

Übersichtsdossier



Strategieoptionen zur Realisierung einer 100%igen Biofütterung bei Monogastriern im ökologischen Landbau

15. Dezember 2014

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

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

Dieses Dossier ist im Verbund Ökologische Praxisforschung (V.Ö.P) in Zusammenarbeit von Bioland, Demeter, Naturland und FiBL Deutschland e.V. entstanden. Folgende Autoren waren beteiligt:

Sigrid Griese, Dr. Ulrich Ebert, Dr. Stephanie Fischinger, Dr. Uwe Geier, Annika Lenz, Freya Schäfer, Ann-Kathrin Spiegel, Werner Vogt-Kaute, Dr. Klaus-Peter Wilbois.

Ein besonderer Dank gilt der Landwirtschaftskammer Nordrheinwestfalen für die Überlassung des Auftrags und Dr. Karl Kempkens für seine wertvolle Unterstützung.

Herzlich bedanken möchten wir uns auch bei Dr. Friedhelm Deerberg, dessen Kommentare und Unterstützung das Dossier bereichert haben.

Außerdem möchten wir uns bei allen externen Expertinnen und Experten* bedanken, die sich die Zeit für unsere Interviews genommen haben und mit ihrer Expertise zu diesem Dossier beigetragen haben.

* Hinweis: Im folgenden Text wurde die männliche Form nur zur besseren Lesbarkeit des Textes gewählt, sie schließt aber immer die weibliche Form ein.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
2 Futtermittel	7
2.1 Einheimische Körnerleguminosen	7
2.1.1 Lupine	8
2.1.2 Ackerbohne	10
2.1.3 Erbse	12
2.1.4 Fazit einheimische Körnerleguminosen	13
2.2 Soja	14
2.2.1 Sojavollfettbohne	14
2.2.2 Sojapresskuchen	15
2.2.3 Sojaextraktionsschrot	16
2.2.4 Weitere Optionen zur Nutzung von Soja in der Monogastrierfütterung	17
2.2.5 Forschungsbedarf	17
2.2.6 Handlungsbedarf	18
2.2.7 Fazit Soja	19
2.3 Feinsamige Leguminosen	20
2.3.1 Luzerne	20
2.3.2 Klee	24
2.3.3 Esparsette	25
2.3.4 Platterbse	26
2.3.5 Fazit Feinleguminosen	26
2.4 Verarbeitungsnebenprodukte	27
2.4.1 Presskuchen	27
2.4.2 Getrocknete Schlemphen	32
2.4.3 Fischmehl	32
2.4.4 Molke	33
2.4.5 Eiprodukte	33
2.4.6 Schlachtnebenprodukte	34
2.4.7 Fazit Verarbeitungsnebenprodukte	35
2.5 Bakteriell Eiweiß	36
2.5.1 Methionin angereichertes Bakterieneiweiß (gesamtes Fermentat)	36
2.5.2 Bakteriell fermentiertes Methionin	37
2.6 Insekteneiweiß	38
2.7 Fazit Futtermittel	40
3 Züchtung	41
3.1 Pflanzenzüchtung	41
3.1.1 Beiträge der Pflanzenzüchtung zu einer 100% Biofütterung	41
3.1.2 Körnerleguminosen	41
3.1.3 Mais	42
3.1.4 Ölpflanzen	43
3.1.5 Fazit Pflanzenzüchtung	44
3.2 Tierzucht	45
3.2.1 Beiträge durch Tierzucht für eine 100% Biofütterung	45

3.2.2	Langsam wachsende Rassen	45
3.2.3	Bessere Futtermittelverwertung	46
3.2.4	Fazit Tierzucht	46
4	Betriebsindividuelle Lösungen	47
4.1	Lösungsansätze und Erfahrungen	47
4.2	Betriebsindividuelle Lösungen	48
4.3	Potenziale aus der Sicht der Praxis	48
5	Ergebnisse der Experteninterviews	51
6	Diskussion und Beiträge aus der Akteurstagung	54
6.1	Ergebnisse der Arbeitsgruppen	54
6.1.1	Geflügel	54
6.1.2	Schwein	57
6.2	Vorträge zum Download	59
7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	60
8	Literatur	63

Abkürzungsverzeichnis

a:	Jahr
AMI:	Agrarmarkt Informations-Gesellschaft GmbH
ANF:	antinutritive Faktoren
AS:	Aminosäuren
BLE:	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
CO ₂ :	Kohlenstoffdioxid
Cys:	Cystein
DLG:	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dt:	Dezitonne
g:	Gramm
GPS:	Ganzpflanzensilage
ha:	Hektar
HQ:	High Quality
kg:	Kilogramm
Lys:	Lysin
ME:	Umsetzbare Energie
Met:	Methionin
mmol:	Milimol
MwSt:	Mehrwertsteuer
NSP:	Nicht-Stärke Polysaccharide
pcv:	praececal verdaulich
pcVQ:	praecaecale Verdaulichkeit
PUFA:	mehrfach ungesättigte Fettsäuren
RP:	Rohprotein
t:	Tonne
TI:	Thünen-Institut
TM:	Trockenmasse
u.a.:	unter anderem
V.Ö.P.:	Verbund Ökologische Praxisforschung
XP:	Rohprotein
z.B.:	zum Beispiel
z.T.:	zum Teil

1 Einleitung



Der ökologische Landbau verfolgt das Ziel, 100 Prozent der eingesetzten Futtermittel aus eigener bzw. regionaler ökologischer Erzeugung einzusetzen. Diese 100% Biofütterung ist derzeit verbunden mit Beschaffungs- und Erzeugungsschwierigkeiten. Insbesondere im Bereich der Eiweißkomponenten fehlen noch geeignete Konzepte und Lösungen, die eine Erreichung des 100% Zieles bis 2018 ermöglichen.

Das Wegfallen der 5 % nicht ökologisch erzeugter Futtermittel bedeutet insbesondere den Wegfall von Hocheiweißkomponenten mit einer besonders hochwertigen Aminosäurezusammensetzung. Vor allem die Versorgung an schwefelhaltigen Aminosäuren stellt in der Fütterung oftmals einen limitierenden Faktor dar. In den kommenden Jahren müssen deshalb Lösungen gefunden werden, wie diese Aminosäurenlücke geschlossen werden kann.

Es steht grundsätzlich eine Vielzahl von Hochproteinfuttermitteln zur Verfügung, die dazu beitragen können, diese Lücke zu schließen. Die einzelnen Futtermittel haben je nach betrieblicher

Situation, regionalen (infra-)strukturellen Gegebenheiten oder klimatischen Bedingungen eine ganz unterschiedliche Relevanz bezüglich ihres Beitrags zu einer möglichen Lösungsstrategie.

Der ökologische Landbau ist ein System, welches in regionalen Kreisläufen denkt und auch regionale und betriebsindividuelle Besonderheiten respektiert. Deshalb wird es je nach einzelbetrieblicher Situation individuelle Lösungsansätze geben. Das Ziel der 100%igen Biofütterung ist aus diesem Grund nur mit einem Bündel von Lösungsansätzen zu erreichen. In dem vorliegenden Dossier werden, dieser Logik folgend, die unterschiedlichen Futtermittel als potenzielle Komponenten einer Lösungsstrategie charakterisiert und ggf. um den noch notwendigen Forschungs- und Handlungsbedarf zum Ausschöpfen des jeweiligen Potenzials ergänzt. Weitere Beachtung im vorliegenden Dossier findet die züchterische Weiterentwicklung von Futterpflanzen und von Tieren.

Das Dossier ist eine Zusammenstellung des Status-Quo, basierend auf Literaturrecherchen und Expertenbefragungen sowie den Diskussionen auf der Akteurstagung, die am 25.11.2014 in Fulda durchgeführt wurde.

Die vorliegende umfassende Zusammenstellung sämtlicher derzeit in Diskussion befindlicher Lösungsansätze soll einen Beitrag dazu leisten, notwendigen Handlungs- und Forschungsbedarf zur Erreichung einer 100%igen Biofütterung aufzuzeigen und zu bewerten.

2 Futtermittel

2.1 Einheimische Körnerleguminosen

Einheimischen Leguminosen sind als hofeigen produziertes Futtermittel besonders interessant, jedoch schränken einige Aspekte die Einsatzmenge ein. Schwierigkeiten im Anbau führen teilweise zu einer Stagnation bzw. eins Rückgangs der Anbauumfänge. Beim Vergleich der ökologischen Anbauflächen in Deutschland fällt auf, dass die Lupine bis vor wenigen Jahren einen größeren Anbauumfang aufwies als Erbsen und Ackerbohnen. Allerdings wird die Wintererbse im Gemenge angebaut und deshalb auch nur als Gemenge in der Statistik erfasst. Hier ist tendenziell von einer Zunahme auszugehen. Ostdeutsche Ackerbaubetriebe mit überdurchschnittlicher Flächenausstattung, die die Lupine in der Fruchtfolge führen, bringen große Flächen in die Statistik ein, während Erbsen und Ackerbohnen häufiger in bäuerlichen Biobetrieben Westdeutschlands wachsen.

Da die Ertragsstabilität in Leguminosenfruchtfolgen ein Problem darstellt, werden Erbsen in der Ökoanbaufläche Deutschlands weiterhin eher schwach vertreten sein, während Ackerbohnen besonders auf guten Standorten mit relativ guten Erträgen noch Potenzial in der Anbaufläche haben.

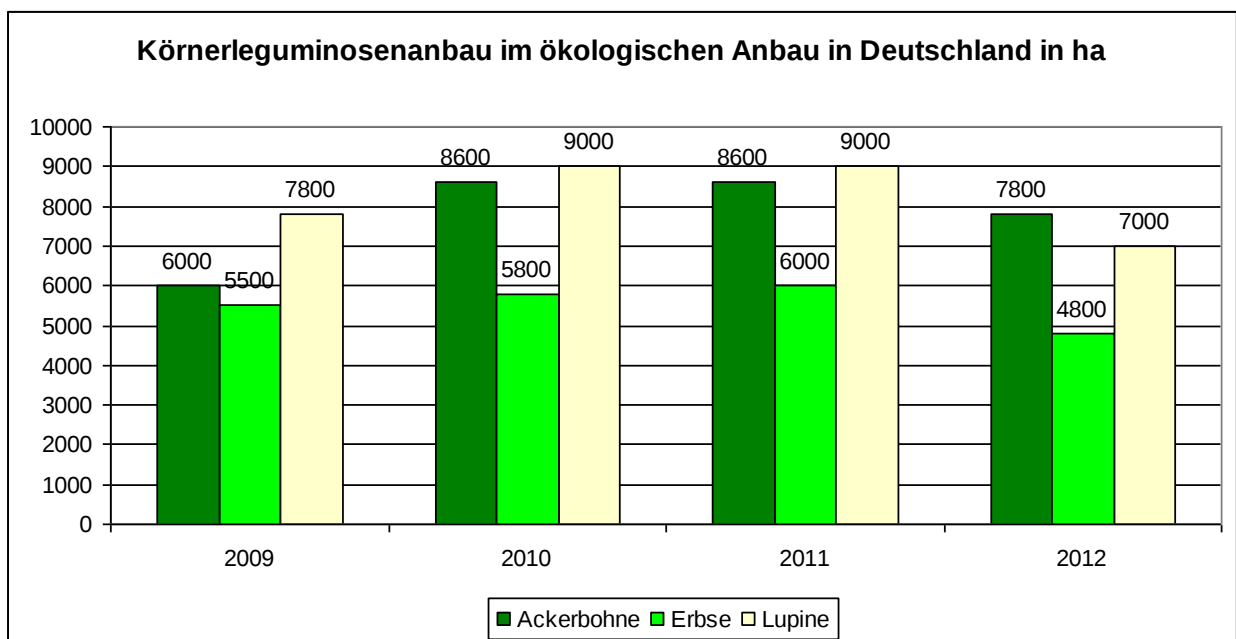


Abbildung 1: Körnerleguminosen im ökologischen Anbau in Deutschland. Quelle AMI 2014

Neben der mit der geringen Anbaufläche einhergehenden geringen Verfügbarkeit von Körnerleguminosen kann das Vorhandensein von antinutritiven Substanzen zu einer Einschränkung in der Einsatzmenge führen, wenn ein 1:1-Austausch von Sojaschrot angestrebt wird und somit große Mengen eingesetzt werden sollen.

Tabelle 1: Auswahl sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in Körnerleguminosen mit antinutritiven Inhaltsstoffen

Inhaltsstoff	Vorkommen	Bemerkung
Alkaloide	Lupinen	Bei Bitterlupinen hoch, bei Süßlupinen gering
Tannine, Saponine	Alle Körnerleguminosen	ggf. Einsatzmenge begrenzen
Trypsininhibitoren	Soja	Durch Hitzebehandlung deaktivieren
Vicin und Convicin	Ackerbohnen	Sortenabhängig, ggf. Einsatzmenge begrenzen
Lectine	Ackerbohnen, Erbsen	ggf. Einsatzmenge begrenzen

2.1.1 Lupine

Der Anbau der Lupine ist besonders auf leichten, zur Trockenheit neigenden Standorten im kontinentalen Klima Ostdeutschlands wettbewerbsfähig. Lupinen sind besonders gut an Standorte mit hohem Anteil an Sandböden und niedrigem pH-Wert angepasst. Das Ertragsniveau der Lupinen ist im Vergleich zu Erbse und Ackerbohne deutlich niedriger. Bedingt durch ihre hohe Anfälligkeit für Anthraknose ist die Gelbe Lupine heute fast vollständig durch bitterstoffarme Sorten der Blauen Lupine ersetzt worden (Gesellschaft zur Förderung der Lupine 2007). Relevanter Lupinenanbau ist stark regional konzentriert, und zwar in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt (Gesellschaft zur Förderung der Lupine 2007).

Lupinenschrot

Futterwert¹

Tabelle 2: Futterwert der Blauen Süßlupine (in g/kg)

TM-Gehalt: 881	Schwein	Geflügel
Rohprotein: 328,7	RP: 86%	RPpcv: 98%
MET: 1,9	METpcv: 81%	METpcv: 91%
LYS : 16,21	LYSpcv: 87%	LYSpcv: 91%
CYS : 4,52	CYSpcv: 83%	CYSpcv: 91%

Quellen: DLG, Futtermitteldatenbank 2014, Mosenthin Jezierny, Eklund, Bestimmung der praececalen Verdaulichkeit von Protein und Aminosäuren beim Schwein, Hohenheim 2009, Simon, Annette, Praececale Aminosäurenverdaulichkeit davon Ackerbohnen und Lupinen bei Broilern, Berlin 2002

Die in Lupinensamen enthaltenen **Alkaloide** sind in der Regel toxisch und verursachen den bitteren Geschmack der alkaloidreichen Sorte, was zur Bezeichnung Bitterlupine führte. Durch züchterische Bearbeitung der Lupinen wurden alkaloidarme Sorten gezüchtet, die Süßlupinen. Als alkaloidarm gelten Lupinensorten mit einem Alkaloidgehalt von weniger als 0,05 %. Neuere Sorten enthalten < 0,01 % Alkaloide. Auch bei diesen Süßlupinen ist in Abhängigkeit von der Höhe des Alkaloidgehaltes eine Beeinflussung der Futteraufnahme und der Leistung, besonders bei Schweinen, nicht auszuschließen (Losand & Dreschel 2003).

¹ Alle Futterwerte dienen nur als Anhaltspunkt zur Einordnung des Futtermittels und können in der Praxis je nach Anbaujahr, Management etc. beträchtlich schwanken.

Der Alkaloidgehalt bei Lupinen variiert sowohl zwischen den unterschiedlichen Lupinensorten als auch zwischen den einzelnen Lupinenarten (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Alkaloidgehalte der Lupine. Der Alkaloidgehalt bei Lupinen variiert zwischen den unterschiedlichen Lupinensorten

Blaue Lupine	Gelbe Lupine	Weißer Lupine
Süß: 0,001 - 0,1 Bitter: 0,3 - 2,0	Süß: 0 - 0,1 Bitter: 0,4 - 1,5	Süß: 0,2 - 0,3 Bitter: 0,3 - 3,3

Quelle: Jansen et al. 2014

Auch der hohe Rohfasergehalt wird als ein begrenzender Faktor bei der Lupinenverfütterung an Schweine angeführt, da er zu einem Großteil aus **Nicht-Stärke Polysacchariden (NSP)** besteht. Vermutlich ist für die Empfehlung zur Einsatzbeschränkung von Lupine bei Schweinen auf 10 % Rationsanteil die Zusammensetzung der NSP-Fraktion verantwortlich, die vermehrt zu Blähungen führt. (Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V. 2007)

Beim Geflügel konnten ebenfalls negative Effekte der NSP auf die Futteraufnahme, die Nährstoffverdaulichkeit und das Energielieferungsvermögen nachgewiesen werden (Carre et al. 1985, Naveed et al. 1999, Kocher et al. 2000, Priepke 2009, Steinfeldt et al. 2003, Steinfeldt & Hammershoj 2010).

Durch eine hydrothermische Behandlung der Lupinen und/oder dem Zusatz von NSP-spaltenden Enzymen zum Futter kann die Verdaulichkeit der Lupinen verbessert werden.

Einsatzmöglichkeit

Die Einsatzobergrenzen bei Lupine werden vor allem durch den Alkaloidgehalt sowie den Gehalt an NSP begrenzt. Limitierend ist bei hohen Einsatzmengen vor allem der dann nicht hinreichende Methioningehalt in der Ration (Zettl et al. 1994).

Tabelle 4: Empfohlene Mischungsanteile von Lupinen in der Geflügelfütterung (Alleinfutter)

	Weißer Lupinen	Gelbe Lupinen	Blaue Lupinen
Broiler/Masthähnchen	15 – 20 %	20 – 25 %	15 – 20 %
Legehennen	15 – 20 %	20 – 25 %	15 – 20 %
Schweine	<5-10 %	<5-25 %	<5-25 %

Quellen: Roth-Maier, Paulicks u. Steinhöfel 2002 (UFOP-Praxisinformationen) in Lupinenverwertung und -anbau, Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V. 2007.

Der Rationsanteil unbehandelter Lupinenkörner sollte bei Mastgeflügel 15 bis 20 % (10 % in der ersten Lebenswoche und bei Legehennen) nicht überschreiten (siehe Tabelle 4). Die in Deutschland im Anbau praktisch nicht vorhandene gelbe Lupine kann bis zu 25 % eingesetzt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass der in den Lupinen vorhandene Restalkaloidgehalt bei Einhaltung der bisher empfohlenen Einsatzgrenzen im Schweinemastfutter (maximal 15 bis 20 %) keine negativen Auswirkungen auf die Futteraufnahme und Leistung hat (Godfrey et al. 1985).

Bei Rationsanteilen der Weißen Lupine von mehr als 10 % für Schweine ist Vorsicht geboten. Bei einem Anteil von 20 % weiße Lupinen in der Ration wurden Beeinträchtigungen der Mastleistungen festgestellt. Der höhere Einsatz von Weißer Lupinen reduzierte die Verdaulichkeit des Rohproteins in der Futtermischung und beeinflusste zudem die Rückenspeckkonsistenz negativ.

Verfügbarkeit ist gegeben, Preise liegen bei 40 bis 46 €/dt (Bernd König GmbH).

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional möglich.

Forschungsbedarf: Für die Wirkung der verschiedenen antinutritiven Stoffe der Lupinen in der Monogastrierfütterung und die Wirkung von Behandlungsverfahren (z.B. NSP spaltende Enzyme) fehlen noch wissenschaftliche Belege.

Handlungsbedarf Züchtung anthraknoseresistenter bzw. -tolerante Sorten und Weiterentwicklung der Gelben Lupine. Weitere züchterische Bearbeitung der Weißen Lupine (Resistenz bzw. Toleranz gegenüber Anthraknose), da sie das höchste Potenzial im Ertrag und Rohproteintrag hat.

2.1.2 Ackerbohne

Ackerbohnen gedeihen auf schwereren bis mittelschweren Böden mit guter Wasserführung. Diese großkörnige Leguminosenart hat einen hohen Wasserbedarf bei der Keimung und ebenso ab der Blüte bis Ende der Kornausbildung. Hohe Sonneneinstrahlung in dieser Zeit reduziert die Kornausbildung.

Ackerbohnen werden in allen deutschen Bundesländern auch im konventionellen Anbau erzeugt, mit Schwerpunkt in Bayern, Hessen Nordrhein Westfalen und Niedersachsen. Von einer ähnlichen Verteilung im ökologischen Anbau ist auszugehen (Destatis 2014).

Ackerbohnnenschrot

Futterwert

Tabelle 5: Futterwert der Ackerbohne (in g/kg)

TM-Gehalt: 881	Schwein
Rohprotein: 305,7	ME: 14,68
MET: 2,18	METpcv: 64%
LYS : 17,92	LYSpcv: 82%
CYS : 3,48	CYSpcv: 64%

Quelle DLG, Futtermitteldatenbank 2014

Die gegenwärtigen Einsatzempfehlungen bei Legehennen und Mastgeflügel kommen zustande, weil hohe Gehalte an Vicin und Convicin sowie an anderen Tanninen den Einsatz begrenzen. (Stalljohann 2011).

Einsatzmöglichkeit

Tabelle 6: Empfehlungen zum Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierernährung

Tierart		Anteil (%/kg) am Kraftfutter bzw. Menge je Tier und Tag
Ferkel	bis ca. 15 kg Lebendmasse	-
	ab ca. 15 kg Lebendmasse	bis 5 %
Sauen	tragend	bis 15 %
	laktierend	bis 15 %
Mastschweine	Anfangsmast	bis 15 %
	Mittel-/Endmast	bis 25 %
Geflügel	Legehennen	bis 10-15 %
	Mastbroiler	bis 40 %

Quelle: Abel et al. 2004

Tabelle 7: Einsatzempfehlungen für Ackerbohnen, Lupinen und Erbsen bei Sauen-, Ferkel- und Mastschweinen in % bei ökologischer Fütterung mit und ohne Toastung (zweiter Wert)

	Ackerbohne	Erbsen	Lupine
	Anteil im Alleinfutter		
Ferkel * bis 15 kg LM	5/10	5/10	10/20
	ab 15kg LM	10/20	7,5/15
Sauen	tragend	15/25	10/20
	laktierend	15/30	15/25
Mastschweine	Anfangsmast	15/30	10/20
	Endmast	20/40	12,5/20

Quelle: Stalljohann 2011

Im Futter für Legehennen sollten Anteile von 5 bis 10 % Ackerbohnen, im Futter für Masthähnchen Anteile von 20 % Ackerbohnen, nicht überschritten werden. Die Vicin- und Convicinwerte, die in Ackerbohnen von 0,2 bis 4 % reichen können, begrenzen vor allem den Einsatz in der Legehennenhaltung.

Die Mast langsam wachsender Broiler mit ackerbohnenreichen, vicin-/convicinarmen oder -haltigen bzw. tanninarmen oder –reichen Futtermischungen (25 % Rationsanteil) wurde von Abel et al. (2004) im Projekt „Ackerbohnen als Futterkomponente für Elterntiere und verschiedene Mastbroilerherkünfte“ erfolgreich bezüglich Futterakzeptanz und Lebendmasseentwicklung der Tiere getestet: Die Schlachtleistungen blieben bei der Ackerbohnenfütterung gegenüber der Kontrolle unbeeinflusst.

Mit dem Einsatz von vicin-/convicinarmen Sorten (z.B. „Divine“) in der Fütterung von Legehennen können auch die bei Verwendung herkömmlicher vicin-/convicinreicher Ackerbohnen auftretenden geringeren Eigewichte vermieden werden (Abel 2004).

Verfügbarkeit ist gegeben. Ackerbohnen haben sich bezüglich Fläche und Ertrag zur stärksten Körnerleguminose in Deutschland entwickelt und sind in der Regel am Markt gut verfügbar. Der Marktpreis für Ackerbohnen liegt im langjährigen Mittel zwischen 38 € und 44 €/dt (AMI 2014).

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich und regional möglich.

Forschungsbedarf: Die Reduzierung, bzw. der Aufschluss der antinutritiven Inhaltstoffe der Ackerbohne muss hinsichtlich wirkungsvoller und kostengünstiger Verfahren weiter erforscht werden. Behandlungsverfahren, wie die thermische Behandlung, die bakterielle Fermentation oder einen Enzymzusatz sollten geprüft werden (Stalljohann 2011).

2.1.3 Erbse

Erbsen bevorzugen Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität; leichte bis mittelschwere, gut erwärmbare, lockere Böden mit mittleren pH-Werten sind für den Anbau günstig.

