



WWF®

STUDIE

D

2014



# DER FUTTERMITTELREPORT

Alternativen zu importierten Sojaerzeugnissen in der Schweinefütterung

**Titel (vollständig):** Der Futtermittelreport – Futtermittel und Fütterungsstrategien für Deutschland zur Verminderung des Verbrauchs von importierten Sojaerzeugnissen in der Schweinefütterung

**Herausgeber:** WWF Deutschland, Berlin

**Stand:** November 2014

**Autoren:** Dr. Wilke Griep in enger Abstimmung mit Dr. Gerhard Stalljohann

**Redaktion:** Susanne Reinhold

**Koordination:** Markus Wolter/WWF, Thomas Köberich/WWF Deutschland

**Kontakt:** markus.wolter@wwf.de

**Gestaltung:** Wolfram Egert

**Bildnachweise:** Agrarfoto.com/WWF | Chungking/Zoonar | Getty Images | GMC Photopress/Arco Images | Markus Wolter/WWF | Harald Wend (LLH) | Ziko van Dijk/Wikimedia |

**Produktion:** Sven Ortmeier/WWF

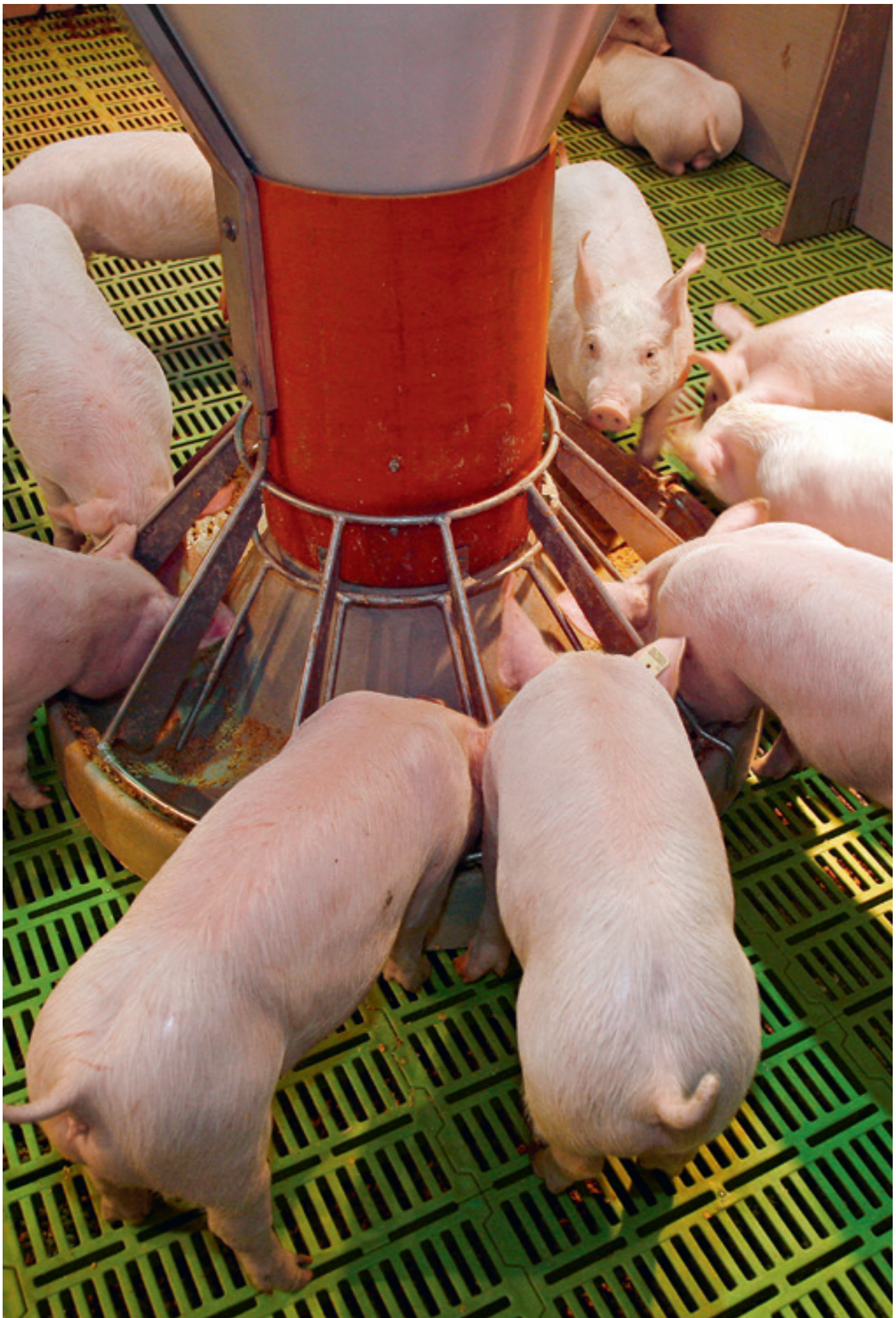
ISBN 978-3-9813048-5-5

# Inhalt

---

WWF-Vorwort	5
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>8</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>3 Entwicklung der Schweinehaltung in Deutschland</b>	<b>10</b>
3.1 Tierbestände	10
3.2 Futtermittelwirtschaft	12
3.3 Konsum	13
3.4 Zucht und Produktionsmanagement	13
3.5 Künftige Herausforderungen in der Schweineerzeugung	14
<b>4 Fütterung</b>	<b>17</b>
4.1 Ansprüche der Schweine an die Proteinversorgung	18
4.2 Ausgewählte Hauptfuttermittel für Schweine	21
4.3 Futterzusätze	24
4.4 Fütterungsstrategien und Standardfuttermischungen in Deutschland	25
<b>5 Verringerungsstrategien</b>	<b>29</b>
5.1 Verringerung der Anteile proteinreicher Ergänzungsfuttermittel in der Fütterung	29
5.2 Verwendung alternativer Futtermittel als proteinreiche Ergänzungsfuttermittel	42
5.3 Nachhaltigkeit und Proteinverwertung	55
5.4 Zusammenfassung	57
<b>6 Bewertung der Effekte</b>	<b>59</b>
6.1 Effekte je Mastschwein	60
6.2 Hochrechnung auf die Schweineerzeugung	75
6.3 Zusammenfassung	84
<b>7 Empfehlungen für praktikable Verringerungsstrategien</b>	<b>87</b>
7.1 Verringerung des Proteinverbrauchs	87
7.2 Alternativen zu Sojaextraktionsschroten	88
7.3 Beispiele für die Fütterung	89
7.4 Mittel- bis langfristige Aussichten – neue Futtermittel und neue Technologien	91
<b>8 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung</b>	<b>92</b>
<b>9 WWF-Forderungen und Handlungsempfehlungen</b>	<b>94</b>
Anhang	96
Literaturverzeichnis	102
Fußnoten	108





*Schweinefleisch ist das beliebteste Fleisch der Deutschen. Soja ist dabei die wichtigste Eiweißkomponente in der Mastschweinefütterung, die überwiegend aus Südamerika importiert wird.*

## WWF-Vorwort

---

Die weltweite Sojaproduktion hat sich in den vergangenen 20 Jahren mehr als verdoppelt, und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht in Sicht. Soja wird zum überwiegenden Teil in nicht nachhaltig bewirtschafteten Monokulturen angebaut, mit überaus negativen Umweltfolgen und vielerlei sozialen Problemen. Wertvolle Ökosysteme wie Wälder und Savannenlandschaften werden zerstört, Gewässer und Böden durch hohen Pestizideinsatz belastet. Soja wird großteils zur Fütterung von Nutztieren verwendet. Weil Soja zollfrei in die EU importiert werden kann, ist es zur massiven Einfuhr von Sojaprodukten und damit zur Verdrängung heimischer proteinreicher Futtermittel vom Markt gekommen. Dabei lässt sich Soja – je nach Tierart – in unterschiedlichster Weise durch andere Futtermittel ersetzen.

Die vorliegende Studie erläutert die Zusammenhänge und zeigt anhand verschiedener heimischer Futtermittel und Fütterungsstrategien auf, wie der Einsatz von importierten Sojaerzeugnissen aus Übersee in der Schweinefütterung minimiert werden kann. Die Studie leistet einen Beitrag zur derzeitigen Debatte über die Eiweißstrategie Europas und beleuchtet die zentrale Bedeutung der Tierfütterung in einer nachhaltigen Landwirtschaft und deren Beitrag hierzu.

Die Idee und Initiative zu dieser Studie entstand im Rahmen der Kooperation zwischen dem WWF Deutschland und EDEKA. Hierbei strebt EDEKA an, dafür zu sorgen, dass die Futtermittel für Schweine, Rinder und Geflügel auf heimische Futtermittel bzw. nachhaltigere, gentechnikfreie Sojaerzeugnisse (RTRS und GVO-frei, ProTerra oder Donausoja) umgestellt werden.

Allen, die an der Entwicklung dieser Studie mitgewirkt haben, ein herzliches Dankeschön.

**Markus Wolter**  
**WWF Deutschland**

## Verzeichnisse

---

Abbildung 3.1	Direkte Einflüsse auf die Tiere in der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft	14
Abbildung 4.1	Aspekte der Fütterung mit Einfluss auf das Tier	17
Abbildung 4.2	Ziele der Fütterung sowie Wege und Möglichkeiten einer optimalen Fütterung	17
Abbildung 4.3	Essenzielle Aminosäuren als leistungsbegrenzende Faktoren in der Schweinefütterung (das Liebig'sche Fass)	20
Abbildung 5.1	Fermentationstechnologie für einen Schweinemaststall mit Flüssigfütterung und 2.000 Mastplätzen	36
Abbildung 5.2	Entwicklung der Gesamtanbaufläche von Ackerbohnen, Futtererbsen und Lupinen in Deutschland	46
Abbildung 5.3	Rohproteingehalte heimischer Körnerleguminosen	46
Abbildung 6.1	Ansatzpunkte einer vielschichtigen Strategie zur Minderung von Sojafuttermitteln in einer intensiven Fütterung von anspruchsvollen Schweinen	59
Abbildung 6.2	Relation von pcv-Lysin zu Umsetzbarer Energie (ME) im Verlauf des Wachstums (Mast) von Schweinen (Bedarfsnormen und Fütterungspraxis in der Endmast)	66
Abbildung 6.3	Futterkurven für ein Fütterungsregime mit einer kontinuierlichen Verschneidung von zwei Futtersorten Multiphasenfütterung) mit einer Absenkung des pcv-Lysin-Energie-Verhältnisses auf 0,45 g/MJ	67
Abbildung 6.4	Facetten des Controllings zur Unterstützung eines nachhaltigen Fütterns	68
Abbildung 6.5	Futter und Fütterung hygienisch einwandfrei gestalten	68
Abbildung 6.6	Soll-Ist-Differenz im Verbrauch von Sojaextraktionsschrot je Schlachtschwein in Abhängigkeit vom Fütterungsregime	80
Abbildung 6.7	Futtermittelaustauschverhältnis zwischen Sojaschrot und Weizen sowie einem Körnerleguminosen-Gemenge	82
Abbildung 6.8	Ableitung einer Verringerung der Sojaanbaufläche in Südamerika aus der kalkulierten SES-Einspar- und Austausch-Menge pro Jahr in Deutschland	83
Abbildung 6.9	SES-Verbrauch je Schlachtschwein in einer Ist- und einer Soll-Fütterung unter Berücksichtigung von SES-Einsparung und SES-Austausch	85
Tabelle 3.1	Schweinebestände in Deutschland von 1991 bis 2012	10
Tabelle 3.2	Landkreise mit der höchsten Verdichtung der Schweinehaltung, bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland (2010)	11
Tabelle 3.3	Viehichte und landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in ausgewählten Regionen Deutschlands	12
Tabelle 4.1	Energie- und Protein-Kennzahlen von Getreide- und Leguminosenkörnern sowie Ölsaatenextraktionsschroten im Vergleich mit Empfehlungen zu Alleinfuttermitteln für Schweine	22
Tabelle 4.2	Mischfüttererzeugung in den Regionen und in Deutschland insgesamt (Wirtschaftsjahr 2010/11)	26
Tabelle 5.1	Verdaulichkeiten von Sojafuttermittelerzeugnissen	34
Tabelle 5.2	Gehalte an Strukturkohlehydraten in ausgewählten Futtermitteln	40
Tabelle 5.3a	Absenkung von Energie und Rohprotein in Kombination mit einer Zulage von Probiotikum und Enzymen	41
Tabelle 5.3b	Absenkung von Energie und Rohprotein in Kombination mit einer Zulage von Probiotikum und Enzymen	42
Tabelle 5.4	Einsatzempfehlungen für Ackerbohnen, Lupinen und Erbsen bei Sauen, Ferkeln und Mastschweinen in % bei konventioneller und ökologischer Fütterung	48
Tabelle 5.5	Austauschwerte proteinliefernder Futtermittel für ökologisch und konventionell erzeugende Betriebe	50
Tabelle 5.6	Aktuelle Austauschwerte – Preiswürdigkeit der wesentlichen proteinliefernden Futtermittel	51
Tabelle 5.7	Ergebnisse von Modellkalkulationen zum Einfluss der Leistungshöhe der Nutztiere auf den Flächenbedarf und die Emissionen je kg essbares Protein	56
Tabelle 6.1	Fütterungsvariante „Klassische zwei- oder vierphasige Getreide-Soja-Fütterung“	61
Tabelle 6.2	Potenzial zur Verminderung des Soja-Anteils in der Fütterung von Sauen und Ferkeln durch rohproteinreduzierte Fütterung	62



Tabelle 6.3	Fütterungsvariante „Sojaextraktionsschrot und freie Aminosäuren“	64
Tabelle 6.4	Mischfuttermittel-Rohstoffeinsatz und Ersatzfuttermittel für Sojaerzeugnisse – Kategorisierung	70
Tabelle 6.5	Fütterungsvariante „Rapsextraktionsschrot“	72
Tabelle 6.6	Fütterungsvariante „Körnerleguminosen“	73
Tabelle 6.7	Fütterungsvariante „Multiphasenfütterung mit Körnerleguminosen“	73
Tabelle 6.8	Vergleichsbasis „Klassische Getreide-Sojaschrot-Fütterung mit wenig zugesetzten freien Aminosäuren und hohen Rohproteingehalten“	74
Tabelle 6.9	Mittlere deklarierte Rohproteingehalte von Alleinfuttermitteln der Mischfutterhersteller in Deutschland aus den Jahren 2012 und 2013	77
Tabelle 6.10	Überschlägige Kalkulation zur Ableitung des Verbrauchs an Sojaextraktionsschrot für die Schweinefütterung	78
Tabelle 6.11	Ernährungsphysiologisch wirkungsgleicher Austausch von Sojaextraktionsschrot und Weizen durch ein Körnerleguminosen-Gemisch	81
Tabelle 6.12	Kalkulation zur Ableitung des Flächenanspruchs für Körnerleguminosen aus dem Futtermittelaustauschverhältnis	82
Tabelle 6.13	Ableitung einer Verringerung der Sojaanbaufläche in Südamerika aus der kalkulierten Sojaschrot-Einspar- und Austausch-Menge pro Jahr in Deutschland	83
Tabelle 7.1	Beispiel für eine proteinreduzierte Getreide-Sojaschrot-Fütterung	90
Tabelle 7.2	Beispiel für eine proteinreduzierte Getreide-Körnerleguminosen-Fütterung	90
Anhangtabelle 1	Vierphasige Fütterung der Schweine mit Getreide-Sojaextraktionsschrotmischungen mit geringem und hohem Grad der Verwendung von freien Aminosäuren	96
Anhangtabelle 2	Literaturergebnisse: Auswirkungen von Rohproteinreduktion, intensiver Phasenunterteilung, Verwendung von freien Aminosäuren und Verdaulichkeitsförderern auf die Mastleistungen	97
Anhangtabelle 3	Fütterungsstrategie: Getreide, Rapsextraktionsschrot und freie Aminosäuren	98
Anhangtabelle 4	Überschlägige Kalkulation des nationalen Sojaschrot-Gesamtverbrauchs auf der Grundlage der Anzahl Mastschweine, Ferkel und Bestandssauen und der üblichen Futtererbräuche und üblicher Futtersorten	99
Anhangtabelle 5	Mischfutterzusammensetzungen der Fütterung mit Getreide-Sojaschrot und Getreide-Körnerleguminosen in der Trockenfütterung	100

## Abkürzungen

ADF	Saure Detergenzeinfaser	NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharid
ANF	Antinutritiver Faktor	pcv	praecaecal verdaulich
BfS	Bakteriell fermentierbare Substanz	PTZ	Protein Tageszunahmen =
DDGS	Dried Distillers Grains with solubles		(PD = protein deposition)
DVT	Deutscher Verband Tiernahrung	pcVQ	Verdaulichkeitsquotient der
ES	Extraktionsschrot		praecaecalen Verdaulichkeit
FuA	Futteraufnahme	RAM	Nährstoff reduzierte Fütterung -
FVW	Futterverwertung		System in Niedersachsen
KL	Körnerleguminosen	RES	Rapsextraktionsschrotfutter
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche	SES	Sojaextraktionsschrotfutter
LG	Lebendgewicht	Thr	Threonin
Lys	Lysin	TM	Trockenmasse
ME	Umsetzbare Energie Schwein	Trp	Tryptophan
Met	Methionin	TZ	Tageszunahmen
MFA	Magerfleischanteil	VFT	Verein Futtermitteltest e. V.
NDF	Neutrale Detergenzienfaser	XP	Rohprotein
NRC	National Research Council (Nordamerika)		

Die Fütterung der Schweine muss künftig mehr als bisher zu einer nachhaltigen Landwirtschaft beitragen. Dazu ist eine bedarfsgerechte, nährstoffangepasste und mehrphasige Fütterung mit möglichst lokal erzeugten, heimischen proteinreichen Futtermitteln weitgehend notwendig.

