASHORN, 2008).

Da die visuellen Eigenschaften eines Produktes die Kaufentscheidung des Konsumenten beeinflusst, ist auch die fütterungsbedingte Veränderung der Eidotter- und Fleischfarbe hinsichtlich des Marketings ein wichtiger Faktor (SEEMANN, 1999; CARPENTER et al., 2001; FLETCHER, 2002; BAKER und GÜNTHER, 2004). Dabei sind die Präferenzen der Verbraucher regional unterschiedlich. In einer Untersuchung von OFOSU et al. (2010) wurden die helleren Eidotter favorisiert. Laut GRASHORN (2008) werden in Süddeutschland dagegen vergleichsweise kräftig gefärbte Eidotter bevorzugt. Ökologisch erzeugte Eier weisen mitunter eine blässere Dotterfärbung auf als konventionelle (KÜÇÜKYILMAZ et al., 2012). Durch das Verbot synthetischer Farbstoffe im Tierfutter (Verordnung (EG) Nr. 834/2007) ist daher insbesondere in der ökologischen Landwirtschaft die Möglichkeit, über natürliche Pflanzenfarbstoffe das Aussehen der Produkte beeinflussen zu können, interessant. Weitere Untersuchungen müssten allerdings erst zeigen, ob die für ein Marketing notwendige Produktqualität auch reproduzierbar ist.

6.2.4 Arbeits- und betriebswirtschaftliche Aspekte des Einsatzes jung geernteter Luzerne in der Schweine und Geflügelfütterung

Die bisherigen Ausführungen verdeutlichen die Notwendigkeit, Luzerne jung zu ernten, sofern sie als Eiweißfuttermittel für Schweine und Geflügel Verwendung finden soll. Damit verbunden ist allerdings eine geringere Nutzungsdauer der Pflanzen. Folglich muss gegenüber der sonst möglichen Nutzungsdauer von bis zu 5 Jahren häufiger eine Neuansaat erfolgen (WALTHER, 1959; RODER 1961; vgl. Kapitel 6.1.1). Dies ist mit Kosten verbunden. Wird aus pflanzenbaulichen Gründen zusätzlich ein Aufwuchs pro Jahr erst nach der Blüte geerntet, entfällt dessen Nutzung in der hier beschriebenen Art und Weise für Monogastrier und bedeutet ggf. eine weitere indirekte Steigerung der Kosten des Luzerneanbaus. Die Kosten für die einzelnen Schritte der Futterernte, -bergung und -lagerung können je nach Betrieb sehr unterschiedlich ausfallen und müssen im Einzelfall betrachtet werden. Beispielsweise spielt es eine Rolle, ob die Luzerne bereits in die Fruchtfolge integriert ist oder nicht. Muss die Luzerne erst in die Fruchtfolge integriert werden, entsteht ein größerer Aufwand. Wurde die im Betrieb vorhandene Luzerne bislang wenig intensiv genutzt, z.B. durch Mulchen oder den Verkauf des Aufwuchses an rinderhaltende Betriebe, entstehen durch die Nutzung in der hier diskutierten Art und Weise möglicherweise finanzielle Vorteile. Darüber hinaus spielt bei der Beurteilung der Kosten des Luzerneanbaus die Tatsache eine Rolle, ob und inwieweit bereits auf dem Betrieb vorhandene Futtererntemaschinen und freie Arbeitskapazitäten genutzt werden können oder ob die Futterernte ausschließlich mit Hilfe von Lohnunternehmen erfolgen muss. Außerdem sind die Nutzungskosten der Fläche bzw. die relative Vorzüglichkeit des verdrängten Fruchtfolgegliedens von Relevanz.

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von jung geernteter, als Silage konservierter Luzerne kann deshalb nicht pauschaliert werden. Denn neben der Futterernte hat in diesem Zusammenhang beispielsweise auch die Frage nach der Art und Weise der Futtervorlage einen großen Einfluss. Erlauben bzw. erfordern die Tierzahlen oder baulichen Gegebenheiten des Stalles eine manuelle oder maschinelle Vorlage der Silage, muss jeweils mit unterschiedlichen Kosten kalkuliert werden. Muss in teure Futtervorlagetechnik investiert werden, ergeben sich andere Voraussetzungen als bei der Möglichkeit, vorhandene Infrastrukturen nutzen zu können. In Geflügelställen könnten zur Vorlage von Silage Anlagen genutzt werden, bei denen entlang einer Schienenbahn das zugeführte Material im Stall verteilt wird. Solche Einstreuanlagen wurden ursprünglich für die Verteilung von Stroh entwickelt und sind bei verschiedenen Herstellern erhältlich. MEYER ZU BAKUM und JARZMIK (2013) berichten von Legehennenbetrieben in Dänemark, die solche Anlagen bereits zur Vorlage von Maissilage nutzen. Die Investition in eine solche Anlage ist mit Kosten verbunden, die auf die Silagefütterung umgelegt werden müssen. Bei großen Tierzahlen ist sie aus arbeitswirtschaftlichen Gründen jedoch erforderlich, da eine manuelle Vorlage dann ausgeschlossen erscheint. Durch die größeren absoluten Silagemengen, die in der Schweinehaltung einge-