Der Erbsenanbau ist in Deutschland insgesamt auf ein niedriges Niveau gefallen. Hintergrund ist die relativ geringe Ertragsstabilität der Erbse aufgrund von Infektionsdruck durch pilzliche Erreger (DAFA 2012).

Erbsenschrot

Futterwert

Erbsen spielen traditionell eine wichtige Rolle in der Monogastrierfütterung und können bis zu 30 % Mischungsanteil erreichen.

Tabelle 8: Futterwert Erbsenschrot

TM-Gehalt: 881	chwein	Geflügel
Rohprotein: 235,9	ME: 15,28	
MET: 2,1	METpcv: 74%	METpcv: 82,5%
LYS : 17,16	LYSpcv: 84%	LYSpcv:87 %
CYS : 3,44	CYSpcv: 67%	CYSpcv:65 %

Quelle: DLG Futtermitteldatenbank; Rodehutschord 2007

Im Rahmen der Aminosäurenanalyse verschiedener Erbsensorten wurden von Kraft et al. (2012) signifikante Sortenunterschiede in der pcVQ des Rohproteins und der Aminosäuren festgestellt.

Weißblühende Erbsen enthalten im Vergleich zu anderen heimischen Körnerleguminosen geringe Mengen an **Bitterstoffen**, während die im Anbau stabileren buntblühenden Wintererbsen einen höheren Gehalt an Bitterstoffen (Poxphenole) von 1 bis 1,5 % TM enthalten (Ebert &, Berk 2013). Auch der Einsatz von Futtererbsen im Legehennenfutter ist aufgrund antinutritiver Inhaltsstoffe wie Proteaseinhibitoren, Tannin, Lectin und möglicher **NSP** begrenzt. Die antinutritiven Inhaltsstoffe der Erbse wie z.B. α -Galaktoside können zu gastrointestinalen Störungen führen und Durchfall oder Aufgasung bei Geflügel verursachen.

Einsatzmöglichkeit

Erbsen können im Vergleich zu anderen Körnerleguminosen in deutlich höheren Mengen eingesetzt werden. Die Leistung von Legehennen, deren Futter im Austausch zu Sojaextraktionsschrot 20 bis 40 % Erbsen enthielten, wies keine gesicherte Leistungsminderung auf. Der Einsatz bis 40 % Erbsenschrot von weiß blühenden Erbsensorten im Legehennenfutter,

mit entsprechender Protein- und Aminosäureenergänzung, erwies sich in Versuchen als möglich (Halle 2005).

Im Projekt CORNET-ProLegu (ProLegu - Innovative Proteinprodukte aus nachhaltig angebauten Hülsenfrüchten für die Geflügelernährung) werden Versuche mit mikrobieller Fermentierung, bzw. mit enzymatischer Vorbehandlung durchgeführt, um die Verdaulichkeit der Erbsen zu verbessern (Zentek 2014).

Der Einsatz buntblühender Wintererbsen in der Schweinemast zeigte bei 15 % Anteil in der Ration keine signifikanten Leistungseinbußen gegenüber der Weiße Sommererbse. Eine thermische Behandlung der bitterstoffhaltigen Wintererbse erwies sich nicht als leistungssteigernd. Bei höheren Rationsanteilen (30 %) ist die Schwäche der Erbse im Methioningehalt leistungsbegrenzend und erfordert eine entsprechende Ergänzung der Ration.

Verfügbarkeit: Der Erbsenpreis liegt in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage zwischen 38,50 €/dt und 45 €/dt (AMI 2014). Verursacht durch die zurückgehenden Anbauflächen für ökologische Erbsen in Deutschland wächst bei steigenden Tierzahlen der Importbedarf für Futtererbsen. Diese werden aus Osteuropa und dem Baltikum eingeführt. Die heimischen Anbauflächen der Wintererbsen wachsen. Wintererbsen werden in der Regel im Gemenge mit einer Getreidestützfrucht angebaut und müssen vor der Verarbeitung im Futtermittelwerk getrennt werden.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): ist gegeben.

Einsatz innerbetrieblich und regional möglich.

Forschungsbedarf: Im Bereich Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau muss auf Ertrag und Ertragsstabilität fokussiert werden (u.a. auch Toleranz bzw. Resistenz gegenüber Fußkrankheiten). Die Reduzierung bzw. der Aufschluss der antinutritiven Inhaltsstoffe der Erbse, besonders der buntblühenden Erbsen, muss hinsichtlich wirkungsvoller und kostengünstiger Verfahren weiter erforscht werden.

2.1.4 Fazit einheimische Körnerleguminosen

Drei Hauptaspekte wirken derzeit beim Einsatz einheimischer Körnerleguminosen limitierend: die Anbauschwierigkeiten, welche die Anbauentwicklung hemmen, ein vergleichsweise ungünstiges Aminosäurenmuster (wenig Methionin) und das Vorhandensein von antinutritiven Inhaltsstoffen. Optimierung in Anbau und Züchtung sind möglich und sollten von der Forschung in Angriff genommen werden. Auf dem Feld der Reduzierung antinutritiver Inhaltsstoffe gibt es bereits Lösungen, diese müssen aber ausgebaut und weiterentwickelt werden. Wichtig ist es auch, das Wissen um Anbau, Nutzen und optimale Nutzung sowie Aufbereitung der heimischen Körnerleguminosen verstärkt in der Praxis zu verankern.

2.2 Soja

Der Anbauumfang von Soja in Deutschland hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Von unter 1.000 Hektar im Jahr 2003 ist der Sojaanbau auf über 6.500 ha in 2013 angestiegen, rund die Hälfte davon wird biologisch angebaut (Recknagel 2012).

Aus anbautechnischer Sicht optimal für den Sojaanbau sind warme Körnermais-Anbaulagen ohne Spätfrostgefahr mit leicht erwärmbaren Böden mit hoher Wasserkapazität im pH-Bereich 6,5 bis 7.

Durch den hohen Methioningehalt im Vergleich zu anderen Körnerleguminosen ist die Sojabohne als Eiweißfuttermittel besonders interessant.

Sojabohnen bieten für den Einsatz in der Monogastrierfütterung mehrere Vorteile: Einen hohen Rohproteingehalt von durchschnittlich 35 % (Bellof 2013), ein günstiges Aminosäurenmuster (mit Methioningehalten von ca. 0,5 % und Lysingehalten von ca. 2 % und einem Methioninanteil von 1,4 % im Rohprotein), eine hohe Einweißverdaulichkeit und somit eine hohe Akzeptanz bei Tieren.

Limitiert wird die Fütterung von Soja durch zwei Faktoren:

1. Antinutritiven Inhaltsstoffe, vor allem die **Trypsininhibitoren**, welche die Eiweißverdaulichkeit blockieren. Die Trypsininhibitoraktivität wird durch eine Hitzebehandlung der Soja verringert (Steiner & Bellof 2009). Hier stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung (thermische, hydrothermische, druckthermische). Bei den unten beschriebenen Sojafuttermitteln Vollfettbohne, Extraktionsschrot und Sojakuchen, wird jeweils davon ausgegangen, dass die Produkte hitzebehandelt sind. Es können drei Verfahrenswege unterschieden werden:
 - thermische Aufbereitungsverfahren (trockenes Erhitzen ohne Überdruck)
 - hydrothermische Aufbereitungsverfahren (Erhitzen unter Feuchtigkeitszufuhr)
 - Druckthermische Behandlungsverfahren
2. Der hohe **Ölgehalt** begrenzt den Einsatz der Vollfettbohne und des Presskuchens in der Monogastrierfütterung. Das enthaltene Öl liefert viel Energie, welche die Einsatzmenge in Rationen begrenzt. Ferner kommt es durch hohe Gehalte an Polyenfettsäuren zu weicherem Fleisch und Speck beim Schwein (Pieringer 2011, Landwirtschaftskammer NRW 2014).

2.2.1 Sojavollfettbohne

Futterwert: Die getoastete Sojavollfettbohne hat bei 88 % TM einen Rohproteingehalt von ca. 350 g/kg, einen Methioningehalt von 4,8 g/kg (pcv Schwein 4,0 g/kg) und einen Lysingehalt von 21,6 g/kg (pcv Schwein 17,9 g/kg) (Lindermayer et al. 2014). Der hohe Ölgehalt von ca. 20 % begrenzt den Einsatz der Vollfettbohne in der Monogastierfütterung.

Einsatzmöglichkeit: Für Ferkel können hitzebehandelte Vollfettbohnen bis 8 % in der Ration verfüttert werden. Es muss allerdings beachtet werden, dass die Futteraufnahme und Leistung im Vergleich zur Fütterung mit HP-Schrot geringer ist. Bei Fütterung von Vollfettsoja mit 4 bis 6 % Rationsanteil wird der Polyensäuredruck geringer und der Energieerhöhung vorgebeugt, da Ferkel nach Sättigung fressen.

Thermisch aufbereitete Sojabohnen können für Schweine laut Lindermayer et al (2011) mit 4 bis 6 % Rationsanteil bei Ferkeln, 5 bis 8 % in der Mast und 1 bis 2 % in der Zucht eingesetzt werden.

Hydrothermisch aufbereitete Vollfettbohnen werden 5 bis 8 % bei Ferkeln, 6 bis 10 % in der Mast und 1 bis 2 % in der Zucht für den Einsatz empfohlen (ebenda).

Bellof (2013) geht von höheren Rationsanteilen für hitzebehandelte Vollfettbohnen aus: Abgesetzte Ferkel können bis 15 % Vollfettbohnen erhalten, Mastschweine bis 15 % (10 % in der Endmast), tragende Sauen bis 5 %, laktierende Sauen bis 20 %.

Bellof (2013) empfiehlt, hitzebehandelte Bohnen bei Legehennen mit maximal 15% Rationsanteil einzusetzen, selbes gilt für Masthühner.

Verfügbarkeit: Soja Vollbohnen sind in extrudierter Form im Handel auch in Bioqualität erhältlich, allerdings in kleinem Umfang, verglichen mit Presskuchen und v.a. Extraktionsschrot. Hitzebehandlung sollte noch optimiert werden und um nennenswerte Mengen zu produzieren, muss der Anbauumfang ausgeweitet werden. Allerdings wird die Vollfettbohne nicht in größerem Umfang eingesetzt werden, da Sojapresskuchen vorzüglicher ist.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist gegeben.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional möglich.

2.2.2 Sojapresskuchen

Futterwert: Sojapresskuchen mit 8 % Restfettgehalt hat bei 88 % TM einen Rohproteingehalt von 396 g/kg, einen Methioningehalt von 5,5 g/kg (pcv Schwein 4,7 g/kg) und einen Lysingehalt von 23,6 g/kg (pcv Schwein 19,5 g/kg) (Lindermayer et al. 2014).

Einsatzmöglichkeit: Sojakuchen kann bei Broilern, Legehennen und Mastferkeln als maßgebliches Eiweißfuttermittels eingesetzt werden (Steiner & Bellof 2009, Witten et al. 2014). Die empfohlenen Anteile an der Kraftfuttermischung variieren je nach Autor, insbesondere aber je nach Tier und Nutzungsart.

Bellof (2013) empfiehlt bis zu 20 % Rationsanteil bei Legehennen und bis 25 % bei Masthühnern. Bei Ferkeln, laktierenden Sauen und in der Mast werden ebenda bis 20 % Rationsanteil empfohlen, in der Endmast 15 % und bei tragenden Sauen 10 %.

Gemessen am Bedarf bei Geflügel und wachsenden Schweinen weist das Sojaprotein etwas zu geringe Methioningehalte auf. Auf Grund der relativ knappen Methioninausstattung des Sojaproteins sollte der in der Schweine- und Geflügelfütterung vorzugsweise eingesetzte Sojakuchen mit anderen methioninreichen Eiweißfuttermitteln kombiniert werden. So können überhöhte Rohproteingehalte in den Futtermischungen vermieden werden (Bellof 2013). Die Rationsgestaltung mit gut entöltem Sojakuchen als alleinige Eiweißfutterkomponente ist deshalb bei Geflügel nicht möglich. Der Anteil von Methionin im Rohprotein sollte bei der Legehenne 1,7 bis 2,0 % betragen. Soja liegt mit 1,4 % Methionin im Rohprotein knapp unter dem Soll (z.B. Bellof 2013, Monari 1996).

Einen hohen Methioninanteil im Rohprotein und damit eine gute Eignung als Ergänzung zum Sojakuchen weisen zum Beispiel Hirse, Hanfkuchen, Leinkuchen, Rapskuchen, Sesamkuchen, Volleipulver, Caseinpulver, Maikleber, Kartoffeleiweiß und Fischmehl auf.

Der Restfettgehalt von Sojapresskuchen wird mit 5 bis 8 % angegeben, in der Praxis liegt dieser aber häufig bei über 10 % (Asam et al. 2014). Dadurch hat der Sojakuchen einen vergleichsweise hohen Energiegehalt.

Verfügbarkeit: Zur Herstellung von Sojakuchen kommen verschiedene Verfahren in Frage: die Entölung roher Sojabohnen, die Entölung nach hydrothermischer Aufbereitung, die Entölung

thermisch aufbereiteter (gerösteter) Sojabohnen, die Entölung extrudierter und gekühlter Sojabohnen, die Entölung extrudierter Sojabohnen in heißem Zustand. In Versuchen (Asam et al. 2014) konnten mit der Entölung von rohen Sojabohnen und von extrudierten heißen Sojabohnen die geringsten Ölgehalte (knapp unter 9 %) erzielt werden. Auch die durch die Herstellung bedingte Pressenbauart und der Zustand der Ölpresen spielen eine Rolle für die Effektivität der Entölung. Daher werden in der Praxis auch starke Schwankungen im Ölgehalt von Sojakuchen erzielt.

Laut Bellof (2006) fallen zwischen 11,50 und 14 € pro dt Soja an.

Die Marktsituation für heimisches Soja ist insgesamt gut, da die Nachfrage besonders von Verbandsbetrieben hoch ist und der Bedarf das Angebot bei Weitem übersteigt. 2013 wurde im Vertragsanbau für Futterware rund 75 €/dt bezahlt. Allerdings wird chinesisches Biosoja günstiger, sodass es preislich um bis zu 30 % unter heimischer Soja liegen kann (Witten et al. 2014).

Sojapresskuchen ist flächendeckend verfügbar (größtenteils Importware aus China), es gibt eine hohe Nachfrage. In modernen Mühlen Auspressungsgrade unter 8% möglich, mit Einsatz von Extrudertechnik.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist gegeben.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional möglich.

2.2.3 Sojaextraktionsschrot

Futterwert: Sojaextraktionsschrot mit 48% Rohprotein hat bei 88 % TM einen Methioningehalt von 6,5 g/kg (pcv Schwein 5,9 g/kg) und einen Lysingehalt von 29,4 g/kg (pcv Schwein 27,4 g/kg) (Lindermayer et al. 2014).

Einsatzmöglichkeit: Als Eiweißkomponenten bei Schwein und Geflügel in allen Stadien einsetzbar. Laut Lindermayer et al. (2011) kann Hochprotein-Schrot bei Ferkeln bis 20 %, in der Mast und bei laktierenden Sauen ebenfalls bis 20 % und in der Zucht bis 5 % eingesetzt werden.

Stand der Produktentwicklung: Bei der chemischen Extraktion werden geschrotete Vollfettbohnen bzw. expandierter Sojaschrot mit n-Hexan gewaschen. (Johnson & Smith 2011). So entsteht Sojaextraktionsschrot mit Ölgehalten von ca. 2 % in der Trockenmasse (Jeroch et al. 1993). N-Hexan als Extraktionsmittel ist effizient und schnell, wird aber als kritisch eingestuft, da es leichtentzündlich, gesundheitsschädlich und umweltgefährlich ist. Daher ist Extraktionsschrot derzeit im Ökolandbau nicht zugelassen.

Alternativ kann überkritisches Kohlenstoffdioxid als Extraktionsmittel eingesetzt werden, welches nicht giftig ist. Obwohl die Kosten für das Extraktionsmittel selbst günstig sind und der Extraktionsprozess gut funktioniert (Friedrich et al. 1982), sind die Kosten für solche Aufbereitungsanlagen so hoch, dass diese Extraktionsvariante derzeit nur der in der Forschung eingesetzt wird (Swidersky 2014).

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): ist beim derzeit angewendeten Herstellungsprozess (n-Hexan als Extraktionsmittel) nicht gegeben.

Produktion möglich innerbetrieblich/regional/überregional: Derzeit überregional in großen Extraktionsanlagen.

2.2.4 Weitere Optionen zur Nutzung von Soja in der Monogastrierfütterung

Der Einsatz von **Sojaganzpflanzensilage** in der Monogastreuerfütterung wäre prinzipiell möglich, solange bei der Silierung keine bzw. nur zugelassene Konservierungsmittel verwendet werden. Soja Ganzpflanzensilage hat zwei grundsätzliche Vorzüge: Zum einen könnte es als eiweißreiches Grundfutter den Bedarf an Eiweißkonzentraten herabsetzen und zum anderen eine direkte Verwertung der angebauten Soja (auch außerhalb von Gunstlagen, da eine Abreife nicht nötig ist) ohne zusätzliche Hitzebehandlung und Entölung ermöglichen (David 2013). In der Ganzpflanzensilage wurden in einer Untersuchung (Undersander et al. 2007) knapp 21 % Rohproteingehalt ermittelt. Versuche zur Verfütterung von GPS-Soja an Monogastrier sind allerdings bisher nicht bekannt.

2.2.5 Forschungsbedarf

Ein zentraler Aspekt bei der Fütterung von Sojabohnen ist die Aufbereitung. Diese ist notwendig und muss im rechten Maß eingesetzt werden: eine Unterbehandlung belässt zu viele ANF im Futtermittel und setzt so den Futterwert herab. Eine Überbehandlung (zu stark/lange erhitzt) reduziert aber den Lysin- und Methioningehalt (Steiner & Bellof 2009, Barros Duorado et al. 2011, Asam et al. 2014). Es sollte erforscht werden, ob eine tierartspezifische Aufbereitung von Sojakuchen sinnvoll ist, und wie die Aufbereitungsparameter (Art der Hitze, Temperatur und Expositionsdauer) aussehen müssen, um den Ansprüchen der Tierarten gerecht zu werden.

Auch weitere Möglichkeiten zur Sojaaufbereitung sollten im Blick behalten werden: Barros Duorado et al. (2011) beschreiben „Micronizing“ als eine schonende Aufbereitungsvariante mit Infrarot. Fütterungsversuche zeigten, dass Schweine höhere Tageszunahmen mit so behandeltem Sojaschrot aufweisen als Schweine, die mit normalem Sojaschrot gefüttert wurden. Außerdem sollte auch der Einfluss der Keimung auf die Sojabohne und ihren Futterwert (Abbau der ANF) geprüft werden.

Auch die Entölung sollte noch weiter optimiert werden, um die Einsatzbegrenzung von Sojakuchen weiter auszudehnen. Die Ölextraktion mit CO₂ könnte eine interessante Option sein, die weiter erforscht und auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden sollte.

Die Optimierung des Auspressungsgrades ist ein weiterer Aspekt der vertieft bearbeitet werden sollte. Hier gibt es verschiedene Optionen (Steiner & Bellof 2009, Asam et al. 2014):

- weitere Optimierung der Pressentechnik zur Erhöhung der Auspressgrade
- Konditionierung der Sojabohnen vor dem Pressen
- Optimierung der Ausgangsfeuchte der Bohnen
- Schälen der Bohnen (entsprechen der Herstellung von Hochprotein-Schrot)

Forschungsarbeiten in diesen Bereichen sind nötig, um einen vielseitig einsetzbaren Sojakuchen produzieren zu können.

Die Verfütterung von Sojaschalen scheint auch Monogastrier eine interessante Option zu sein, zu deren Nutzen und Praktikabilität es aber unterschiedliche Aussagen gibt (Barros Duorado et al. 2011). In Fütterungsversuchen sollte hier die Sachlage geklärt werden und eine Empfehlung ausgesprochen werden. Auch die Sojaganzpflanzensilage sollte auf ihre Eignung in der Monogastrierfütterung untersucht werden (Gehalte an essentiellen Aminosäuren, Silierung, Palatability).

2.2.6 Handlungsbedarf

Die Angaben zum Sojabedarf, der notwendig ist um die Aminosäurelücke im Ökolandbau zu schließen, gehen auseinander. In jedem Fall ist eine Ausweitung der Anbaufläche nötig. Für eine Ausweitung sind ein verstärkter Wissenstransfer und eine verbesserte Beratung zum Anbau notwendig. In bisher wenig für den Sojaanbau beachteten Lagen besteht ein großes Potenzial zur Ausweitung. Landessortenversuche und die Ergebnisse aus dem Sojademonstrationsnetzwerk sollten so ausgewertet werden, dass standortangepasste Sojasorten empfohlen werden können, die hohe Gehalte an Rohprotein und essentiellen Aminosäuren liefern. Auch die Anbauverfahren sollten entsprechend geprüft und bewertet werden.

Auch innerhalb der EU besteht ein großes Potenzial den Sojaanbau auszuweiten: Laut Bertheau & Davidson (2011) wurden 2011 auf nur rund 3 % der Ackerfläche in der EU Eiweißpflanzen angebaut. 2009 verzeichnete der Sojaanbau in Europa einen Flächenmäßigen Zuwachs von 12,4 %. Die Autoren schätzen Rumänien, Ungarn und Bulgarien als wichtige Anbauländer ein (s. auch Witten et al. 2014). Über eine Kooperation mit der Donau-Soja Initiative (<http://www.donausoja.org/donau-soja>) könnte der Bezug von Biosoja aus Südosteuropa vorangetrieben werden.

Um bei zunehmendem Anbauumfang die Hitzebehandlung der Sojabohnen und Sojafuttermittel sicherstellen zu können, werden ausreichende Anlagenkapazitäten mit einer regionalen Verteilung benötigt, um lange Transportwege zu vermeiden. Bislang ist ein einigermaßen flächendeckendes Netz nicht gegeben (s. Abbildung 2).

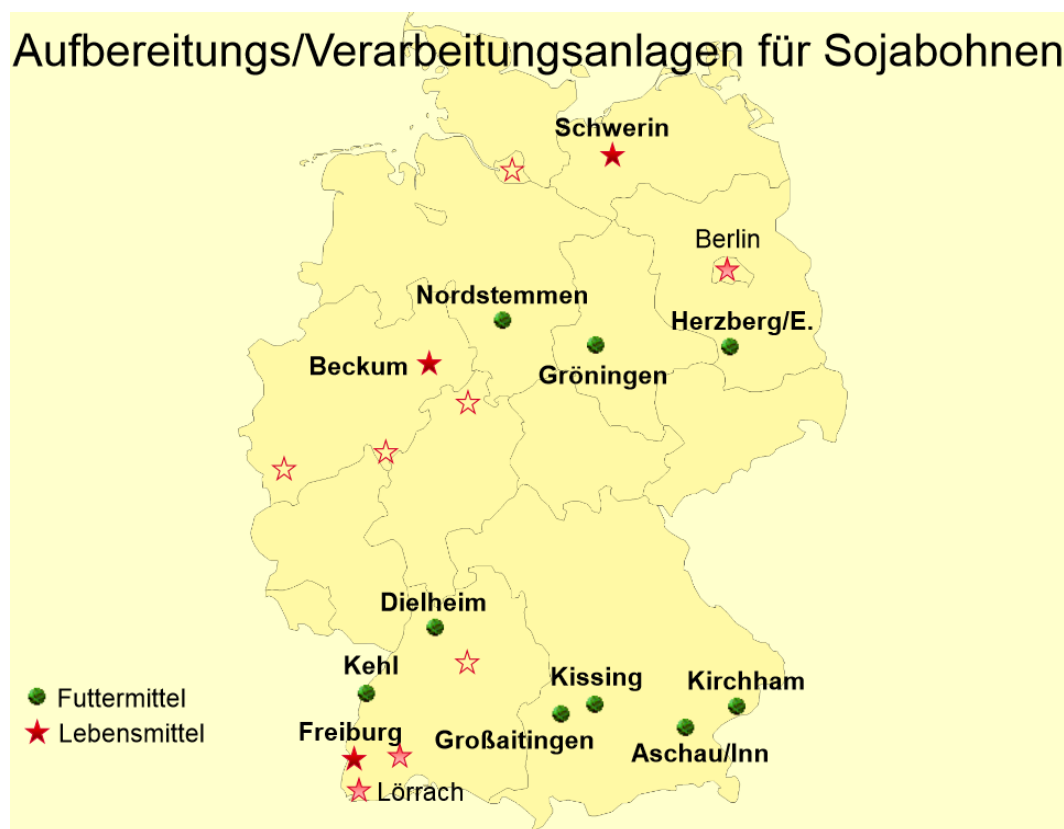


Abbildung 2: Aufbereitungsanlagen für Soja in Deutschland (aus: Recknagel 2012)

Landwirte sollten bei der Einrichtung von kleinen Hofaufbereitungsanlagen hinsichtlich Planung, Fachwissen und ökonomischen Überlegungen unterstützt werden.