Rapsextraktionsschrote (RES) und Körnerleguminosen (KL) können importiertes Sojaextraktionsschrot (SES) ernährungsphysiologisch ersetzen. Dies gelingt insbesondere dann verlässlich und ohne Einschränkung, wenn diese Austauschfuttermittel mit geeigneten Zusatzstoffen kombiniert werden oder wenn Futtermittelbehandlungen den Futterwert verbessert haben. Freie Aminosäuren erlauben es, den Rohproteingehalt in Schweinefuttermischungen zu verringern, ohne Aminosäuredefizite in Kauf nehmen zu müssen.

Die exemplarischen Sojaschrot-Verbrauchsberechnungen unterschiedlicher Fütterungsstrategien und die Verbrauchsmengen in Deutschland führen zu dem Schluss, dass Sojaschrot als proteinreiches Einzelfuttermittel in zahlreichen Betrieben und damit in der Fütterung vieler in Deutschland gemästeter Schweine eingespart werden kann. Das deutschlandweit mögliche Einsparvolumen ist momentan nicht genau zu bestimmen, weil die Informationen zu den verwendeten Fütterungsstrategien und Sojaschrotverbräuchen in der Schweinefütterung sehr lückenhaft sind.

Durch Optimierung der Fütterungsregime werden aber Einsparungen zwischen 15 und 37% für möglich gehalten. Dabei kann die obere Grenze der angenommenen Einsparung nur dann erreicht werden, wenn die Landwirte über die notwendigen Technologien (z. B. mehr Silos, exakte Mischung von Futtersorten und Rationsmengen Zufuhr, vielphasige Fütterung) verfügen und diese auch nutzen. Zudem müssen die geeigneten Fütterungsstrategien bei den Landwirten in hohem Maße auf Akzeptanz stoßen, die notwendigen Futtermittel müssen angeboten und eingesetzt werden.

Einsparungspotenziale befinden sich vor allem in den Mastfütterungsabschnitten mit einem Lebendgewicht (LG) ab 70 kg, in denen „echte“ Endmastfutter eingesetzt werden sollten.

Sojaextraktionsschrotfutter kann auch durch lokal erzeugte Futtermittel aus nicht gentechnisch erzeugter Herkunft ersetzt werden. Um zum Beispiel den Sojaschrotverbrauch von 0,5 bis 0,7 Mio. t pro Jahr durch Körnerleguminosen zu ersetzen, müssten in Deutschland 0,3 bis 0,4 Mio. ha Körnerleguminosen angebaut werden. Durch den Austausch von Sojaschrot in der heimischen Schweinefütterung ließen sich in den Ländern Südamerikas, aus denen Deutschland große Mengen Soja bezieht, Sojabohnen-Anbauflächen von 0,4 bis 0,8 Mio. ha einsparen.

Unterschiedliche Maßnahmen der Futtermittelbehandlung und die Verwendung von Zusatzstoffen können dazu beitragen, die in den Futtermitteln enthaltenen Proteine noch besser zu nutzen und dadurch den Sojaschrotverbrauch weiter einzuschränken. Hierzu müssten die Genauigkeit der Fütterungstechnologien verbessert werden und die Forschung intensiviert werden.

Eine nachhaltige Schweinefütterung erfordert eine Neuausrichtung in der Futtergestaltung. Dann bietet die Fütterung Chancen, Futterressourcen effizienter zu nutzen.



Nach der BSE-Krise hat sich Sojaextraktionsschrotfutter (SES) zum wichtigsten Eiweißergänzungsfuttermittel für eiweißarmes Getreide und Mais herausgebildet. Bei der Schweineerzeugung gelangen

mit den Zukauffuttermitteln vielfach beträchtliche Mengen an Nährstoffen in die Nährstoffkreisläufe der landwirtschaftlichen Betriebe. Insbesondere die Proteine aus dem Sojaschrot liefern den Tieren essenzielle Aminosäuren (EAS) für Wachstum oder Milchbildung. Überschüssige oder unverdauliche Proteine werden als Exkremente ausgeschieden und liefern als Teil der Wirtschaftsdünger Nährstoffe für die Pflanzen, u. a. Stickstoff. Bei Tierbeständen mit zu kleiner Flächenausstattung kann es leicht zu einer Überforderung der Aufnahmefähigkeit der landwirtschaftlichen Böden eines Betriebes kommen. Wenn sich in einem Areal viele große Tierbestände befinden und die dazugehörigen Flächen zu gering ausfallen, dann entstehen Belastungen, die unerwünscht sind, weil sie die Böden, Natur und Umwelt beeinträchtigen können.

**Der stark wachsende Sojaanbau hat zu vielschichtigen landwirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Fehlentwicklungen beigetragen.**

Zu hohe Anteile von Rohprotein oder Sojaschrot in den Tagesrationen wirken für den Landwirt in der Regel Kosten treibend.

Die Landwirte beklagen den hohen Preis für Sojaschrot und suchen gleichzeitig nach Möglichkeiten, die Eiweißverfütterung zu verringern, um dadurch den Stickstoff-Eintragsbeschränkungen in der Düngung ihrer Felder mit Gülle kostengünstiger gerecht zu werden. Schon jetzt erreicht der Stickstoff-Überhang in Landstrichen, die von intensiver Tierhaltung geprägt sind, Dimensionen, die ein geschicktes Gülle-Management und die Abgabe der Gülle in aufnahmefähigere Regionen erforderlich machen.

Die Verbraucher erwarten zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Schweinefütterung einen verantwortungsvolleren Umgang in der Verwendung von Sojaerzeugnissen. Die großen Sojaeinfuhrmengen aus den Ländern Südamerikas werden gesellschaftlich zunehmend kritisch betrachtet. Vorrangig beanstandet wird dabei, dass Sojafuttermittel fast vollständig aus gentechnisch veränderter Herkunft stammen, und dass der stark wachsende Sojaanbau zu vielschichtigen landwirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Fehlentwicklungen beigetragen hat und damit zu Defiziten in der Nachhaltigkeit geführt hat.

Diese Entwicklungen – die Nährstoffüberschüsse, der hohe Preis und die Nachhaltigkeitsdefizite – sprechen dafür, in der Schweinefütterung künftig auf Sojaschrot weitgehend zu verzichten. Wie können Landwirte und Futterhersteller die Fütterung ohne Sojaschrot gestalten bzw. den Einsatz von Sojaschrot reduzieren?

Die vorliegende Studie soll aufzeigen, wie durch die Verwendung heimischer (europäischer) Futtermittelausgangserzeugnisse und durch die Anwendung geeigneter Fütterungsstrategien der Einsatz von importierten Sojaerzeugnissen in der Schweinefütterung in Deutschland verringert werden kann.

# 3 Entwicklung der Schweinehaltung in Deutschland

Mit 26,9 Mio. Schweinen ist Deutschland das EU-Land mit der größten Menge an Schweinen.

## 3.1 Tierbestände

In Deutschland hat die Schweinehaltung eine lange Tradition und heute mehr denn je ein starkes Gewicht in der Land- und Agrarwirtschaft. Durch Tradition und Essgewohnheiten ist der Verzehr von Lebensmitteln vom Schwein weit verbreitet. Mit 26,9 Mio.

Schweinen ist Deutschland das EU-Land mit der größten Menge an Schweinen. Nur in Spanien befinden sich innerhalb der EU ähnlich viele Schweine.<sup>1</sup> Nach Angaben des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat) stieg die Anzahl der Schweine auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland von 26,063 Mio. Schweinen im Jahr 1991 auf 28,260 Mio. Schweine im Jahr 2012; das entspricht einer Zunahme um 8,4 %. Dabei stieg die Anzahl der Mastschweine gegenüber 1991 um 14 %, während sich die Anzahl der Sauen um 29 % reduzierte. Dies ist ganz wesentlich eine Folge zweier Entwicklungen:

Zum einen können die Sauen pro Jahr immer mehr Ferkel erzeugen. Fortschritte in der Fruchtbarkeitsleistung von Sauen erlauben es, dass weniger Sauen nötig sind, um Ferkel für die Schweinemast zu produzieren.

Zum anderen haben sich die Anteile der Schweineproduktionsverfahren an der Schweinehaltung in Deutschland verschoben. Während die Schweinemast stark zunahm, wurden immer weniger Ferkel erzeugt. Insbesondere in den letzten fünf Jahren wurden verstärkt Ferkel aus den Nachbarländern Dänemark und Niederlande importiert.

**Tab. 3.1**  
Schweinebestände in Deutschland von 1991 bis 2012  
Quelle: Statistisches Bundesamt, Eurostat Datenbank

Art	1991	1995	2000	2005	2010	2011	2012*
Sauen (laktierend, güst, tragend)	2.917	2.529	2.526	2.504	2.233	2.194	2.113
Sauen (erstmalig gedeckt, tragend)	392	328	303	296	270	253	249
Summe der Sauen	3.309 100 %	2.858 86 %	2.828 85 %	2.800 85 %	2.502 76 %	2.447 74 %	2.362 71 %
wachsende Schweine (Mast, Zucht), Eber	22.755 100,0 %	20.879 91,8 %	22.939 101,0 %	24.189 106,6 %	24.399 107,5 %	24.956 110,0 %	25.898 114,2 %
alle Schweine	26.064	23.737	25.768	26.990	26.902	27.403	28.260

\*) geschätzt

Derzeit werden aus Dänemark 4,8 Mio. Ferkel und aus den Niederlanden 2,48 Mio. Ferkel jährlich zur Ausmast in deutschen Mastställen importiert.<sup>2</sup> Zwischen 2005 bis 2010 stiegen die Ferkelimporte aus diesen beiden Ländern von etwa 4 Mio. auf 7,3 Mio. Ferkel an. Die Sauenproduktionskapazität 2010 betrug über 340.000 Bestandssauen. Der Ferkelexport aus Deutschland in andere Länder umfasste 2010 1,5 Mio. Tiere. Es verblieb ein Importüberschuss von 5,8 Mio. Ferkel.

### Ballungsräume der Schweinehaltung

Die allgemeine Struktur der Schweinehaltung in Deutschland hat sich dahingehend verändert, als die Zahl der Schweinehaltenden Betriebe seit vielen Jahren stark abnimmt, die Tierbestände je Betrieb jedoch gleichzeitig erheblich gewachsen sind. Daneben haben sich in einzelnen Gebieten Räume mit einer hohen Schweinedichte herausgebildet, während andere Gebiete, insbesondere innerdörfliche Räume, mehr und mehr frei von Schweinehaltung sind.

In wenigen Landkreisen werden über 500 Schweine je 100 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche gehalten, in den Landkreisen Vechta, Cloppenburg, Coesfeld, Warendorf und Borken sind es sogar über 1.000 Schweine je 100 ha LF (vgl. Tabelle 3.2).

**Tab. 3.2**  
Landkreise mit der höchsten Verdichtung der Schweinehaltung, bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland (2010)  
*Quelle: (DESTATIS, 2013), ohne kreisfreie Städte und städtisch geprägte Kreise*

Landkreise (> 1.000)	Schw./ 100 ha LF	Landkreise (> 750)	Schw./ 100 ha LF	Landkreise (> 500)	Schw./ 100 ha LF
Vechta	1.674	Steinfurt	963	Münster	715
Cloppenburg	1.327	Emsland	828	Grafsch. Bentheim	712
Coesfeld	1.255	Osnabrück	823	Recklinghausen	655
Warendorf	1.019			Schwäbisch Hall	622
Borken	1.014			Paderborn	589
				Minden-Lübbecke	583
				Gütersloh	531
				Unna	525
				Oldenburg	519

Im Bundesland Niedersachsen sind die Schweinebestände so gewachsen, dass 2010 etwa 92% der schweinehaltenden Betriebe mit mehr als 400 Schweinen im Bestand produzierten. Der Anteil der Betriebe mit mehr als 100 Sauen ist in Niedersachsen von 38% (1992) auf 87% (2010) gestiegen.<sup>3</sup> Ähnliche Entwicklungen gab es auch in Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern.

In den neuen Bundesländern hat sich ein Teil der in der DDR üblichen sehr großen Tierbestände erhalten. Nach der Wiedervereinigung war die Tierhaltung in diesem Gebiet rückläufig. Inzwischen sind viele Modernisierungen und Stallneubeuten realisiert worden, und die noch existierenden großen Tierbestände befinden sich jetzt in der Region verteilt.

Emissionen wirken sich in engen Radien um eine Tierhaltung am intensivsten aus. Je mehr Tiere in Relation zu einer verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche gehalten werden, umso mehr sind Zu- und Abflüsse von Nährstoffen aus Regionen außerhalb der tierhaltenden Region notwendig.

Tabelle 3.3 zeigt, dass sich in 17 von 278 Landkreisen 39% der in Deutschland gehaltenen Schweine befinden. Diese Landkreise verfügen über 7% der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Während in den 17 Kreisen (vgl. Tab. 3.2) mit der intensivsten Schweinebestandsdichte in der Region im Durchschnitt 865 Schweine je 100 ha LF gehalten werden, werden in den 261 übrigen ländlich geprägten Kreisen nur 116 Schweine je 100 ha LF gehalten.



	Viehkonzentration in der Region Schweine je 100 ha	LF insgesamt <sup>1</sup>		In der Region <sup>2</sup>	
	LF <sup>3</sup>	ha		Schweine	
Deutschland insgesamt		16.954.329	100%	27.571.352	100%
278 ausgewählte Landkreise <sup>4</sup>		15.386.748	91%	27.191.035	99%
Regierungsbezirk Münster	1.007	397.403	2%	3.884.107	14%
Regierungsbezirk Weser Ems	618	923.836	5%	5.618.543	20%
17 Landkreise mit > 500 Schweinen / 100 ha LF <sup>5</sup>	865	1.265.157	7%	10.824.872	39%
261 Landkreise mit < 500 Schweine je 100 ha LF <sup>6</sup>	116		83%	16.366.163	59%

**Tab. 3.3**  
Viehichte und landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in ausgewählten Regionen Deutschlands

- 1) Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2013, Landwirtschaftliche Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) n. Kulturarten - Erhebungsjahr - 2007 - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte, Stand: 10.05.2013 / 07:24:50
- 2) Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2013, Landwirtschaftliche Betriebe mit Viehhaltung und Zahl der Tiere - Landwirtschaftszählung - Haupterhebung 01.03.2010 - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte, Stand: 10.05.2013
- 3) Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2013, Regionalatlas Deutschland Indikatoren des Themenbereichs „Landwirtschaft“ - 2010 - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte, Stand: 10.05.2013 / 07:13:17
- 4) nur Kommunen mit > 12.000 ha LF und ohne Kommunen mit weit überwiegend städtischem Charakter (z. B. kreisfreie Städte) und ohne Kommunen mit fehlenden Angaben
- 5) vgl. Tabelle 3.2
- 6) ausgewählte Landkreise Deutschlands, vgl. Fußnote 4

Je mehr Schweine in Relation zu der lokal verfügbaren vorwiegend ackerbaulich nutzbaren Anbaufläche gehalten werden, umso schwieriger wird es, die Schweine allein aus dem Feldaufwuchs aus dem lokalen Anbau bedarfsgerecht zu versorgen. In den Ballungsräumen der Schweinehaltung ist daher zumeist ein Zufluss an Futterrohstoffen oder geeigneten Futterzusatzstoffen, wie freien Aminosäuren, erforderlich. Gleichzeitig scheiden die Tiere vergleichsweise große Mengen an Nährstoffen mit den Exkrementen aus. Die Anflutung großer Mengen der ausgeschiedenen Nährstoffe ist für den Menschen, das Tier, die Natur und die Umwelt dann ein Belastungsfaktor, wenn nicht genügend meist ackerbauliche Fläche für die Verwertung der Nährstoffe in einem vertretbaren Umkreis der Tierhaltung zur Verfügung steht.