setzt werden würden, ist in diesem Bereich die manuelle Silagevorlage eher weniger geeignet und es sollte nach maschinellen Lösungen gesucht werden. Geht man allerdings von einer konsequenten Umsetzung der Richtlinien aus (Verordnung (EG) Nr. 889/2008), müsste theoretisch in allen ökologisch wirtschaftenden Geflügel- und Schweinebetrieben bereits eine Raufuttervorlage erfolgen, so dass diesem Aspekt allenfalls durch gesteigerte Raufuttermengen eine Bedeutung beizumessen ist. Die aktuellen Preise der neben der Silage eingesetzten Kraftfutterkomponenten können den rentablen Einsatz der Silage ebenfalls beeinflussen. Sind zugekaufte Eiweißfuttermittel vergleichsweise teurer, steigt die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der selbst produzierten Silage entsprechend.

Ein weiterer Aspekt, der in die Wirtschaftlichkeit eines Fütterungskonzeptes einfließt, ist die Vermarktung der Produkte. Möglicherweise lassen sich über den Silageeinsatz veränderte Produkteigenschaften (Fettsäuremuster und Cholesteringehalt) erzielen, die zukünftig einen höheren Verkaufspreis rechtfertigen (vgl. Kapitel 1.6 und 6.2.3). Vor dem Einsatz der geschilderten Luzernesilage sollten die wirtschaftlichen Aspekte betriebsindividuell betrachtet werden. Dazu bedarf es vorab allerdings der Klärung der in den Kapiteln 6.1 und 6.2 aufgezeigten Forschungsfragen.

6.3 Fazit

Fazit der Untersuchungsergebnisse für die Praxis

Luzerne, die im Vegetationsstadium „Beginn der Knospe“ geerntet wird, lässt sich erfolgreich als Silage konservieren. Dabei sollte auf eine geringe Verschmutzung geachtet und das Erntegut auf mindestens 40% TS angewelkt werden. Wichtig ist außerdem eine starke Zerkleinerung und Verdichtung des Materials. Bei jung genutzter, als Silage konservierter Luzerne handelt es, abhängig vom Schnittzeitpunkt, um ein sehr variables Futtermittel. Aussagen zum Futterwert können daher nicht verallgemeinert werden. Die Nutzung der reinen Blattmasse der Luzerne bedeutet eine weitere Verbesserung des Futterwertes gegenüber der jungen Ganzpflanze. Allerdings fehlen praxistaugliche Erntemethoden für ein solches Verfahren.

In den Fütterungsversuchen konnte ermittelt werden, dass Mastschweine bei gleichzeitig restriktivem Kraftfutterangebot 20 bis 50% ihrer täglichen TS-Aufnahme aus der Luzernesilage realisieren. Bei Legehennen lag der Anteil der Silage an der TS-Aufnahme bei 10 bis 20% und bei Mastbroilern bei 10 bis 30%. Das Geflügel wurde *ad libitum* mit Kraftfutter und Luzernesilage gefüttert. Zur Realisierung dieser vergleichsweise hohen Silageaufnahmen erscheint es erforderlich, parallel zur Silage ein Ergänzungskraftfutter anzubieten, das bezüglich der Nährstoffzusammensetzung die Silage als Rationskomponente berücksichtigt. Die erzielten tierischen Leistungen der Versuchsgruppen waren in keinem der Fütterungsversuche signifikant schlechter als in den Alleinfutter-versorgten Kontrollgruppen. Die mit