Auch die Kapazitäten für die dezentrale Entölung sollten verstärkt werden, z.B. über die Umrüstung von Rapsölpresen. Wenn die Entölung von Sojapresskuchen ökonomisch interessanter gestaltet wird, könnte der Preis für die Entölung sinken. Möglichkeiten sind z.B.:

- die Vermarktung des Sojaöls an Wirtschaftszweige wie den Food-Sektor oder Biokosmetikhersteller (Asam et al. 2014) und weitere sinnvolle Nutzungsoptionen des Sojaöls (Erschließung nötig)
- Verschleißreduktion an den Pressen
- Energiesparende Presseverfahren

Die Lagerung aufbereiteter Sojafuttermittel ist ein weiterer Aspekt, der für die regionale und dezentrale Aufbereitung spricht: aktuell wird davon ausgegangen, dass aufbereiteter Sojaschrot unter kühlen und trockenen Bedingungen bis zu einem halben Jahr gelagert werden kann, bevor mikrobieller Verderb und die Oxidation der Fette die Qualität vermindern (Asam et al. 2014).

2.2.7 Fazit Soja

Hitzebehandelte und entölte Sojabohnen (Presskuchen) sind ein hochwertiges Futtermittel für die Monogastrierfütterung. In der Geflügelfütterung muss Soja durch weitere methioninreiche Komponenten ergänzt werden, um den Bedarf decken zu können. Die Verfügbarkeit in Bioqualität ist gut, allerdings basiert sie häufig auf Drittlandimporten. Für den innereuropäischen und heimischen Anbau besteht aber ein großes Ausweitungspotenzial. Optimierte Entölung und Hitzebehandlung könnten die Qualität von Soja als Futtermittel weiter verbessern, auch regionale Aufbereitungskapazitäten sind ein Schlüssel für ein verstärktes Angebot von heimischer Biosoja.

2.3 Feinsamige Leguminosen

Bei den feinsämigen Futterleguminosen weist die Luzerne (neben Weißklee) das höchste Potenzial beim Ertrag und beim Protein- sowie Methionin- und Lysingehalt auf (Weltin et al. 2014b).

Im Jahr 2012 wurden in Deutschland 274.000 ha mit Leguminosen zur Ganzpflanzenernte bebaut (Statistisches Bundesamt 2013). Der BÖLW (2014) gibt für die Bioanbaufläche von Ackerfutter im selben Jahr 154.000 ha an.

2.3.1 Luzerne

Die Saatluzerne ist insbesondere unter warmen und trockenen Bedingungen eine leistungsfähige und ertragssichere Futterpflanze (Steffen 2014). Sie wird in der Regel mehrjährig angebaut und trägt so zur Bodenruhe bei.

Da die Luzerne auf niedrige pH-Werte empfindlich reagiert, sind hier Anbaulimitierungen gegeben (Berendonk 2013). Die Selbstunverträglichkeit und die daraus resultierenden Anbaupausen von 5 bis 7 Jahre limitiert die Anbauhäufigkeit in der Fruchtfolge. Gleichzeitig muss beachtet werden, dass Luzerne für eine optimale Eiweißfuttermittelreife früh geschnitten werden muss und deshalb nur in zwei Hauptnutzungsjahren genutzt werden kann (LfL 2013).

Luzerne enthält **Saponine**, wobei die Konzentration stark vom Schnittzeitpunkt, dem Entwicklungsstadium, aber auch von der Sorte abhängt. Der **Tanningehalt** von Luzerne ist vermutlich nicht einsatzlimitierend, da er laut Goeritz et al. (2009) nur 0,08 % der Trockenmasse beträgt. Dies gilt für alle Luzerneprodukte.

Luzerne Frischverfütterung

Futterwert: Bei frischer Luzerne hängt die Konzentration von Rohprotein und essentiellen Aminosäuren von zahlreichen Faktoren ab (Wachstumsstadium, Schnittzeitpunkt, Temperaturregime während des Wachstums, Schnitthäufigkeit, Witterung zum Schnittzeitpunkt, INRA 2010).

Früh geworbene Luzerne hat beim zweiten Schnitt einen Rohfasergehalt von 217 g/kg Trockenmasse (TM), 299 g RP/kg TM, 18 g Lysin/ kg TM und 5,3 g Methionin/kg TM (Weltin et al. 2014b). Für Luzernegrünfütterung mit 88 % TM weist die LfL (2014) einen Rohproteingehalt von g/kg Futtermittel, einen Lysingehalt von 9,2 g/kg Futtermittel und einem Methioningehalt von 2,5 g/kg Futtermittel aus.

Einsatzmöglichkeit: Es gibt bisher keine Studien für den Einsatz frischer Luzerne.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist gegeben.

Einsatz innerbetrieblich möglich.

Forschungsbedarf: Da frische Luzerne saisonal nur begrenzt sowie nur auf dem eigenen Betrieb eingesetzt werden kann, ist ihr Einsatz in der Fütterung zu begrenzt, um verstärkt Forschung zu investieren. Haltbare Luzerneprodukte sind hier interessanter.

Handlungsbedarf: Vorteile des Luzerneanbaus auch im Hinblick auf die innerbetriebliche Verwertung sollten bekannter gemacht werden.

Luzernesilage

Futterwert

Die Qualität von Luzernesilage ist stark abhängig von Schnitzeitpunkt etc. Bei Weltin et al. (2014b) hat eine Luzernesilage mit rund 45 % TM im Schnitt einen Rohproteingehalt von 22 bis 24 % der TM, einen Methioningehalt von ca. 0,3 % der TM und einen Lysingehalt von rund ca. 1,1 % der TM.

Die Lysin- und Methioningehalte von Luzerne sind relativ hoch, wenn diese im Vegetationsstadium „vor der Knospe“ geworben wird. Mit 5,2 % Anteil am Rohprotein ist der Lysingehalt nur wenig geringer als beim Sojakuchen (6 %). Der Methioninanteil am Rohprotein beträgt 1,5 % und liegt damit höher als bei der Erbse (STMELF 2014).

Extrudieren von Luzernesilage bringt für die tierischer Leistung keine Vorteile gegenüber normaler Silage (Weltin et al. 2014b). Die von Weltin et al. (2014b) in vitro ermittelte, ideale Verdaulichkeit des Rohproteins für das Schwein liegt bei über 80 % und damit sehr hoch.

Einsatzmöglichkeit: Früh geworbene Luzerne hat deshalb Potenzial als Eiweißfutter für Schweine. Für eine ganzjährige Nutzung ist die Silierung sinnvoll (Jänike 2011). Bei Luzernesilagefütterung ad libitum an *Mastschweine* kann bis zu 1 dt Kraftfutter in der Mast eingespart werden. In der Mittel- und Endmast ist die Lysinaufnahme bei dieser Fütterungsvariante höher als bei üblichen Alleinfuttermischung, weshalb in der Endmast auf den Einsatz weiterer Eiweißfuttermittel verzichtet werden kann (Weltin et al. 2014b).

Luzernesilagefütterung zusammen mit einem Ergänzer für Nährstoffe und ME an *Mastbroiler* zeigte sich, dass die mit Silage gefütterten Broiler aufgrund einer verbesserten Versorgung mit essentiellen Aminosäuren höhere Mastleistungen und einen verbesserten Schlachtkörperwert aufweisen als jene mit Alleinfuttermischungen versorgten Tiere (Weltin et al. 2014b).

Die Legeleistung von mit Luzernegrassilage gefütterten Legehennen, die diese zusätzlich zur Alleinfuttermischung erhielten, ist auf hohem Niveau und mit der bei Fütterung nur mit Alleinfuttermischung vergleichbar, jedoch bei gleichzeitig höheren Gehalten an erwünschten Omega-3-Fettsäuren (Weltin et al. 2014a).

Verfügbarkeit: Gut verfügbar. Weltin et al. (2014b) ermitteln Produktionskosten von 8,79 €/dt Silage.

Gesetzliche Zulassung: (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz: Vor allem innerbetrieblich und regional gut möglich.

Forschungsbedarf: Bekannt ist: Das zusätzliche Extrudieren der Luzerne zeigt keine Vorteile für die tierische Leistung. Allerdings sind insgesamt mehr Fütterungsversuche mit Luzernesilage an Monogastrier nötig, auch im Hinblick darauf, wie gut die Tiere die Silage annehmen, wie die Versorgung mit Methionin und Lysin gesichert wird und ob eine Rohproteinübersorgung stattfindet. Es sollten verlässliche Hinweise für die Erzeugung hochwertiger Silagen erstellt werden.

Handlungsbedarf: Es ist bekannt, dass eine hohe Schnitthäufigkeit und der Schnitt in einem frühen Stadium (vor der Blüte, ca. fünf Wochen alter Bestand) zu hohen Rohproteingehalten und geringen Rohfasergehalten führen.

Die Silierung der Luzerne gestaltet sich wegen ihres vergleichsweise hohen Protein- und geringen Zuckergehalts eher schwierig. Insbesondere kleinere Mengen dürften schwierig zu silieren sein. Über Optimierungen von Luftabschluss bzw. Verdichtung, ein ausreichender Anwelkgrad und ein geringer Verschmutzungsgrad lassen sich Silierfähigkeit und Silagequalität verbessern (Jänicke 2011, Berendonk 2013); hier sind Ansatzpunkte für weitere Verbesserungen

gegeben. Auch der Einsatz von Silierhilfsmitteln sollte in den Fokus der Forschung genommen werden. Wenn diese Aspekte vom Landwirt berücksichtigt werden, kann Luzerne in hoher Qualität in der Fütterung eingesetzt werden. Dazu bedarf es eines verstärkten Wissenstransfers.

Luzernecobs / Luzernegrünmehlpellets / Luzernegrünmehl

Die Herstellung von Luzernecobs erfolgt über die Trocknung des Luzerneschnittguts mittels Heißluft (z.B. im Trommeltrockner), ggf. mit vorgeschalteter Grünzeugsaftpresse. Die getrocknete Luzerne wird im Häcksler zerkleinert, anschließend entstaubt und mittels Pressvorgang zu Cobs bzw. Pellets gepresst. Die Trockenfutterpreßlinge lassen sich sehr lange aufbewahren. Sie benötigen ein geringes Lager- und Transportvolumen und können somit auch einer fernliegenden Futterverwertung zugeführt werden.

Futterwert: Laut Baumgärtl et al. (2013) hat Luzernemehl je nach Vegetationsstadium und Zusammensetzung einen Proteingehalt von 15 bis 20 %. Lindermayer et al. (2014) geben für 88% TM einen RP-Gehalt von 185 g/kg, einen Methioningehalt von 2,5 g/kg und einen Lysingehalt von 8,9 g/kg an.

Bei der Fütterung von Luzerne sollte darauf geachtet werden, dass nicht zu viel Calcium in der Ration ist, da Luzerne bereits sehr calciumreich ist.

Einsatzmöglichkeit: Bei *Mastschweinen* führte die Verfütterung von Luzernegrünmehlpellets (5 bis 7 % geschrotet in betriebsüblicher Futtermischung) in Praxisversuchen zu durchweg hohen Tageszunahmen (Rudolph et al. 2011). Der Magerfleischanteil (MFA) war im selben Versuch höher als bei der Kontrollgruppe. Raufuttermenge wird generell auch als positiv für das Wohlbefinden der Tiere bewertet (z. B. weniger Schwanzbeißen).

Der Einsatz von Körnerleguminosen ist für tragende Sauen und Jungschweine auf Grund des geringen Methioningehaltes begrenzt, die Luzerne ist im Vergleich dazu gut ausgestattet.

Legehennen können einen Teil des Bedarfes an Methionin und Lysin über Luzernegrünmehl decken, allerdings mit einem geringen Rohproteinüberschuss.

Nach Lindermayer et al. (2011) sind Luzernecobs nur für die Fütterung von Zuchtsauen geeignet (10 bis 15 %), werden aber nicht für Ferkel und Mastschweine empfohlen.

Verfügbarkeit: Luzernegrünmehlpellets sind in Bioqualität im Handel erhältlich. Ggf. gibt es Möglichkeiten zur Weiterentwicklung in der Herstellung, z.B. mit geringerem Energieverbrauch. Luzernegrünmehlpellets in Bioqualität kosten im Handel rund 340 €/t + MwSt. und sind z.B. bei Raiffeisen verfügbar.

Ökonomisch betrachtet bedeutet die Beimischung von 5 bis 7 % Luzernegrünmehl keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand, da es in das Trockenfutter eingemischt werden kann. Die Rationskosten sind auf Grund der gleichen Preise nicht unterschiedlich zur Verfütterung von Getreide. Auf Grund des höheren MFA der Schweine und des geringeren Futterverbrauchs ergibt sich ein kalkulierter Mehrerlös von 9,25 € pro Tier (Rudolph et al. 2010). Es ist zu beachten, dass Grünmehle unter hohen Temperaturen und damit hohen Energieeinsatz erzeugt werden.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist gegeben.

Produktion innerbetrieblich und regional möglich.

Forschungsbedarf: Es existieren erste Forschungsergebnisse zur Luzernegrünmehlverfütterung an Schweine sowie positive Praxiserfahrungen hierzu (oekolandbau.de 2007). In diesem Bereich sind aber weitere Forschungsarbeiten (Fütterungsversuche) nötig, gleiches gilt für die Fütterung an Geflügel. Besonders im Fokus sollte

dabei die Bedarfsdeckung mit essentiellen AS und die Problematik einer Rohproteinübersversorgung stehen sowie daraus resultierende Richtwerte für die Einsatzlimitierung im Hinblick auf das Tierwohl.

Handlungsbedarf: Biogasabwärme zur Trocknung verwenden, weitere Optionen zur Energieeinsparung beim Trocknungsprozess prüfen und anwenden.

Luzerneproteinkonzentrat

Eine Möglichkeit zur Erhöhung des Proteingehalts in Luzerne ist die Proteinisolierung aus Luzernepresssaft (Andurand et al. 2010). Luzerneproteinkonzentrat wird weltweit nur in Frankreich in einer Aufbereitungsanlage mit rein physikalischen Methoden in großem Maßstab hergestellt (Désialis 2014). Nach der Kaltpressung der frisch geernteten Luzerne erfolgt die Erhitzung zur Koagulierung der Proteine. Diese werden dann abzentrifugiert und die so erhaltene Paste wird bei niedriger Temperatur getrocknet und anschließend pelletiert. Für eine Tonne hochkonzentrierte Luzernepellets mit 90% Trockenmasse werden 62,5 Tonnen Frischmasse mit 20 % Trockenmasse benötigt. Die Luzerne wird für dieses Verfahren fünfschürig angebaut, um einen hohen Proteingehalt zu erzielen. In Frankreich werden die Pellets verkauft.

Futterwert: Andurand et al. (2010) erwähnen für getrocknete Luzerne einen Feuchtigkeitsgehalt von 11 % und einen Rohproteingehalt von 17 %, während das Proteinkonzentrat bei 8 % Feuchtigkeit einen RP von 50 % aufweist. Der Lysingehalt des Luzerneproteinkonzentrats wird mit 5,9 % des RP und der Gehalt an Methionin und Cystein mit 3,1 % am RP angegeben. Die Eiweißverdaulichkeit für Schweine ist im Proteinkonzentrat höher als in frischer Luzerne.

Einsatzmöglichkeit: Luzerneproteinkonzentrat lässt sich voraussichtlich für Hühner und Schweine in sämtlichen Stadien nutzen, wobei die Einsatzmengen angepasst werden müssen.

Verfügbarkeit: Diese Möglichkeit ist in Deutschland mittelfristig schwierig durchzusetzen, da die Luzerne innerhalb von zwei Stunden nach Ernte verarbeitet werden muss (Andurand et al. 2010) und somit eine flächendeckende Aufbereitungskapazität aufgebaut werden müsste. Wenn sich die Herstellung lohnt, ist die Entstehung solcher Kapazitäten allerdings denkbar.

Proteinkonzentratpellets sind in Frankreich verfügbar, auch in Bioqualität.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich regional überregional möglich.

Forschungsbedarf: In die Proteinaufkonzentrierung mittels Pflanzensaftextraktion sollte mittelfristig verstärkt Forschungsaktivität investiert werden. Hier ist die Verdaulichkeit beim Schwein zu ermitteln und die Methioninwerte für die Hühnerfütterung müssen geklärt werden.

Handlungsbedarf: Was den Einsatz von Luzerne und deren Aufbereitungsprodukte in der Monogastrierfütterung betrifft, ist allerdings Aufklärungsarbeit bei Praktikern und Beratern notwendig, um Vertrauen in die Produkte aufzubauen und ihre Akzeptanz zu stärken (Sommer 2014).

Separierte Luzerneblattmasse

Futterwert: Die Separierung der Blattmasse führt auch bei Luzerne zu einer Aufkonzentrierung des der Proteinfraction (Rohproteingehalt: 280 g je kg TM, Lysingehalt: 17,7 g Lysin je kg TM (Sommer & Sundrum 2014)).

Einsatzmöglichkeit: Separierte Luzerneblätter lassen sich voraussichtlich für Hühner und Schweine in sämtlichen Stadien nutzen, wobei die Einsatzmengen angepasst werden müssen.

Verfügbarkeit: Die Blattmasseseparierung wurde bisher nur im Versuchsmaßstab durchgeführt (Sommer & Sundrum 2014). Die Rohprotein- und Lysinwerte sind vielversprechend. Es ist für das kommende Jahr (2015) eine Modellanlage geplant, daneben sollen Fütterungsversuche bei Legehennen und anderem Geflügel stattfinden, nach Möglichkeit auch bei Schweinen (Sommer 2014).

Die Blattmasseseparierung könnte mittelfristig zur Praxisreife in Deutschland gebracht werden, limitierend ist wohl vor allem der Aufbau einer flächendeckenden Aufbereitungskapazität zur Separierung

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich regional möglich.

Forschungsbedarf: Hier ist die Verdaulichkeit beim Schwein zu ermitteln und die Methioninwerte für die Hühnerfütterung müssen noch geklärt werden.

Handlungsbedarf: Was den Einsatz von Luzerne und deren Aufbereitungsprodukte in der Monogastrierfütterung betrifft, ist Aufklärungsarbeit bei Praktikern und Beratern notwendig, um Vertrauen in die Produkte aufzubauen und ihre Akzeptanz zu stärken (Sommer 2014).

2.3.2 Klee

Der Anbau von Klee gras (sowie anderen Leguminosen) dient als essentielle Stickstoffquelle für den ökologischen Pflanzenbau und ist ein wertvolles Fruchtfolgeglied.

Einsatzmöglichkeit: Studien der letzten Jahre konnten eine generelle Eignung von Klee(gas)silage für die Schweinemast bestätigen (Urdl 2009; Geßl & Rudolph 2010; Rudolph et al. 2011; Sommer & Sundrum 2013). Es konnten positive Auswirkungen auf den Futterverbrauch, die Fettsäurezusammensetzung des Rückenspecks und den Magerfleischanteil durch die Integration von Raufutter in die Biomastschweinefütterung belegt werden (Geßl & Rudolph 2010, Rudolph et al. 2011).

Verfügbarkeit: Klee(gas)silage wird bislang in Futterrationen von Schweinen nur wenig eingesetzt (Sommer & Sundrum 2013). Sie bietet jedoch ein erhebliches Potenzial, da der Anbau von Klee(gas) im ökologischen Landbau flächenmäßig weit verbreitet und etabliert ist. Durch eine Separierung der Blattmasse vom Stängel konnten Sommer & Sundrum (2013) bei Klee einen deutlich höheren Proteinertrag als in Ackerbohnen und Erbsen belegen.

Forschungsbedarf: Die ersten Ergebnisse von Geßl & Rudolph (2010), die den positiven Einfluss einer Kleesilage auf die Mastleistung und die Fettsäurezusammensetzung des Rückenspecks gezeigt haben, sollten durch weitere Forschungsarbeiten ergänzt werden.

2.3.3 Esparsette

Die mehrschürig angebaute Esparsette (*Onobrychis viciifolia* Scop.) ist eine tiefwurzelnde trockenheitsresistente Futterleguminose, die auf kalkreichen Böden angebaut wird.

Futterwert

Tabelle 9: Futterwert von geschälten und ungeschälten Esparsettensamen

	Esparsettensamen ungeschält	Esparsettensamen geschält
Rohprotein, g	279	388
Lysin, g	15,40	20,80
g Lys / MJ ME	1,39	1,36

Quelle: Baldinger et al. 2013.

Das Heu der Pflanze ist besonders **tanninhaltig** (Majak et al. 1995).

Einsatzmöglichkeit: Aufgrund des recht hohen Rohproteingehalts mit 279 g/kg und des Aminosäuremusters von geschälten Esparsettensamen, welches sehr gut dem empfohlenen Bedarf von wachsenden Schweinen entspricht, können Erbsen und Sojakuchen in der Ferkelmast durch Esparsettensamen ersetzt werden (Hagmüller et al. 2013). An Aufzuchtferkel können diese bis zu einem Rationsanteil von 16 % ohne negativen Einfluss auf die Tiergesundheit verfüttert werden. Eine thermische Behandlung (z.B. Toastung) der Samen wird nicht als notwendig angesehen. Untersuchungen von Baldinger et al. (2014) zeigten eine sehr gute Eignung von Esparsettensamen als Eiweißlieferant in der Ferkelaufzucht.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): ist gegeben.

Verfügbarkeit: Aufgrund geringer Ertragsleistungen wird auf besseren Standorten der Klee- bzw. Luzerneanbau dem Esparsettenanbau vorgezogen. Auf trockenen, gut drainierten kalkreichen Lößböden kann der Anbau von Esparsette jedoch konkurrenzfähig sein (Neuhoff & Bücking 2007). Der Samenertrag liegt bei 500 kg bis 1.000 kg/ha. Besonders auf Grenzstandorten mit Trockenphasen, beispielsweise in Österreich, eignet sich die Esparsette. Dort werden mittlerweile Saatgutüberschüsse in der Tierfütterung verwertet (Baldinger 2014).

In den Versuchen von Neuhoff & Bücking (2007) konnte der höchste Trockenmasseertrag von Esparsette der Sorte *Cotwold Common* in Reinsaat beim ersten Schnitt mit nur 11,9 dt ha⁻¹ gemessen werden. Hingegen erzielte die gleiche Sorte, unter konventionellem Anbaubedingungen am Royal Agricultural College in Cirencester beim ersten Schnitt bis zu 92 dt/ha. Diese deutlichen Unterschiede zeigen, dass besonders beim Anbau von Esparsette im ökologischen Landbau unter besonderer Beachtung der Saatgutinokulierung Verbesserungspotenzial, aber auch Forschungsbedarf besteht.

Prognose bis wann verfügbar: Esparsettensamen werden unter ökologischen Bedingungen größtenteils nur zur Saatgutgewinnen, jedoch nicht als Futtermittel angebaut. In Österreich beträgt die Anbaufläche lediglich 150 ha, in Deutschland ist sie noch wesentlich geringer.

Einsatz innerbetrieblich regional möglich.

Handlungsbedarf: Um Esparsettensamen für die ökologische Ferkelaufzucht einzusetzen, bedarf es vor allem einer Optimierung des Anbaus.

2.3.4 Platterbse

Die Platterbse (*Lathyrus sativus* L.) spielt eine ökonomisch bzw. ökologisch wichtige Rolle in Südasien und Sub-Sahara-Afrika. Die weltweite Anbaufläche beläuft sich auf 1,5 Mio. Hektar mit einer jährlichen Produktion von 1,2 Mio. Tonnen (Kumar et al. 2011).

Futterwert: Die Angaben zum AS-Muster gehen in der Literatur weit auseinander. Beim Lysingehalt liegt die Spannbreite zwischen 1,05 g/100 g und 6,48 g/100 g Samen, der Methioningehalt zwischen 0,11 g/100 g und 0,58 g/100 g Samen (Firke et al. 2008, Yan et al. 2006). Platterbsen, die in Österreich auch schon als Futtermittel erhältlich sind, müssen ab einem Rationsanteil von 20 % getoastet werden um das **Nervengift ODAP** zu reduzieren (Baldinger et al. 2013, Schipflinger 2011). Platterbsen enthalten als wichtigste antinutritive Inhaltsstoffe **Tannine** und **Lathyrin**. Die Tannine werden durch das Toasten nicht reduziert.