Mit zunehmender Viehdichte in einer Region nimmt das Risiko, dass Beeinträchtigungen entstehen, zu.

### 3.2 Futtermittelwirtschaft

Die Unternehmen der Mischfutterwirtschaft in Deutschland produzieren insgesamt 22,6 Mio. t (2010/11) Mischfuttermittel.<sup>5</sup>

Während Getreide als Futtermittel vor allem aus inländischer Erzeugung verbraucht wird, werden proteinreiche Futtermittel zu einem weit überwiegenden Anteil importiert. Der Importbedarf in Höhe von 1,86 Mio. t (22,2%) verdaulichem Rohprotein wird zu mehr als zwei Dritteln über die Einfuhr von Sojabohnen (ca. 3 bis 4 Mio. t) und Sojaschrot (ca. 2 Mio. t) gedeckt. Da energiereiches Getreide jedoch nur in Kombination mit einem proteinreichen Einzelfutter ein für Schweine ideales Mischfutter ergibt, sind ergänzend hochwertige protein-

reiche Futtermittel nötig. Ölschrote, die als Nebenerzeugnis bei der Ölgewinnung aus Ölsaaten entstehen, sind für diese Zwecke besonders gut geeignet. Der Deutsche Verband Tiernahrung (DVT) führt die Rohstoffströme (Ölsaaten oder Ölschrote) aus dem Ausland, die gerade auch für die leistungsgerechte Proteinversorgung von Schweinen unverzichtbar sind, auf die jeweilige Standortvorteilhaftigkeit zurück.<sup>6</sup>

### 3.3 Konsum

Die Erzeugung von Schweinefleisch ist in Deutschland traditionell stark ausgeprägt, der Konsum von Schweinefleisch hoch und in der Bevölkerung weit verbreitet. Die deutschen Verbraucher konsumierten von 2009 bis 2012 durchschnittlich 88,8 kg Fleisch pro Kopf. Der Schweinefleischverzehr betrug 2011 pro Kopf 39,0 kg und nimmt seit 1991 fast unverändert einen Anteil von 62 bis 64 % am gesamten Fleischkonsum ein. Der Selbstversorgungsgrad ist von 86 % im Jahr 1991 auf 115 % im Jahr 2011 angestiegen.<sup>7</sup>

### 3.4 Zucht und Produktionsmanagement

Die Erzeugung von Schweinefleisch und damit die Schweinehaltung haben sich in den letzten Jahrzehnten dramatisch verändert. Ein großer Teil des Wandels ist dabei auf Erfolge in der Schweinezucht und die Nutzung biotechnologischer Verfahren wie die Künstliche Besamung zurückzuführen. Die Schweinezucht hat maßgeblich dazu beigetragen, dass die Schweine heute sehr magere, fleischreiche Schlachtkörper mit über 56 % Magerfleischanteil (MFA) liefern, das Futter in einem Verhältnis von 1 : < 3,0 in Lebendgewichtszuwachs umsetzen oder mit über 800 g Lebendgewichtszuwachs pro Tag sehr schnell wachsen können. Die Sauen vermögen es, pro Jahr über 25 Ferkel lebend zur Welt zu bringen. Die Verluste in einer etwa vierwöchigen Sägezeit fallen dabei verhältnismäßig gering aus. Diese Zahlen charakterisieren die Effizienz der Schweinefleischerzeugung. Moderne Zuchtmethoden, Kreuzungskonzepte zur Nutzung von Heterosiseffekten und biotechnische Methoden wie die Künstliche Besamung haben sich weit hin durchgesetzt. Schweine modernen Typs sind sehr fruchtbar, sehr wüchsig, gute Futtermittelverwerter und sie liefern Schlachtkörper mit einem geringen Grad der Verfettung. Reinzuchtpopulationen alten Typs sind in der Produktion nur noch in einem unbedeutenden Umfang anzutreffen, weil sie in der Leistungsfähigkeit nicht überzeugen können.

**Eine höhere Effizienz in der Verwertung von Nährstoffen geht einher mit hoher Nährstoffdichte, hoher Verdaulichkeit und hoher Attraktivität der Futtermittel.**

Die Zucht auf hohe Wachstumsintensität und hohen Fleischanteil hat zu hoher Futtermittelverwertung (FVW) geführt. Ein Kilogramm Schlachtgewicht enthält durchschnittlich weniger Fett als Jahrzehnte zuvor, und es müssen heute weniger Kilogramm der Futterressourcen aufgewendet werden, um ein Kilogramm Schlachtgewicht zu erzeugen als je zuvor. Um einen hohen Grad der Verwertung der Futterressourcen zu erreichen, benötigen die Schweine optimale Bedingungen (vgl. Abbildung 3.1). Eine höhere Effizienz in der Verwertung von Nährstoffen geht einher mit hoher Nährstoffdichte, hoher Verdaulichkeit und hoher Attraktivität der Futtermittel. Das sehr hohe genetische Leistungsvermögen kann ausgeschöpft werden, wenn genügend Futter von ausreichender Qualität passend zur Phase der Entwicklung zur Verfügung steht. Eine ausgewogene Versorgung mit faserartigen Stoffen (Rohfaser, bakteriell fermentierbare Substanz) ist notwendig, damit sich das Wohlbefinden der Tiere, ihre Darmgesundheit und ihre Darmflora optimal entwickeln. Nur wenn diese Bedürfnisse in der Fütte-

rung beachtet werden, sind Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Schweine sicherzustellen.

Ziel der Züchtung ist es, dass die Schweine ein möglichst hohes Wachstums- und Nährstoffverwertungsvermögen aufweisen. Um tierisches Protein für das Lebensmittel Fleisch ressourcenschonend zu gewinnen, bedarf es einer intensiven Fütterung der Schweine. Verschiedene Einflüsse auf das Tier (vgl. Abbildung 3.1) und ihr eigenes genetisches Leistungsvermögen sind in ihrer Gesamtwirkung dafür verantwortlich, wie es die zugeführten Nährstoffe verwertet und wie effizient letztlich mit Ressourcen umgegangen wird.

**Abb. 3.1**  
*Direkte Einflüsse auf die Tiere in der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft*



### 3.5 Künftige Herausforderungen in der Schweineerzeugung

Spezialisierung und regionale Konzentrierung von Land- und Agrarwirtschaft sowie Ernährungswirtschaft sind Folgen einer gesamtwirtschaftlichen und globalen Entwicklung. Die Entwicklung stößt jedoch zunehmend an die Grenzen der gesellschaftlichen Akzeptanz. Produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Fortschritte werden von zunehmenden Risiken begleitet, welche die Erfolge zunichtemachen können. Ansehensverluste bei den Verbrauchern, Vorbehalte der Bürger gegenüber den Belastungen für Tier und Natur und Beeinträchtigungen der Nachbarn großer Tierhaltungen führen dazu, dass sich die Verbraucher zurückhalten und die Wirtschaftsweise zunehmend durch Normen und Vorschriften (Tierschutz, Baurecht, Immissionsschutzrecht, Bodenrecht, Futtermittelrecht, Hygienerecht usw.) eingeschränkt wird.

Investitionswillige Landwirte, die ihre Zukunft in der Spezialisierung auf die Schweinehaltung sehen, planen aus unternehmerischen Gründen in der Regel große Stalleinheiten mit rationeller Technologie und raumsparender Bauweise. Erst große Kapazitäten und eine rationelle Bauweise sichern ihnen ein genügendes Einkommen und eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit. Außenstehende Betrachter nehmen große Tierhaltungen jedoch oft sehr kritisch als „Massentierhaltung“ wahr.

Extreme Ausprägungen der Tierkonzentrierung mit Auswirkungen auf die Emissionen, mit hygienischen und ökologischen Risiken sowie Beeinträchtigungen von Menschen müssen als nicht nachhaltig angesehen werden. In flächenknapp-



pen Betrieben mit verhältnismäßig großen Tierbeständen besteht die Gefahr, dass in der näheren Umgebung zu den Tierhaltungen Nährstoffüberschüsse im Boden auftreten. Mit zunehmender Tierhaltungsdichte in einer Region nehmen die Risiken und Belastungen von Mensch, Boden und Umwelt zu.

Die teilweise starken regionalen und betrieblichen Konzentrationsprozesse in der Schweinehaltung stoßen wegen der damit verbundenen Belastungen von Umwelt und Landschaft sowie der Geruchs-, Staub- und Lärmbelastigungen zunehmend an die Toleranzgrenzen in der Bevölkerung.<sup>8</sup>

Eine Orientierung am Leitbild der Nachhaltigkeit kann dafür sorgen, das bereits feststellbare Konfliktpotenzial abzubauen, eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz zu erlangen und zukunftsfähig zu werden. Für die landwirtschaftliche Tierhaltung bedeutet dies, vor allem Verfahren und Infrastruktur so zu optimieren, dass der „Dreiklang der Nachhaltigkeit“ aus Ökonomie, Ökologie und Soziales umgesetzt werden kann. Dazu gehört, möglichst dauerhaft wettbewerbsfähig zu wirtschaften, negative Einflüsse auf die Umwelt zu minimieren sowie Tierwohl und soziales Umfeld im ländlichen Raum positiv zu gestalten.<sup>8</sup> Den Nutzen einer nachhaltigeren Schweinehaltung können Landwirte und Verbraucher aber nur langfristig erwarten. Bisher wurden die Grundsätze der Nachhaltigkeit auf die Ernährung der Schweine noch zu wenig angewendet; dies bedarf weiterer Forschung und Entwicklung sowie der Etablierung von Standards und der Verbreitung des Know-hows bei Landwirten und Verarbeitern.

*Nachhaltigere Eiweißkomponenten können z.B. Ackerbohnen, Erbsen und Rapsschrot aus heimischer Herkunft sein.*





*Aus Rapssaat fällt bei der Ölmühlenverarbeitung Rapsschrot an – ein alternatives Eiweißfuttermittel für Schweine.*

# 4

## Fütterung

Verschiedene Aspekte der Fütterung haben entscheidenden Einfluss auf das Tier selbst, aber auch auf die gewonnenen Lebensmittel, die Umwelt, den Menschen und die Wirtschaftlichkeit des Betriebszweiges.

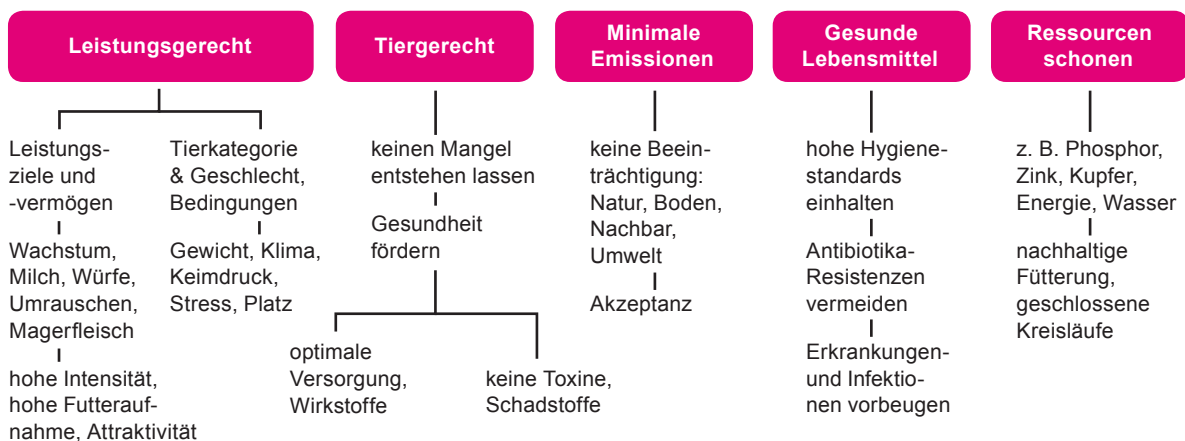
**Abb. 4.1**  
Aspekte der Fütterung mit Einfluss auf das Tier



**Abb. 4.2**  
Ziele der Fütterung sowie Wege und Möglichkeiten einer optimalen Fütterung

In Abbildung 4.2 wird stichwortartig und hierarchisch strukturiert dargestellt, welche Ziele bei der Versorgung der Tiere mit Futtermitteln maßgeblich sind und welche Strategien und Wege für eine optimale Fütterung abgeleitet werden müssen. Neben der klassischen Bedarfsdefinition, die fast ausschließlich die Versorgung mit Energie und Nährstoffen umfasst, sind weitere Aspekte wie Tiergerechtigkeit, Emissions- und Ressourcenschutz in die Fütterung miteinzubeziehen.

### Den Bedarf der Tiere mit der Versorgung decken





Um leben zu können, benötigt das Schwein wie alle höheren Lebewesen die Zufuhr von Wasser, Nähr-, Mineral- und Wirkstoffen sowie essenzieller Spurenelemente in hygienisch guter Qualität. Die für den Stoffwechsel notwendige Energie gewinnt der Organismus aus den Nährstoffen Kohlenhydrate, Fette und unter Umständen auch Proteine. Ein Mangel an essenziellen Nähr- und Wirkstoffen führt zu Beeinträchtigungen des Tieres. Diesen Mangel zu vermeiden ist die erste Voraussetzung dafür, dass sich das Tier ungestört entwickeln und seine Gesundheit erhalten kann. Damit es tiergerecht leben kann und Wohlbefinden entsteht, bedarf es einer Versorgung im näheren Bereich des Optimums.

Zu den lebensnotwendigen Nährstoffen zählen die essenziellen Aminosäuren, Mineralstoffe und Spurenelemente sowie andere Wirkstoffe wie Fettsäuren und Vitamine. Diese Stoffe müssen entsprechend dem physiologischen Status des Tieres, dem Leistungsvermögen und der hygienischen Belastung in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Über diesen Bedarf an spezifischen Stoffen hinaus benötigt das Tier die Zufuhr von Energie und Wasser, damit Stoffwechsel und Entwicklung stattfinden können. Bei der Fütterung von Schweinen müssen die Stoffe in der richtigen Menge, im richtigen Verhältnis der Nährstoffe zueinander und zum richtigen Zeitpunkt, passend zu den Tieren und den Haltungsbedingungen, angeboten werden. Darüber hinaus sind faserartige Stoffe zuzuführen, damit die Darmflora und folglich die Darmgesundheit und das Wohlbefinden nicht beeinträchtigt werden. Je mehr diese anspruchsvolle Versorgung gelingt, umso besser können die Tiere die Nährstoffe und Energie in ihrem Stoffwechsel effizient verwerten, hohe Leistungen erbringen und dabei gesund und vital bleiben. Gesunde Tiere fühlen sich wohl, zeigen eine gute Futteraufnahme, sind widerstandskräftig, verwerten Futter sehr gut, entwickeln eine hohe Wachstumsintensität und scheiden im Verhältnis zur erzeugten Menge an verzehrbaren Proteinen wenig Nährstoffe aus.<sup>9</sup>

#### 4.1 Ansprüche der Schweine an die Proteinversorgung

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung ist in erster Linie darauf ausgerichtet, hochwertige Proteine und Wirkstoffe für die menschliche Ernährung zur Verfügung zu stellen.<sup>10</sup> Aus Sicht einer nachhaltigen Tierernährung spielt die Verbesserung der Transformationseffizienz von pflanzlicher zu tierischer Biomasse eine immer wichtigere Rolle.<sup>11</sup> Das Schwein ist im Verlauf der Menschheitsgeschichte vom Haustier und Resteverwerter zum Nutztier in spezialisierten landwirtschaftlichen Unternehmen und effektiven Futterverwerter geworden. Ressourcenschonung in der Erzeugung von tierischen Lebensmitteln gelingt dann besonders gut, wenn eine hohe Effizienz erreicht werden kann.<sup>12</sup> Ein hohes Leistungsniveau der Tiere hat eine effiziente Verwertung der Futterinhaltsstoffe und eine hohe Rate des Proteinansatzes im Körper zur Folge und schont Futtermittelressourcen mehr als eine extensive Fütterung.<sup>13</sup> Der Proteinansatz in der Gewichtszunahme von Schweinen ist daraus folgend ein wichtiges Kriterium in der Optimierung der Ressourcenschonung.