Silage gefütterten Mastbroiler zeigten sogar höhere Wachstumsleistungen als die Kontrollgruppe. Aufgrund dessen kann jung genutzter Luzerne durchaus Potential als regional erzeugtes Eiweißfuttermittel für die ökologische Schweine- und Geflügelfütterung zugeschrieben werden. Gleichzeitig lässt sich damit das obligatorische Raufutterangebot für diese Tiere erfüllen. Für die Legehennen kann das dargestellte Fütterungsregime aus *ad libitum* Angebot von Luzernesilage und Ergänzungskraftfutter bereits für die Praxis empfohlen werden. Für die Masttiere sind weitere Untersuchungen erforderlich, um herauszuarbeiten, welche Silagemengen in die Futterrationen integriert werden können, ohne Leistungseinbußen in Kauf nehmen zu müssen. Hierbei sollte ein besonderes Augenmerk auf den Einfluss der ggf. beträchtlichen Rohfaseraufnahme über die Silage liegen.

Des Weiteren stellt sich die Frage, wie die praktische Silagevorlage bei den einzelnen Tierarten gestaltet werden könnte, um Futtermittelverschwendung weitestgehend zu vermeiden. Für das Geflügel bietet sich als Lösung für eine 100%-Biofütterung möglicherweise ein sogenanntes „Cafeteria-System“ an, bei dem die Tiere sich ihre Tagesration aus diversen einzeln angebotenen Komponenten, wie z.B. der Silage, selbst zusammenstellen. Auch dies bedarf der Beleuchtung in weiteren Untersuchungen. Die zusätzliche Extrusion der Luzerne zeigte weder für den Silierverlauf noch für die tierischen Leistungen Vorteile und kann daher nicht für die Praxis empfohlen werden. Die Aufnahme der Luzernesilage führte zu einer wünschenswerten Veränderung des Fettsäuremusters, des Cholesteringehaltes und der Farbe von Fleisch und Eiern bzw. Eidottern. Weiterführende Untersuchungen sind erforderlich, um zu ermitteln, ob die Erzeugung der Produkte mit diesen Eigenschaften wiederholt gelingt. Sollte das der Fall sein, könnte dieser Zusammenhang im Bereich des Marketings genutzt werden.

Fazit aus wissenschaftlicher Perspektive

Die vorliegenden Ergebnisse werfen diverse Fragen auf, die im Rahmen weiterführender Forschungsarbeit betrachtet werden könnten. Es bleibt zu klären, ob bezüglich des Proteingehaltes der Luzerne Sortenunterschiede bestehen. Für Standorte, die für den Luzerneanbau nicht geeignet sind, könnten Inkarnat-, Weiß- und Rotklee als Alternativen untersucht werden. Bezüglich der Konservierung der Luzerne stellt sich die Frage, ob es gelingen kann, mit einem schonenden Trocknungsverfahren eine Verminderung der Verdaulichkeit der Aminosäuren zu vermeiden und somit eine weniger witterungsabhängige Alternative zur Silierung zu schaffen. Zur Beurteilung eines Futtermittels gehört auch die Betrachtung seines Energiegehaltes. Diesem Aspekt wurde in der vorliegenden Arbeit nur wenig Bedeutung beigemessen. In folgenden Untersuchungen muss dieser Punkt genauer betrachtet werden.

Da die Tiere die angebotene Silage teilweise in der Einstreu verteilt haben, konnte die Silageaufnahme nicht genau ermittelt werden. Betrachtungen unter Einzelhaltung könnten

diesen Sachverhalt genauer untersuchen. Auch der Betrachtung der stattfindenden Selektion hinsichtlich einzelner Pflanzenbestandteile der Silage könnte unter solchen Bedingungen Raum gegeben werden.