Einsatzmöglichkeit: Winiarska-Mieczan & Kwiecien (2010) empfehlen aufgrund Untersuchungen an Mastschweinen in Polen, nicht mehr als die Hälfte der eiweißreichen Futtermittel durch Platterbsen zu ersetzen.

Verfügbarkeit: Bedingt durch die notwendige Toastung ist die Platterbse für die Fütterung an Schweine wenig geeignet. Die Kosten, die durch die thermische Aufbereitung entstehen, können durch den nur gering höheren Gehalt an Proteinen im Vergleich zur der normalen Erbse nicht kompensiert werden.

2.3.5 Fazit Feinleguminosen

Feinleguminosen sind eine wichtige Komponente zur Schließung der Aminosäurenlücke im ökologischen Landbau. Insbesondere die Luzerne ist aufgrund ihres Aminosäuremusters ein interessantes Eiweißfuttermittel. Hier ist bereits eine Vielzahl von Nutzungsoptionen erprobt. Auch die Esparsette ist interessant, wenn durch züchterische Beareitung höhere Erträge möglich sind. Insgesamt sollten alle Feinleguminosen, insbesondere Klee und Luzerne, verstärkt für die Monogastrierfütterung genutzt werden, da sie in ökologischen Fruchtfolgen ohnehin auftauchen. Um eine optimale Nutzung zu ermöglichen sind weitere Forschungsaktivitäten nötig.

2.4 Verarbeitungsnebenprodukte

2.4.1 Presskuchen

Rapspresskuchen

Futterwert

Rapskuchen aus 00-Raps (frei von Erucasäure, stark reduzierter Glucosinolatgehalt) ist ein proteinreiches Futtermittel, das durch Fettgehalte von ca.15 % (10 bis 20 %) gleichzeitig ein Energieträger ist.

Tabelle 10: Futterwert von Rapspresskuchen (in g/kg)

TM-Gehalt: 895	Schwein	Geflügel
Rohprotein: 367	ME : 11,91	ME: 10,7
MET: 7,88	METpcv: 80.6%	METpcv 96 %
LYS: 20,8	LYSpcv: 74%	LYSpcv: 90 %
CYS: 8,11	CYSpcv: 87%	CYSpcv: 82 %

Quelle DLG 2014, Rodehutsdord 2007

Der gegenüber Sojaextraktionsschrot doppelt so hohe Rohfasergehalt des Rapsextraktionsschrotes ist auf seinen relativ hohen Schalenanteil zurückzuführen. Für den Einsatz in der Sauenfütterung, insbesondere von tragenden Sauen, stellt dies durch die gesetzlichen Forderungen von mindestens 7 % Rohfaser im Futter einen Vorteil gegenüber Sojaschrot dar.

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in Raps mit antinutritiven Wirkungen:

- ›Glucosinolate: Besonders bei Samen und Ölkuchen zu beachten
- ›Erucasäure: bei 00-Raps keine Relevanz mehr
- ›Sinapin: Kann unter Umständen in der Legehennenfütterung zu sog. Stinkeiern führen.

(Quelle: Brade et al. 2008)

Die Legehennenfütterung mit Rapskuchen und Rapsschrot war in der Vergangenheit schwierig, da es bei braunen Hennenherkünften vereinzelt zu sogenannten „Stinkeiern“ kam, die einen fischähnlichen Geruch aufwiesen. Durch züchterische Maßnahmen ist es seit 2007 gelungen, dieses Problem zu beseitigen. **Glucosinolate** können weiterhin bei höheren Gehalten als Jodantagonisten negative Auswirkungen auf die Leistung und Funktion der Schilddrüse haben (Simon & Stegemann 2008). Die im Anbau befindlichen 00 Sorten sind arm an Glucosinolaten. Der durchschnittliche Gehalt lag im Mittel der Jahre 2009 bis 2013 mit ca. 7,2 mmol/kg Rapsextraktionsschrot auf einem gewünschten niedrigen Wert (Weber & Prießinger 2008).

Einsatzmöglichkeit: Trotz der Züchterischen Weiterentwicklung der Rapsorten hinsichtlich der Verringerung der antinutritiven Inhaltsstoffe werden allgemein noch relativ restriktive Einsatzobergrenzen in der Monogastrierfütterung angegeben.

Tabelle 11: Empfohlene Einsatzobergrenzen alternativer Proteinfuttermittel

Futtermittel	Aufzucht- ferkel	Vor- mast	End- mast	Sauen säugend	Sauen tragend	Lege- hennen	Mast- hähnchen	Mast- pute
Rapskuchen %	5	8	8	5	10	5	15	5

Quelle: Baumgärtel et al. 2013

Verfügbarkeit: Presskuchen aus Rapssaat ist ein Standardausgangsstoff für die Fütterung. Das Preisniveau für Rapskuchen bewegt sich über die Jahre im Bereich von 45 €/dt bis zu 55 €/dt +MwSt. (Getreide König GmbH). Biorapspresskuchen ist in begrenzten Mengen aus inländischer Erzeugung verfügbar (ca. 2.500 bis 3.000 t/a) sowie aus dem Import.

Der Anbau von ökologischem Raps zeigt verschiedene pflanzenbauliche Herausforderungen und stagniert seit mehreren Jahren auf niedrigem Niveau.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich und regional möglich.

Forschungsbedarf: Durch hydrothermische Behandlung können die Eigenschaften des Rapses verbessert werden. Die Bitterstoffe im Raps, die einen höheren Einsatz im Futter beschränken, können so inaktiviert werden und neue Einsatzobergrenzen könnten definiert werden.

Sonnenblumenkuchen

Die Sonnenblume wächst in trockenen und warmen Regionen, wie in den süddeutschen Bundesländern oder auch kontinental geprägten Klimaten in Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt.

Futterwert

Der Rohproteingehalt des Sonnenblumenkuchens ist im Vergleich zum Rapskuchen deutlich geringer, der Methioningehalt ist dagegen auf vergleichbarem Niveau.

Tabelle 12: Futterwert von Sonnenblumenkuchen (in g/kg)

TM-Gehalt: 920	Schwein
Rohprotein: 333,20	ME: 11,86
MET: 5,55	METpcv: 86 %
LYS: 10,36	LYSpcv: 77 %
CYS: 4,60	CYSpcv: 81 %

Quelle: DLG Futtermitteldatenbank, Futterberechnung für Schweine LfL 2014

Sonnenblumenkuchen bringt im Vergleich zu Raps weniger unerwünschte Bitterstoffe (Antinutritiva) mit, deshalb ist er besonders in der Fütterung von Geflügel vorteilhaft. Der Rohfaseranteil ist dagegen im Vergleich zum Rapskuchen deutlich höher. Deshalb gilt eine Einsatzbeschränkung von 10 bis 15 % in der Ration. Die gut strukturierte Rohfaser hat andererseits besonders in der Schweinefütterung eine positive diätetische Wirkung.

Der Einsatz des oft preisgünstigen Sonnenblumenkuchens wird durch den relativ hohen Anteil an Polyensäuren (mehrfach ungesättigte Fettsäuren) begrenzt, die bei zu hoher Dosierung zu einer

unerwünschten weichen Fettkonsistenz im Schlachtkörper führen. Dies ist ein grundsätzliches Problem von hohen Restfettgehalten in den Presskuchen.

Einsatzmöglichkeit: In der Monogastrierfütterung wird Sonnenblumenkuchen wegen seines hohen Methioningehaltes zunehmend mit Sojakuchen kombiniert, bzw. ersetzt diesen zunehmend. So können überhöhte Rohproteingehalte in den Futtermischungen vermieden werden (Bellof 2013). Besonders Sonnenblumenkuchen aus geschälter Ware eignet sich sehr gut, ist aber als Abfallprodukte aus der Speiseverarbeitung (z. B. Sonnenblumenbrotherstellung) nur begrenzt verfügbar.

Sonnenblumenpresskuchen wird in Futtermischungen für Schweine und Hühner verwendet.

Tabelle 13: Einsatzempfehlungen Sonnenblumenkuchen in der Ration in %

Sonnenblumenkuchen	Geflügel	Jungsauen	Zuchtsauen Tragend	Zuchtsauen säugend	Ferkel	Mast
Standard	10-15	7	15	3	-	3
high oleic	10-15	10	12	8	5	8

Quelle: Kraft et al. 2012, Lindermayer et al. 2009

Tabelle 14: Vergleich Sojaschrot (NT =ungeschält), Rapskuchen kaltgepresst, Sonnenblumenkuchen kaltgepresst (91 % TS)

Inhaltsstoffe	Sojaschrot NT	Rapskuchen	Sonnenblumenkuchen	
			High oleic	Standard
Polyensäuren g	9	49	24	80
Rohprotein g	466	328	273	226

Quelle: Lindermayer, Propstmeier, Preißinger (2009)

Verfügbarkeit: Sonnenblumenpresskuchen spielt aufgrund der Preiswürdigkeit und guter Methioningehalte eine zunehmend wichtige Rolle in der Geflügelfütterung und wird z.T. stärker in Biofuttermitteln eingesetzt als Sojakuchen. Die Sonnenblume ist mit über 21.000 t die wichtigste Presskuchen liefernde Ölpflanze im Ökolandbau und steuert über die Anbaufläche von rund 50 % der deutschen Ölsaaten entsprechend hohe Mengen Ökoölpresskuchen aus Deutschland bei. Die Importe kommen aus Osteuropa, Frankreich, Rumänien und Italien (Witten et al. 2014). Kostenprognose: 33 €/dt und 45 €/dt (Quelle Getreide König GmbH).

Für Deutschland wird die Sonnenblume aufgrund des Wettbewerbsangebotes aus dem Ausland eine Kultur mit vergleichsweise geringem Anbauumfang bleiben.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional möglich.

Forschungsbedarf: Die Proteingehalte der Sonnenblumensorten schwanken zwischen 14,4 % und 20 %. Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt einer Sorte und ihrem Ölgehalt. Durch entsprechende Züchtungsaktivitäten und den Anbau eiweißhaltiger Sorten wäre ein höherer Proteintrag über den Sonnenblumenpresskuchen erzielbar (Hahn 2006).

Handlungsbedarf: Die Herkunft der Importwaren müssen überprüfbar sein und abgesichert werden.

Leinkuchen

Futterwert

Tabelle 15: Futterwert von Leinkuchen (in g/kg)

TM-Gehalt: 898	Schwein
Rohprotein: 363,40	ME: 13,13
MET: 6,78	METpcv: 73%
LYS: 13,85	LYSpcv: 60%
CYS: 6,86	CYSpcv: 69%

Quelle: DLG Futtermitteldatenbank

Leinkuchen weist im Vergleich zu Sonnenblumen und Rapskuchen einen hohen Rohproteingehalt von 30 bis 33 % auf. Daneben hat Leinkuchen einen hohen Methioningehalt, was ihn als Mischungspartner in der Monogastrierfütterung sehr interessant macht.

Leinkuchen ist relativ rohfaserreich und enthält ca. 8 bis 11 % Restfett. Ungefähr 2/3 des Fettgehalts bestehen aus PUFA (mehrfach ungesättigten Fettsäuren), mit der Besonderheit eines hohen Anteils der ω 3-Fettsäure C18:3 (α -Linolensäure). Die Linolensäure wird bei der Verfütterung von Leinkuchen im Tier bzw. tierischen Produkten angereichert (Futtermittelkatalog, Univ. Zürich agroscope 2011-2013).

Leinkuchen enthält **Glycoside**, die seinen Einsatz in der Fütterung beschränken; die praktische Bedeutung im Sinne einer toxischen Wirkung wird allerdings mittlerweile etwas relativiert.

Einsatzmöglichkeit:

Tabelle 16: Einsatzobergrenzen Leinkuchen

Futtermittel	Ferkel	Vormast	Endmast	Sauen säugend	Sauen tragend	Legehennen	Masthähnchen
Leinkuchen	10	15	15	15	15	10	5

Quelle: Futtermittelkatalog, Univ. Zürich agroscope 2013

In einen Fütterungsversuch „Entwicklung von Futterrationen für 100%ige Biofütterung von Freilandlegehennen unter besonderer Berücksichtigung von Raps- und Leinkuchen“ wurde ein Anteil von 5 % Leinkuchen in einer 100% Biofutter Ration u.a. mit Körnerleguminosen gefüttert. Die Komponente Leinkuchen erwies sich in diesem Versuch im Vergleich zu den bitterstoffhaltigen Leguminosen wie Ackerbohne, Lupine und Wicke als deutlich weniger problematisch. Leinkuchen weist häufig geringere Restölgehalte und Energiegehalte auf, was bei ökologischen Rationen oft von Vorteil ist (Holle & Rahmann 2005).

Verfügbarkeit: Leinkuchen wird überwiegend als Importware zu Preisen zwischen 50 bis 60 €/dt in Mischfutter eingebracht. Der Preis des Leinkuchens orientiert sich am Preis des Rapskuchens und liegt in der Regel leicht über dem Rapskuchenpreis. Die Importe kommen vielfach aus Russland und China, aber auch aus Frankreich.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz überregional möglich.

Forschungsbedarf: Die Einsatzobergrenzen von Leinkuchen sind für verschiedene Geflügelarten noch nicht im Einzelnen bestimmt worden. Weitere Fütterungsversuche sollten erfolgen.

Sesamkuchen

Futterwert: Sesamkuchen ist mit Rohproteingehalten, die zwischen 38 % bis zu 49 % liegen, sowie aufgrund des ungewöhnlich hohen Methioningehaltes (ca. 9,58 g/kg bei 92,4 % TM laut DLG Futtermitteldatenbank), ein attraktiver Mischungspartner für die Herstellung von 100% ökologischen Futtermischungen. Der Methioningehalt des Sesamkuchens ist unter den Ölpresskuchen besonders hoch, was seinen besonderen Wert begründet.

Antinutritive Substanzen sind, wenn überhaupt, nur in geringem Umfang vorhanden.

Bei bzw. nach Überseetransporten besteht häufig ein Risiko von Pilztoxinbelastungen.

Einsatzmöglichkeit: Wegen des sehr hohen Methioningehaltes wird Sesamkuchen gerne als Ersatz für Maiskleber verwendet.

Verfügbarkeit: Sesampresskuchen ist in begrenztem, aber wachsendem Umfang in Bioqualität vorhanden und wird zunehmend nachgefragt. Die Herkunftsländer liegen jedoch außerhalb Europas. Der Einsatz dieses Futtermittels führt daher verstärkt zu Drittlandimporten. Sesampresskuchen ist mit 600 -100 t Jahresimportmenge eine relativ kleine Presskuchensorte. Sesamkuchen wird mit 80 € bis 90 €/dt gehandelt.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz überregional möglich.

2.4.2 Getrocknete Schlemphen

Schlemphen entstehen bei der Alkoholherstellung. Dieser wird vor allem für Biokosmetika genutzt und überwiegend auf Basis von Weizen, zum Teil auch Triticale, hergestellt.

Futterwert: Schlemphen weisen einen Rohproteingehalt von ca. 300 g/kg sowie Methioningehalte von rund 4,7 g/kg und Lysingehalte von ca. 7,8 g/kg auf.

Es sind antinutritive Substanzen vorhanden, die den Einsatz auf höchstens 10 % begrenzen (Jeroch 2011, in Damme 2014).

Einsatzmöglichkeit: Schweine und Geflügel bis zur Obergrenze.

Verfügbarkeit: Kosten von 50 bis 55 € netto ab Werk. Als Nebenprodukt von der Nachfrage des Hauptproduktes abhängig. Angebot und Nachfrage sind relativ ausgeglichen.

Flüssige Schlempe wurde traditionell in der lokalen Umgebung von Brennereien an die Tiere verfüttert. Alternativ besteht im ökologischen Landbau die Nutzung flüssiger Schlempe als Dünger.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional möglich.

Forschungsbedarf: Besteht nicht. Die Fütterungsempfehlungen basieren auf Fütterungsversuchen im konventionellen Landbau.

Handlungsbedarf: keiner.

2.4.3 Fischmehl

Futterwert: Fischmehl hat für die Fütterung von Monogastriern große Vorteile: es hat 64 % Rohprotein und einen hohen Anteil essentieller Aminosäuren: gemäß Witten et al. (2014) ca. 17 g Methionin/kg und 44 g Lysin/kg. Auch bei Schumacher et al. (2011) wird dieser Punkt positiv hervorgehoben. Antinutritive Substanzen sind nicht vorhanden.

Einsatzmöglichkeiten werden von Witten et al. (2014) vorwiegend bei der Geflügel- und Schweineaufzucht gesehen, wenn die Jungtiere einen besonders hohen Anspruch an eine ausgewogene Aminosäurenversorgung haben. Beim Einsatz von Fischmehl bei produzierenden Tieren wird eine Übertragung des Fischaromas auf die tierischen Erzeugnisse befürchtet.

Verfügbarkeit: Zertifiziertes Fischmehl ist im Handel erhältlich und wird in Skandinavien und Dänemark bereits erfolgreich eingesetzt (Witten et al. 2014), auch in Cuxhaven gibt es einen zertifizierten Fischmehlhersteller. Aufgrund verschiedener Schwierigkeiten und Bedenken wird Fischmehl im ökologischen Landbau nicht flächendeckend in der EU eingesetzt (hoher Preis, schlechte Verfügbarkeit, Bedenken bezüglich der Nachhaltigkeit der Fischproduktion usw.).

Witten et al. (2014) kommen aufgrund ihrer Bedarfsschätzung sowie einer Befragung von Futtermühlen zu dem Schluss, dass grundsätzlich genügend Menge für die Nachfrage bei 100%iger Biofütterung vorhanden ist. Die Herausforderung besteht darin, dass aus Seuchenschutzgründen nur Futtermühlen Fischmehl verarbeiten dürfen, die kein Wiederkäuerfutter herstellen. Das Gleiche gilt auch für Fleischmehl etc. Zur Herstellung von fischmehlhaltigem Mischfutter sind also separate Verarbeitungswege erforderlich.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): Ist grundsätzlich vorhanden. Aus verschiedenen Gründen verbieten aber einige EU-Staaten den Einsatz von Fischmehl im

ökologischen Landbau, z.B. wegen Bedenken hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Fischproduktion und dem Anspruch auf vegetarischer Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere (Witten et al. 2014).

Die Verbände Demeter und Bioland haben ihren Erzeugerbetrieben den Einsatz von Fischmehl untersagt, Naturland beschränkt den Einsatz auf Jungtiere.

Einsatz regional und überregional möglich.

Forschungsbedarf: Beim Einsatz von Fischmehl werden insbesondere ethische Fragen aufgeworfen. Bedenken gibt es auch im Bereich der Nachhaltigkeit. Hier ist eine umfassende Bewertung notwendig. Schumacher et al. (2011) weisen außerdem auf eine potenzielle Dioxin- und Salmonellenbelastung von Fischmehl hin. Eine Prüfung der tatsächlichen Risiken und deren Management scheinen hier angezeigt. Weiter ist unsicher, welche Akzeptanz Verbraucher gegenüber dem Einsatz von Fischmehl in der ökologischen Tierhaltung haben.

Auch die Option der Nutzung von Krebsemehl anstatt Fischmehl sollte vertieft erforscht werden. Bei Krebsemehl handelt es sich um eine junge Idee, welche im Zusammenhang von Krebsen und Seesternen angedacht wird, die die Fjorde belasten und im Gegensatz zu Fischmehl nachhaltig ohne Beifang gefischt werden könnten.

2.4.4 Molke

Futterwert: Molkepulver weist bei 96 % TM einen Rohproteingehalt von 116 g/kg, einen Methioningehalt von 5,1 g/kg und einen Lysingehalt von 8,5 g/kg auf (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 2011).

Der XP-Gehalt von entzuckertem Molkenpulver liegt bei etwa 24 %. (Witten et al. 2014)

Keine antinutritive Substanzen vorhanden.

Einsatzmöglichkeit: Aufgrund des hohen Preises, wird Molkenpulver vorwiegend in der Ferkelaufzucht genutzt (Witten et al. 2014).

Verfügbarkeit: Biomolke und insbesondere Biomolkenpulver sind am Markt in geringen Mengen verfügbar. Kleinere Käsereien verkaufen die anfallende Molke häufig direkt in flüssiger Form an lokale Landwirte. Größere Mengen werden als Pulver verarbeitet. Durch die steigende Nachfrage nach Biolaktose ist die Herstellung von Biomilchproteinen zunehmend interessant (Witten et al. 2014). Die Kosten für Molke, wie auch für andere Milchprodukte, sind durch die hohe Nachfrage z.B. aus China momentan sehr hoch (Witten et al. 2014).

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional möglich.

2.4.5 Eiprodukte

Futterwert: Eiprodukte weisen optimale Gehalte an Rohprotein und essentiellen Aminosäuren auf. Es sind keine antinutritiven Substanzen vorhanden.

Einsatzmöglichkeit: Einsatzmöglichkeiten bestehen vorwiegend in der Jungtieraufzucht (Schumacher et al. 2011).

Als problematisch wird die schnelle **Verderblichkeit** der Eiprodukte gesehen. Insbesondere das Risiko einer Salmonellenbelastung wird problematisiert (Schumacher et al. 2011).

Verfügbarkeit: Schumacher et al. (2011) geben zu bedenken, dass der Einsatz von Eierprodukten für die Tierernährung grundsätzlich in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung steht. Es wird deshalb gefordert, hier lediglich Knickeier etc. einzusetzen, um die Konkurrenzsituation zu entschärfen. Sowohl Berater als auch Futtermittelhersteller schätzen den Preis für Eiprodukte als sehr hoch ein, geben jedoch zu bedenken, dass sich der Einsatz von Eiprodukten vor allem auf die Jungtieraufzucht beschränkt und sich der Preis nur in geringem Maß auf die Gesamtration auswirkt.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist vorhanden.

Forschungsbedarf: Die Effizienz der Eierproduktion für die Tierernährung muss überprüft werden (s.o.).

Handlungsbedarf: Die Hygiene der Futtermittel muss in der gesamten Wertschöpfungskette gesichert sein, da Eiprodukte einen hervorragenden Nährboden für Krankheitserreger darstellen.

2.4.6 Schlachtnebenprodukte

Futterwert: Ernährungsphysiologisch kann es sinnvoll sein, bestimmten omnivoren Tieren Fleischmehl zu füttern. Dem entgegen steht aber die Skepsis der Verbraucher, die den Einsatz von Tiermehlen kritisch betrachten (Schumacher et al. 2011, Früh 2014).

Einsatzmöglichkeit: Beim Einsatz von Fleischmehl muss Kannibalismus ausgeschlossen werden. Das bedeutet, dass tierartspezifisches Fleischmehl eingesetzt werden muss (s.u.). Fleischmehl kann also nur von Betrieben eingesetzt werden, auf denen nur eine Tierspezies (Geflügel oder Schweine) gehalten wird (Früh 2014).

Verfügbarkeit: Um Kannibalismus auszuschließen, müssten die Bioschlachtabfälle, die zu Fleischmehl weiterverarbeitet werden sollen, getrennt nach Tierarten erfasst und zeitlich konzentriert geschlachtet werden, um eine Mindestmenge für die Produktion zu erreichen. Entlang der gesamten Wertschöpfungskette muss diese Trennung aufrecht erhalten bleiben (Früh 2014).

Schlachtnebenprodukte ökologischer Herkunft werden momentan häufig gemeinsam mit den konventionellen Herkünften verarbeitet und z.B. als Heimtierfuttermittel verwendet

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): An Schweine und Geflügel dürfen Schlachtnebenprodukte momentan nicht verfüttert werden; diese Regelungen sollen aber in nächster Zeit gelockert werden (Früh 2014). Abgesehen von dieser Regelung wäre der Einsatz von ökologischem Tiermehl laut EG-Verordnung Nr. 889/2008 Art. 22c grundsätzlich in der ökologischen Tierhaltung erlaubt.

Handlungsbedarf: Nach Einschätzung von Früh (2011 und 2014) ist das Potenzial von Schlachtnebenprodukten zur Lösung der Aminosäurelücke gering, während die Skepsis der Verbraucher sehr hoch ist. Hier ist abzuwägen, ob Aufwand und Nutzen diese eine Verfolgung erfolgversprechend erscheinen lassen.