Proteine sind Nährstoffe, die vornehmlich als Bausteine fungieren. Proteine bestehen aus Aminosäuren. Der Proteinstoffwechsel steht in direktem Zusammenhang mit dem Stickstoff-(N)-Stoffwechsel. Wenn der Körper proteinhaltige Gewebe und Flüssigkeiten bildet, muss er zuvor mit den Bausteinen dafür versorgt worden sein. Höhere tierische Lebewesen wie Schweine benötigen Proteine bzw.  $\alpha$ -Aminosäuren.<sup>14</sup> Während die essenziellen Aminosäuren unverzichtbar und unersetzlich sind und dem Tier mit der Fütterung zugeführt werden müs-

**Die optimale Futtermischung ist im Hinblick auf die Versorgung mit Proteinen vor allem dann erreicht, wenn die Tiere die essenziellen Aminosäuren vom Mischfutter in bedarfsdeckender Menge aufnehmen können.**

---

sen, kann das Tier die nichtessenziellen Aminosäuren im eigenen Stoffwechsel aus anderen Aminosäuren selbst synthetisieren. Daher steht in der Fütterung von Schweinen die genügende Versorgung mit essenziellen Aminosäuren zur Deckung des Erhaltungs- und Leistungsbedarfs im Vordergrund.<sup>15</sup>

Für das Schwein sind die Aminosäuren Histidin (His), Isoleucin (Ile), Leucin (Leu), Lysin (Lys), Methionin (Met), Phenylalanin (Phe), Threonin (Thr), Tryptophan (Trp) und Valin (Val) essenziell, das heißt lebensnotwendig. Cyst(e)in (Cys) und Tyrosin (Tyr) werden als halbessenzielle Aminosäuren betrachtet.<sup>16</sup>

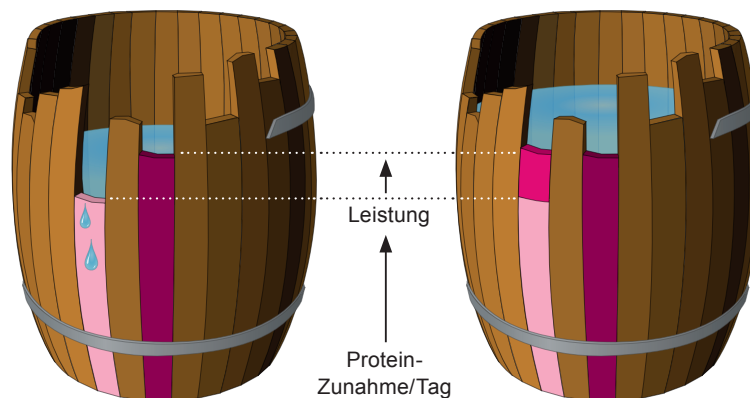
Die bedeutendsten Futterkomponenten in der intensiven Schweinefütterung sind die Körner der heimischen Getreidearten. Die Futtermischungen für Schweine bestehen bis zu über zwei Drittel aus diesen Körnerfrüchten und ihren Nachprodukten.<sup>17</sup> Die Getreidekomponenten in Futtermischungen liefern etwa 30 bis 60% der Aminosäuren.<sup>18</sup> Das für das Getreide typische Verhältnis an essenziellen Aminosäuren ist aber nicht ganz geeignet für die Proteinbiosynthese von Schweinen. Daher wird eine optimale Versorgung erst durch eine Mischung von Getreide mit anderen Einzelkomponenten gelingen. Eine bedarfsdeckende<sup>19</sup> Futtermischung wird deshalb neben einem Getreide eine proteinreiche Komponente enthalten. Die optimale Futtermischung<sup>20</sup> ist erreicht, wenn die Tiere die essenziellen Aminosäuren vom Mischfutter in bedarfsdeckender Menge aufnehmen können. Wenn Optimierungsanforderungen nicht erfüllt werden, so sinken die Leistung und die Verwertung der Futtermittel. Eine einseitige Mischung (z. B. nur Getreide) hat eine geringere Wachstumsintensität und eine verminderte FVW-Effizienz zur Folge.

Je mehr die Versorgungsmenge, die Verdaulichkeit und das Verhältnis der essenziellen Aminosäuren den Bedürfnissen des Schweins entsprechen, umso leistungsfähiger und vitaler ist es. Durch eine gesteigerte Bildung von z. B. Muskel- oder Milchproteinen kann das Tier mehr Gewichtszuwachs oder Milch bilden und als Leistung abgeben. Bei hoher Beanspruchung des Immunsystems verbraucht der Organismus große Mengen an bestimmten Aminosäuren für die Aufrechterhaltung der Immunität. Eine Unterversorgung kann das körpereigene Abwehrvermögen schwächen. Wenn dem Tier nur eine einzelne essenzielle Aminosäure fehlt, bleibt seine Leistung unterhalb seines genetischen Vermögens, auch wenn es alle übrigen Nährstoffe, die es für höhere Leistungen benötigt, ausreichend aufgenommen hat. Das von Liebig eingeführte Bild vom Fass mit den unterschiedlich langen Dauben veranschaulicht diese Zusammenhänge (vgl. Abbildung 4.3 links). Die Höhe der Leistung, im Bild dargestellt durch die Höhe des erreichbaren Wasserspiegels im Fass, wird begrenzt durch die kürzeste Daube, d. h. durch den essenziellen Nährstoff, z. B. eine essenzielle Aminosäure, an der es zuerst mangelt. Erst wenn die Aminosäure-Versorgungslücke geschlossen wird, kann das Tier seine Leistung steigern (vgl. Abbildung 4.3 rechts, der Wasserspiegel im Fass erhöht sich). Die Leistung steigert sich so weit, bis die Höhe der nächsten limitierenden Aminosäure erreicht ist.

Je besser das Aminosäureverhältnis im Futter mit dem Aminosäureverhältnis für die Erhaltung und Leistung der Schweine übereinstimmt, umso weniger Proteinüberschuss ist im Futter zu erwarten und umso weniger Proteine werden ausgeschieden.<sup>18</sup> Eine Proteinversorgung von Schweinen auf möglichst niedrigem Niveau wirkt stoffwechselentlastend, wenn die Versorgung mit den essenziellen Aminosäuren bedarfsdeckend ist. Dann kann der Organismus die aufwendige Entgiftung von überschüssigem Stickstoff auf ein Minimum verringern.<sup>21</sup> Gesundheit und Wohlbefinden des Tieres werden durch die optimale

**Abb. 4.3**  
 Essenzielle Aminosäuren  
 als leistungsbegrenzende  
 Faktoren in der  
 Schweinefütterung  
 (das Liebig'sche Fass)

■ Thr.  
■ Lys  
■ Lys-Erg  
■ Met



Versorgung mit Aminosäuren und einen gut verträglichen Rohproteingehalt im Futter erreicht.

Wachstum, Milchbildung oder Fötenentwicklung benötigen je nach Phase der Entwicklung neben den essenziellen Aminosäuren eine ausreichende Zufuhr von Energie, damit die energiezehrenden Stoffwechselprozesse stattfinden können. Die Energieversorgung muss in einer optimalen Relation zu den essenziellen Aminosäuren erfolgen, damit die Proteinbildung effizient erfolgen kann.<sup>22</sup> Die maßgebliche Kennzahl beim Schwein ist die Menge praecaecal verdaulichen (pcv) Lysins in g je 1 MJ Umsetzbare Energie (ME). Weicht der Wert zu stark von der optimalen Relation ab, bleiben entweder die zu viel zugeführten Aminosäuren ungenutzt und Stickstoff wird mit dem Harn und Kot ausgeschieden oder die zu viel zugeführte Energie wird als Fett in die Energiereserve des Körpers genommen.

Bei suboptimaler Versorgung des Tieres mit Nährstoffen, Energie und Wirkstoffen reagiert es zunächst mit einer verminderten Wachstums- oder Milchleistung. Die tägliche Gewichtszunahme des wachsenden Schweins bleibt hinter seinem genetischen Vermögen zurück. Die Milchleistung einer ausgewachsenen Sau vermindert sich und die säugenden Ferkel nehmen nicht in dem Maße zu, wie es aufgrund der genetischen Veranlagung möglich wäre, bzw. die Sau baut mehr eigene Körpersubstanz ab, als üblicherweise zu erwarten ist. Um ein marktübliches Ferkelverkaufs- oder Mastendgewicht zu erreichen, müssen die Nutztiere in einer verlängerten Mastdauer oder Ferkelaufzuchtzeit gefüttert werden. Der Futteraufwand in Bezug auf die zugenommene Körpermasse (FVW) am Ende der Ferkelaufzucht oder Mast wird größer.

Erst bei extremer Unterversorgung mit essenziellen Nährstoffen kommt es zu Mangelerscheinungen. Neben den sehr spezifischen Formen einer Mangelkrankung gehören erhöhte Krankheitsanfälligkeit, gestörte Fruchtbarkeitszyklen, verminderte Futteraufnahme oder erhöhte Verlustraten zu den allgemeinen Folgen einer Mangelversorgung.

Je mehr es mit der Fütterung gelingt, den Tieren die Nährstoffe im optimalen Bereich der Versorgung zuzuführen, umso mehr erreichen die Leistungen das Niveau ihres genetischen Vermögens. In dieser Zone der optimalen Versorgung sind die Risiken, dass Erkrankungen, Verluste oder Fruchtbarkeitsstörungen auftreten, kleiner als im Bereich der suboptimalen Versorgung.

Bei einer Überversorgung mit Energie und Nährstoffen kann es u. a. zu einer Leistungsdepression und in extremen Fällen zu körperlichen Beeinträchtigungen

kommen. Wenn sich die Stoffwechselintensität erhöht, steigt auch der oxidative Stress für die Tiere,<sup>23</sup> sodass allein mit einer immer stärker steigenden physiologischen Leistung die Anfälligkeit für Erkrankungen<sup>24</sup> zunimmt.

Während des Wachstums verändert sich mit dem Gewicht und der täglichen Energieversorgung auch der tägliche Proteinansatz.<sup>25</sup> Dieser wird durch die Versorgung mit den essenziellen Aminosäuren und dem Rohprotein beeinflusst. Im angesetzten Protein (retiniertes Protein) beträgt der Lysingehalt 7,1 bis 7,2 % bei wachsenden Schweinen.<sup>26</sup> Das genetisch vorhandene Proteinansatzvermögen wird dann in hohem Maße ausgeschöpft, wenn der Erhaltungs- und Leistungsbedarf zugeführt wird und darüber hinaus die Verwertungsverluste mit berücksichtigt sind.<sup>27</sup> Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) geht in ihrer Veröffentlichung von einer Verwertung von 63 % der aufgenommenen Proteine für den gesamten Wachstumsbereich von 5 bis 120 kg LG aus. Berechnungsmodelle auf der Grundlage zahlreicher Versuche zeigen die Zusammenhänge zwischen dem Proteinansatz und der Energie- und Nährstoffversorgung auf.<sup>28</sup> Der optimale Gehalt an der Leitaminosäure Lysin in einem Alleinfutter nimmt im Wachstum mit zunehmendem Gewicht und in Abhängigkeit vom Geschlecht ab.<sup>29</sup> In der Praxis ist die Relation zwischen Energie- und Lysin-Versorgung eine entscheidende Kenngröße in der Gestaltung von Fütterungsregimen.<sup>30</sup> Darüber hinaus sind begleitende Bedingungen wie das bedarfsgerechte Verhältnis der essenziellen Aminosäuren, der Anteil essenzieller Aminosäuren im Protein und eine genügende praecaecale Verdaulichkeit der essenziellen Aminosäuren zu berücksichtigen.

Auf den Nährstoff Stickstoff bezogen sind die Zufuhr, die Verwertung in Verdauung und Intermediärstoffwechsel sowie die Verluste durch Ausscheidungen maßgebende Ansatzpunkte, um die Nachhaltigkeit der Fütterung von Schweinen zu verbessern.

## 4.2 Ausgewählte Hauptfuttermittel für Schweine

### 4.2.1 Getreide

Getreide, ein Erzeugnis des landwirtschaftlichen Ackerbaus, wird entweder als innerbetrieblich verfügbare Futterkomponente oder als Bestandteil von zugekauften Mischfuttermitteln verwendet. Sein Anteil in der Schweinefütterung ist sehr hoch.

Aus Tabelle 4.1 wird ersichtlich, dass Getreide nicht genügend Protein liefern kann und die Aminosäure-Verhältnisse nicht den Milchleistungs- und Wachstumsbedürfnissen der Schweine entsprechen. Die Dichte der essenziellen Aminosäuren in den Getreidekörnern ist zu gering. Nur wenn Getreide mit proteinreichen Einzelfuttermitteln gemischt wird, kann es gelingen, den Bedürfnissen der Tiere gerecht zu werden.



	Energie ME	Roh- protein	Roh- faser	Lysin	Lysin/ ME	Lysin/ XP	pcVQ	pcv- Lysin	pcv- Lysin /ME	LYS : M+C	LYS : Thr	LYS : Trp
88 % Trockenm.	MJ/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/MJ	g/100 g	%	g/kg	g/MJ	Lys=100		
<b>Getreide</b>												
Gerste	13,1	102	45	3,55	0,27	3,48	73	2,59	0,20	111	97	37
Weizen	14,0	108	23	3,10	0,22	2,87	88	2,73	0,20	135	100	45
Triticale	13,8	97	23	3,35	0,24	3,45	84	2,81	0,20	116	90	31
Roggen	13,6	84	23	3,20	0,24	3,81	74	2,37	0,17	102	88	28
CCM	13,9	86	29	2,29	0,16	2,65	79	1,81	0,13	152	133	27
<b>Leguminosen (Körner)</b>												
Ackerbohne	12,6	268	82	16,26	1,31	6,19	82	13,33	1,06	31	55	14
Erbsen	13,6	218	55	15,02	1,11	7,11	85	12,77	0,94	33	51	12
Lupine	13,3	337	145	16,57	1,18	4,93	87	14,42	1,09	49	69	17
<b>Extraktionsschrote (ES) aus der Sojabohne und der Rapssaat</b>												
Soja-ES	13,0	439	66	27,27	2,11	6,21	88	23,87	1,84	47	64	21
Raps-ES	10,1	343	116	19,10	1,86	5,48	75	14,26	1,41	81	80	25
<b>Alleinfuttermittel für die intensive (950 g TZ) Schweinemast und für laktierende Sauen</b>												
Ferkel (28 kg)	13,4	190	190	11,6	0,86	6,10	88	10,2	0,76	55	65	18
Schwein (110 kg)	13,0	120	120	6,5	0,50	5,40	85	5,5	0,43	55	65	18
Sau (laktierend)	13,4	175	175	9,4	0,70	5,40	85	8,0	0,60	60	65	19

**Tab. 4.1**  
Energie- und Protein-  
Kennzahlen von Getreide-  
und Leguminosenkörnern  
sowie Ölsaatenextraktions-  
schroten im Vergleich mit  
Empfehlungen zu Allein-  
futtermitteln für Schweine

Mittelwerte aus unterschiedlichen, für Deutschland gültigen Quellen; Getreide: (1) Lufa Nord-West 2011 und 2012, www.lufa-nord-west.de und (2) Lufa Münster, 2012 zitiert bei Weiß, J. 2012, www.proteinmarkt.de, Getreidequalität 2012; Extraktionsschrote und Körnerleguminosen: (1) Quelle: Rechenmeister, 2012; (2) UFOP, 2004 ergänzt v. Weber, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), 5/2013, S. 80; (3) Preißinger et al., 2009; (4) Rapsmonitoring, Weber, 2012; (5) LfL-Informationen Futtermittelberechnung, 18. Auflage, 2011; (6) Priepke, A., 2009, Forschungsbericht Blaue Lupine, Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern Bericht 2/13, Tabelle 4, 5; (7) Jezierny et al., 2011, Livestock Science, 138 (2011) 229–243(8) Datenbank Feedipedia, 2013, www.feedipedia.org; (9) Datenbank Futtermittel, 2013, www.datenbank.futtermittel.net, DLG, Frankfurt, 17.09.2013; DLG Futtermitteltabelle Schweine, 1991, Alleinfuttermittel: DLG, 2010, Erfolgreiche Mastschweinefütterung, DLG-Information 1/2008, Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung

#### 4.2.2 Nebenerzeugnisse der Ölsaatenverarbeitung

Ölsaaten sind Körnerfrüchte, die so hohe Ölgehalte aufweisen, dass sie in der Gewinnung von Pflanzenölen durch Extraktion oder Pressung genutzt werden können. In großtechnischen Ölmühlen werden in der Regel beide Entzugsverfahren kombiniert. Die Nebenerzeugnisse der Pflanzenölgewinnung sind proteinreiche Futtermittel. Das Protein im Nebenprodukt wird durch Fettentzug in seiner Konzentration erhöht. Die Gehalte essenzieller Aminosäuren in Ölsaaten sind erheblich höher als beim Getreide (vgl. Tabelle 4.1), sodass erst eine Kombination aus stärkereichen Komponenten wie Getreide und aminosäurereichen Extraktionsschroten aus Ölsaaten die Herstellung geeigneter Futtermischungen für das Schwein erlaubt.