6.4 Literaturverzeichnis

- ACHILLES, W., BENDA, I., VON BORELL, E., PFLANZ, W., SCHICK, M., SCHRADER, L., WEBER, R. -
KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2010): Beschäftigungsmöglichkeiten für Schweine – Lösungen – Bewertungen – Kosten, KTBL-
Heft 87, ISBN 978-3-941583-43-6.
- ANTELL, S., CISZUK, P. (2006): Forage consumption of laying hens – the crop content as an
indicator of feed intake and AME content of ingested forage, *Archiv für Geflügelkunde*,
70 (4), 154-160.
- AULAKH, M.S., DEV, G., ARORA, B.R. (1976): Effect of sulphur fertilization on the nitrogen-
sulphur relationships in alfalfa (*Medicago sativa* L. Pers.), *Plant and Soil*, 45 (1), 75-80.
- BAKER, R., GÜNTHER, C. (2004): The role of carotenoids in consumer choice and the likely
benefits from their inclusion into products for human consumption, *Trends in Food Sci-
ence & Technology*, 15 (10), 484-488.
- BAUER, J. (2004): Mikrobiologie der Silierung, in: *Mikrobiologie und Tierernährung*, 20. Hül-
senberger Gespräche 2004, Lübeck, 9. Bis 11. Juni 2004, Aus der Schriftenreihe der
H. Wilhelm Schaumann Stiftung, S. 65, [http://www.schaumann-
stiftung.de/cps/schaumann-stiftung/ds_doc/huelsenberg_2004.pdf#page=67](http://www.schaumann-stiftung.de/cps/schaumann-stiftung/ds_doc/huelsenberg_2004.pdf#page=67)
(01.05.2016).
- BELLOF, G., GAUL, C., FISCHER, K., LINDERMAYER, H. (1998): Der Einsatz von Grassilage in
der Schweinemast, *Züchtungskunde*, 70 (5), 372-388.
- BELLOF, G., E. SCHMIDT, M. RISTIC (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-
Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam
wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, *Archiv für Geflügelkunde*, 69
(6), 252-260.
- BERG, W.K., CUNNINGHAM, S.M., BROUDER, S.M., JOERN, B.C., JOHNSON, K.D., SANTINI, J.,
VOLENEC, J. (2005): Influence of Phosphorus and Potassium on Alfalfa Yield and Yield
Components, *Crop Science*, 45 (1), 297-304.
- BIESALSKI, H.K., GRIMM, P., NOWITZKI-GRIMM, S. (2011): *Taschenatlas der Ernährung*, 5.
überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 80-100.

- BIKKER, P., BINNENDIJK, G.P. (2012): Ingekuild gras voor biologisch gehouden vleesverkens - Grass silage in diets for growing-finishing pigs, Wageningen Livestock Reserach, Rapport 603, ISSN 1570-8616, Lelystad, <http://edepot.wur.nl/240587> (18.05.2016).
- BIOLAND – VERBAND FÜR ORGANISCH-BIOLOGISCHEN LANDBAU (2016): Bioland Richtlinien, Fassung vom 14. März 2016, http://www.bioland.de/fileadmin/dateien/HP_Dokumente/Richtlinien/Bioland-Richtlinien_14_Maerz_2016.pdf (09.05.2016).
- BOISEN, S., FERNÁNDEZ, J.A. (1997): Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, 68 (3-4), 277-286.
- CARLSON, D., LÆRKE, H.N., POULSEN, H.D., JØRGENSEN, H. (1999): Roughages for Growing pigs, with Emphasis on Chemical Composition, Ingestion and Faecal Digestibility, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science*, 49 (3), 129-136.
- CARPENTER, C.E., CORNFORTH, D.P., WHITTHIER, D. (2001): Consumer preferences for color and packaging did not affect eating satisfaction, *Meat Science* 57 (4), 359-363.
- CARRASCO, L.S., BELLOF, G. (2013): Alfalfa (*Medicago sativa*) meal in low energy diets of organic broiler production. in: NEUHOFF, D., STUMM, C., ZIEGLER, S., RAHMANN, G., HAMM, U., KÖPKE, U. (Hrsg.), *Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft, Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Bonn, 5. -8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 634-635.
- CARRASCO, L.S., WÜSTHOLZ, J., BELLOF, G. (2016): The effect of chopped, extruded and pelleted alfalfa silage on the egg quality of organic laying hens, *Animal Feed Science and Technology*, 219, 94-101.
- CASTELL, A.G., CLIPLEF, R.L., POSTE-FLYNN, L.M., BUTLER, G. (1994): Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine:energy ratio, *Canadian Journal of Animal Science*, 74(3), 519-528.
- CHAH C.C., MORAN E.T. JR (1985): Egg Characteristics of high performance hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein, and calcium. *Poultry Science*, 64(9), 1696-1712.
- CHIBA, L.I., LEWIS, A.J., PEO JR., E.R. (1991): Amino Acid and Energy Interrelationships in Pigs Weighing 20 to 50 Kilogramms: Weight and Efficiency of Weight Gain, *Journal of Animal Science*, 69 (2), 694-707.

DEMETER (2015): Checkliste Geflügel,

http://www.demeter.de/sites/default/files/richtlinien/demeter-richtlinien_erzeugung_checkliste_gefluegel_2016.pdf (09.05.2015).

DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2014): Datenbank Futtermittel.

<http://datenbank.futtermittel.net/index.jsp> (16.07.2014).

DURMIC, Z., PETHICK, D.W., PLUSKE, J.R., HAMPSON, D.J. (1998): Changes in bacterial populations in the colon of pigs fed different sources of dietary fibre, and the development of swine dysentery after experimental infection, *Journal of Applied Microbiology*, 85 (3), 574-582.

EFSA – EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2009): Labelling reference intake value for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids, Scientific Opinion of the Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies on a request from European Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. The EFSA Journal 1176, 1-11, <http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/doc/1176.pdf> (03.04.2016).

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS (2010): Fats and fatty acids in human nutrition-Report of an expert consultation, FAO Food and Nutrition Paper 91, ISSN 0254-4725, <http://foris.fao.org/preview/25553-0ece4cb94ac52f9a25af77ca5cfba7a8c.pdf> (18.05.2016).

FISCHINGER, S.A., BECKER, K., LEITHOLD, G. (2011): Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N-Flächenertrag eines Luzerne-Klee grasbestandes, in: LEITHOLD, G.; BECKER, K.; BROCK, C.; FISCHINGER, S.; SPIEGEL, A.-K.; SPORY, K.; WILBOIS, K.-P., WILLIGES, U. (Hrsg.), *Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Band 1: Boden, Pflanze, Umwelt, Lebensmittel und Produktqualität*, 183-184.

FLETCHER, D.L. (2002): Poultry and meat quality, *World's Poultry Science Journal*, 58 (2), 131-145.

FREIMUTH, U. (1973): Veränderungen von Proteinen durch thermische Einwirkungen und Maillard-Reaktion, Vortrag gehalten an der wissenschaftlichen Tagung anlässlich der Hundertjahrfeier der Fakultät für Chemie der Technischen Universität Budapest, 7-9. Oktober 1971, *Chemical Engineering* 17 (1), 19-28.

- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GFE - GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GISIGER, L. (1965): Die Luzerne, in: SCHARRER, K., LINSER, H. (Hrsg.): Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung in drei Bänden, Dritter Band Düngung der Kulturpflanzen erste Hälfte, Springer Verlag, Wien, New York, S. 476 ff.
- GONZÁLEZ-VEGA, J.C., KIM, B.G., HTOO, J.K., LEMME, A., STEIN, H.H. (2011): Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs, *Journal of Animal Science*, 89 (11), 3617-3625.
- GRASHORN, M. (2008): Eiqualität, in: BRADE, W., FLACHKOWSKY, G., SCHADER, L. (Hrsg.), Legehuhnzucht und Eierzeugung, Empfehlungen für die Praxis, Landbauforschung, vTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 322, 18 ff.
- HAGMÜLLER, W., NAGEL, P., DOMIG, K.J., PFALZ, S., KRONSTEINER, S., ORTNER, B., SUNDRUM, A., ZOLLITSCH, W. (2008): Fütterungsstrategien in der biologischen Schweinefleischproduktion zur Gewährleistung der Nahrungsmittelsicherheit, Abschlussbericht WT, <http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/1818-sonstige/14663-fuetterungsstrategien-in-der-biologischen-schweinefleischproduktion-zur-gewaehrleistung-der-nahrungsmittelsicherheit.html> (18.05.16).
- HORSTED, K. HAMMERSHØJ, M., HERMANSEN, J.E. (2006): Short-term effects on productivity and egg quality in nutrient-restricted versus non-restricted organic layers with access to different forage crops, *Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science*, 56 (1), 42-54.
- HORSTEDT, K., HERMANSEN, J.E., HANSEN, H., (2007a): Botanical composition of herbage intake of free-range laying hens determined by microhistorical analysis of faeces, *Archiv für Geflügelkunde*, 71 (4), 145-151.
- HORSTEDT, K., HERMANSEN, J.E., RANVIG, H., (2007b): Crop content in nutrient-restricted versus non-restricted organic laying hens with access to different forage vegetations, *British Poultry Science*, 8 (2), 177-184.