2.4.7 Fazit Verarbeitungsnebenprodukte

Besonders für den ökologischen Landbau sind Verarbeitungsnebenprodukte interessante Komponenten für die 100% Biofütterung, da hier dem Kreislaufgedanken Rechnung getragen wird. Auch hinsichtlich der Futterwerte und der Gehalte an essentiellen Aminosäuren sind Verarbeitungsnebenprodukte ein essentieller Baustein in der Aminosäurenversorgung von Monogastriern. Die Zulassung der tierischen Verarbeitungsnebenprodukte, bzw. die Diskussion darüber, sollte baldmöglichst erfolgen, sofern nicht schon geschehen. Fütterungsversuche etc. zur Erstellung einer guten Datengrundlage sollten ggf. noch durchgeführt werden.

2.5 Bakterieller Eiweiß

2.5.1 Methionin angereichertes Bakterieneiweiß (gesamtes Fermentat)

Futterwert: Nach aktuellem Forschungsstand könnten mit den derzeit verwendeten Bakterien nach Entzug des Wassers bis zu 10 % Methioningehalt erreicht werden (Willke et al. 2010). Daneben werden aus dem Trockenfermentat weitere Nährstoffe mit erhöhter Relevanz für die Tierernährung gewonnen.

Es sind im Normalfall keine antinutritiven Effekte bekannt und nicht zu erwarten.

Einsatzmöglichkeit: Geeignet für alle landwirtschaftlichen Nutztiere, insbesondere Jungtiere und Fische.

Verfügbarkeit: Methioninreiche Bakterienpräparate werden aktuell noch nicht hergestellt. Erste Tests sollen 2016 laufen; danach ist absehbar wie schnell ggf. eine größere Produktion aufgebaut werden könnte. Der Einsatz bietet sich aufgrund der benötigten geringen Mengen in Vormischungen und Ergänzungskonzentraten an. Die Nutzung der gesamten „Kulturbrühe“ einschließlich der Biomasse der methioninproduzierenden Organismen ohne die weitergehende, kostenintensive Aufbereitung, bedeutet aus Sicht des ökologischen Landbaus einen großen Vorteil gegenüber bakteriell hergestellten isolierten Aminosäuren. Die Nahrungsquellen der Bakterien, z.B. Getreide, Ölsaaten und Sonnenblumenöl, sollen aus ökologischem Anbau stammen. Die Produktion könnte in Deutschland oder Europa stattfinden; denkbar wären sogar "Minifermenter" auf geeigneten Betriebsgrößen. Damit ergäbe sich eine hohe Vereinbarkeit mit den Grundsätzen des ökologischen Landbaus.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): ist nicht vorhanden.

Einsatz innerbetrieblich, regional und überregional denkbar.

Forschungsbedarf: Die Forschungsarbeiten, die Dr. Wilke 2010 beendete, wurden bisher nicht fortgesetzt und in eine praxisreife Lösung überführt.

Hinsichtlich der Bakterienstämme besteht Optimierungspotenzial: in der Forschung könnte ein Screening angesetzt werden, um hinsichtlich der Methioninproduktion noch leistungsfähigere Stämme zu finden. Es besteht die realistische Hoffnung, Bakterienstämme mit einer höheren Ausbeute zu finden. Bisher wurde keine große Anzahl an Stämmen getestet. Außerdem müssen unterschiedliche Komponenten auf ihre Substrateignung getestet werden. Auch die Prozesssteuerung und -optimierung muss weiter verbessert werden, ebenso wie die Optionen zur Aufbereitung der Bakterienbrühe zur Verfütterung. Daneben sind Fütterungsversuche notwendig.

Seit Oktober 2014 ist ein Projekt bei der BLE unter dem Titel "Optimierung der Produktion von Methionin in halbertechnischem Maßstab für Futterzwecke nach den Richtlinien der EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau Nr. 834/2007 und 889/2008 unter Verwendung von *Corynebakterium glutamicum* Typ KY 10575 oder anderen geeigneten Mikroorganismen (Acronym CORYNE)" angelaufen, das unter der Leitung des TI durchgeführt wird.

Handlungsbedarf: Anerkennung als Futtermittel.

2.5.2 Bakteriell fermentiertes Methionin

Futterwert: Hier handelt es sich um die Gewinnung von bakteriellem Methionin in möglichst hoher Reinheit. Es sind keine antinutritiven Effekte bekannt und nicht zu erwarten.

Einsatzmöglichkeit: Generell einsatzfähig, keine Einschränkungen.

Verfügbarkeit: Für den konventionellen Landbau ist die Produktion für verschiedene Aminosäuren etabliert und entwickelt. Da jedoch vermutlich GVO eingesetzt werden und die Substrate nicht den Anforderungen des ökologischen Landbaus entsprechen, sind diese Produkte für den ökologischen Landbau nicht einsetzbar.

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko): Die Zulassung des aus Bakterien hergestellten Methionins als Futtermittel für die konventionelle Landwirtschaft ist im August 2014 erfolgt. Produkte werden voraussichtlich im ersten Quartal 2015 auf den Markt kommen (Cheiljedank Bio 2014). In den EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau ist dieses Futtermittel aktuell nicht aufgeführt.

Einsatz überregional möglich.

Forschungsbedarf: Der Einsatz von isolierten Aminosäuren ist aufgrund der Erfahrungen im konventionellen Landbau bekannt. Es besteht kein Forschungsbedarf.

Die Produktion auf Basis von ökologischen Substraten ist noch nicht etabliert, hier besteht Forschungsbedarf, um die Praktikabilität und den Betrieb der Anlagen zu erproben.

Handlungsbedarf: Etablierung der Produktion die den Anforderungen des ökologischen Landbaus gerecht wird.

2.6 Insekteneiweiß

Für die Verfütterung von Insekteneiweiß werden die Larven von Insekten genutzt. Relevant für die Herstellung in großen Mengen sind derzeit vor allem die Larven der Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), der Stubenfliege (*Musca domestica*) und des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*) (Veldkamp et al. 2012).

Soldatenfliege (*Hermetia illucens*)

Im Bereich der Insekten als Proteinquelle erscheinen Entwicklungsstadien (Prä-Puppen) der Soldatenfliege am interessantesten. Diese vereint schnelles Wachstum mit geringen Ansprüchen an ihr Futter. Verschiedene Versuchsproduktionen und Fütterungsversuche wurden in Deutschland und der Schweiz durchgeführt (Stamer 2013).

Herstellungsverfahren: Der große Vorteil der Fliegenlarven ist ihr riesiges Spektrum an möglichen Nahrungsquellen. Sie sind von Natur aus Verwerter abgestorbener organischer Substanz. Die Nahrungsquellen können sowohl tierischen als auch pflanzlichen Ursprungs sein. Bisher haben sich folgende Materialien als geeignet herausgestellt: Getreidepressrückstände aus der Futtermittelproduktion, Getreidestäube aus der Futtermittelproduktion, Obst- und Gemüsereste aus der Saftherstellung, Malztreber aus Bierherstellung, Althefe aus der Bierherstellung, Hühnermist, Pferdemist, Altbrot, vegetarische Speiseabfälle, Gärrückstände aus Biogasanlagen, Grünschnitt, Palmkernmehl, Schlempe, Molke, Kompost. Viele der möglichen Nahrungsquellen fallen als Reststoffe an und stehen damit nicht in Nutzungskonkurrenz zu anderen Tieren oder dem Menschen. Unter dieser Voraussetzung wäre die Erzeugung von Fliegenlarven aus Sicht des ökologischen Landbaus ein idealer Teil einer Kreislaufwirtschaft.

Die Weiterverarbeitung der frischen Larven zu Mehl erfolgt über Trocknung, Mahlen und Teilentfettung (Stamer und Bär 2013).

Futterwert: Aminosäuregehalt und Aminosäuremuster sind vergleichbar mit dem von Sojabohnenmehl. Die Larven enthalten bei ca. 67 % Wasser 12,5 % Rohprotein und 13,2 % Rohfett. Zur Nutzung als Eiweißfutter ist eine Trocknung, Erhitzung und Entfettung notwendig. Dann werden Gehalte von 58 % Rohprotein, 9,6 % Rohfett und 1,04 % Methionin in der TS erreicht (Stamer 2013, Katz & Katz 2011).

Es gibt keine Hinweise auf antinutritive Inhaltsstoffe im entfetteten Produkt. Der Einsatz erscheint daher insbesondere für Jungtiere und Fische interessant.

Einsatzmöglichkeit: Es gibt keine Einschränkungen zum Einsatz bei bestimmten Tierarten oder Entwicklungsstadien. Jedoch ist der Forschungsstand für die Fütterung in der Aquakultur im Vergleich zur Geflügel- und Schweinefütterung weiter fortgeschritten.

Bisher werden *Hermetia*produkte überwiegend in der Haustierfütterung eingesetzt. Entsprechend gering sind die aktuell verfügbaren Mengen. Nach Einschätzungen von Veldkamp et al. (2012) werden *Hermetia*produkte bis 2016 für die Aquakultur verfügbar sein. Unter der Voraussetzung, dass die Frage der Futtermittelzulassung geklärt werden kann, wird auch der Einsatz in der Schweine- und Geflügelhaltung bis dahin für realistisch gehalten (Veldkamp et al. 2012).

Verfügbarkeit: Eine Produktion in größerem Umfang findet schon in Südafrika statt. Der Hersteller plant auch Produktionsstandorte in Europa. Die Technologie der Erzeugung der Insektenlarven ist verfügbar.

Die Erzeugung in Deutschland ist realistisch. Auch Selbstmischer sollten damit keine Probleme haben. Möglicherweise muss das Fliegenlarvenmehl als Sackware gehandelt werden. Eine begrenzte Haltbarkeit, besonders im Sommer, ist zu beachten.

Um wirtschaftlich wettbewerbsfähig zu sein, sollte der Preis für konventionelle Futtermittel aus *Hermetia* zwischen 1 und 1,50 €/kg liegen (Veldkamp et al. 2012). Als Grenze der wirtschaftlichen Produktion wird eine Jahresproduktion ab 300 Tonnen betrachtet (Stamer 2013).

Gesetzliche Zulassung (EU, EU Öko, Verbands Öko) ist teilweise vorhanden.

Im Moment ist nur der Handel von lebenden Larven zulässig, wenn sichergestellt ist, dass keine Verpuppung stattfindet. Die Fütterung von Larvenmehl ist in der EU weiterhin nicht zulässig.

Eine weitere Einschränkung besteht in den Regelungen zum Futter der Larven. Aktuell dürfen auch sie nur zugelassene Futtermittel fressen. Damit sind viele interessante Rohstoffe, die als Reststoffe anfallen, ausgeschlossen, z.B. tierische Bestandteile, abgelaufene Lebensmittel (Stamer & Bär 2013, Veldkamp et al. 2012).

Einsatz überregional möglich.

Forschungsbedarf: Im deutschsprachigen Raum wurden bisher nur ein Fütterungsversuch mit Masthähnchen (Ersatz von Fischmehl, kein inhaltlicher Bezug zum Ökolandbau) und ein Fütterungsversuch mit Fischen durchgeführt.

Damit ist das Datenmaterial über dieses Futtermittel zur Erarbeitung von Rationsempfehlungen noch dünn, wenngleich keine großen Probleme zu erwarten sind. Weitere Fütterungsversuche, insbesondere unter Bedingungen des ökologischen Landbaus, sind notwendig.

In der englischsprachigen Literatur finden sich viele Forschungsergebnisse zu allen Bereichen der Fütterung von Insekten. In einer Literaturstudie sollten die Ergebnisse auf die Anwendbarkeit des deutschen Ökolandbaus geprüft werden.

Veldkamp et al. (2012) führen folgende Punkte zum Forschungsbedarf auf:

- Weiterentwicklung der Verarbeitungstechnik, um den Weiterverarbeitungsgrad der Larven und die Haltbarkeit des Produktes zu verbessern
- Analyse der Verdaulichkeit in Futtermittelmischungen
- Ermittlung von Futtermittelmischungen mit Insekten für Schwein und Geflügel
- Verwertungsmöglichkeiten für die Restprodukte aus der Verarbeitung

Handlungsbedarf:

- Akzeptanz schaffen beim Verbraucher
- Zulassung als Futtermittel für Schein und Geflügel erwirken
- Aufbau einer (Bio-)Wertschöpfungskette, insbesondere Besorgung von Substrat/Abfällen, Aufzucht und Verarbeitung

2.7 Fazit Futtermittel

Alle genannte Futtermittel, seien es Körnerleguminosen oder Feinleguminosen, und ihre unterschiedlichen Aufbereitungsvarianten, Verarbeitungsnebenprodukte pflanzlichen und tierischen Ursprungs, bakterielles Eiweiß und Insekteneiweiß, sind prinzipiell für den Einsatz in der 100% Biofütterung geeignet, und haben ein bestimmtes Potential den Bedarf der Tiere zu decken. Wenn das ganze Spektrum in der Praxis eingesetzt werden kann, können 100% Biorationen mit ausgeglichenen Aminosäurezusammensetzungen nach dem Baukastenprinzip gestaltet werden. Die aufgeführten Komponenten können so eine ausgewogene Monogastrierfütterung gewährleisten. Neben der Förderung einzelner Komponenten bis zur Marktreife, ist ein verstärkter Forschungseinsatz notwendig, um die Futterqualität bestimmter Komponenten, beispielsweise durch Anbau, Züchtung oder optimierte Verarbeitung zu erhöhen, aber auch um abgesicherte Empfehlungen für Rationsgestaltungen mit den genannten Komponenten geben zu können. Fütterungsversuche, vor allem unter ökologischen Bedingungen, müssen verstärkt durchgeführt werden.

3 Züchtung

3.1 Pflanzenzüchtung

3.1.1 Beiträge der Pflanzenzüchtung zu einer 100% Biofütterung

Durch pflanzenzüchterische Maßnahmen ist es grundsätzlich möglich, die Zusammensetzung von Nutzpflanzen zu beeinflussen. Bei vielen Nutzpflanzen liegt eine ausreichend hohe genetische Variabilität der Merkmale vor. Diese erlaubt es, gezielt Genotypen zu selektieren, die die erwünschten Merkmale in der Zusammensetzung aufweisen. Ein häufig zu beobachtendes Phänomen ist jedoch, dass wertbestimmende Inhaltsstoffe negativ korreliert sind und bei der Steigerung eines wertgebenden Inhaltsstoffs durch züchterische Aktivitäten der andere abnimmt. Solche negativen Korrelationen sind beispielsweise zwischen Ertrag und Proteingehalt bei Weizen oder zwischen Öl- und Proteingehalt bei Ölpflanzen lange bekannt. Aus diesem Grund kann es Zielkonflikte hinsichtlich der Zuchtziele geben. Zum Teil sind diese nicht vermeidbar. Wenn es z.B. darum geht, den Gehalt an Öl für die menschliche Ernährung durch Züchtung zu erhöhen, kann der Proteingehalt aufgrund der negativen Beziehung zwischen Öl- und Proteingehalt ggf. reduziert werden. Da die Speiseölgewinnung meist Priorität hat und lediglich der Rückstand der Ölpresse für die Tierfütterung genutzt wird, kann es zu einer Verminderung der Qualität für die Tierfütterung kommen. Teilweise lassen sich solche Zielkonflikte über höherer Ertragsleistung entschärfen, da über die Ertragsleistung der Proteinерtrag je Hektar maßgeblich gesteigert werden kann, selbst wenn die Proteingehalte nicht steigen oder gar leicht sinken. Anders liegen die Verhältnisse bei Pflanzen, die für Futterzwecke angebaut werden. Hier steht die Erzeugung möglichst hochwertiger Qualität bei guten Erträgen im Vordergrund. Damit sind Zielkonflikte bei den Zuchtzielen hinsichtlich wertgebender Inhaltsstoffe weniger zu erwarten, allenfalls schlägt die negative Beziehung von wertgebenden Inhaltsstoffen und Ertrag unter Umständen auch hier zu Buche.

Im Folgenden sollen lediglich das Potenzial für pflanzenzüchterische Aktivitäten im Hinblick auf eine verbesserte Qualität von pflanzlichen Erzeugnissen anhand einiger Beispiele aufgezeigt werden. Bei einem Teil unserer Nutzpflanzen werden derartige pflanzenzüchterische Aktivitäten bereits verfolgt (z.B. **High Quality**-Maislinien), zum Teil ist dieser Aspekt jedoch noch überhaupt nicht auf der Forschungsagenda.

3.1.2 Körnerleguminosen

Einheimische Körnerleguminosen

Die in Deutschland traditionell angebauten Körnerleguminosen Ackerbohne, Körnererbse und Lupine haben hohe Gehalte an Rohprotein mit einer relativ hohen biologischen Wertigkeit. Allerdings sind die Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren vergleichsweise niedrig. Dadurch und durch das Vorhandensein von antinutritiven Inhaltsstoffen wird die Einsatzmenge in Futtermischungen begrenzt, sofern kein adäquater Ausgleich an schwefelhaltigen Aminosäuren über andere Quellen erfolgen kann. Eine züchterische Verbesserung der Gehalte an Methionin könnte deshalb eine vergleichsweise große positive Wirkung im Blick auf eine 100%ige Biofütterung entfalten, da die Feldfrüchte ein häufig und in relativ hohen Mengen eingesetztes Eiweißfuttermittel im Ökolandbau darstellen.

Ältere wie auch neuere Untersuchungen (Hanelt et al. 1978, Schumacher & Paulsen 2010) belegen, dass eine Züchtung von methioninreichen Körnerleguminosen bei Ackerbohne, Körnererbse und blauer Lupine auf Grundlage der vorhandenen genetischen Variabilität hinsichtlich dieses Merkmals erfolgversprechend wäre. Allerdings könnte die Integration dieses Zuchtziels auch zu höheren Züchtungskosten beim Züchter führen. U. a. deshalb erscheint es notwendig, durch öffentlich finanzierte Vorarbeiten z.B. die Suche und Vorselektion von besonders geeigneten Genotypen projekthaft zu unterstützen. Da Erfolge in diesem Bereich sowohl einer Verwertung in der konventionellen als auch in der ökologischen Futtermittelerzeugung zu Gute kommen, kann unter anderem die Eiweißpflanzenstrategie der Bundesernährungsministeriums hier wichtige Impulse setzen.

Soja

Bereits geringe Verbesserungen in der Aminosäurezusammensetzung der Sojabohne im Blick auf eine 100%ige Biofütterung können diese zu einem idealen Proteinfuttermittel werden lassen, soweit die antinutritiven Stoffe entfernt und der Energiegehalt durch Abpressen eines Großteil des Öls hinreichend reduziert werden kann. Allerdings ist die genetische Variabilität hinsichtlich des Methioningehaltes in dem vorhandenen Sortiment von Kultursoja relativ gering (Kwanyuen et al. 1997, Hahn 2014), was eine gezielte Züchtung auf die Verbesserung des Gehaltes an dieser Aminosäure schwierig erscheinen lässt. Andererseits könnte die genetische Variabilität hinsichtlich dieses Merkmals verbreitert werden, wenn Wildtypen eingekreuzt würden (Hahn 2014).

3.1.3 Mais

Die Proteinfraktion von Mais weist hohe Gehalte an Methionin auf. Da allerdings die Verfügbarkeit von Ökomaiskleber aufgrund geringer Ökostärkeproduktion praktisch nicht gegeben ist, fällt die Möglichkeit des Einsatzes von Maiskleber bei 100%iger Biofütterung weg. Andererseits gelingt der Ökomaisanbau (im Gegensatz zum Ökorapsbau) verhältnismäßig gut und liefert abhängig von den jeweiligen Anbaubedingungen teils sehr hohe Erträge. Deshalb stellt die Maispflanze ein interessantes Potenzial für die reine Biofütterung dar.

Genotypen von Mais verfügen grundsätzlich über eine hohe Variabilität hinsichtlich der Gehalte an essentiellen Aminosäuren wie Methionin und Lysin. Damit ist eine Züchtung von Maissorten mit verbessertem Proteingehalt und verbesserter Proteinqualität möglich. In den USA wurde bereits vor vielen Jahren mit der Züchtung von sogenannten High Quality Linien (HQ) begonnen, die einen um 40 bis 60 % höheren Proteingehalt sowie eine verbesserte Proteinqualität und erhöhte Gehalte an essentiellen Aminosäuren, besonders Methionin und Lysin, aufweisen (12 bis 14 % bei HQ Linien gegenüber 8 bis 9,5 % bei herkömmlichen Sorten). Damit einhergehend bringen sie auch hohe Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren mit sich. Kreuzungen aus bei uns verbreiteten Maissorten mit HQ Linien weisen zwar entsprechend höhere Gehalte an Rohprotein auf, sind allerdings noch nicht an die klimatischen Verhältnisse Mitteleuropas angepasst. Um dies zu erreichen, ist noch Züchtungsarbeit notwendig. Diese Züchtungsarbeit wird derzeit bereits geleistet, z.B. in einem Projekt, welches die Getreidezüchtung Peter Kunz durchführt (Kunz 2014).

3.1.4 Ölpflanzen

Viele Ölpflanzen besitzen neben hohen Ölgehalten auch interessante Gehalte an hochwertigem Rohprotein mit hohen Gehalten an schwefelhaltigen Aminosäuren, wodurch die Pressrückstände (Ölkuchen) eine wichtige Rolle in der Tierernährung spielen. In der konventionellen Tierernährung spielen z.B. Rückstände aus der Rapsölherstellung mittlerweile eine entscheidende Rolle. Da der Rapsanbau vor allem aufgrund des ohne geeignete Pestizide kaum zu kontrollierenden Aufkommens an Schädlingen im Ökolandbau eine marginale Rolle spielt, fallen diese für eine 100%ige Biofütterung geeigneten Pressrückstände nicht in nennenswerten Mengen an. Demgegenüber könnte jedoch Ölkuchen der Sonnenblume als wichtigste Ölfrucht im ökologischen Landbau eine interessante Rolle für die Bereitstellung von Protein mit hervorragendem Aminosäuremuster spielen. Dies setzt allerdings voraus, dass geeignete, ertragreiche Sorten zur Verfügung stehen.

Sonnenblumen

Sonnenblumensamen enthalten interessante Mengen an Rohprotein von hoher Proteinqualität mit wichtigen essentiellen Aminosäuren, weshalb ihr Presskuchen aktuell ein begehrtes Proteinfuttermittel darstellt. Untersuchungen konnten darüber hinaus zeigen, dass der Proteingehalt zwischen Genotypen variiert und damit eine züchterische Bearbeitung dieses Merkmals grundsätzlich möglich ist (Hahn 2006). Auch im Blick auf die Aminosäurezusammensetzungen liegt Variabilität vor (Hahn 2014). Diese ist in dem vorhandenen Sortiment jedoch relativ gering und dürfte deshalb nicht leicht durch züchterische Maßnahmen zu erhöhen sein. Insgesamt scheint es nach vorliegender Literatur jedoch aussichtsreich, Sonnenblumen zu züchten, die höhere Proteinerträge und ggf. sogar auch verbesserte Proteinzusammensetzung für die Ernährung von Monogastriern aufweisen. Allerdings besteht ein negativer Zusammenhang zwischen Öl- und Proteingehalt, sodass beide Merkmale in Konkurrenz stehen. Da das primäre Zuchtziel in der Regel ein hoher Ölgehalt mit entsprechender Fettsäurezusammensetzungen ist (z.B. High-Oleic-Typen) und ein negativer Zusammenhang zwischen Öl- und Proteingehalt besteht, liegt ein Zielkonflikt vor, der wohl am ehesten über höhere Erträge entschärft werden kann. Damit können selbst mit ggf. verringerten Proteingehalten hohe Hektarerträge an Protein erzielt werden (Hahn 2006). Neben züchtungstechnischen Aspekten ist jedoch zunächst die Ausdehnung des Ökosonnenblumenanbaus ein vordringlicher Schritt.

Raps

Da nicht absehbar ist, dass der Anteil an Raps als Ölfrucht in der näheren Zukunft im ökologischen Landbau erheblich zulegen kann, ist das Potenzial für Ökorapskuchen sehr begrenzt. Da Rapskuchen der angebauten, konventionell gezüchteten Sorten auch ohne weitere züchterische Bearbeitung eine für die Ökofütterung von Monogastriern gute Aminosäurezusammensetzung aufweist, wäre ein nennenswerter Beitrag zur Ökofütterung bereits schon durch eine Anbauausweitung im ökologischen Landbau zu verzeichnen. Um diese zu erreichen, müssten jedoch zunächst die Anbauprobleme für Ökoraps erfolgreich reduziert werden.