**Antinutritive  
Faktoren sind  
natürliche Inhalts-  
stoffe von Futter-  
mitteln, die die  
Futtermittel-  
aufnahme  
oder Verwertung  
von Inhaltsstoffen  
beeinträchtigen  
können.**

---

Sojabohne und Rapssaat sind die dominierenden Ölsaaten, die als Ausgangserzeugnisse für Schrote und Kuchen verwendet werden. Von deutlich nachrangiger Bedeutung sind die Extraktionsschrote oder Expeller der Sonnenblume, der Palmkerne oder der Leinsaat.

Viele Einzelfuttermittel enthalten Inhaltsstoffe, die die Verwendung als Futtermittel beeinträchtigen, weil sie das Futter z. B. aufgrund von Bitterstoffen für die Tiere unattraktiv machen oder weil sie ernährungsphysiologisch so wirken, dass die Tiere die Nährstoffe nicht optimal verwerten und nutzen können. Darmmilieu, Darmflora und Darmfunktion können durch diese Futtermittelinhaltsstoffe beeinträchtigt werden. Ölsaaten wie die Sojabohne oder die Rapssaat enthalten unterschiedliche antinutritive Faktoren (ANF), sodass eine direkte Verfütterung der Körner nicht sinnvoll ist. Vor der Verwendung als Futter sollten Sojabohne und Rapssaat geeigneten Behandlungen unterzogen werden. Das können fermentative, hydrothermische oder andere physikalische Behandlungen sein. Antinutritive Inhaltsstoffe wie Protease-(Trypsin-)Inhibitoren, Lektine, Lipooxygenasen und Anti-Vitamin-Faktoren sowie viele schwerverdauliche Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP), Saponine, östrogenwirksame Stoffe, Phytate oder Cyanogene Glycoside werden der Sojabohne zugeordnet.<sup>31</sup>

Raps enthält ebenfalls eine Reihe von ANF. Die vor einigen Jahrzehnten üblichen Rapsorten wiesen noch sehr viel höhere Gehalte unterschiedlicher ANF auf. Glucosinolate lösen Inappetenz, Störungen der Schilddrüse, sekundären Jodmangel oder Fruchtbarkeitsstörungen aus. Die Erucasäure kann Organschäden und Wachstumsverzögerungen verursachen. Glucosinolate und die Erucasäure haben früher die Verwendung von Rapserteugnissen für Mensch und Tier verhindert. Schweine reagierten auf zu hohe Anteile von Rapserteugnissen in der Mischung mit einem Rückgang in der Futtermittelaufnahme, weil von den ANF ein bitterer Geschmack ausging. Moderne sogenannte 00-Rapsorten sind erucasäure- und glucosinolatarm und dadurch gut verträglich; sie werden erheblich besser angenommen als die alten Herkünfte. Dennoch sind in der Praxis Vorbehalte gegenüber der Verfütterung von Rapserteugnissen verbreitet. Diese sind jedoch nur gegenüber alten Sorten berechtigt.

Die Ableitung der Einsatzanteile eines Rapserteugnisses als Futtermittel bei Schweinen hängt somit vom Glucosinolatgehalt der Rapskörner ab. Aus Versuchen ergibt sich eine Obergrenze von 1,5 mmol Glucosinolate/kg Alleinfutter.<sup>32</sup> Daraus leiten sich im Einzelnen, abhängig von den tatsächlichen Glucosinolatgehalten, Einsatzempfehlungen von unter 15 % für Mittel- und Endmast- und von unter 5 bis 10 % für Sauen- und die Ferkelaufzucht Futtermischungen ab.<sup>33</sup> Nach neueren Empfehlungen ist es vertretbar, in der Endmast auch 15 bis 20 % und in der Ferkelaufzucht 10 bis 15 % Mischungsanteil von RES zu wählen.<sup>34</sup> Die Entscheidung der Landwirte, SES durch RES auszutauschen, wird vom Preisverhältnis abhängig sein. Wenn der RES-Preis weniger als 65 bis 68 % des SES-Preises beträgt, ist das RES preiswürdig.<sup>34</sup>

Neben diesen ANF enthält Raps auch Tannine, Phytinsäure, Proteaseinhibitoren und Sinapin.<sup>35</sup> RES unterscheidet sich gegenüber dem SES durch einen höheren Rohfasergehalt und geringere Konzentrationen an Rohprotein und Lysin. Die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin, Cystein und Threonin sind im Verhältnis zum Lysin im Futtermittel stärker vertreten als im SES. Ein weiterer Nachteil des RES gegenüber dem SES besteht in der praecaecalen Verdaulichkeit der Aminosäuren. Der Unterschied im Verdaulichkeitskoeffizienten für Lysin beträgt 14 % (vgl. Tabelle 4.1 und <sup>36</sup>). Insgesamt verringert der Rohfasergehalt

des RES die Energiedichte. Die niedrige Aminosäuren-Konzentration im Futtermittel und im Rohprotein (SES: 6,21 g Lysin je 100 g Rohprotein und RES: 5,57 g Lysin je 100 g Rohprotein) erhöht die Rohproteindichte im Mischfuttermittel, wenn man SES durch RES gleichwertig austauscht.

Für Futtermischungen, die für eine intensive tierische Erzeugung vorgesehen sind, können Raps- und andere Extraktionsschrote (Sonnenblume, Leinsaat usw.) nur in begrenztem Umfang eingesetzt werden, weil die notwendigen Nährstoffdichten (Energie, Rohprotein, essenzielle Aminosäuren) und Verdaulichkeiten nicht erreicht werden. Die Gehalte an ANF sind darüber hinaus bestimmend dafür, in welchem Anteil die vom Raps ausgehenden Futtermittel in Mischungen verwendet werden können.

#### 4.2.3 Körnerleguminosen (KL)

Zu den in Mitteleuropa üblichen Leguminosen zählen die Ackerbohne, die Erbse und die Lupine. Die Körner dieser Feldfrüchte sind Futtermittel, die im Proteingehalt und den Gehalten an essenziellen Aminosäuren zwischen den Futtermittelgruppen Getreide und Extraktionsschrote rangieren (vgl. Tabelle 4.1). Da sich der Energiegehalt der KL im Vergleich zum RES auf dem Niveau des Getreides befindet, kann in Mischungen mit Getreide ein hoher Energiegehalt erreicht werden. Dagegen verringert sich bei Mischungen mit RES der Energiegehalt mit zunehmendem Anteil RES.

Die Futtermittelstatistik weist allerdings aus, dass die Bedeutung der Futtermittelgruppe KL in Deutschland über viele Jahre abgenommen hat. Vor zehn Jahren wurden jährlich in Deutschland noch annähernd 150.000 bis 250.000 t in der Mischfutterherstellung verbraucht. Im Wirtschaftsjahr 2010/11 wurden diese Einzelfuttermittel nur noch in einer Menge von insgesamt etwa 60.000 t zu Mischfuttermittel verarbeitet.<sup>37</sup>

Die sehr geringe Bedeutung der KL in der Herstellung von Futtermitteln lässt sich u. a. auf deren Gehalte an ANF zurückführen.<sup>38</sup> Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen enthalten Alkaloide, Oligosaccharide, Galactoside, Vicin, Convicin, Saponine, Hämagglutinine, Lectine, Tannine oder Phytinsäure.<sup>39</sup> Die für die Tiergesundheit kritische Schwelle von 0,05 % Alkaloidgehalt in der Trockenmasse (TM) wird bei der Süß- und Bitterlupine leicht überschritten.<sup>39</sup> Die Gehalte an Rohfaser oder schwerer verdaulichen Strukturkohlenhydraten sind im Vergleich zu den entsprechenden Werten der energiereichen Getreidearten hoch.<sup>40</sup> Verbascose und Stachyose, zwei zu den Oligosacchariden gehörende Zucker, sind in Ackerbohnen und Erbsen bzw. in Lupinen vergleichsweise viel enthalten.<sup>41</sup>

### 4.3 Futterzusätze

#### 4.3.1 Mineralfutter und Premixe

Eine bedarfsdeckende Versorgung mit Mikronähr- und Wirkstoffen stellt sicher, dass die Tiere alle Voraussetzungen erhalten, eine belastbare Immunität und Widerstandskraft auszubilden und eine normale körperliche Entwicklung und Fruchtbarkeit auszuprägen. Indirekt führt dies auch zu einer hohen Verdaulichkeit der Nährstoffe, einer hohen physiologischen Stoffwechselaktivität und zu Wohlbefinden.

Zusatzstoffe sorgen dafür, die Qualität, den Nährwert und die Attraktivität des Futtermittels zu erhalten (Säuren, Antioxidantien, Aromen, appetitanregende

**Körnerleguminosen bieten bei entsprechender Vermischung mit den passenden Ergänzungskomponenten ein hohes Proteinbildungsvermögen in der Schweinefütterung.**

oder konservierende Stoffe) oder die Verwertung von Nährstoffen im Verdauungstrakt zu verbessern (z. B. Enzyme, Probiotika) und die Darmgesundheit zu fördern (z. B. Präbiotika, Probiotika, Kokzidiostatika). Zu den Zusatzstoffen gehören auch die essenziellen Spurenelemente, Vitamine und die freien Aminosäuren.

Mit geeigneten Zusatzstoffen können die natürliche Gesundheit und Widerstandskraft gestärkt sowie die Verdauung und Verwertung der Nährstoffe optimal gestaltet werden. Sie sind damit ein wichtiges Strategieelement, um Nutztiere ressourcenschonend und effizient zu füttern.

#### **4.3.2 Freie Aminosäuren**

Freie Aminosäuren, die in einer mikrobiellen Fermentation oder einem biochemischen Syntheseprozess gewonnen werden, lassen sich gezielt verwenden, um in den Hauptfuttermitteln (Energie- und Proteinträger) Defizite in den Gehalten an Aminosäuren auszugleichen. Freie Aminosäuren können in hoch verdaulicher Form zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig bieten sie das Potenzial, den Rohproteingehalt abzusenken, weil sie nicht als Teil eines in Strukturen eingebundenen Proteins im Futterstoff in den Verdauungstrakt gelangen. Bei der Verfütterung der freien Aminosäuren ist eine Aufspaltung von Proteinen und damit das Herauslösen aus einer Proteinstruktur nicht erforderlich.

Um kleinste Mengen der freien Aminosäuren zielgerichtet einzusetzen, ist es notwendig, die Aminosäuregehalte der anderen Futterkomponenten genau zu kennen und exakte Mischungen herzustellen.

### **4.4 Fütterungsstrategien und Standardfuttermischungen in Deutschland**

Die derzeit vorliegende Statistik zum Rohstoffeinsatz der Mischfutterwirtschaft erlaubt es nicht, Rückschlüsse auf eine durchschnittliche Futtermischung oder Fütterungsstrategie in den schweinehaltenden Betrieben zu ziehen, da sie hierzu keine Informationen liefert.

Ein großer Teil der Getreideernte bleibt bei den Landwirten und wird innerbetrieblich an die Tiere verfüttert. In der Versorgungsbilanz des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) für 2010/11 wird ausgewiesen, dass 11,9 Mio. t Getreide im Eigenverbrauch als Futtermittel verwendet werden. Von den verkauften 30,5 Mio. t Getreide wurden in der Futtermittelwirtschaft weitere 13,3 Mio. t als Einzelfuttermittel eingesetzt.<sup>42</sup>

Die Mischfutterhersteller verwendeten bei der Produktion von Mischfuttermitteln 2010/11 Weichweizen (4,68 Mio. t), Gerste (2,58 Mio. t), Mais (1,76 Mio. t) sowie Roggen und Triticale (zusammen 1,39 Mio. t). SES und RES sind die wichtigsten Einzelfuttermittel in Deutschland (zusammen 5,36 Mio. t), um eine mit Energie und Eiweiß ausgeglichene und bedarfsgerechte Fütterung sicherzustellen.<sup>43</sup>

Erzeugnisse auf der Grundlage von Extraktionsprodukten oder Expeller sind ideale Mischungspartner zur Ergänzung einer im Wesentlichen auf Getreide basierenden schweinegerechten Futtermischung. Sie sind weit verbreitet, bewährt und ökonomisch effizient. Alternative Proteinlieferanten müssen sich ökonomisch immer am SES messen. Die Statistik zum Rohstoffeinsatz in der Mischfutterindustrie (vgl. Tabelle 4.2) belegt, dass insbesondere in der Fütterung von Schweinen und Geflügel erhebliche Mengen dieser Futtermittelgruppe verbraucht werden.



2010/11 (in 1.000 t)	Nord		Süd		Ost		Gesamt	Anteil
Mischfuttermittelerzeugung insgesamt	16.561	73 %	3.152	14 %	2.916	13 %	22.629	100 %
davon Herstellung Schweinefuttermittel	8.175	59 %	502	19 %	1.060	41 %	9.738	51 %
davon Herstellung Geflügelfutter	1.478	11 %	664	25 %	909	36 %	3.051	16 %
davon Herstellung Rinder	4.174	30 %	1.504	56 %	587	23 %	6.266	33 %
	<b>13.827</b>	100 %	<b>2.670</b>	100 %	<b>2.556</b>	100 %	<b>19.055</b>	100 %
	<b>83 %</b>		<b>85 %</b>		<b>88 %</b>		<b>84 %</b>	
<b>Rohstoffeinsatz</b>								
Getreide	7.849	47 %	1.021	32 %	1.580	54 %	10.450	46 %
Ölkuchen, Extraktionsprodukte	4.292	26 %	995	32 %	607	21 %	5.894	26 %

**Tab. 4.2**  
Mischfüttererzeugung  
in den Regionen und in  
Deutschland insgesamt  
(Wirtschaftsjahr 2010/11)  
Quelle: BMELV, 2012, S.  
26f, Tab. 1.2; S. 63f, Tab. 6

Neben den Extraktionsschroten aus der Verarbeitung von Ölsaaten werden auch andere Nebenerzeugnisse der Lebensmittelindustrie (z. B. aus Mühlen, Fermentationsanlagen und Zuckerfabriken, von der Stärkegewinnung aus der Kartoffel) verwendet, um die Proteinlücke in Mischfuttermitteln zu schließen. Oft sind die Futtermittel aber nur in sehr begrenztem Maße verwendbar, weil der hohe Gehalt an Rohfaser die Verdaulichkeit und Nährstoffdichte der Mischung herabsetzt. Darüber hinaus ist die Verfügbarkeit dieser Komponenten stärker davon abhängig, wie sich die Nachfrage nach den Hauptprodukten entwickelt.

Qualitativ hochwertige Proteinträger sind Proteinfuttermittel, hergestellt aus Milch, Fisch, Mikroorganismen oder Kartoffeln. Die Aminosäuremuster sind für die Tiere günstig, aber die Preise im Vergleich zu Sojaerzeugnissen hoch. Diese hochwertigen Proteinlieferanten werden für spezielle Bedürfnisse verwendet, z. B. als Mischfutter für Ferkel (Ferkelstarter).

Der Futterproteinverbrauch aus Ölsaaten insgesamt ist in Deutschland im Zeitraum 2004–2010 von 2,8 Mio. t auf 3,3 Mio. t gestiegen. Gleichzeitig hat sich der Selbstversorgungsgrad bei Futterprotein von 27 auf 35 % erhöht.<sup>45</sup> Dies ist auf die schon in den letzten Jahren stark zunehmende Verwendung von Raps-erzeugnissen in den Mischungen zurückzuführen.

Umfragen unter Fachberatern für schweinehaltende Betriebe in Niedersachsen ergaben ein annähernd repräsentatives Bild zur Art und Weise der Fütterung der Schweine.<sup>46</sup> So wird für die Beispielregion Landkreis Emsland mit einer zunehmenden Flächenknappheit bei höherer regionaler Schweinedichte angenommen, dass die einphasige Schweinemast nur noch marginale Bedeutung hat. Standard ist eine zweiphasige Mast (62–70 %). Ein Viertel bis ein Drittel der als üblich angesehenen Fütterungsvarianten wurde der dreiphasigen Fütterung zugeordnet. Von den zwei- und dreiphasigen Fütterungsvarianten wurden jeweils etwa ein Viertel als N-reduzierte Fütterungsstrategien angegeben.<sup>47</sup> Eine für Schleswig-Holstein typische Mastfuttermischung für Tiere zwischen 45 und 85 kg LG enthielt 12,3 % High-Protein-(HP)-Sojaschrot und 6,1 % Rapsextraktionsmehl. Der Rohproteingehalt für diese Futtermittel wurde mit 17,1 % beziffert.<sup>48</sup>

Der Verein Futtermitteltest e. V. (VFT)<sup>49</sup>, der die am Markt befindlichen Futtermittel regelmäßig überprüft, weist in seinen Berichten die von den Herstellern deklarierten Proteingehalte aus. Danach enthalten übliche Alleinfuttermittel für laktierende Sauen zwischen 17 und 18 % Rohprotein, für tragende Sauen zwischen

13,5 und 14,0% und für Mastschweine zwischen 14% und 18% Rohprotein.<sup>50</sup> Endmastfuttermittel mit abgesenkten Rohproteingehalten, die für die Endphase der Mast (> 80 kg LG) geeignet sind, werden in den Prüfberichten nur sehr vereinzelt aufgeführt.