- J AIS, C. (2007): Fütterungstechnik in der Schweinemast - flüssig oder trocken, in: BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) (Hrsg.), Innovationen in der Schweinemast, Tagungsband zur Landtechnisch – baulichen Jahrestagung am 28. November 2007 in Ergolding bei Landshut, Schriftenreihe 14, ISSN 1611-4159, 49 ff, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_28558.pdf (18.05.2016).
- JÄNICKE, H., LOSAND, B., BÖTTCHER, I. (2013): Welsches Weidelgras, Rotklee und Luzerne im mehrjährigen Ackerfutterbau unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns, Abschlussbericht, Forschungsnr. 2/39, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern, Institut für Tierproduktion, Dummerstorf, http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Gruenland_und_Futterwirtschaft/Gruenland_und_Ackerfutter/FoBericht_Mehrjaehriger_Ackerfutterbau/Jnicke2_39.pdf (17.04.2016).
- JENSEN, B.B., JØRGENSEN, H. (1994): Effect of Dietary fiber on Microbial Activity and Microbial Gas Production in Various Regions of the Gastrointestinal Tract of Pigs, *Applied and Environmental Microbiology*, 60 (6), 1897-1904.
- JUNGBLUTH, T., BÜSCHER, W., KRAUSE, M. (2005): Fütterungstechnik für Mastschweine, in: *Technik Tierhaltung Grundwissen Bachelor*, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, 174-176.
- KARSTEN, H.D., PATTERSON, P.H., STOUT, R., CREWS, G. (2010): Vitamins A, E and fatty acid composition of the eggs of caged hens and pastured hens, *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (Special Issue 1), 45-54.
- KELLY, H. R. C., BROWING, H. M., EL DAY, J., MARTINS, A., PEARCE, G.P., STOPES, C., EDWARDS, S.A., 2007: Effect of breed type, housing and feeding system on performance of growing pigs managed under organic conditions, *Journal of the science of Food and Agriculture*, 87 (15), 2794-2800.
- KUCINSKAS, A., DÄNICKE, S., v. LENGERKEN, J. (2004): Lysinverfügbarkeit von Tiermehlen für Broiler, *Archiv für Geflügelkunde*, 68 (2), 71-76.
- KÜÇÜKYILMAZ, K., BOZKURT, M., HERKEN, E.N., ÇINAR, M., ÇATH, A.U., BINTAŞ, E., ÇÖVEN, F. (2012): Effects of Rearing Systems on Performance, Egg Characteristics and Immune Response in Two Layer Hen Genotype, *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 25 (4), 559-568.

- LORENZ, C., KANY, T., GRASHORN, M.A. (2013): Kropf- und Muskelmagineinhalt von Öko-Masthühnern und Legehennen, in: NEUHOFF, D., STUMM, C., ZIEGLER, S., RAHMANN, G., HAMM, U., KÖPKE, U. (Hrsg.), *Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung*, Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. -8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin, 626ff.
- MEYER ZU BAKUM, R. J., JARZMIK, A. (2013): Maissilage für Biohühner, *bioland Fachmagazin*, Ausgabe 11/2013, 18-20.
- MOORE, W.E.C., MORRE, L.V.H., CATO, E.P., WILKINS, T.D., KORNEGAY, E.T. (1987): Effect of High-Fiber and High-Oil Diets on the Fecal Flora of Swine, *Applied and Environmental Microbiology*, 53 (7), 1638-1644.
- NATURLAND – VERBAND FÜR ÖKOLOGISCHEN LANDBAU E.V. (2015): *Naturland Richtlinien Erzeugung*, Stand 05/2015,
http://www.naturland.de/images/Naturland/Richtlinien/Naturland-Richtlinien_Erzeugung.pdf (09.05.2016).
- NORDKVIST, E., ÅMAN, P. (1986): Changes during growth in anatomical and chemical composition and in-vitro degradability of Lucerne, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37 (1), 1-7.
- OFOSSU, I.W., APPIAH-NKANSAH, E., OWUSU, L., APEA-BAH, F.B., ODURO, I., ELLIS, W.O. (2010): Formulation of annatto feed concentrate for layers and the evaluation of egg yolk color preference of consumers, *Journal of Food Biochemistry*, 34 (1), 66-77.
- POPOVIC, S., GRLJUSIC, S., CUPIC, T., TUCAK, M., STJEPANOVIC, M. (2001): Protein and fiber contents in alfalfa leaves and stems, in: DELGADO, I., LLOVERAS, J. (Ed.): *Quality in Lucerne and medics for animal production*, Zaragoza: CIHEAM, 215-218.
- RÉRAT, A., CALMES, R., VAISSADE, P., FINOT, P.-A. (2002): Nutritional and metabolic consequences of the early Maillard reaction of heat treated milk in the pig, *European Journal of Nutrition*, 41(1), 1-11.
- RIFFEL, A., BECKER, K., LEITHOLD, G. (2015): Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Kleegrassbestand im 2. Hauptnutzungsjahr, in: HÄRING, A.M., B. HÖRNING, R. HOFFMANN-BAHNSEN, H. LULEY, V. LUTHRHARDT, J. PAPE, G. TREI (Hrsg.), *Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung*, Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Eberswalde 17. – 20. März 2015, Verlag Dr. Köster, Berlin.