3.1.5 Fazit Pflanzenzüchtung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es ein erhebliches Potenzial gibt, durch Pflanzenzüchtung sowohl Proteingehalt als auch die biologische Wertigkeit von pflanzlichen Proteinen zu verbessern. Bei einigen Nutzpflanzenarten sind züchterische Ansätze bereits erforscht oder sogar schon in Umsetzung. Bei anderen hingegen fehlen bislang noch Impulse, die Aspekte überhaupt in Betracht zu ziehen. In der vorliegenden beispielhaften Darstellung nicht berücksichtigt sind Getreide (außer Mais), kleinsamige Futterleguminosen wie Klee, Luzerne oder deren Gemenge mit Gräsern sowie bislang in Deutschland kaum angebaute Arten, wie z.B. Hirse. Bedenkt man jedoch die große Hebelwirkung von Futtermittel auf Basis von Getreide oder Feldfutterleguminosen(-grasgemengen) durch die hohen Einsatzmengen im Futter (z.B. über Silagefütterung oder Energiefuttermittel), wird deutlich, dass selbst kleinere Verbesserungen im Proteingehalt oder der Aminosäurezusammensetzung bei diesen Futtermitteln einen großen Beitrag zur Lösung entfalten können.

In der konventionellen Landwirtschaft lassen sich Imbalancen hinsichtlich der Aminosäurezusammensetzung vergleichsweise günstig durch die Hinzunahme an synthetischen Aminosäuren ausgleichen. Dies dürfte ein wesentlicher Grund dafür sein, dass bislang nur wenige züchterische Aktivitäten zur Verbesserung der Aminosäurezusammensetzung laufen. In einer Strategie für eine 100% Biofütterung gewinnt die pflanzenzüchterische Qualitätsbeeinflussung von Futterpflanzen bzw. Nutzpflanzen mit nachgelagerter Futterverwertung erheblich an Bedeutung, da bislang keine freien Aminosäuren zur Verfügung stehen, die den Prinzipien des Ökolandbaus entsprechen. Selbst wenn zukünftig solche Aminosäurequellen auch dem Ökolandbau zur Verfügung stehen sollten, dürfte die züchterische Berücksichtigung von Qualitätsverbesserungen hinsichtlich des Proteingehalts und der biologische Wertigkeit des Proteins von hoher Relevanz und in vielen Fällen auch die langfristig ökonomisch vorzüglichere Strategie sein. Die Verbesserung der Qualität von Futtermitteln über Pflanzenzüchtung stellt nicht nur ein wichtiges Ziel vor dem Hintergrund einer 100%igen Biofütterung dar, sondern befindet sich vollständig im Einklang mit den Zielen der Eiweißpflanzenstrategie des Ernährungsministeriums. Um die Potenziale für Qualitätsverbesserung über Pflanzenzüchtung nutzbar zu machen, sind vermehrt Forschungsaktivitäten zu leisten, auf deren Grundlage ggf. eine gezielte züchterische Bearbeitung erfolgen kann. Pflanzenzüchtung bietet die Möglichkeit, sehr nachhaltige Lösungen beizutragen, erfordert allerdings auch eine längerfristige Bearbeitung, um die angestrebten Erfolge zu erzielen.

3.2 Tierzucht

3.2.1 Beiträge durch Tierzucht für eine 100% Biofütterung

Schon 2007 stellten Sundrum et al. fest, dass eine Fütterung von Monogastriern ohne konventionelle Futtermitteln grundsätzlich möglich ist, und zwar ohne die Gesundheit der Tiere zu gefährden. Ausnahmen für Tiere in der Aufwuchsphase erachten sie als sinnvoll (Sundrum et al. 2007). Fütterung mit ausschließlich betriebseigenem Futter kann zu einer leichten Unterversorgung mit Methionin führen. Die daraus resultierenden schlechteren Zunahmen werden nur teilweise von den geringeren Futterkosten abgefangen. Vermarktungsformen, in denen mehr Wert auf die Fleischqualität als auf den Fleischertrag gelegt werden, sind vorteilhaft (Weißmann 2011, S. 80). Brandt et al. (2009) stellen fest, dass konventionell gezüchtete Schweinerassen alten Haustierrassen auch unter ökologischen Bedingungen überlegen sind. Deshalb sehen sie auch keinen Bedarf für eine speziell auf die Bedingungen des Ökolandbaus ausgerichtet Tierzucht (Brandt et al. 2009, S. 353).

Ein wichtiges Spannungsfeld bilden das Futterangebot und die Futterverwertung. Entsprechend wird in Forschungsarbeiten häufig die Wechselwirkung zwischen Varianten von Futtermischungen und Tierzüchtungen untersucht. Interessant für die Haltung unter Öko-Bedingungen sind Rassen, welche trotz Schwankungen im Futterwert und geringeren Aminosäuregehalten gute Leistungen bringen. Auch wirtschaftliche Aspekte werden berücksichtigt.

Als problematisch in Bezug auf Züchtungsfragen stellt sich insbesondere die Versorgung von Puten und Broilern mit essentiellen Aminosäuren in den ersten Wachstumsphasen dar. Schnell wachsende Linien können nicht auf hochwertige Eiweißfuttermittel verzichten, ohne das Gesundheits- und Leistungseinbußen riskiert werden. Für Puten ist die Verfügbarkeit von entsprechend langsam wachsenden Linien momentan nicht gegeben (Damme 2003, Witten et al. 2014).

3.2.2 Langsam wachsende Rassen

Ein Ansatz ist die Verwendung von langsam wachsenden Rassen. Damme (2003) begründet die Präferenz von langsam wachsenden Rassen in der ökologischen Hähnchenmast mit dem geringeren Nährstoffbedarf dieser Tiere, wodurch der Nährstoffbedarf leichter zu decken ist. Zum Zeitpunkt der Studie wurden langsam wachsende Herkünfte für die Hähnchenmast vor allem vom Zuchtunternehmen Grimaud (z.B. ISA J 457/257) bezogen. In der Putenmast wurden Bronzeputen der englischen Zuchtfirma Kelly oder Farbputen des französischen Züchters Goubin genutzt (Damme 2003). Ob sich diese wirklich von konventionellen Züchtungen unterscheiden, ist unklar. Bisherige Ergebnisse des CORE Organic 2 Projekts ICOPP zeigen, dass für langsam wachsende Hähnchen-Rassen gilt, dass eine Fütterung mit geringen Protein-Gehalten die Raufutteraufnahme in den Freiflächen begünstigt, ohne negative Effekte auf die Zunahmen zu verursachen (<http://www.coreorganic2.org/>).

3.2.3 Bessere Futterverwertung

Die Züchtungsanstrengungen bzw. die Rassewahl zielen auf höhere Futterverwertung der Tiere ab. Dabei werden sowohl alte Haustierrassen als auch neue Züchtungen betrachtet. Ein hohes Futteraufnahmevermögen der Hühner kann schwankende Futterqualitäten kompensieren. Dies trifft zum Beispiel auf die Lohmann Brown Plus Henne und die Zweinutzungshühner Lohmann Dual oder Les Bleues zu (Alpers 2014). Die Legehennen Landrassen Ermellinata di Rovigo und Robusta Maculata zeigen in der ersten Aufzuchtphase gute Zunahmen mit einem entsprechend höheren Fleischanteil in den Schlachtkörpern. Im Produktionssystem Legehenne bedeuten solche Tiertypen aber auch wirtschaftliche Einschnitte (Rizzi et al. 2007, S.128ff).

Für die Fütterung mit Sinapinhaltigen Rapskuchen eignen sich unter anderem die Lohmann Silver TMAfrei (weiße Braunleger). Diese legen braune Eier ohne mögliche Geschmacksveränderungen der Eier, wodurch Rapskuchen ohne thermische Behandlung eingesetzt werden kann und Futtermittelkosten gespart werden (Rahmann & Holle 2007).

3.2.4 Fazit Tierzucht

Langsam wachsende Rassen oder Rassen mit einer höheren Futteraufnahme und einer besseren Futterverwertung können ein Baustein zur Versorgung mit ausschließlich ökologischen Futtermitteln sein. Einige entsprechende Geflügelrassen stehen bereits zur Verfügung, ein breiteres Angebot wäre allerdings wünschenswert. Geeignete Tierrassen können einen wichtigen Baustein in der Strategie zur 100%igen Biofütterung darstellen, allerdings sind auch sie auf ausreichend hochwertige Eiweißträger in ökologischer Qualität angewiesen.

4 Betriebsindividuelle Lösungen

Um das Bild der praktischen Optionen zur 100% Biofütterung zu ergänzen, wurde eine Praxisbefragung durchgeführt. Für telefonische Interviews wurden Betriebe ausgewählt, die bereits meist langjährige Erfahrung mit der 100% Biofütterung haben, um Ideen und Optionen zur Umsetzung aus der Praxis beispielhaft aufzuzeigen. Sieben BetriebsleiterInnen wurden dazu befragt, welche „alternativen“ Futterkomponenten sie verwenden, was sich in der Praxis bewährt hat und wo sie Forschungsbedarf sehen.

4.1 Lösungsansätze und Erfahrungen

In der Geflügelhaltung werden auf den befragten Betrieben Sesamkuchen, Luzernemehl, Erbsen und Ackerbohnen mengenmäßig am meisten eingesetzt.

Laut Befragung besteht die Futtermittelration der Schweine aus den folgenden als „alternativ“ beurteilten Futtermitteln: Kartoffeln, Molke, Ackerbohnen, Wintererbsen-Triticale Gemenge sowie Kleeegrassilage.

Ackerbohnen, Erbsen und Luzernemehl sind in fast allen handelsüblichen 100% Biomischungen Grundbausteine, allerdings wegen der hohen Tanningehalte nur in begrenztem Umfang ohne Behandlung in der Ration einsetzbar. Einer der befragten Betriebe nutzt aus diesem Grund für Ackerbohnen eine mobile Schälanlage, um die Bohnen mit einem Anteil von 10 % im Futter einsetzen zu können.

Grundsätzlich wird der Einsatz von Grün- oder Luzernemehl von den befragten Landwirten, trotz des hohen Einsatzes in den Rationen für Geflügel, als ungünstig eingeschätzt. Die Struktur des Futters leide darunter und die Tiere hätten kein Interesse an mehligem, wenig schmackhaftem Futter. Besonders im Kükenstadium sei es sinnvoll, auf hohe Grünmehlanteile zu verzichten und sich lieber auf hochwertige, aber auch sehr teure, Komponenten wie Eipulver zu konzentrieren. Hierbei wurde von den befragten Landwirten jedoch auch darauf hingewiesen, dass insbesondere der behutsame Erhitzungs- und Trocknungsvorgang als qualitätsbildend betrachtet wird. Auf eine schonende Trocknung werde auch bei Trestern häufig nicht geachtet, weshalb das Futter von den Tieren schlechter angenommen werde.

Sesamkuchen kommt bei den befragten Betrieben häufig zum Einsatz, zwei Betriebe bemängelten allerdings die unsichere Herkunft und Keimbelastung, weshalb sich beide langfristig wieder von diesen Komponenten trennen möchten.

(Ausschuss-)Kartoffeln und Molke werden auf Betrieben mit extensiver Mast von Bruderhähnen oder auf Betrieben mit angeschlossener Käserei verwendet. Einerseits ist dies ein arbeitsaufwändiges Verfahren, da die Kartoffeln nur gedämpft verfüttert werden können, andererseits liefert es jedoch ein günstiges, regionales Futter, welches auch Beschäftigung für die Tiere bietet.

Insgesamt wurden die Leistungen der unter Einsatz von alternativen Komponenten gefütterten Tiere von einigen Betriebsleitern als schwankend beurteilt. Futterkomponenten wie Keimgut und junger Getreidegrasschnitt sowie junges Grünfutter machten sich nach Aussagen der Betriebsleiter stark positiv in den Leistungen bemerkbar machen. Da die Verfügbarkeit von manchen Komponenten jedoch jahreszeitlich beschränkt ist, erscheinen die Leistungen übers Jahr hinweg weniger homogen. Hinzu kommt, dass auch die Umweltbedingungen einen starken

Einfluss auf die Leistung haben, der aber nicht immer klar vom Einfluss der Fütterung zu trennen ist.

Ein anderer Betriebsleiter stellt unveränderte Leistungen beim Einsatz alternativer Futterkomponenten fest, beobachtet jedoch, dass der Einsatz von Raufutter/Silage einen positiven Einfluss auf die Größe der Eier hatte. Zudem sei der pH-Wert im Kropf der Hühner gesenkt, die dadurch widerstandsfähiger erschienen.

Eine insgesamt höhere Tiergesundheit durch den Einsatz alternativer Futterkomponenten wurde von allen Betrieben beobachtet. Einem Mastbetrieb fiel im Vergleich zu Gruppen mit 5 % konventionellen Futterkomponenten ein größeres Auseinanderwachsen der Herden auf - was sich im Nachhinein jedoch im Durchschnitt der Schlachtleistungen nicht widerspiegelte.

4.2 Betriebsindividuelle Lösungen

Bei den Futterkomponenten Silage, Keimgut, Kartoffeln und Molke wurde von den befragten Betriebsleitern vor allem die mangelnde oder teure Technik beanstandet. Für die Fütterung von Silage wurde auf einem Betrieb eine teure Hängebahn angeschafft, welche die Silage verteilt.

Allgemein sei bei automatischer Fütterung von Brei- und Nassfutter (im konkreten Beispiel gedämpfte bzw. silierte Kartoffeln) immer ein Befall von Schadkeimen zu befürchten, auch wenn die Tiere dieses grundsätzlich gut annähmen.

Bei der Keimgutfütterung sind Schimmelpilze, neben dem hohen Wasserbedarf, ein Unsicherheitsfaktor. Ohne spezifische Technik hält viele Betriebe die Handarbeit von der Realisierung dieser Komponenten im Futter ab.

Einige der interviewten Betriebsleiter setzen eigene Mahl- und Mischanlagen ein, um Komponenten je nach saisonaler Verfügbarkeit selbst einmischen zu können.

Auf einem der befragten Betriebe soll das Kochen von Getreide und Leguminosen, gemeinsam mit Kartoffeln und Gemüse in Zukunft getestet werden. Hierdurch verspricht sich der Landwirt einen besseren Aufschluss von essentiellen Aminosäuren und eine insgesamt höhere Verdaulichkeit des Futters. Der Landwirt nimmt an, dass dies in Verbindung mit der Gabe von Molke und Keimgetreide ein optimales, tiergerechtes Schweinemastfutter ergibt.

4.3 Potenziale aus der Sicht der Praxis

Die Potenziale von Keimgetreide und Kleegrassilage wurde von den befragten Betriebsleitern besonders hervorgehoben, da sie sich sowohl auf die Beschäftigung der Tiere als auch auf deren Vitalität und Befiederung positiv auswirkten. Allerdings sind beide Komponenten mit einer aufwändigen und teuren Investition in Technik verbunden. Da jedoch mit dem Einsatz von Keimgetreide auch die Futterkosten erheblich gesenkt würden, kann unter Umständen die Abschreibung der Technik geleistet werden. Ein von den Landwirten beobachteter positiver Nebeneffekt des Keimgutes ist, dass die Kotkonsistenz im Vergleich zu anderen 100% Biomischungen fester ist. Die flüssigeren Ausscheidungen waren ein Aspekt der 100% Biofütterung, der von drei der befragten Betriebsleitern als problematisch gesehen wurde.

Buchweizen als alternative Komponente im Geflügelfutter scheint sowohl von den Inhaltsstoffen als auch aus Anbausicht (als Zwischenfrucht mit guter Unkrautunterdrückung) interessant zu sein. Allerdings kann die Trocknung anspruchsvoll sein.

Leinkuchen wird durch seinen Reichtum an Omega 3 und Omega 6 Fettsäuren positiv wahrgenommen und könnte sich positiv auf die Eiqualität auswirken. Allerdings muss bei der Herstellung auf eine Kaltpressung geachtet werden, da die Tiere anderenfalls das Futter nicht annehmen.

Als weitere interessante Komponenten – allerdings noch ohne damit praktische Erfahrung gesammelt zu haben – nannten die befragten Landwirte Vogelmiere, Algen und Brennnesseln.

3.4 Futtermittelzulassungen, optimierte Technik und Tierzucht sind Lösungswege

Eine Zulassung von Fleisch- oder Knochenmehl wurde von vier der sieben befragten Betriebsleitern für erstrebenswert gehalten, die Zulassung der Fütterung von Fliegenmaden wurde von drei Betrieben positiv bewertet. Fischmehl wird von einem Betrieb als zukunftsweisend angesehen. Eine weitere tierische Eiweißkomponentenoption ist Krebsmehl. Dabei handelt es sich um eine junge Idee, welche im Zusammenhang von Krebsen und Seesternen angedacht wird, die die Fjorde belasten und im Gegensatz zu Fischmehl nachhaltig ohne Beifang gefischt werden könnten. Zwei der befragten Landwirte konnten sich keine der hier genannten Komponenten in der Ration vorstellen.

Ein befragter Betrieb hat Erfahrungen mit der Fütterung von Maden und berichtete, dass besonders lebende Maden für die Hühner schmackhaft seien. Es gibt laut einer Landwirtin auch die Möglichkeit, junge Larven zu bestellen und im Betrieb auswachsen zu lassen. Werden Madenprodukte verfüttert, sei zu beachten, dass die Trocknung, ähnlich wie bei Leinkuchen, nur bei schonender Hitze erfolgen dürfe, anderenfalls würden die Maden nicht gerne gefressen. Weitere Hinweise der Praktiker zielten darauf ab, die Erzeugung von Biomaisskleber in Erwägung zu ziehen.

Handlungsbedarf sahen die befragten sieben Praktiker bei der Erzeugung von Biomaisskleber. Daneben sei die Schaffung von rechtlicher Sicherheit für die Verfütterung von Fleisch-/Knochenmehl und Maden dringend in Angriff zu nehmen. In diesem Zusammenhang sollte jedoch auch weiterhin nach Larven mit besserem Methioningehalt (Eignung für Kükenfutter) und mehr Biomasse gesucht werden.

Forschungsbedarf sahen die befragten Betriebsleiter bei den Fragen, in welchen Altersphasen und bei welchen Tieren (z.B. Mast, Junghennen, Legehennen, Bruderhähne) welche Futtermittel den ernährungsphysiologischen Ansprüchen der Tiere sowie der arbeitstechnischen Möglichkeiten der Landwirte optimal gerecht würden.

Einige der befragten hühnerhaltenden Landwirte wiesen darauf hin, dass ein grundsätzlicher Paradigmenwechsel hin zu geringeren Leistungen der Tiere anstünde. Auf den Betrieben werden Legehennen der Herkünfte Lohmann brown plus, Lohmann LSL light, Lohmann brown light, Bovans sowie Lohmann Classic und Masttiere mit den Herkünften ISA JA 757 sowie Hubbard JA 57 gehalten. Die herkömmlichen Hühner seien für konventionelle Betriebe und Futtermittel gezüchtet und langfristig nicht in der Lage, „alternative“ Futtermittel optimal zu verwerten, ohne selbst unter Gesundheitsproblemen zu leiden. Die Ansprüche an Leistung müssten nach Aussage der befragten Landwirte zugunsten der Verwertung alternativer, regionaler Futtermittel dringend gesenkt werden. Um den Tieren die bestmögliche Grundlage für gute Leistungen unter 100% Biofütterung bieten zu können, sei es notwendig, Hühner mit u.a. größerem Futteraufnahmevermögen zu züchten. Eine hohe Aufnahme von regionalem, schmackhaftem Futter wird von den befragten Praktikern als ein Schritt in Richtung einer artgerechten Ernährung des Geflügels mit 100% Biofutter gesehen.

Auch in der Schweinehaltung wird von den befragten Betriebsleitern bemängelt, dass nach wie vor mit konventionell gezüchteten Kreuzungstieren gearbeitet und auch Fütterungsversuche nur unter konventionellen Bedingungen und mit konventionellen Züchtungen stattfinden. Interessant seien Resultate aus Fütterungsversuchen mit extensiveren Rassen.

Betriebsindividuelle technische Lösungen wurden von den befragten Praktikern als weitere wichtige Stellschraube angesehen. Grundsätzlich muss nach Meinung der Landwirte intensive Grundlagenforschung betrieben werden, um Futtertechnik zu entwickeln und die Inhaltsstoffe der alternativen Futtermittel besser abschätzen und dadurch deren Einsatz besser planen zu können. Dies gilt nicht nur für die klassischen alternativen Komponenten, sondern zum Beispiel auch für technisches Praxiswissen zur Fütterung von Gemüseresten (Stichwort Steinfreiheit). Zusätzlich sei es auch wichtig zu wissen, welchen Mehrwert die einzelnen Gemüse in den Rationen bringen.

5 Ergebnisse der Experteninterviews

In der Zeit vom 13. bis 21.11.2014 wurden 13 Akteursbefragungen durchgeführt. In diesem Rahmen wurden zwei Landwirte, drei Berater, zwei Futtermittelhändler und fünf Vertreter aus der Forschung befragt. Bis auf einen Vertreter der Forschung (Österreich) waren alle Befragten in Deutschland ansässig. Die Gespräche wurden mit Hilfe des narrativen Interviewansatzes geführt. Zu Beginn des Gesprächs wurden den Befragten verschiedene Futtermittel bzw. Fütterungskonzepte als Teil der Lösungsstrategie für ein 100%ige Biofütterung vorgestellt. Anschließend sollten die Befragten ihre Einschätzung zu Beitrag und Realisierungspotenzial dieser Komponenten und Konzepte im Blick auf eine 100%ige Biofütterung geben, sowie ggf. weitere Aspekte einbringen. Die sich daraus ergebenden Forschungsfragen und der entstehende Handlungsbedarf wurden abgefragt.

Praktiker

Im Gespräch mit den Praktikern wurde deutlich, dass für sie häufig noch keine wirkliche Lösung in Sicht ist, so dass zuweilen ein Gefühl der Hilflosigkeit vorliegt. Diese Tatsache führe dazu, dass naheliegende monokausale Lösungen attraktiv bzw. als einziger Ausweg erschienen (z.B. Einsatz von isolierten AS): Mit einer kleinen Portion Aminosäuren sei die Ration mit hofeigenen Futtermitteln machbar. Der Praxis ist weiterhin sehr daran gelegen, (dies deckt sich mit Rückmeldungen von Beratern und auch Futtermittelwerken), dass ein möglichst großer Anteil betriebseigen erzeugter, bzw. regionaler Futtermittel eingesetzt wird. Futterkomponenten deren Herkunft unbekannt ist (Sonnenblumenkuchen, zugekaufte Soja, Reismehl aus China etc.) werden sehr kritisch gesehen. Es wird sehr deutlich gesagt, dass ein Zukauf der überwiegenden Anteile einer Ration sich nicht mit dem Grundsatz der ökologischen Kreislaufwirtschaft vereinbaren lässt. Daher erscheint für die befragten Landwirte eine sojalastige Rationsgestaltung basierend auf „Nicht-EU-Soja“ als nicht erstrebenswert, um die 100% Biofütterung zu realisieren. Es wird deutlich gefordert, hier alternative Lösungen zu finden, bei denen eine 100% Bioration keine betriebseigen produzierten Komponenten verdrängt.

Berater

Die 100% Biofütterung sei bereits machbar, beispielsweise würden rund 20 % der Biolandhennen bereits so gefüttert. Allerdings seien dies individuelle Lösungen um eine Futtermühle bzw. um einen Eiweißquelle herum. Der begrenzende Faktor sei derzeit eine geringe Nachfrage, aus der wiederum eine ungewisse Verfügbarkeit resultiere. Bei Verarbeitungsnebenprodukten als Futterkomponente wird es als Problem gesehen, dass die Verfügbarkeit oftmals nicht von der Nachfrage nach dem Verarbeitungsnebenprodukt, sondern von der Nachfrage nach dem Hauptprodukt abhängt. Hier muss also das Angebot nicht auf die Nachfrage nach dem Nebenprodukt reagieren. Im Schweinebereich gäbe es derzeit ebenso bereits Lösungen, die umgesetzt sind. 100% Biofütterung wäre möglich, aber es würden viele individuelle Lösungen nötig sein. Diese individuellen Lösungen unterschieden sich hinsichtlich der Bedeutung einzelnen Komponenten, je nach Region sowie je nach Betriebsstruktur.

Weiterhin wurde auch das Thema der geeigneten Tierrassen angesprochen. Es ginge aktuell nicht mit den verfügbaren Muttersauenlinien und nicht mit den praxisüblichen Säugezeiten. Die Muttermilch sei die beste 100% Biofuttermittelquelle und vor allem tiergerecht und regional. Ebenso wurde sogar provokativ angeführt, dass Putenhaltung generell im ökologischen Landbau

keinen Sinn mache. Daher wurde als wichtiger Forschungsbedarf angegeben, dass geeignete Rassen im Ökolandbau zum Einsatz kommen müssen und dann für diese passende Rationen entwickelt werden müssen.