Die Varianz der Rohnährstoffgehalte in der Praxis ist hoch.<sup>51</sup> Die auf Niedersachsen bezogene Befragung zeigt, dass der Rohproteingehalt vom Vormastfutter über Mittelmastfutter bis zum Endmastfutter von 18,5 auf 15,0% Rohprotein abnimmt. In einer N-reduzierten Fütterung, die in Niedersachsen unter der Bezeichnung RAM-Fütterung geführt wird, verringert sich der Rohproteingehalt von der Vormast bis zur Endmast von 17,0 auf 14,0% Rohprotein.<sup>52</sup> In einem Versuch mit Mastschweinen wurde die Fütterung nach den neuen Empfehlungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) mit der RAM-Fütterung verglichen. Mit durchschnittlich 970 g Tageszunahmen (TZ) und einem Futterverbrauch von 2,70 kg je kg Zuwachs wurde ein sehr hohes Leistungsniveau erreicht. In Mastleistung und Schlachtkörperbewertung gab es keine gesicherten Unterschiede. Die Nährstoffausscheidungen waren in der RAM-Gruppe um 10% beim Stickstoff und um 6% beim Phosphat reduziert. Der Versuch zeigt, dass mit RAM-Futter gleiche Leistungen wie mit Futter nach DLG-Empfehlungen erzielt werden können.

Eine rohproteinreduzierte Fütterung insbesondere in der Endphase der Mast ist bisher noch nicht sehr verbreitet. Sie muss nicht zu Leistungseinbußen führen, sodass in der Schweineerzeugung noch Rohprotein-Einsparpotenzial besteht.





*Durch die Kombination der Vorteile der Körnerleguminosen im Ackerbau und in der Tierfütterung ergeben sich wirtschaftlich erfolgreiche Strategien, insbesondere dann, wenn die innerbetriebliche Verwertung in der Fütterung gelingt.*



## 5 Verringerungsstrategien

Um die Import-Sojafuttermittel in der Fütterung von Schweinen landesweit merklich zu minimieren, müssen zahlreiche Veränderungen der Fütterungsstrategien in der ganzen Breite der Erzeugerstufe vorgenommen werden und zusammenwirken. Die Strategien finden bei den Erzeugern jedoch nur dann Akzeptanz, wenn sie nicht zu Einbußen in der Wirtschaftlichkeit ihrer landwirtschaftlichen Unternehmen führen. Eine Verteuerung der Erzeugung wird von den Unternehmen nur in Kauf genommen, wenn ein Ausgleich durch höhere Erlöse gesichert ist. Lösungen, die nur für wenige Betriebe geeignet sind, können den landesweiten Sojaverbrauch nicht wesentlich verringern.

Neben der Notwendigkeit, die Strategien der Schweinefütterung zu verändern, besteht die Herausforderung, Ersatz für Sojafuttermittel zur Verfügung zu stellen. Dies ist im heimischen Markt nur durch Veränderungen im Anbau von Feld- und Futterpflanzen möglich.

Die Angebotsmengen von Nebenerzeugnissen aus der Lebensmittelproduktion (z. B. Mühlennachprodukte, Kartoffelproteine, Milchprodukte, Brau-Nebenerzeugnisse, Schlempe) oder Kraftstoffherstellung (aus erneuerbarer Quelle) können sich nur abhängig von der Nachfrage nach dem Hauptprodukt entwickeln. Daraus folgt eine gewisse Unsicherheit in der Beurteilung der Verfügbarkeit und der Wertansätze für diese Nebenerzeugnisse.

Nicht zuletzt bestimmen Marktpreisverhältnisse und agrarpolitische Rahmenbedingungen maßgeblich den Anbau und damit die Verfügbarkeit von Futtermitteln und Körnerfrüchten aus lokaler Erzeugung. Diese Aspekte haben wesentlichen Einfluss auf die Möglichkeiten der Herstellung von Mischfuttermitteln sowie auf die Preise der Ersatzfuttermittel. Dieser Aspekt spielt somit auch eine sehr wichtige Rolle für die Realisierung einer Sojaextraktionsschrot minimierten Schweinefütterung ist aber nicht Gegenstand dieser Studie und wird hier nicht weiter erörtert.

Aus Sicht der Tierernährung und -fütterung kann die Reduktion von Sojaerzeugnissen in der Fütterung von Schweinen vor allem durch folgende Maßnahmen gelingen:

- » Beschränkung der Rohproteinversorgung auf ein ernährungsphysiologisch und fütterungsbezogen notwendiges Minimum
- » Einsatz von freien Aminosäuren
- » Verwendung von Ersatzfuttermitteln

### 5.1 Verringerung der Anteile proteinreicher Ergänzungsfuttermittel in der Fütterung

#### 5.1.1 Phasenfütterung

Der Nährstoffbedarf von Tieren ist von vielen Faktoren abhängig. Werden die Futtermittel nicht an die Bedürfnisse in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen und Leistungsklassen angepasst, besteht die Gefahr der Unter- oder Überversorgung. Mit zunehmendem Gewicht bzw. Alter verändert sich der Anspruch an die Nährstoffdichte und Verdaulichkeit im Futtermittel. Eine laktierende Sau mit vielen Ferkeln am Gesäuge benötigt eine höhere Konzentration an essenziellen Aminosäuren oder Energie im Alleinfutter als eine tragende Sau, die vor allem zur Erhaltung der Körperkondition versorgt wird. Ein wachsendes



Absetzferkel mit einem Gewicht von 25 kg benötigt eine höhere Verdaulichkeit der Nährstoffe als ein Schwein in der Endmast.

Durch eine möglichst enge Anpassung insbesondere des Rohproteingehaltes an den niedrigeren Proteinbedarf im Verlauf der Entwicklung des Tieres können unnötige Rohproteinverbräuche vermieden werden. Bei der Phasenfütterung werden unterschiedliche Alleinfuttermittel, die an die jeweilige Entwicklungsphase des Tieres optimal angepasst sind, verabreicht. Wechselt das Tier in die nächste Entwicklungsphase, muss der Übergang zum Futter der nächsten Phase möglichst gleitend vollzogen werden. Bei vielen Phasenwechseln in einem Produktionszyklus sind zahlreiche Futterwechsel und Futtersorten nötig. Die Fütterungstechnik und die vorhandenen Vorratszellen für Mischfutter müssen es erlauben, Futterwechsel gleitend zu vollziehen. Ein Fütterungssystem mit nur einer Phase verursacht den geringsten Aufwand in der Fütterungstechnik, während ein System mit vielen Phasen den größeren Aufwand beansprucht.

Das Potenzial zur Sojaminimierung steckt darin, dass das Schwein im Verlauf seiner Entwicklung bis zum Mastendgewicht seinen Anspruch an die Aminosäuredichte und die Verdaulichkeit der Nährstoffe im Alleinfutter kontinuierlich reduziert. Ein Schwein, welches unmittelbar vor dem Mastende mit einem Endmastfutter gefüttert wird, kommt mit weniger Rohprotein im Kilogramm Futter aus, als im Endmastfutter enthalten ist. Diese Futtersorte wird in der Praxis oft schon bei einem Gewicht von 75 bis 90 kg eingesetzt. Sie ist auf die Bedürfnisse von Schweinen mit einem Gewicht von 75 bis 90 kg ausgerichtet, daher sind 110 kg schwere Schweine mit Rohprotein überversorgt. Eine mehrphasige Fütterung, die sich nah an den minimalen Rohproteinbedürfnissen orientiert und eine ausreichende Versorgung mit verdaulichen essenziellen Aminosäuren und Energie sicherstellt, ist gegenüber einer ein- oder zweiphasigen Fütterung in der Lage, zu einer Reduktion des Rohproteinverbrauchs und damit zu einer Reduktion des Sojaverbrauchs beizutragen. Werden Schweine möglichst nah am minimalen Rohproteinbedarf versorgt, werden die Umwelt entlastet, die Stallluft verbessert, die Tiergesundheit stabilisiert und die Futterkosten werden gesenkt.<sup>53</sup>

Verschiedene aktuellere Untersuchungen belegen das Rohprotein-Einsparpotenzial. Gegenüber einer zweiphasigen Mast von 32 bis 120 kg konnte in einer Multiphasenmast 6,6 kg Sojaschrot in einer Weizen-Gerste-Soja-Mischung eingespart werden. In der zweiphasigen Mast benötigte ein Mastschwein im Durchschnitt 40,5 kg HP-Sojaschrot je Schwein.<sup>54</sup> Durch die Multiphasenfütterung, d. h. das gleitende Verschneiden einer Anfangsmastmischung mit Weizen, wurden 8 % bzw. 6 % weniger Stickstoff bzw. Phosphor mit der Gülle ausgeschieden und niedrigere Futterkosten von einem Euro je Schwein verursacht. Bei diesem Schema der Fütterung verringerte sich der Energiegehalt nicht, während sich das Rohprotein von 19,2 % auf 16,1 % in der 14. Mastwoche verminderte. In dieser Mastphase haben Schweine mit 900 g TZ in der Mast ein Gewicht von 105 bis 110 kg und benötigen 38 bis 40 MJ ME sowie 16,0 bis 16,3 g pcv-Lysin pro Tag. Bei 80 % praecaecaler Lysin-Verdaulichkeit ergibt sich eine empfohlene Relation von 0,51 g Lysin je MJ ME. Im Futter für die Phase 14 betrug das Verhältnis noch 0,59 g Lysin je MJ ME.<sup>55</sup>

**Werden die Tiere möglichst nah am minimal möglichen Bedarf mit Proteinen und Aminosäuren versorgt, werden auch die Futterkosten gesenkt.**

### **5.1.2 Minimierung der Rohproteingehalte**

Insbesondere in den letzten Mastwochen kann in der Schweinemast noch Spielraum für eine weitere Verminderung des Rohprotein- und des Lysin-Gehaltes bestehen, sodass bei genügender Präzision in der Futterherstellung und Futter-

vorlage weiteres Einsparpotenzial für Rohprotein in der Mischung und damit für die Verwendung von Sojaerzeugnissen vorhanden ist.

Aktuelle Untersuchungen zur Überprüfung der RAM-Fütterung<sup>56</sup> der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zeigen, dass eine vierphasige Mast nach DLG-Empfehlungen<sup>57</sup> sowie eine Fütterungsstrategie, der Rohprotein- und Phosphorabsenkungen gegenüber üblichen Mischungen zugrunde liegen, keine signifikanten Leistungsunterschiede hervorbringen. Daraus könnte gefolgert werden, dass auch in der Mittelmast noch Rohproteinabsenkungs- und damit Sojaeinsparpotenzial besteht.<sup>58</sup> Dass die frühe Absenkung der Versorgung mit Rohprotein keinen Leistungsabfall zur Folge hatte, ist ein Indiz dafür, dass Spielräume für weitere Absenkungen des Rohproteingehaltes in der Mittelmast bestehen könnten.

In den aktuellen Fütterungsempfehlungen des National Research Council (NRC) wird als N-Bedarf eine Menge angegeben, die einem Rohproteingehalt von 10 bis 12 % Rohprotein in der Endmast (ab 100 kg) im Alleinfutter für Börgel, Sauschweine und Eber entspricht. In der Mittelmast II (ab 75 kg) wird ein Bedarf zwischen 12,6 bis 13,3 % und in der Mittelmast I (ab 50 kg) ab 14,25 % genannt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass diese Angaben Bedarfsnormen sind, die im Gegensatz zu den Versuchs- und Praxismischungen keine Zuschläge für unvorhersehbare Qualitätsschwankungen und Einflüsse beinhalten.

Proteinreduzierte Fütterungsstrategien werden in der Literatur seit vielen Jahren dargestellt und zeigen unter Beachtung einer ausreichenden Versorgung mit essenziellen Aminosäuren Vorzüge und keine Nachteile in den Leistungen der Tiere.<sup>59</sup> Der Anteil der essenziellen Aminosäuren an der insgesamt vom Tier benötigten Menge an Aminosäuren sollte bei wachsenden Schweinen 40 % betragen. Durch das Einhalten eines minimalen Gehaltes an Rohprotein in der Alleinfuttermischung kann sichergestellt werden, dass den Tieren für eine optimale Entwicklung genügend nichtessenzielle Aminosäuren zur Verfügung stehen.<sup>60</sup> Kalkulatorisch und ohne Berücksichtigung von Zuschlägen folgt aus den Bedarfswerten<sup>61</sup> für praecaecal verdauliches (pcv) Rohprotein, dass in der Endmast (120 kg, 900 g TZ) bereits mit 93 g/kg Futter (13 MJ ME/kg) der minimale Bedarf an Rohprotein gewährleistet ist.<sup>62</sup> Diese kalkulatorische Betrachtung verdeutlicht, dass auch im Rahmen der veröffentlichten Bedarfsnormen noch Potenzial besteht, Rohproteingehalte unter Wahrung einer ausreichenden Versorgung mit essenziellen Aminosäuren abzusenken. Bei abgesenkten Rohproteingehalten ist allerdings zusätzliche Aufmerksamkeit auf die nachrangig limitierenden essenziellen Aminosäuren zu richten.

### **5.1.3 Einbeziehen der freien Aminosäuren in der Fütterung**

Damit freie Aminosäuren in der Fütterung verwendet werden können, benötigen sie eine Zulassung als Zusatzstoff nach dem EU-Futtermittelrecht. Ernährungsphysiologisch können freie Aminosäuren die im Verdauungstrakt durch Verdauung aus Proteinen freigesetzten Aminosäuren ersetzen. Durch den Zusatz von freien essenziellen Aminosäuren besteht die Möglichkeit, Defizite im Aminosäureprofil der Hauptfuttermittel (z. B. Getreidekörner) gezielt auszugleichen.

Werden Versorgungslücken an einzelnen Aminosäuren in einem Mischfuttermittel mit verfügbaren Futtermitteln ausgeglichen, führt das zu Mischungen, die mit Rohprotein übertroffen sind. Der gezielte Ausgleich der leistungslimitierenden Aminosäuren mit freien Aminosäuren kann dagegen die Defizitversorgung aufheben, ohne dass es zu einem Rohproteinüberschuss in der Mischung kommt.

Die Verwendung freier Aminosäuren erlaubt es, Mischungen zu gestalten, welche die Rohproteinversorgung näher an der minimal notwendigen Proteinversorgung ausrichten.

Die zuerst leistungslimitierend wirkenden essenziellen Aminosäuren haben die größere Bedeutung für die Fütterung. Beim Schwein sind das die essenziellen Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Tryptophan.

Freie Aminosäuren sind für Schweine sehr hoch verdaulich.<sup>63</sup> Durch die Gabe freier Aminosäuren kann der Stoffwechsel der Tiere entlastet und für eine Entgiftung überschüssigen Stickstoffs gesorgt werden, wodurch Emissionen und die Stickstofffracht der Gülle verringert werden. Dies bewirkt zusätzliche positive Effekte.

In einer Gegenüberstellung von drei Fütterungsoptionen wird dargelegt, dass eine Fütterungsvariante (Option 1) mit niedrigem Rohproteingehalt und zugesetzten Aminosäuren wirkungsgleich in Bezug auf Energiedichte und Gehalt an essenziellen Aminosäuren mit einer Getreide-Soja- (Option 2) und Getreide-Soja-Raps-Variante (Option 3) ist. Eine ökobilanzielle Bewertung der drei Optionen zeigte in vier von fünf Wirkungskategorien, dass Option 1 den Optionen 2 und 3 gegenüber eindeutig überlegen war. Was den Verbrauch an Primärenergie betrifft, war zumindest zur Option 2 kein Unterschied erkennbar.<sup>64</sup>

Für die gesamte Mast wird in diesem Beispiel ein Unterschied von 17,5 % im Anteil von HP-Sojaschrot in der gewogenen Durchschnittsmischung realisiert. Damit kann insbesondere in den späten Phasen leichter als in den frühen Phasen der Mast auf Sojaerzeugnisse vollständig verzichtet werden.