- RITTESER, C., GRASHORN, M. (2015): Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast, Estimation of ileal nutrient digestibility of native energy and protein feeding stuffs for organic broilers. Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft, Förderung der nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Ökologischen Landbau, Teilprojekt, Abschlussbericht, <http://orgprints.org/29363/1/29363-11OE070-uni-hohenheim-grashorn-2015-energiefuttermittel-huehnermast.pdf> (1.11.2015).
- RODER, W. (1961): Die Luzerne – unser wichtigster Eiweißlieferant, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- ROTH, F. X. (2003): Fütterungsstrategien für Legehennen in Haltungssystemen mit Grünbewuchs im Auslauf (nach EU VO 2092/91), Schlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 02OE505, <http://orgprints.org/2371/1/2371-02OE505-roth-tum-2003-gruenauslauf.pdf> (15.05.2016).
- SCHMALER, K. (2007) : Leistungsfähigkeit, Ausdauer und Naturschutzpotential von Luzerne bei unterschiedlicher Schnittnutzung, Beitrag der Postersektion I: Futterbau/Graslandwirtschaft auf der 51. Jahrestagung der AGGF 2007 in Göttingen: Neue Funktionen des Grünlandes- Ökosystem, Energie, Erholung, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2007_schmalер.pdf (17.04.2016).
- SCHRADER, L., BÜNGER, B., MARAHRENS, M., MÜLLER-ARNKE, I., OTTO, CH., SCHÄFFER, D., ZERBE, F. (2006): Anforderungen an eine tiergerechte Nutztierhaltung, KTBL-Schrift 446, Darmstadt, 19-25.
- SCHUBERT, S. (2006): Pflanzenernährung, Grundwissen Bachelor, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 126-127.
- SCOTT, T.A., BALNAVE, D. (1988): Comparison between concentrated complete diets and self-selection for feeding sexually-maturing pullets at hot and cold temperatures, *British Poultry Science*, 29(3), 613–626.
- SEEMANN, M. (1999): Faktoren mit Einfluss auf die Pigmentierung, *Lohmann Information*, 1, 1-8.

- SIBBALD, I.R., WOLYNETZ, M.S. (1987): Effects of Dietary Fat Level and Lysine: Energy Ratio on Energy Utilization and Tissue Synthesis by Broiler Chicks, *Poultry Science*, 66 (11), 1788-1797.
- SOMMER, H., SUNDRUM, A. (2014): Pig related *in vitro* digestibility of crude protein in the leaf mass of alfalfa and various clover species, in: GFE (Hrsg.), *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, Berichte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Band 23*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 130.
- SOMMER, H., SUNDRUM, A. (2015): Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung, in: HÄRING, A.M., B. HÖRNING, R. HOFFMANN-BAHNSEN, H. LULEY, V. LUTHRHARDT, J. PAPE, G. TREI (Hrsg.), *Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung, Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Eberswalde 17. – 20. März 2015*, Verlag Dr. Köster, Berlin, 350- 353.
- STEINHÖFEL, O. (2008): Konservierung von Futtermitteln, in: JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (Hrsg.), *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. überarbeitete Auflage*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- STEINRUCK, U., KIRCHGESSNER, M. (1993): The origin of the specific protein hunger of layers by investigating their responses in dietary self-selection, *Archiv für Geflügelkunde*, 57 (1), 42-47.
- TERRY, R.A., TILLEY, J.M.A. (1964): The Digestibility of the Leaves and Stems of Perennial Ryegrass, Cocksfoot, Timothy, Tall Fescue, Lucerne and Sainfoin, as Measured by an *in vitro* Procedure, *Grass and Forage Science*, 19 (4), 363-372.
- THOMAS, J.O. (1937): Report of experiments on the Feeding of Poultry with high, medium and low protein rations, *Welsh Journal of Agriculture*, 13, 272-282.
- WALTHER, G. (1959): *Luzerne*, 6. Auflage, Verlag Gerhard Rautenberg, Leer.
- WELTIN, J., CARRASCO ALARCON, L.S., BERGER, U., BELLOF, G. (2014): Luzernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung, Schlussbericht zu den Forschungsprojekten 2811OE077 und 2811OE022, <http://orgprints.org/26279/1/26279-11OE077-hswt-bellof-2014-luzernesilage-tierernaehrung.pdf> (15.05.2016).