Als wichtiger Punkt wurde auf Seiten der Berater herausgestellt, dass das Tierwohl im Mittelpunkt stehen müsse. Derzeitig praktizierte 100%ige Fütterungslösungen, die in einer physiologischen Belastung der Tiere resultieren, dürfte nicht als Lösungsweg gesehen werden. Dafür ist eine dem Bedarf angepasste Aminosäureversorgung und das Vermeiden einer Eiweißübersversorgung absolute Voraussetzung.

Forscher

Konsens unter den befragten Forschern herrschte darüber, dass dringend eine Lösung erarbeitet werden muss, die dem ökologischen Landbau entspricht. Die derzeitige Praxis wurde als „potenziell offenen Flanke“ gesehen. Aminosäurenkonzentrate wurden als erforderlich angesehen. Nur über ihren Einsatz könne es gelingen, einen relativ großen Anteil hofeigener (kostengünstiger) Komponenten einzusetzen. Dabei sei ein methioninreiches Bakterieneiweißpräparat eine geeignete Lösung. Auch die Vorzüglichkeit der isolierten Aminosäuren wurde erwähnt. Diese würden aber irrelevant, wenn man ein Bakterienpräparat marktreif bekäme. Die Entwicklung eines solchen Produktes sei ein wichtiger Schritt in Richtung einer bedarfsgerechten 100%igen Biofütterung. Ebenso wurde der Ansatz als geeignet erachtet, z.B. Luzerne in unterschiedlicher Weise einzusetzen.

Auch die Weiterentwicklung der Insektenprodukte wurde als ein interessanter Lösungsansatz gesehen, da dies vor allem eine regionale Produktion zuließe. Daneben entspräche der Einsatz von Reststoff- bzw. Nebenprodukten dem Kreislaufgedanken in besonderer Weise.

Der Ansatz, die Betrachtung auf einzelne Komponenten zu beziehen, sei kritisch zu sehen. Zwar müssten natürlich die notwendigen Komponenten für die tiergerechte Fütterung vorliegen, aber die weiteren Umstände der Tierernährung (Hygiene, Haltung etc.) müssten ebenfalls mit berücksichtigt werden. Und man müsse gedanklich zu dem Fundament zurückkommen, auf dem der Ökolandbau basiert. Die Ansicht, wir bräuchten nur einen hinreichend ausgestatteten Methioninlieferanten, sei eine unsinnige Verkürzung. Es wurde deshalb die Forderung formuliert, ganzheitliche Fütterungsstrategien weiterzuentwickeln.

Einige derzeit in der Diskussion befindliche Ansätze wurden kritisch gesehen, beispielsweise führe das Keimrad zu keiner Anreicherung von Aminosäuren, deshalb könne dieses Verfahren auch relativ wenig zu der Lösung des Problems beitragen. Ebenso seien zwar bei den Algen die Proteingehalte relativ hoch, jedoch würde die Verdaulichkeit des Algenproteins zuweilen überschätzt. Auch Investitionen in Prozesse, die als Substrate Stoffe verwenden, die auch für die menschliche Ernährung einsetzbar sind, werden kritisch gesehen.

Futtermittelunternehmen

Es wurde betont, dass es eine Komponente mit einer ausreichenden Aminosäuredichte bräuchte, um die anderen Komponenten in den Einzelfuttermitteln zu ergänzen. Die Realisierung einer 100%igen Biofütterung wird als möglich angesehen, jedoch sei dies eine Frage der Wirtschaftlichkeit. Die Verfügbarkeit bestimmter Komponenten sei häufig eher eine Frage des Preises. Sehr kritisch wurde jedoch auch der Einsatz von Komponenten chinesischer Herkunft gesehen. Gegen China (als Herkunftsland für Futtermittel) spräche die unberechenbare Abhängigkeit. Ein Futtermittelhändler gab an, keinerlei Komponenten aus China einsetzen zu wollen.

Dringender Forschungsbedarf wurde in der Verbesserung der Bestimmung des Futterwertes gesehen. Hier werden Chancen gesehen, dass durch Schnelltests im Prozess in den Futtermittelwerken kurzfristig Analysen durchgeführt werden können und unter Berücksichtigung der Ergebnisse dann die Mischungen zusammengestellt werden könnten.

Generell wird Soja heimischer oder gesicherter Herkunft als die Hauptkomponente der Lösung gesehen.

6 Diskussion und Beiträge aus der Akteurstagung

Am 25.11.2014 wurde eine Akteurstagung mit 46 Teilnehmern veranstaltet. 7 Teilnehmer waren Praktiker, 13 ließen sich der Beratung zuordnen. 8 Personen aus dem Futtermittelsektor nahmen teil sowie 16 Forscher. 2 Teilnehmer waren Pressevertreter. Somit konnten Vertreter aus allen wichtigen Bereichen für die Tagung gewonnen werden.

6.1 Ergebnisse der Arbeitsgruppen

Ziel der Veranstaltung war es, über Impulsvorträge zunächst einen gemeinsamen Wissensstand zum Status Quo herzustellen und die besonderen Herausforderungen für eine 100%ige Biofütterung zu thematisieren. Anschließend wurden in zwei Gruppen (Geflügel und Schwein) Antworten auf folgende Fragen ausgearbeitet und in der Diskussion unter den Teilnehmern vertieft:

- Welche weiteren Optionen wurden bisher nicht erwähnt, haben aber großes Potenzial?
- Was sind die innerbetrieblichen und überbetrieblichen/generellen Optionen mit dem größten Potenzial?
- Wer muss zur Lösung des Problems in Zukunft (noch besser) zusammenarbeiten und wo sollten hierbei die Schwerpunkte liegen?
- Welche gesetzlichen Voraussetzungen müssen ggf. noch geschaffen werden?
- Angenommen es gäbe einen 30 Mio. € Etat für Forschung und zur Entwicklung von Handlungsoptionen zur Lösung des Problems. Wo sollten die Prioritäten (1 bis 5) liegen?
- Gibt es Bedarf für weitere Kommunikation, z.B. für Workshops wie den heutigen?

6.1.1 Geflügel

Welche weiteren Optionen wurden bisher nicht erwähnt, haben aber großes Potenzial?	Futtermittel- (komponenten)	Schlachtnebenprodukte von Ökotieren (Rind oder Schwein). Sollten für den Allesfresser Huhn ggf. verstärkt in den Fokus genommen werden. Potenzial ist aber ggf. gering da verfügbare Mengen klein sind.
		Synthetische AS
	Fütterung	Futterwahlprinzip stärker berücksichtigen (Stichwort Cafeteriaexperimente). Nicht nur an Alleinfutter denken, sondern auch Aufnahmen (Gras, Kräuter, Würmer, Insekten(larven)) im Auslauf berücksichtigen.
		Palatability (=Schmackhaftigkeit) verbessern um Futteraufnahme (und damit AS-Aufnahme) zu erhöhen: Welche Komponenten und Mischungsverhältnisse tragen dazu bei?

		Wechselwirkungen und sich positiv verstärkende Wirkungen von Kombinationen bestimmter Futtermittel in bestimmten Anteilen besser nutzen
		Potenziale bei Futtermittelhygiene ausschöpfen, um Effizienz zu steigern (optimale Hygiene steigert die Futternutzungseffizienz)
Was sind die innerbetrieblichen und überbetrieblichen/generellen Optionen mit dem größten Potenzial in der Geflügelfütterung?	QS	Leistungsfähigkeit der gesamten Ölkuchenplatte erhöhen → Verarbeitungsqualität sichern, bessere QS der hitzebearbeiteten Komponenten
		Anforderungen für Ölkuchenprodukte genau definieren
	Züchtung	Getreidezüchtung: AS-Gehalte erhöhen
		Genetisches Potenzial der Tiere verbessern bzw. besser nutzen
	Inner-betrieblich	Innerbetriebliche Verwertung stärken → Nutzung aus eigener Produktion (Klee-/Luzernegrass, Körnerleguminosen etc.) verbessern (Weide oder Ernte)
	Fütterung	Multifunktionalität der Fütterung: v.a. bei Silage → Tiergesundheit (Milchsäure, da pH im Darm gesenkt wird), Tierwohl (da Raufutter = Beschäftigung) → Verbesserung des Raufutters um es als AS-Lieferant und zusätzlich zur Förderung von Tiergesundheit und Tierwohl einzusetzen
		Schnelles und einfaches Testverfahren für Körnerleguminosen entwickeln und für Praxis anbieten
		Ergänzer (bakterielle AS) anbieten, dadurch Freiraum für Flexibilität in der Nutzung hofeigener Futtermittel schaffen, da Körnerleguminosen meist keine ausreichenden Methioningehalte aufweisen
		Futterbedarf bei Biohaltung ermitteln (ggf. ist der Bedarf sogar geringer als GfE-Empfehlungen)
	Futtermittel	Nicht nur auf Ölkuchen setzen → mehr „Spielkarten“ (=Optionen) zur Verfügung haben
		Dezentrale erzeugte Futtermittel passen ideal zum Biogedanken

		Heimisch bzw. europäisch angebaute Biosoja (es ist mit einer Ausdehnung des Anbaus und damit auch mit einer Steigerung des Angebotes zu rechnen)
		High Protein (HP) Soja für besonders anspruchsvolle Verwertung (z.B. Kükenfütterung)
		Insektenproteine (offene Fragen: rechtliche Aspekte, Darreichungsform, Schmackhaftigkeit etc.)
Wer muss zur Lösung des Problems in Zukunft (noch besser) zusammenarbeiten und wo sollten hierbei die Schwerpunkte liegen?		Landwirte und Futtermühlen/FuMiHersteller bzw. Berater: mehr Austausch, Know-How-Fluss erhalten und verbessern, Datenerhebungen auf Betrieben verbessern, v.a auf kleinen Betrieben, Ideen fürs Gesamtkonzept der Fütterung besser entwickeln und kommunizieren, Feedbackkultur der Betriebe an Futtermühlen und Berater verbessern
		In der Handelsstruktur: Kürzere Kommunikationswege in der Wertschöpfungskette, vor allem bei Importen (auch zentraleuropäisch): Es muss zu jedem in der Kette ein direkter und schneller Kontakt möglich sein Lösungsoptionen: mehr inländische Produktion, „Futter mit Gesicht“, Standards definieren (z.B. HACCP-Standards) und durchsetzen
		Mit Forschern: mehr 100% Biofütterungsversuche, z.B. zu Verdaulichkeitswerten, Futterbedarf bei Biohaltung etc.
		Herkunftssicherung und Transparenz bzgl. Futtermittel bis zum Verbraucher → Kommunizieren und so Mehrpreise erlösen
Welche gesetzlichen Voraussetzungen müssen ggf. noch geschaffen werden?		Klärung für den Einsatz von Ökoschlachtabfällen
		Klärung für den Einsatz Insekten(larven)
		Corynebakterien → Zulassung nach Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 (Futtermittelzusatzstoff-Verordnung) klären (BioLys ist zugelassen, ggf. analog)
		Vereinfachte Regeln für Ausnahmegenehmigungen in der Forschung (oft ausgebremst durch zu hohe Hürden in der Beantragung und durch unterschiedliche Regelungen in den Bundesländern) → optimal wäre bundesweite Innovationsstelle mit kurzen Wegen

Angenommen es gäbe einen 30 Mio. € Etat für Forschung und zur Entwicklung von Handlungsoptionen zur Lösung des Problems. Wo sollten die Prioritäten (1 bis 5) liegen?		Heimische Leguminosen so züchten, dass sie gewünschtes Spektrum an Inhaltsstoffen bieten
		2/3 in Forschung für Feinleguminosen, 1/3 in Verbraucheraufklärung, Kommunikation
		Fermentationsforschung (feuchte Fermentation von Pflanzenmaterial)
		Multifunktionale Fütterung: Kombinationsmöglichkeiten Kraft- und Raufutter (dadurch zusätzlich Verbesserung von Tiergesundheit und Tierwohl)
		Brennnessel als pflanzliches Futtermittel mit gutem Proteingehalt erforschen
Gibt es Bedarf für weitere Kommunikation, z.B. für Workshops wie den heutigen?		Ja, aber nicht zu häufig und sehr ergebnisorientiert

Schwein

Welche weiteren Optionen wurden bisher nicht erwähnt, haben aber großes Potenzial?	Futtermittel(komponenten)	Wie praxisreif ist die Herstellung trocken fermentierter Raps-Produkte? Wird in Dänemark produziert, teils mit deutschen Rohstoffen Ökologische Erzeugung ist mit entsprechenden Ausgangsstoffen möglich Silierung ist eine interessanter Ansatz – in Projekten unsichere Ergebnisse Erfahrung aus den Niederlande: AS in Biofuttermitteln niedriger, aber Verdaulichkeit ist höher
	Tier	Probleme bereitet vor allem die Ferkelfütterung, andere Mastphasen sind weniger betroffen
	Fütterung	Andere Fleischqualitäten in der Bioproduktion Verbraucherakzeptanz für andere Fleischqualitäten muss gebildet werden Andere Rassen und Qualitäten fordern eine andere Fütterung

		LEH gibt über Preisstaffelung, die über den Fettanteil definiert wird, die Fütterung vor Fütterungsmanagement in den Betrieben: Hygiene, Menge-Beurteilung, Rationsberechnungen
Was sind die innerbetrieblichen und überbetrieblichen/generellen Optionen mit dem größten Potenzial in der Schweinefütterung?	Züchtung	Neue Pflanzen sollten mit betriebsinterner Technik weiterverarbeitet werden können
	Innerbetrieblich	Futtermittelherstellungstechnik Einzelbetriebliche Maßnahmen statt Gießkannenprinzip Futtermittel benötigen nur einen Tick mehr Geschmack und Verdaulichkeit – das Potenzial auf den Betrieben ist nicht ausgeschöpft Bei Fütterungsversuchen Betriebsformen und Tierarten berücksichtigen
	Fütterung	Differenzierung zwischen dem Futterwert von deutschem Soja und Soja aus Übersee
	Futtermittel	Bundesweite Bedarfskalkulationen, um Schwachstellen zu erkennen und um Marktkalkulationen durchzuführen - Daten zum Bedarf sind hilfreiche Ergänzung zur Lösung des Problems – aber keine Bedingung Futtermittelanalysen sind essentiell für die Rationsberechnungen Warum werden sie nicht durchgeführt? DLG sollte mehr Analysen durchführen, um Standardwerte detaillierter anbieten zu können Vgl. andere Länder, z.B. Niederlande – hier werden Analysen routinemäßig durchgeführt Luzerne hat viele interessante Produkte - Kann regional z.B. durch Perserklee ersetzt werden, um auf Standortansprüche einzugehen
Wer muss zur Lösung des Problems in Zukunft (noch besser) zusammenarbeiten und wo sollten hierbei die Schwerpunkte liegen?		Auswirkungen der Fütterung auf Fleisch und Speckqualität muss mit berücksichtigt werden – Verringerung von Raufutter und Zulassung fermentierter AS als Lösungsansatz
Welche gesetzlichen Voraussetzungen müssen ggf. noch geschaffen werden?		-

Angenommen es gäbe einen 30 Mio. € Etat für Forschung und zur Entwicklung von Handlungsoptionen zur Lösung des Problems. Wo sollten die Prioritäten (1 bis 5) liegen?		Fermentierung Fütterungscontrolling Technische Umsetzbarkeit und Bakterieneiweiß Tierwohlauswirkungen und Erarbeitung/Dokumentation unterschiedlicher einzelbetrieblicher Konzepte
Gibt es Bedarf für weitere Kommunikation, z.B. für Workshops wie den heutigen?		Grundsätzlich ja, aber der zeitliche Aufwand sollte sich in Grenzen halten Expertentreffen zu Kommunikation von Fütterungsmanagement

6.2 Vorträge zum Download

Die Vorträge der Referenten können unter folgendem Link eingesehen und heruntergeladen werden: <http://www.forschung-oekolandbau.info/index.php?id=2443>

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Umstellung auf 100%ige Biofütterung innerhalb der nächsten drei Jahre stellt eine große Herausforderung in der Monogastrierfütterung dar. Die in diesem Dossier vorgestellten Lösungsoptionen sind hinsichtlich ihrer Implementierungsmöglichkeit sehr unterschiedlich zu bewerten: Manche Optionen, wie beispielsweise die bakterielle Aminosäureherstellung, setzen noch erhebliche Forschungsarbeiten voraus, andere, wie die Verfütterung von bestimmten Silagen, sind bereits bewerte Praxis bei der Fütterung von Wiederkäuern, müssen allerdings erst noch auf Monogastrier angepasst werden. Während für die bakterielle Aminosäureherstellung entsprechende Bakterienstämme in ihrer Leistungsfähigkeit optimiert und geeignete Biosubstrate gefunden werden müssen, müssen bei der Silagebereitung und -verfütterung vor allem noch verbesserte technische Lösungen gefunden und installiert werden, damit das darin vorhandene Potenzial zur Entfaltung kommt.

Bei der Akteursveranstaltung am 25.11.2014 in Fulda waren sich die Fachleute einig: die Bewältigung der Herausforderung einer 100%igen Biofütterung in den kommenden Jahren ist nur mit einer Strategie möglich, die eine Vielzahl an verschiedenen Bausteinen integriert. Hingegen wird die Verfolgung nur einer, wenn vielleicht auch vielversprechende Option, aufgrund der Vielfältigkeit der Situationen und Anforderungen auf den Biobetrieben kaum zum Erfolg führen. In dem vorliegenden Dossier werden der Einsicht folgend, dass die Bewältigung der Herausforderung in einer Kombination ganz verschiedener Option liegt, zahlreiche Komponenten für Lösungsansätze vorgestellt. Diese reichen von der gezielten Supplementierung vorhandener Futtermittel mit schwefelhaltigen Aminosäurekomponenten bis hin zur Züchtung von Futterpflanzen mit erhöhten Gehalten an bestimmten Aminosäuren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der in der Diskussion bei der bereits erwähnten Veranstaltung deutlich wurde, ist die Relevanz flankierend wirkender Maßnahmen wie Tiergesundheit, Hygiene und vielseitige Futterwahl. Die Optimierung dieser Faktoren kann natürlich eine bedarfsgerechte Versorgung mit notwendigen Aminosäuren nicht ersetzen. Dennoch wird sie dazu beitragen, die Futteraufnahme und Futterverwertung erheblich zu verbessern, sodass das Wohlbefinden der Tiere und die damit die Leistungsfähigkeit steigen. Auf diese Weise kann die Effektivität der Fütterung mit bereits vorhandenen Biofuttermitteln deutlich verbessert werden.

Für die überwiegend betriebseigene Versorgung von Schwein und Huhn mit Futtermitteln dürfte die Verwendung von besonders hochwertigen Silagen aus Klee-, Luzerne, aber auch Mais und weiteren Pflanzen ein großes Potenzial haben. Diese Futtermittel bieten einerseits wichtige Futterkomponenten und Vitamine. Durch die beim Silierungsprozess entstehenden organischen Säuren tragen sie auch zu einer verbesserten Tiergesundheit bei. Darüber hinaus bieten sie auf Grund der hohen Raufutteranteile den Tieren eine ideale Möglichkeit, sich mit der Futteraufnahme ausgedehnt zu beschäftigen, was wiederum ihrer natürlichen Veranlagung und damit dem Wohlbefinden dient. Mit der Verwendung von Silagen in der Monogastrierfütterung lassen sich überdies Futterkosten in erheblichem Umfang reduzieren. Um aber das Potenzial dieses Ansatzes auf möglichst vielen Betrieben zu realisieren, bedarf es einer optimierten Silagebereitung, die hohe Anforderungen an das Know-how stellt. Daneben werden auch technisch verbesserte Lösungen zur Futtervorlage benötigt, die mitunter betriebliche Investition erfordern.

Gleichzeitig kann sich durch die Herstellung von Bakterieneiweiß mittels geeigneter Bakterienstämme eine interessante Möglichkeit bieten, gezielt z.B. Defizite an schwefelhaltigen Aminosäuren in Futtermischungen auszugleichen. Eine derartige Supplementierungsmöglichkeit

ist von großer Bedeutung für eine zukünftige 100%ige Biofütterung. Denn sie gestattet es, Futtermittel deren Einsatz bislang durch die auftretende Aminosäureimbalance begrenzt war, in stärkerem Maße zu nutzen. Dies käme u.a. der Verwertung von traditionell in Deutschland angebauten Körnerleguminosen, aber auch zahlreichen anderen Futtermittelausgangsstoffen, zugute. Unter der Voraussetzung, dass die bakterielle Herstellung auf Grundlage von Biosubstraten rechtlich verankert werden kann und technisch gelingt, kann mit dieser gezielten Ergänzung sowohl die Bedarfsgerechtigkeit als auch die Effizienz in der Biofütterung erheblich verbessert werden.

Die derzeit verwendeten Bioölkuchen, insbesondere von Sonnenblumen, Sesam, Soja, sowie in geringerem Maße auch von Raps und weiteren Ölpflanzen, sind sehr gut für die 100% Biofütterung geeignet. Denn sie bringen vor allem limitierende schwefelhaltige Aminosäure in die Futterration. Hierbei gilt es zukünftig, einerseits die Qualitäten des Rohstoffs zu verbessern (Auspressgrad, Verunreinigungen, Hygiene), andererseits aber auch die Herkunftssicherung zu optimieren, da es sich zumindest bei den wichtigsten Ölkuchen in der Regel um Importe handelt.

Der für den Biolandbau wichtige Kreislaufgedanke legt nahe, auch die anfallenden, nicht für die menschliche Ernährung genutzten, tierischen Produkte möglichst optimal zu verwerten. Dazu gehören Reststoffe aus der Herstellung von tierischen Lebensmitteln wie z.B. Molke, Eireste, aber auch Reste aus der Speisefischverarbeitung sowie Schlachtabfälle aus der Verwertung von Biotieren. Obwohl die hieraus resultierenden Mengen derzeit eher gering sind, stellen sie ein wichtiges Potenzial für die Zukunft dar. Voraussetzung dafür ist, dass die Erzeugung und Verarbeitung von Biolebensmittel weiterhin dynamisch wachsen kann. Die eingeschränkte Verfügbarkeit dieser Stoffe legt nahe, sie gezielt an die Tiere mit den höchsten Ansprüchen an die Eiweißversorgung, in der Regel also Jungtiere, zu verfüttern. Solche für die Fütterung sehr hochwertigen Produkte erfordern jedoch zum Teil einen hohen logistischen Aufwand, beispielsweise für Warentrennung. Dieser begrenzt, neben weiteren rechtlichen Einschränkungen, häufig den Einsatz. Um diese Reststoffe einer optimalen Verwertung zuzuführen, müssen die erwähnten Hemmnisse reduziert werden.

Verschiedene für die Tierfütterung relevante Pflanzenarten zeigen genetische Variabilität hinsichtlich ihrer Gehalten an Protein und bestimmten, in der Fütterung limitierenden, Aminosäuren. Diese Variabilität kann pflanzenzüchterisch genutzt werden, um Zuchtstämme zu erstellen, die höhere Gehalte davon aufweisen. Dieser Weg führt zwar nicht zu kurzfristigen Lösungen, stellt aber eine besonders nachhaltige Strategie dar, die es mit entsprechenden Forschungsanstrengungen zu verfolgen gilt.

Eine weitere Möglichkeit die pflanzliche Rohstoffsituation zu verbessern, ist die Hinzunahme weiterer Nutzpflanzenarten in den heimischen Anbau und deren Verwertung. So zeigt beispielsweise Hirse ein interessantes Aminosäuremuster für die Monogastrierfütterung. Erste Erfahrungen mit Brennnessel weisen diese ebenfalls als potenziell interessante Quelle proteinreicher pflanzlicher Rohstoffe aus. Auch diese Strategieelemente reihen sich eher in den Bereich der mittel- bis längerfristigen Lösungsansätze ein, die noch durch Forschung zu begleiten sind.