Je mehr der Rohproteingehalt herabgesetzt wird, umso wichtiger wird es, die einwandfreie Funktion von Verdauung und Darmflora zu gewährleisten und das Wohlbefinden zu sichern. Die ausreichende Versorgung mit faserartigen Stoffen (Rohfaser) erlangt bei zunehmender Intensität von Wachstum und Fütterung erheblich an Bedeutung.

**Bei einer höheren Proteinverdaulichkeit der Futtermischung ist die notwendige Versorgung mit Proteinen, die das Tier mit dem Futter aufnehmen muss, geringer.**

#### **5.1.4 Erhöhung der Proteinverdaulichkeit**

Die Bildung der Proteine gelingt im Stoffwechsel der Schweine mit unterschiedlichen Wirkungsgraden vom Futter bis zum Fleisch. Im Stoffwechsel können immer nur weniger als 100 % des Futterproteins zu tierischem Protein umgesetzt werden. Ein entscheidender Ansatzpunkt für eine effizientere Nutzung und Verwertung der Proteine im Futter ist die Optimierung der Verdaulichkeit. Bei einer höheren Proteinverdaulichkeit der Futtermischung ist die notwendige Versorgung mit Proteinen, die das Tier mit dem Futter aufnehmen muss, geringer. Die gleiche Menge an tierischem Protein kann also mit weniger Futterprotein erzeugt werden. Tiere, die eine hohe Stoffwechselleistung erbringen, eine begrenzte Futterraufnahmekapazität haben und intensiv tierisches Protein bilden, können nur mit hochverdaulichen und hoch konzentrierten Futtermitteln leistungsgerecht versorgt werden. In einer extensiven Tierhaltung spielt die hohe Verdaulichkeit der Nährstoffe dagegen keine wesentliche Rolle.

Die Stoffwechseleffizienz zur Bildung von tierischen Proteinen ist in der intensiven Fütterung mit hochverdaulichen Futtermitteln bei genetisch leistungsstark veranlagten Tieren in einer optimalen Umwelt am höchsten. Eine hohen Fütterungs- und Leistungsintensität wirkt sich positiv auf eine nachhaltige Erzeugung von tierischen Proteinen aus.<sup>65</sup>

Der Aufschluss von Nähr- und Wirkstoffen im Verdauungstrakt unterliegt vielen unterschiedlichen Einflüssen. Die Qualität eines Futters in Bezug auf die Verdaulichkeit wird durch die Gewinnung oder Herstellung des Futtermittels entscheidend beeinflusst.

Die Reduktion der schwer verdaulichen Strukturkohlenhydrate, die auch als Rohfaser bezeichnet werden, zählt zu den entscheidenden Möglichkeiten, Futtermittel pflanzlichen Ursprungs in ihrer Verdaulichkeit zu erhöhen.<sup>66</sup> Hohe Rohfasergehalte gehen einher mit niedriger Verdaulichkeit und geringeren Konzentrationen von Energie und Rohproteinen. Darüber hinaus erschweren ANF, die abhängig von der Herkunft des Einzelfuttermittels die ernährungsphysiologische Wertigkeit und Verdaulichkeit beeinträchtigen können, die Verwertung und Umsetzung der im Futter enthaltenen Energie und Nährstoffe.

Durch einen höheren Grad der Ausnutzung der in einem Futtermittel enthaltenen Rohproteine für die Proteinbildung im Tier kann die gesamte Rohproteinversorgung vermindert werden. Damit sind Maßnahmen zur Erhöhung der Verdaulichkeit, welche die im Futtermittel vorhandenen Nährstoffressourcen besser erschließen, zugleich Maßnahmen, um mit begrenzten Futtermittelressourcen sorgsam und ressourcenschonend umzugehen. Auf Aminosäuren und Proteine bezogen, kann dieser Zusammenhang auch genutzt werden, um die Verfütterung von Sojaerzeugnissen an Schweine zu verringern.

#### **5.1.4.1 Physikalische Behandlungen**

Physikalische Aufschlussverfahren sind üblich, um die Verdaulichkeit von Nährstoffen zu erhöhen. Ein bewährtes Verfahren ist die Toastung von Sojaerzeugnissen, die der Neutralisierung von ANF im Futter dient. Im Glossar der am 16. Januar 2013 veröffentlichten Verordnung (EU) Nr. 68/2013 der Kommission zum Katalog der Einzelfuttermittel<sup>67</sup> werden physikalische Behandlungen genannt, wie Zerkleinern, Schälen, Silieren, Expandieren, Extrudieren, Dämpfen und Toasten, die darauf abzielen, Nährstoffe in einem Futterstoff aufzuschließen und damit die Verdauungsvorgänge im Verdauungstrakt zu unterstützen. Die Verdauung der Nährstoffe im Gastrointestinaltrakt (GIT) kann damit auf unterschiedliche Weise erleichtert werden. Die Schale des Kornes schützt den Keimling und das Endosperm vor schädigenden physikalischen Einwirkungen (Klima) und vor substanzverzehrenden und schädigenden Lebewesen (z. B. Mikroben). Die Schale enthält daher hohe Gehalte schwer verdaulicher Strukturkohlenhydrate (Faserstoffe) wie die Cellulose. Wird die Schale müllereitechnisch entfernt, enthält das verbleibende Gut im Vergleich zu dem vollen Korn erheblich weniger schwer verdauliche Substanzen. Dadurch können die Verdauungsenzyme intensiver auf den Futterstoff einwirken und ihn verdauen. Ein Beispiel dafür ist das SES aus geschälter Saat. Ein Sojaproteinkonzentrat ist höher verdaulich als ein SES in Standardqualität und dieses ist wiederum höher verdaulich als die Sojabohnen (vgl. Tabelle 5.1).<sup>68</sup>

Beim Verarbeitungsprozess des Toastens (Desolventisierung) werden durch Erhitzen mit trockener Hitze hauptsächlich bei Leguminosen sogenannte Proteasehemmer in ihrer Wirksamkeit zerstört. Diese natürlichen Inhaltsstoffe, die insbesondere bei Leguminosen (Sojabohne, Erbse, Bohne) vorkommen, hemmen die Wirkungen der körpereigenen Verdauungsenzyme für die Proteinverdauung (z. B. Trypsin und Chymotrypsin). Die Verdaulichkeit der Proteine dieser unbehandelten Futtermittel ist herabgesetzt. Eine Toastung denaturiert die Eiweiße der Proteasehemmer und zerstört deren biologische Wirksamkeit.<sup>69</sup>



**Tab. 5.1**  
Verdaulichkeiten von Soja-  
futtermittelerzeugnissen  
Quelle: (NRC, 2012,  
S. 341, 340, 332 und 344)

	Rohprotein				Lysin			
	Gehalt		Verdaulichkeit (SID)		Gehalt		Verdaulichkeit (SID)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Sojabohnen (Vollfett)	23	37,6	22	79	22	22,3	22	81
Sojaextraktionsschrot	29	43,9	12	85	28	27,6	23	88
Sojaschrot aus geschälter Saat	154	47,7	154	87	118	29,6	83	89
Sojaproteinkonzentrat	21	65,2	10	89	19	40,9	12	91

Mit dem Toasten können auch andere ANF, wie z. B. Glucosinolate im Raps<sup>70</sup> oder Proteasehemmer, Lectine oder Soja-Antigene, in Leguminosen in ihrer Wirksamkeit neutralisiert werden.<sup>71</sup> Damit diese Behandlung das verfolgte Ziel erreicht und es nicht zu entgegengesetzten Wirkungen, wie der Maillard-Reaktion zwischen reduzierenden Zuckern und Aminosäuren kommt, müssen die physikalischen Parameter des Toastens (Temperatur, Druck, Feuchtigkeit, Dauer) in einem optimalen Bereich gehalten werden. Die Maillard-Reaktion bindet z. B. Lysin in Komplexbindungen ein, wodurch es für das Tier unverdaulich wird.<sup>72</sup> Eine hinsichtlich Temperatur und Dauer intensivere bzw. stärkere Toastung hat ungünstigen Einfluss auf die Proteinverdaulichkeit. Aus der Ölmühlenspraxis gibt es Hinweise, dass die Toastung zum Teil so praktiziert wird, dass zu hohe Gutstemperaturen entstehen und damit weniger Lysin zur Verfügung steht.<sup>73</sup>

Kanadische Untersuchungen zeigen, dass eine Extrusion die Verdaulichkeit der Energie, der Fette und der Aminosäuren erhöht.<sup>74</sup> Diese Ergebnisse beziehen sich auf einen Versuch mit einem Leinsaat-Felderbsen-Gemisch. Die beiden Komponenten enthalten ANF, die negativ auf die Verdaulichkeit einwirken. Unter den Bedingungen des Versuches (Druck 0 bis 27 bar; Temperatur 100 bis 135 °C) ist es nicht zur Maillard-Reaktion gekommen. Die scheinbare ileale Verdaulichkeit (AID) von Lysin in dem Leguminosengemisch konnte durch die Extrusionen von etwa 70 % auf 85 % signifikant angehoben werden.<sup>75</sup> Der Gehalt an Neutral-Detergenz-Fasern (NDF) (17,75 % in der Basalmischung) hat sich um etwa 3 bis 5 % und der an Säure-Detergenz-Fasern (ADF) (13,2 %) um 2 % absenken lassen.<sup>76</sup>

Während das Futtermittel im Expander für wenige Sekunden einem Druck von 20 bis 40 bar und einer Wärme zwischen 80 und 110 °C ausgesetzt ist, findet im Extruder die Extrusion bei einem Druck von 40 bis 100 bar statt.<sup>77</sup> Die extremen Temperaturen, Drücke und die Scherbelastungen für das Material im Extruder können eine Denaturierung der Proteine und eine Schädigung thermosensibler Zusatzstoffe verursachen.<sup>77</sup>

Es gibt Produktentwicklungen, die den Schluss nahelegen, dass eine schonende Kurzzeitbehandlung mit hochtemperiertem trockenem Dampf und eine Nachbehandlung im Niederdruckbereich (Wisan®-Verfahren) in der Schweinefütterung den Geschmack, den hygienischen Status und die Verdaulichkeit von Nährstoffen verbessern sowie die Wirksamkeit von ANF erheblich herabsetzen.<sup>78</sup> Die Anbieter des Produktes empfehlen für Sauenfutter 10 bis 12 %, für Ferkelfutter I 3 bis 5 % und für Ferkelfutter II 5 bis 8 % Mischungsanteil in den Alleinfuttermitteln. Bei entsprechender Berücksichtigung der Nährwerte und verbesserten Verdaulichkeiten können mit diesem Futtermittel Sojaerzeugnisse ersetzt werden. Für die Schweinemast halten die Anbieter des speziell behandelten Rapsextraktionsschrotes einen vollständigen Verzicht auf Soja für praktikabel.

Diese Zuversicht in der Empfehlung des Herstellers stützt sich auf Ergebnisse im praktischen Einsatz. Neben subjektiv in der Anwendung beobachteten Eindrücken (gute Futteraufnahme, bessere Sättigung bei Sauen, günstigere Kotkonsistenz, höhere Ferkelabsetzgewichte) zeigten Erhebungen, dass Praktiker unter Verzicht auf Sojaerzeugnisse und unter Verwendung von thermisch behandeltem RES eine für die allgemeine Produktion überdurchschnittliche Leistung mit über 1.000 g TZ und einer FVW von unter 1 : 2,80 erzielen konnten.

Unterschiedliche Quellen belegen eine Verbesserung der Verdaulichkeit von Proteinen und die Neutralisierung von ANF durch die physikalische Behandlung von Futtermitteln.<sup>79</sup> Dabei scheint die Art des Verfahrens von entscheidender Bedeutung zu sein, weil extreme Formen der Behandlung eine Verschlechterung der Verdaulichkeit und Attraktivität bewirken können.

Wenn Futtermittel durch physikalische Behandlungen erfolgreich in ihrer Verdaulichkeit verändert werden, ist es notwendig, die qualitativen Abweichungen zur üblichen Qualität des Rohstoffes in Futteroptimierungen einfließen zu lassen. Rationsberechnungsprogramme sollten in Zukunft qualitative Unterschiede in geeigneter Weise berücksichtigen. Dann lassen sich Nährstoffeffekte futterressourcenschonend realisieren.

#### **5.1.4.2 Fermentation**

Fermentation bezeichnet in der Biologie die enzymatische Umwandlung organischer Stoffe. Dies geschieht entweder durch Zugabe der benötigten Enzyme oder durch Zugabe von Mikroorganismen (Hefen, Bakterien, Pilze oder sonstige biologische Zellkulturen), welche die Fermentation im Rahmen ihres enzymatisch katalysierten Stoffwechsels ausführen. Durch Fermentation wird das Substrat verändert, Bestandteile wie Kohlenhydrate können verzehrt werden und Alkohol wird gebildet.

Wenn die Fermentation jedoch als Behandlung zum Aufschluss von Futtermittelnährstoffen dient, ist das vorrangige Ziel, die Verdaulichkeit zu erhöhen und keine Nährstoffverluste zu erleiden. Eine Fermentation von Futtermitteln unterstützt die Verdauungsvorgänge im Verdauungstrakt des Tieres.

Schon seit Jahrtausenden sind in der menschlichen Kultur fermentative Verfahren zur Herstellung von haltbaren Lebensmitteln üblich. Die Silierung von Grobfuttermitteln oder Körnerfrüchten unter Luftabschluss ist ein weit verbreitetes Verfahren der Konservierung von Futtermitteln. Dabei werden durch Mikroben konservierend wirkende Verhältnisse gebildet. In der Atmosphäre des Futterstocks ist der Sauerstoff verbraucht, Kohlenhydrate des Futtermittels werden von Mikroben in Säuren umgewandelt und verschieben die pH-Wert-Verhältnisse in das saure Milieu.

Bei Monogastriern kann eine Fermentation des Futtermittels als Futtermittelbehandlung vor der Verfütterung einen Nährstoffaufschluss und eine Enzymanreicherung bewirken. Sobald Flüssigfüttertechnologien in der Praxis zum Einsatz kommen, entsteht das Ziel, nützliche Fermentationen zu fördern und Fehlgärungen, Verderb und hygienische Belastungen zu vermeiden.<sup>80</sup> Laktatbildende Milchsäurebakterien werden dieser Aufgabe besonders gut gerecht und kommen deshalb in der kontrollierten Fermentation zum Einsatz.

Die Fermentation von Getreide (Gerste, Weizen) vor der Verfütterung verändert die Nährstoffzusammensetzung, den Fluss der Digesta sowie die Mengen der

unterschiedlichen Kohlenhydrate und Makronährstoffe bis zum Erreichen des Ileums und in der Ausscheidung der Exkremente.<sup>81</sup> Die Getreideart und damit die Gehalte der unterschiedlichen leicht löslichen Kohlenhydrate und der Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP; z. B. Hemicellulosen und Cellulose) haben Einfluss auf das Ausmaß der Wirkungen einer Fermentierung. Je mehr schwer verdauliche Kohlenhydrate im Futtermittel enthalten sind, umso gravierender kann eine Fermentation das Substrat verändern.<sup>81</sup> Die Verdaulichkeit der organischen Masse und des Rohproteins kann in dem Maße verbessert werden, in dem schwer verdauliche Anteile der Rohfaser im Ausgangserzeugnis enthalten sind und durch Fermentation aufgeschlossen werden. Die Höhe des Rohfaseranteils und infolgedessen auch die Zusammensetzung der Faserfraktion sowie die Getreideart bestimmen maßgeblich die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und damit des Rohproteins.<sup>82</sup> Die Fermentation kann bei faserreichen, schwerer verdaulichen Ausgangserzeugnissen größere Effekte erzielen als bei anderen Futtermitteln.

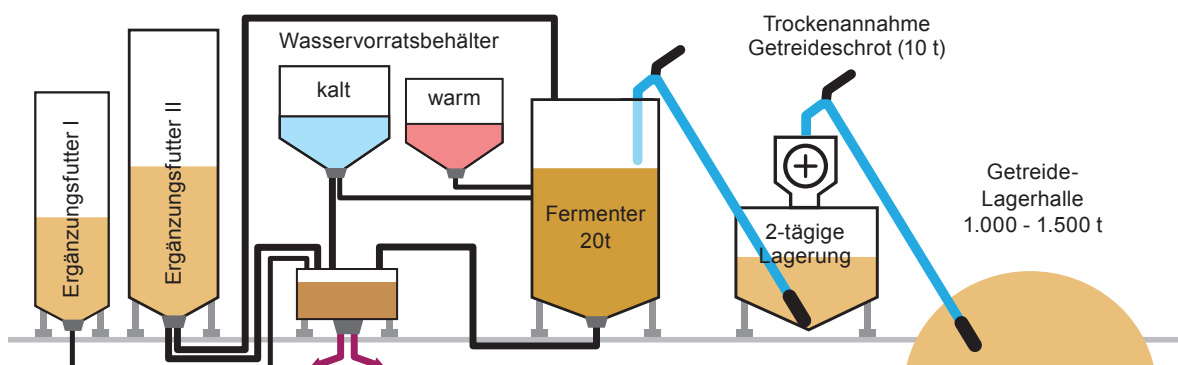
Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft hat gezeigt, dass die Proteinverdaulichkeit eines Mischfutters durch Fermentation um bis zu 5 % verbessert werden konnte.<sup>83</sup>

In einer neueren Untersuchung wurde herausgestellt, dass die Fermentation von flüssigem Futter Vorteile in Bezug auf die Darmgesundheit hat. Die Verfütterung eines hygienisch einwandfreien fermentierten Flüssigfutters kann die Keimzahlen der pathogenen Krankheitserreger *E. coli* oder *Salmonella* spp. vermindern.<sup>84</sup> Hierbei verweisen die Autoren darauf, dass die Fermentation nicht unkontrolliert verlaufen und zu Fehlgärungen bzw. Verderb führen darf und daher besonderer Sorgfalt und Überwachung bedarf.