WPSA-WORLD'S POULTRY SCIENCE ASSOCIATION (1984): Working Group No. 2 - Nutrition: the prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds, World's Poultry Science Journal, 40, 181–182.

6.5 Rechtsquellenverzeichnis

DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 836/2014 DER KOMMISSION vom 31. Juli 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle.

NKV- NÄHRWERTKENNZEICHNUNGSVERORDNUNG, Verordnung über nährwertbezogene Angaben bei Lebensmitteln und die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln (Artikel 1 der Verordnung zur Neuordnung der Nährwertkennzeichnungsvorschriften für Lebensmittel). Nährwertkennzeichnungsverordnung vom 25. November 1994 (BGBl. I S. 3526), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Oktober 2009 (BGBl. I S.3221) geändert worden ist.

VERORDNUNG (EG) Nr. 1924/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Dezember 2006 über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel.

VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 DER KOMMISSION vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle, ABl. Nr. L 250, zuletzt geändert am 19.12.2014.

VERORDNUNG (EU) Nr. 432/2012 DER KOMMISSION vom 16. Mai 2012 zur Festlegung einer Liste zulässiger anderer gesundheitsbezogener Angaben über Lebensmittel als Angaben über die Reduzierung eines Krankheitsrisikos sowie die Entwicklung und Gesundheit von Kindern.

Lebenslauf

Angaben zur Person

Name	Jessica Kim Wüstholtz, geb. Weltin
Geburtsdatum und -ort	19.12.1985 in Heppenheim
Familienstand	verheiratet, 2 Kinder
Staatsangehörigkeit	deutsch

Berufliche Tätigkeiten

03/2015 - heute	Mutterschutz und Elternzeit
06/2014 - 02/2015	Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet tierische Erzeugung an der HSWT (Abteilung Weihenstephan)
09/2011 - 12/2013	Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet tierische Erzeugung an der HSWT (Abteilung Weihenstephan)
09/2011 - 08/2013	Lehrkraft für besondere Aufgaben für die Lehrgebiete „Anatomie und Physiologie der Nutztiere“ sowie „Wissenschaftliches Arbeiten“ an der HSWT (Abteilung Weihenstephan)

Ausbildung

10/2007 - 08/2011	Studium der Agrarwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abschluss: Master of Science
10/2005 - 03/2007	Studium der Verfahrenstechnik an der TU Hamburg-Harburg
1998 – 2005	Gymnasium Winsen (Luhe), Abschluss Abitur

Praktische Tätigkeiten

Seit 08/2010	Zeitweise Mithilfe auf dem landwirtschaftlichen Betrieb meines Ehemannes (Ackerbau und Schweinemast)
09/2011	Praktikum bei der SALVANA Tiernahrung GmbH in Elmshorn
11/2008 - 02/2009	Studentische Hilfskraft in der Geschäftsstelle des Trakehner Verbandes
09/2008 - 10/2008	Praktikum in der Geschäftsstelle des Trakehner Verbandes
06/2007 - 09/2007	Praktikum im Zucht- und Reitstall Overbeckhof Luhmühlen (Pensionspferde- und Milchviehhaltung, Pferdezucht, Ackerbau und Grünlandwirtschaft)

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig, ohne unerlaubte Hilfe Dritter angefertigt und andere als die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Dritte waren an der inhaltlich-materiellen Erstellung der Dissertation nicht beteiligt; insbesondere habe ich hierfür nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Kein Teil dieser Arbeit ist in einem anderen Promotions- oder Habilitationsverfahren verwendet worden.

Darüber hinaus erkläre ich, dass Teile dieser Dissertation bereits veröffentlicht wurden, zur Veröffentlichung angenommen sind oder für eine Veröffentlichung vorgesehen sind. Die Veröffentlichung erfolgt in verschiedenen wissenschaftlich begutachteten Zeitschriften. Einzelheiten hierzu sind auf Seite XIV in „Auflistung der in dieser Dissertation zusammengefassten Publikationen“ und in den Kapiteln 2 bis 5 dargestellt.

Mönchsdeggingen, den

Unterschrift