Mit dem vorliegenden Dossier werden zahlreiche Lösungsoptionen als Bausteine einer Strategie in knapper Form vorgestellt. Die wichtigsten davon wurden im Rahmen einer Akteursveranstaltung mit Vertretern aus Landwirtschaft, Futtermittelverarbeitung und Forschung diskutiert. Die Ergebnisse dieser Diskussion sind ebenfalls in das Dossier eingeflossen. Mit dem Dossier ist eine prägnante Übersicht geschaffen worden, die die Grundlage für konkrete Umsetzungsschritte bieten soll. Die vorgestellten Optionen können nur dann ihren Beitrag zu einer 100%igen Biofütterung entfalten, wenn sie im Rahmen konkreter Schritte und Strategien

angewendet werden. Diese Aufgabe muss in den kommenden Jahren mit viel Engagement seitens der Praktiker, ihrer Bioanbauverbände, Futtermittelhersteller und weiterer wichtiger Akteure angegangen und von der Politik, sowie der Forschungsförderung flankiert werden.

8 Literatur

Abel, H., Sommer, W., Weiß, J. (2004): Ackerbohnen als Futterkomponente des ökologischen Landbaus für Masthühner- Elterntiere und verschiedene Mastbroilerherkünfte , Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierfütterung UFOP 2004.

Alpers, A. (2014): Legehennen, Zuchtentwicklung aus der Sicht des Ökolandbaus. In: Naturland Nachrichten 05/Oktober 2014. S. 34f.

AMI Agrarmarkt Informationsgesellschaft, (2014): Marktbilanz 2014, 9. April 2014 in Triesdorf, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

Andurand, J., Coulmier, D., Despres, J.L., Rambourg, J.C. (2010): Extraction industrielle de protéines et de pigments chez la luzerne : état des lieux et perspectives. Innovations Agronomiques 11, 147-156.

Asam, L., Balko, C., Becker, H., Berset, E., Butz, A., Haase, T., Habekuß, A., Hahn, V., Heß, J., Horneburg, B., Hüsing, B., Kohlbrecher, M., Littmann, C., Messmer, M., Miersch, M., Mindermann, A., Nußbaumer, H., Ordon, F., Rechnagel, J., Schulz, H., Spiegel, A., Spory, K., Trautz, D., Unsleber, D., Vergara, M., Vogel, R., Vogt-Kaute, W., Wedemeier-Kremer, B., Wilbois, K.-P., Zimmer, S., Zurheide, T. (2014): Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung. Abschlussbericht zum BÖLN-Projekt 2811NA001 bis 008 (unveröffentlicht).

Barros Dourado, L.R., Fonseca Pascoal, L.A., Sakomura, N.K., Perazzo Costa, F.G., Biagiotti, D. (2011): Soybeans (Glycine max) and Soybean Products. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/22602.pdf> (4.11.2014)

Baldinger, L. (2014): mündliche Mitteilung am 22.10.2014.

Baldinger, L., Hagmüller, W., Minihuber, U., Matzner, M., Zollitsch, W. (2013): Esparsetten- und Platterbsensamen als Schweinefuttermittel. Schweinetag der BIO AUSTRIA Bauerntage 2013.

Baldinger, L., Hagmüller, W., Minihuber, U., Zollitsch, W. (2014): Sainfoin seeds in organic diets for weaned piglets – utilizing the protein-rich grains of a long-known forage legume. Renewable Agriculture and Food Systems. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1742170514000386>

Baumgärtel, T., Wölfel, S., Guddat, C., Degner, J., Gräfe, E., Müller, J., Dunkel, S., Heinze, A., Peyker, W., Graf, T. (2013): Erhöhung des Anteils einheimischer Eiweißpflanzen und anderer heimischer Eiweißquellen in der Tierfütterung in Thüringen (Potenzialstudie), Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena.

Bellof, G., Schmidt, E., Ristic, M. (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsamwachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast, Archiv für Geflügelkunde, 69(6), 2-260.

Bellof, G. (2006): Toasten von Sojabohnen und Sojakuchen aus ökologischer Herkunft, (unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse).

Bellof, G. (2013): Heimische Sojaprodukte in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere. Soja-Fütterungsfibel, Hrsg.: FiBL Deutschland e.V., http://orgprints.org/24970/1/soja_fuetterungsfibel.pdf (03.11.2014).

- Bellof, G. (2014): 100 %-Biofütterung in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung: Stand, Restriktionen und Lösungsansätze, Vortrag im Rahmen der 7. Wintertagung Ökologischer Landbau Baden-Württemberg am 26.02.2014 in Stuttgart-Hohenheim.
http://www.ltz-bw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Z_Service/Veranstaltungen/Nachlese/2014/2014_02_26-Wintertagung-Hohenheim_DL/100%20%25-Biof%C3%BCtterung%20in%20der%20%C3%B6kologischen%20Schweine-%20und%20Gefl%C3%BCgelhaltung.pdf (24.10.2014).
- Berendonk, C. (2013): Erfolgreicher Luzerneanbau 2013. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
https://www.landwirtschaftskammer.de/riswick/pdf/erfolgreicher_luzerneanbau_2013.pdf (05.11.2014).
- Bertheau, Y., Davidson, J. (2011): Soybean in the European Union, Status and Perspective. . In: Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products. ISBN 978-953-307-533-4. S. 3-46.
- BÖLW Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (2014): Zahlen – Daten –Fakten: Die Biobranche 2014. BÖLW, Berlin, 2014.
http://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Zahlen_Daten_Fakten/ZDF_2014_BOELW_Web.pdf (05.11.2014).
- Brade, W., Flachowsky, G., Schrader, L. (2008): Legehennenzucht und Eiererzeugung – Empfehlungen für die Praxis. Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 322. http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dk040953.pdf
- Brandt, H., Werner, D.N., Baulain, U., Brade W., Weissmann, F. (2010): Genotype–environment interactions for growth and carcass traits in different pig breeds kept under conventional and organic production systems. animal, 4, 535-544. doi:10.1017/S1751731109991509.
- Carre, B., Brillouet, J.M., Thibault, F.J. (1985): Characterization of polysaccharides from white lupin (L. albus L.) cotyledons. J. Agric. Food Chem. 33: 285-292
- Castellini, C., Mugani, C. und Dal Bosco, A. (2002): Effect of organic production systems
- Cotswold Seeds Ltd (2004): Sainfoin, <https://www.cotswoldseeds.com/seedmix/sainfoin>
- DAFA (2012): Fachforum Leguminosen. Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – Ökosystemleistungen von Leguminosen wettbewerbsfähig machen.
http://www.dafa.de/fileadmin/dam_uploads/images/Fachforen/ff_leguminosen-de_2012.pdf
- Damme, K. (2003): Nährstoffgehalte von Grundfuttermitteln aus ökologisch wirtschaftenden Betrieben. In: Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern - Ökolandbautag der LfL. Tagungsband 3/03, 1. Jahrgang.
- David, K. (2012): Soja Ganzpflanzensilage: alternative Nutzungsverfahren für Soja in Mittelgebirgslagen.
http://www.sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Versuchsberichte/soja_versuchsbericht_gps.pdf (27.10.2014).
- Destatis (2014): Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014
- Cheiljedank Bio (2014): mündliche Mitteilung am 10.10.2014.
- Désialis (2014): www.desialis.com (05.11.2014).

DLG Futtermitteldatenbank (2014): <http://datenbank.futtermittel.net/>

Ebert, U., Berk, A. (2013): Buntblühende Wintererbsen in der Schweinefütterung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, D-Visselhövede und Friedrich-Löffler-Institut, D-Braunschweig, www.orgprints.org/25293/

Fikre, A., Korbu, L., Kuo, Y., Lambein, F. (2008): The contents of the neuro-excitatory amino acid β -ODAP (β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid), and other free and protein amino acids in the seeds of different genotypes of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Food Chemistry* 110, 422 – 427.

Friedrich, J.P., List, G.R., Heakin, A.J. (1982): Petroleum-free extraction of oil from soybeans with supercritical CO₂. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 59(7), 288-292.

Früh, B. (2014): Eiweißfuttermittel - Wie groß ist die Eiweißlücke und welche Alternativen gibt es? *Ökologie & Landbau*, 2/2014 (170), 15-17. <http://orgprints.org/25217/>

Früh, B. (2014): Eiweißlücke in der Bio-Tierhaltung. *UGBforum*, 2014, 172-175. <http://orgprints.org/26608/>

Futtermittelkatalog, Universität Zürich agroscope 2011-2013 (20014): Futtermittelkatalog. <http://www.feed-alp.admin.ch/index.php>

Gesellschaft zur Förderung der Lupine (2007): Lupinen - Verwertung und Anbau, 5. Auflage, Februar 2007.

Geßl, R., Rudolph, G. (2010): Schlussbericht: Verfütterung von Kleesilage und Luzernegrünmehlpellets an Bio-Mastschweine. FiBL Österreich im Auftrag von Bioschwein Austria Erzeugergemeinschaft.

Getreide König (2014): Bernd König, mündliche Mitteilung, Marschacht 2014.

Goeritz, M., Loges, R., Taube, F. (2009): Analyse des Anbaupotentials tanninreicher Futterpflanzen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 10 der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2009_riswick_alles.pdf (11.11.2014).

Godfrey, N.W., Mercy, A.R., Emms, Y., Payne, H.G. (1985): Tolerance of growing pigs to lupin alkaloids. *Aust. J. Exp. Agric.* 25: 791-795

Hahn, V. (2006): Die Sonnenblume - eine Eiweißpflanze für den Ökologischen Landbau? <http://orgprints.org/14974/>

Hahn, V. (2014): Mündliche Mitteilung, 10. und 12. November 2014.

Halle, I. (2005): Einfluss gestaffelter Anteile von je zwei Erbsen- und Ackerbohnsensorten im Legehennenfutter auf die Leistungsmerkmale. *Landbauforschung Völkenrode* 55(2005)3:149-155. http://www.ufop.de/files/4513/3922/7313/Legehennfutter_FAL_Halle.pdf

Hanelt, P., Rudolph, A., Hammer K., Jank, H.-W., Müntz K., Scholz, F. (1978): Eiweißuntersuchungen am Getreide- und Leguminosen-Sortiment Gatersleben. *Die Kulturpflanze* 26, Nr. 2: 183–212. doi:10.1007/BF02146160. Hohenheim. http://www.ltz-bw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Z_Service/Veranstaltungen/Nachlese/2014/2014_02_26-Wintertagung-Hohenheim_DL/100%20%25-Biof%C3%BCttering%20in%20der%20%C3%B6kologischen%20Schweine-%20und%20Gefl%C3%BCgelhaltung.pdf (24.10.2014)

Holle, R., Rahmann, G. (2006): Entwicklung von Futterrationen für 100%tige Biofütterung von Freilandlegehennen unter besonderer Berücksichtigung von Raps- und Leinkuchen, optimierten Grundfuttoreinsatz (Silage) und anderen Eiweißpflanzen. Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Schleswig-Holstein e.V. <http://orgprints.org/8957/>

INRA (2010) Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - valeurs des aliments. Tables Inra 2007. Quae éditions. ISBN 978-2-7592-0873-9

Jänike, H. (2011): Grobfutter- und Substraterzeugung, in: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, DLG e.V. (HRSg.), 8. Vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt.

Jansen, G., Jürgens, H.-U., Beyer, H., Seddig, S. (2014): Alkaloidgehalt in Blauen, Gelben und Weißen Lupinen, JKI Vortrag 17.03.2014 DGQ Kiel. <http://lupinenverein.de/wp-content/uploads/2014/04/Alkaloidgehalt-in-Lupinen.pdf>

Jeroch, H., Flachowsky, G., Weißbach, F., (1993): Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag.

Johnson, L., Smith, K. (2011): Soybean Processing. In: Fact Sheet, <http://www.soymeal.org> ISSN: 1065-3309 (03.11.2014).

Katz, P., Katz, H. (2011): Entwicklung eines Verfahrens zur industriellen Produktion von Präpuppen der Fliege hermetia illucens zur Futterproteinproduktion - Abschlussbericht. <http://www.hermetia.de/dokumente/Abschlussbericht%20Hermetia%20FuE%20Brandenburg.pdf> (18.11.2014).

Kocher, A., Choct, M., Porter, D.M., Broz, A. (2000): The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. Poult. Sci. 79: 1767-1774.

Kraft, K., Damme, K., Rodehutsord, M. (2012): Einsatzmöglichkeiten verschiedener Körnerleguminosen und Eiweißfuttermittel bei Geflügel im ökologischen Landbau. Vortrag für Teilnehmer des Seminars „Aktuelles aus dem ökologischen Landbau“ am 20.09.2012.

Kumar, S., Bejigaa, G., Ahmed, S., Nakkol, H., Sarker, A. (2011): Genetic improvement of grass pea for low neurotoxin (β -ODAP) content. Food and Chemical Toxicology, 49(3): 589 – 600.

Kunz, P., Burkard, F., Rost, S. (2014): Aufbau einer High Quality-Basispopulation. <http://www.getreidezuechtung.ch/projekte/mais/aufbau-einer-high-quality-basispopulation> (08.12.2014).

Landwirtschaftskammer NRW (2014): Rapskuchen - ein hochwertiges Futtermittel. <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/rapskuchenfutter.htm> (30.10.2014).

LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2014): Futterberechnung für Schweine. LfL-Information. 20. Auflage. http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_31939.pdf (5.11.2014).

Lindermayer, H., Probstmeier, G., Preisinger, W. (2009): Grundsätze der Schweinefütterung, Unterrichts- und Beratungshilfe. Unterrichts- und Beratungshilfe der LfL http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/grunds__tze_der_schweinef__tterung.pdf

Lindermayer, H., Probstmeier, G., Preisinger, W. (2010): Ferkelfütterung mit heimischen Sojaprodukten - 20/15 % Sojakuchen - extrudiert, 27/20 % Vollfettsojabohnen –geröstet-. Versuchsbericht der LfL. http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/26062_bericht_3.pdf

- Lindermayer, H., Probstmeier, G., Preisinger, W. (2011): Schweinefütterung mit heimischen Eiweißfuttermitteln. Unterrichts- und Beratungshilfe der LfL, November 2011.
http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_39080.pdf.
- Lindermayer, H., Probstmeier, G., Preisinger, W., Brunlehner, E.-M. (2014): Futterberechnung für Schweine. LfL-Information, 20. Auflage.
http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_31939.pdf.
- Losand, B., Dreschel, H., Martin, J., Priebke, A. (2003): Nutzung einheimischer Eiweißpflanzen in der Fütterung. Arch. Tierz., Dummerstorf 46 Sonderheft, 107-114
- Majak, W., Hall, J.W., McCaughey, W.P. (1995): Pasture Management Strategies for Reducing the Risk of Legume Bloat in Cattle. J Anim Sci 73: S. 1493-1498.
- Monari, S. (1996): Fullfat Soya Handbook. American Soybean Association, Brüssel, Belgien.
- Mosenthin, R., Jezierny, D., Eklund, M., (2009): Bestimmung der Praececalen Verdaulichkeit von Protein und Aminosäuren beim Schwein, Hohenheim 2009.
- Naveed, R., Durrani, F.R., Farooq, M. (1999): Broiler production status in district Chakwal. Unpublished report. Poultry Sci. Department, NWFP, Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
- Neuhoff, D., Bücking, K. (2007): Untersuchungen zur Nutzung der Esparsette (*Onobrychis viciifolia*) im Ökologischen Landbau. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.
<http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>
- Oekolandbau.de (2007): Praxisbericht: Mastschweinefütterung mit Grünfutter.
<http://www.oekolandbau.de/index.php?id=5925> (18.11.2014)
- Kwanyuen, P., Pantalone, V.R., Burton, J.W., Wilson, R.F. (1997): A New Approach to Genetic Alteration of Soybean Protein Composition and Quality. Journal of the American Oil Chemists' Society 74, Nr. 8: 983–87. doi:10.1007/s11746-997-0015-2.
- Pieringer, E. (2011) mündliche Mitteilung, Freising, 16.09.2011.
- Priepke, A., Matthes, W., Schubert, C. (2009): Forschungsbericht Futterwert und Einsatzmöglichkeiten von Blauen Lupinen und Nebenprodukten aus der Energiepflanzenproduktion in der Mastschweinefütterung. Ifamv. http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Schweineproduktion/?&artikel=2455 (14.11.2014).
- Rahmann, G., Holle, R. (2007): "Weiße Braunleger" - Sind die neuen TMA-toleranten Legehennen-Hybriden für den Ökolandbau geeignet? 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. www.orgprints.org/9244
- Recknagel, J. (2012): Soja in Deutschland – Stand der Dinge. Vortrag beim Statusseminar zur Eiweißpflanzenstrategie, BMELV Bonn, 06.Oktober 2012.
- Rizzi, C., Marangon, A., Chiericato, G. M. (2007): Effect of Genotype on Slaughtering Performance and Meat Physical and Sensory Characteristics of Organic Laying Hens. In: Poultry Science 86. S.128–135.
- Rodehutscord, M. (2007) Untersuchungen zur Aminosäurenverdaulichkeit bei Geflügel unterschiedlicher Herkunft und Nutzungsrichtung. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften. <http://www.orgprints.org/11440/>

Roth-Maier, D.A., Paulicks, R., Steinhöfel, O. (2002): Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation.

Rudolph, G. (2010): Umsetzung von Praxisversuchen zur Untersuchung der Verfütterung von Kleesilage und Luzernegrünmehl in der Bioschweinefütterung. (Abschlussbericht).

Rudolph, G., Geßl, R., Stark, H. (2011): Praxisversuch zur Verfütterung von Kleesilage und Luzernegrünmehl an Bioschweine. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Verlag Dr. Köster, Berlin. S.252-260.

Schipflinger, M., Gallnböck, M., Zollitsch, W. und Hagmüller, W. (2011): Platterbse in der Ferkelaufzucht. Tagungsband Bio Austria Bauerntage 2011, S. 59ff.

Schumacher, H., Paulsen, H.M. (2010): Selektion auf Methioninreichtum bei heimischen Leguminosen (*Vicia faba*, *Pisum sativum* und *Lupinus angustifolius*): <http://orgprints.org/18250/>.

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. Bioland beratung GmbH, Augsburg und Johann Heinrich von Thünen-Institut, Westerau.

Simon, A. (2002): Praececale Aminosäureverdaulichkeit von Ackerbohnen und Lupinen bei Broilern, Berlin 2002.

Simon, I., Stegmann, J. (2008): Auswirkungen von Rapsprodukten im Legehennenfutter. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.

http://www.duesse.de/Tierhaltung/gefluegel/versuche/legehennen/2008_rapsprodukte.pdf

Sommer, H. (2014): Mündliche Mitteilung am 7.11.2014.

Sommer, H., Sundrum A. (2014): In-Vitro-Verdaulichkeiten der Parameter Rohprotein und Lysin von Blattmasse und Ganzpflanze von Luzerne und anderen Kleeartigen. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26: 98–99.

Sommer, H., Sundrum, A. (2013): Blattmasse von Rotklee als Proteinquelle für Schweine. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5.-8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin.

Stalljohann, G. (2011): Vortrag Dafa Fachforum Leguminosen am 27.06.2011:

https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/mlr/pdf/0/03_Dafa-FF-Leguminosen_2011-06-27_Impuls-Feed-Stalljohann.pdf

Stalljohann, G. (2014): Futterwert von Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen für Schweine im Vergleich zu Soja-, Rapsprodukten sowie Kartoffeleiweiß.

<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/pdf/tabellen-leguminosen-soja.pdf> 14.11.2014.

Stamer, A. (2013): Alternativen zu Fischmehl für die Fütterung in der nachhaltigen Aquakultur.

<http://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2013/medienanlass-aquakultur/stamer-2013-medienanlass-aquakultur.pdf> (18.11.2014).

Stamer, A., Bär, M. (2013) Aquakultur: Fischfilet aus Madenmehl. bioaktuell 1(13) 22-23.

<http://orgprints.org/22900/>

Statistisches Bundesamt (2013): Wachstum und Ernte Feldfrüchte. In: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3 Reihe 3.2.1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2013

Steenfeldt, S., Gonzalez, E., Knudsen, B. (2003): Effects of inclusion with blue lupins (*Lupinus angustifolius*) in broiler diets and enzyme supplementation on production performance, digestibility and dietary AME content. *Animal Feed Science Technology* 110: 185-200.

Steenfeldt, S., Hammershøj, M. (2010): Quality of foraging material and effect on hens feed intake, egg production and quality. *ICROFS news* 3/2010, 5-6.
<http://orgprints.org/18527/1/18527.pdf>

Steffen, E. (2014): Eignung neuer Futterpflanzen, Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 2/2014. <http://orgprints.org/18527/1/18527.pdf> (24.10.2014)

Steiner, T., Bellof, G. (2009): Qualitätssicherung für Eiweißfuttermittel in der ökologischen Tierernährung: Sojabohnen und -kuchen. Abschlussbericht zum BÖL-Projekt.
<http://orgprints.org/16490/> (30.10.2014)

STMELF Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2014): Luzerne statt Soja für bayerische Rinder. Pressemitteilung vom 28.8.2014.
<http://www.stmelf.bayern.de/service/presse/pm/2014/081971/index.php> (05.11.2014)

Sundrum, A., Schneider, K., Richter, U. (2007): Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. www.organic-revision.org

Swidersky, P. (2014): Hochdruckextraktion mit Kohlendioxid als Lösemittel. http://physchem.hs-merseburg.de/SCFE_Swidersky.pdf (9.12.2014)

Undersander, D., Jarek, K., Anderson, T., Schneider, N., Milligan, L. (2007): A guide to making soybean silage. *Forage and Grazinglands*. doi:10.1094/FG-2007-0119-01-MG.

Urdl, M. (2009): Bestimmung der Eiweißverdaulichkeit von Kleesilage und Luzernegrünmehl durch Mastschweine (Abschlussbericht). Lehr- und Forschungszentrum Landwirtschaft Raumberg-Gruppenstein.

Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., C.M.M., Lakemond, E., Ottevanger, E., van Boekel, M.A.J.S. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets- a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, Report 638.

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 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

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 vom 20.07.2007.

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

Weber, M., Prießinger, W. (2008): Rapsextraktionsschrot in der Sauen und Ferkelfütterung UFOP Praxisinformationen 1240.

- Weißmann, F. (2011) Eine exemplarische Betrachtung des Einflusses von Genotyp und Fütterung auf Mastleistung, Schlachtkörperqualität und Fleischqualität in der ökologischen Schweinemast. [An Exemplary View on the Influence of Genotype and Feeding on Growth Performance, Carcass Quality, and Meat Quality in Organic Pig Fattening.] *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research*, 61 (2), 75-82.
- Weltin, J., Carrasco, S., Berger, U., Bellof, G. (2014a): Luzernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Legehennenfütterung, in: Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern,
- Wiesinger, K., Cais, K. und Obermaier, S. (Hrsg.), Tagungsband zu: Öko-Landbau-Tag am 9. April 2014 in Triesdorf, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- Weltin, J., Carrasco, S., Berger, U., Bellof, G. (2014b): Luzernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer Aufbereitung in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung. Abschlussbericht. <http://orgprints.org/26279/1/26279-11OE077-hswt-bellof-2014-luzernesilage-tierernaehrung.pdf>
- Willke, T., Hartwich, T.S., Reershemius, H., Jurchescu, I., Lang, S., Vorlop, K., (2010): Ökologisch produziertes Methionin aus Mikroorganismen. In: Rahmann, G., Schumacher, U., (Eds.) Neues aus der Ökologischen Tierhaltung, Braunschweig, 125-136.
- Winiarska-Mieczan, A., Kwiecien, M. (2010): The influence of grass pea seeds on growth performance and haematological parameters in the blood of grower-finisher pigs. *Agricultural and Food Sciences* 19, 223-232.
- Witten, S., Paulsen, H.M., Weißmann, F., Bussemas, R. (2014): Praxisbefragung zur Aminosäurelücke und praktische Möglichkeiten zur Verbesserung der Eiweißversorgung der Monogastrier in der Fütterung im Ökologischen Landbau. Thünen Working Paper 23. Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst.
- Yan, Z.-Y., Spencer, P.S., Li, Z.-X., Liang, Y.-M., Wang, Y.-F., Wang, C.-Y., Li, F.-M. (2006): *Lathyrus sativus* (grass pea) and its neurotoxin ODAP. *Phytochemistry* 67: 107 – 121.
- Zentek, J. (2014): EU-Projekt Cornet Prolegu – Innovative Proteinprodukte aus nachhaltig angebauten Hülsenfrüchten für die Geflügelernährung, Vortrag 28.10.2014, Bonn.
- Zettl, A., Lettner, F., Wetschrek, W. (1994): Einsatz von weißer Süßlupine (*Lupinus albus* var. Amiga) in der Schweinemast, Institut für Nutztierwissenschaften der Universität für Bodenkultur. <https://diebodenkultur.boku.ac.at/volltexte/band-46/heft-1/zettl.pdf>