Das Verfahren der Fermentierung vor der Verfütterung bietet durch Gestaltung von Temperatur, Einweichung in Wasser, Fermentationsdauer, pH-Wert-Gestaltung und Inokulierung mit bekannten Keimen viele Möglichkeiten zur Verfahrensoptimierung.<sup>85</sup>

Durch Fermentation, die sich während einer Silierung von rückbefeuchteten geschroteten Leguminosen einstellt, lassen sich Einflüsse auf die ANF und die Gehalte der unterschiedlichen Kohlenhydratfraktionen feststellen.<sup>86</sup> In Modellsilagen konnte nachvollzogen werden, dass durch einen 34-tägigen Silierprozess der Gehalt an Oligosacchariden (Raffinose, Stachyose, Verbascose) bis unter die Nachweisgrenze abgenommen hatte. Auch der Gehalt an Gesamtphenolen, Tanninphenolen und kondensierten Tanninen nahm durch den Silierprozess signifikant ab. Silierhilfsmittel können den Prozess teilweise noch unterstützen.

**Abb. 5.1**  
 Fermentationstechnologie  
 für einen Schweinemast-  
 stall mit Flüssigfütterung  
 und 2.000 Mastplätzen<sup>87</sup>  
 Quelle: SUS,  
 Heft 5, 2006, S. 54



Breitere praktische Erfahrungen liegen zu Lösungen für den landwirtschaftlichen Betrieb in Dänemark vor. Betriebe mit Flüssigfütterungsanlagen richten vor dem Mischbottich Wasservorratsbehälter und einen wärmeisolierten Fermenter mit entsprechenden Kapazitäten ein (vgl. Abbildung 5.1), sodass ein Futtermittel-Wassergemisch unter kontrollierten Bedingungen (Wärme, pH-Wert usw.) zur Gärung kommt. Hygienisch einwandfreie Komponenten, die regelmäßige Zugabe von Starterkulturen mit Laktobazillen und die Einhaltung einer guten Wasserqualität sind u. a. notwendige Voraussetzungen dafür, dass sich die Wirkung der Fermentation nicht in ihr Gegenteil verkehrt und zu Verderb und Anreicherung von pathogenen Keimen und Toxinen führt.<sup>87</sup>

In einer überschlägigen Berechnung kommt der Autor zu einem anlagenabhängigen Aufwand der Fermentation von 1,75 bis 2,25 Euro je Schlachtschwein.

Das Verfahren der vorgeschalteten, kontrollierten Fermentierung im Falle einer Flüssigfütterung hat als Futteraufbereitung im landwirtschaftlichen Betrieb folgende Effekte:

- » Die Kombination von Schrotten und das Einweichen des Schrotens in Wasser lässt die Partikel quellen. Dadurch werden die Inhaltsstoffe für eine Verdauung und den enzymatischen Aufschluss leichter zugänglich.
- » Milchsäurebakterien bilden Milchsäure, die zu einer pH-Wert-Absenkung führt. Daraus folgt:
  - Das Futter wird geschmacklich attraktiv und wird besser aufgenommen. Milchsäure hat eine konservierende Wirkung im Futter, sie verhindert Fehlgärungen und stellt sicher, dass die Flüssigfütterung hygienisch risikolos betrieben werden kann.
  - Niedrige pH-Werte im aufgenommenen Futter unterstützen die Barrierefunktion des Magens, die durch pH-Wert-Absenkung im Magen entsteht; die Tierphysiologie wird entlastet.
- » Es entsteht ein homogener, leichter, fließfähiger Futterbrei, durch den elektrischen Transportaufwand gespart und eine hohe Futteraufnahme gewährleistet wird.
- » Fermentiertes Futter fördert die Entwicklung einer starken körpereigenen Widerstandskraft und verhindert die Besiedlung und Vermehrung von pathogenen Keimen. Die Tiere sind gesünder, es treten weniger Erkrankungen und Verluste auf.
- » Die Nährstoffe werden effizienter verwertet und es kommt zu höheren Wachstumsleistungen; der Futteraufwand kann reduziert werden.
- » Die höhere Verwertung der Futterinhaltsstoffe erlaubt es, die Konzentration und Verdaulichkeit in den Alleinfuttermischungen maßvoll zu reduzieren.
- » Höhere Fütterungseffizienz schafft Entlastung in den Emissionen und Bodenbelastungen mit Stickstoff und Phosphor, die von der Schweinemast ausgehen.
- » Es wird möglich, Futtermittel zweiter Wahl, wie z. B. faserreichere Extraktionschrote wie Raps- oder Sonnenblumenschrote und Nebenerzeugnisse von Alkoholgewinnungsprozessen (DDGS, Malzkeime, Biertreber), die den Ansprüchen einer intensiven Mast nicht vollkommen gerecht werden, einzusetzen. Zudem können Futterrohstoffe mit geringerer Proteinverdaulichkeit, wie z. B. Körnerleguminosen, verwendet werden.

Wenn die Fermentation der Futtermittel die Verdauung der Proteine und Kohlenhydrate erleichtert, sodass die Tiere die in dem Futtermittel enthaltenen Nährstoffe (Kohlenhydrate, Proteine, Phosphor, Calcium) zu einem höheren Grad nutzen können, folgt daraus, dass die Tiere bei verringerten Gehalten der

**Neuere vergleichende Untersuchungen zur RES- und SES-Getreidefütterung in der Schweinemast belegen, dass fermentiertes RES – ohne Leistungseinbuße – SES vollständig ersetzen kann.**

---

Nährstoffe und der Energie im Futter keine Leistungseinbußen erleiden. Durch die Fermentation der Futtermittel können die Tiere mit abgesenkten Nährstoffgehalten gleich hohe physiologische Leistungen erbringen.

Das Potenzial der Nährstoffabsenkung ohne Überschreitung der Schwelle einer beginnenden Leistungsdepression wird von Stalljohann mit einer Größenordnung von 8 g/kg im Rohproteingehalt (88 % TM) in Futtermischungen für Sauen und Ferkel sowie 5 bis 6 g/kg in Futtermischungen für Mastschweine gegenüber einer schon nährstoffreduzierten Fütterung angegeben. Das Laktations- und Tragefutter für Sauen wird mit 13,7% und 16,6% Rohprotein kalkuliert. In der Ferkelaufzucht sind 17,7% und 16,5% für die Modellberechnungen zugrunde gelegt worden. In der Schweinemast wird ein Regime mit 17,5%, 16,5% und 14,7% kalkuliert. Die Annahmen wurden mit der gebotenen Vorsicht getroffen und müssen durch Exaktversuche unter Praxisbedingungen noch verifiziert werden. Die Soll-Gehalte in der Versorgung mit Energie und Phosphor können ebenfalls verringert werden, wenn fermentierte Futtermittel zur Verfütterung kommen. Der fermentative Aufschluss erhöht den Grad der Ausnutzung unterschiedlicher Nährstoffe in einem Futter.<sup>88</sup>

Die unter den getroffenen Annahmen berechneten Vorschläge für Alleinfuttermischungen<sup>91</sup> sind im Preis je 10 MJ ME durchgehend kostengünstiger, wenn die Fütterungsvarianten „kontrolliert fermentiert“ mit der „Ist-Situation (N- und P-reduziert)“ verglichen werden. Die Kalkulation der jährlichen Futterkosten reduziert sich in der Ferkelerzeugung mit Ferkelaufzucht um etwa 8% und in der Mast um etwa 3,2%.<sup>92</sup>

In flächenknappen Betrieben wirkt sich der reduzierte Anfall an Nährstoffen aus der Gülle, die auf die verfügbare GÜlleaufnahme fläche des Betriebes zu verteilen ist, positiv aus. Mit verringerter Nährstoffdichte in der Gülle verkleinert sich die minimal notwendige gÜlleaufnehmende Nutz fläche. In Regionen mit hoher Tierdichte und hohen Bodenpreisen ist die Verringerung des Nährstoffanfalls mit der Gülle von betriebswirtschaftlich wichtiger Bedeutung.

Die Fermentation als vorgeschaltete Futterbehandlung der Flüssigfütterung bietet Potenzial, die Nährstoffzuflüsse zu reduzieren. Rohprotein aus den Einzelfuttermitteln der Sojabohne wird in geringerem Umfang benötigt und wird in Betrieben, die mit fermentiertem Futter füttern, nur noch mit 2 bis 6% SES eingesetzt. Reduktionspotenziale ergeben sich beim Wechsel von der üblichen sojadominierten Fütterung der Schweine zur N- und P-reduzierten Schweinefütterung und zur N- und P-reduzierten Schweinefütterung mit kontrolliert fermentiertem Futter.

In Fütterungssystemen mit trockenen Mischfuttermitteln kann eine Verfütterung der feuchten und frisch fermentierten Futtermittel nicht direkt erfolgen. Landwirtschaftliche Betriebe mit Trockenfutter-Fütterungsanlagen können den Nutzen einer Fermentation aber durch den Zusatz von Enzymen, Probiotika oder durch fermentierte und getrocknete Einzelfuttermittel realisieren.

Mittlerweile gibt es jedoch Futtermittelprodukte, die durch ein Verfahren der trockenen Fermentation (solid state fermentation) und nachfolgender Trocknung in einer Form sind, die in Mischfutterherstellungslinien auch trocken verarbeitet werden können. Die Produkte weisen für viele Enzyme Enzymaktivitäten auf.<sup>93</sup> Die Zuverlässigkeit der Wirkungen muss in der Praxis allerdings noch unter Beweis gestellt werden. Neuere vergleichende Untersuchungen zur RES- und



SES-Getreidefütterung in der Schweinemast belegen aber, dass fermentiertes RES vollständig SES ersetzen kann, ohne Einbußen in der Leistung hinnehmen zu müssen. Die Raps-Variante wies sogar signifikante Vorteile in der FVW auf.<sup>94</sup>

Fermentation ist ein Instrument zur intensiveren Nutzung der Inhaltsstoffe von Futtermitteln und hilft, Ressourcen zu schonen. Da die Vermehrung von Keimen ein wesentlicher Teil des Verfahrens ist, besteht jedoch die Gefahr, dass auch pathogene Keime vermehrt werden. Daher ist der Erfolg des Verfahrens von einer konsequenten Futterhygiene abhängig. Es verbleibt ein Restrisiko, dass es, trotz aller hygienischen Vorsicht, durch Krankheitserreger und pathogene Belastungen zu Erkrankungen und Leistungseinbußen kommen kann.

#### **5.1.4.3 Futtermittelzusatzstoffe**

Durch verschiedene Zusätze zu einem Mischfuttermittel entstehen Möglichkeiten, die Nährstoffressourcen der verfügbaren Hauptfuttermittel intensiver auszuschöpfen. Das EU-Recht zu Futtermittelzusatzstoffen erwähnt die Kategorie der zootechnischen Zusatzstoffe, zu der u. a. die Verdaulichkeitsförderer und Darmflorastabilisatoren aufgeführt sind. Durch die Gabe dieser Zusatzstoffe, welche die Verdauung beeinflussen und damit die Darmtätigkeit sowie den Nährstoffaufschluss verbessern können, lassen sich die Ausscheidungen vermindern. In der Folge können auch die gasförmigen Emissionen (Gerüche, Schadgase) und übermäßigen Nährstofflasten in der Gülle reduziert werden.

Als Verdaulichkeitsförderer sind bisher Enzym-Zubereitungen zugelassen, die die enzymatische körpereigene Verdauung im Gastrointestinaltrakt der Schweine unterstützen. Derzeit sind überwiegend Phosphatasen und Glycosidasen als Zusatzstoffe zugelassen; nur wenige Zulassungen beziehen sich auf Proteasen für das Geflügel. Während die Phosphatasen unterschiedliche Phytasen sind, die die Verdaulichkeit des im pflanzlichen Phytin eingebundenen Phosphors erhöhen, sind die Glycosidasen vor allem auf die Substratgruppe der Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) ausgerichtet.

Die Gruppe der NSP in Futtermitteln verändert die Viskosität des Chymus. Der Verdauungsbrei wird durch bestimmte NSP-Fractionen (hauptsächlich die löslichen Anteile der  $\beta$ -Glucane und Pentosane sowie die Pectine) und bestimmte Glycoproteine klebrig und zäh. Diese Stoffe wirken im Darm viskositätssteigernd. Hohe NSP-Gehalte lagern große Mengen Wasser ein (Quellung) und verändern das Fließverhalten im Darm, sodass die Darmpassage abnimmt. Die Tiere fressen weniger Futter, und die Verdaulichkeit der Nährstoffe verringert sich. Hohe NSP-Gehalte haben eine suboptimale Verwertung der Energie und Nährstoffe in einem Futtermittel zur Folge. NSP-spaltende Enzyme können die Verdauung der NSP-Verbindungen im Darm unterstützen. Wenn die NSP-Gehalte durch die Verdauung abnehmen, erhöht dies die Passagerate, Futteraufnahme und die Verdaulichkeit der Nährstoffe. NSP-spaltende Enzyme können der antinutritiven Wirkung der NSP entgegenwirken.

Futtermittel mit hohen Anteilen NSP (vgl. Tabelle 5.2), wie z. B. Gerste, Weizenkleie oder Leguminosen, erlangen durch die Ergänzung mit geeigneten zugesetzten Enzymen eine höhere Verdaulichkeit der Nährstoffe.<sup>97</sup> Durch die passende Ergänzung der körpereigenen enzymatischen Verdauung kann der Grad der Nährstoffausnutzung eines Futtermittels erhöht werden. Diese Zusatzstoffe tragen dann dazu bei, die Futtermittelressourcen zu schonen. Die in der EU für Schweine zugelassenen Verdaulichkeitsförderer sind Enzymzubereitungen, die NSP-Fractionen oder Phytate spalten und dadurch die Verdaulichkeit

von Energie und Rohnährstoffen erhöhen sowie eine höhere Futteraufnahme ermöglichen.

**Tab. 5.2**  
Gehalte an Strukturkohlehydraten in ausgewählten Futtermitteln

	Roh-faser <sup>1</sup>	NDF <sup>1</sup>	ADF <sup>1</sup>	BFS <sup>1</sup>	β-Glucane <sup>2</sup>	Pento-sane <sup>2</sup>	Cellu-lose <sup>4</sup>	NSP total <sup>2</sup>
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS
Gerste	50	163	57	62	15 - 107	57 - 70	65	135 - 172
Weizen	26	106	26	38	2 - 15	55 - 95	27	75 - 106
Triticale	26	106	31	22	2 - 20	54 - 69	31	74 - 103
Roggen	30				22 - 32	5 - 30	28	75 - 91
Mais	22	101	28	46	1 - 2	40 - 43	26	55 - 117
Weizenkleie	118	453	132	168		150 - 250		220 - 337
Rapsextraktionsschrot	117	263	209	186				187
Sojaextraktionsschrot	83	138	97	140		30 - 45		180 - 227
Ackerbohnen	78	145	110	70				
Erbsen	59	106	70	79				156
Lupine (blaue) <sup>3</sup>								467
Trockenschnitzel (mel.)	185	324	185	600				
Leinsaat (aufgeschl.)	70	367	170	180				

<sup>1)</sup> Quelle: Rechenmeister 2012, S. 29; NDF = neutrale Detergenzienfaser; ADF = saure Detergenzienfasern; BFS = bakteriell fermentierbare Substanz

<sup>2)</sup> Quelle: EZYME, AWT

<sup>3)</sup> Quelle: Forschungsbericht 1/13, 2009, Landesforschungsanstalt MV

<sup>4)</sup> Quelle: Jeroch, 1998, zitiert in Stalljohann, 2006, Tab. 17

Probiotika sind lebensfähige Formen von Mikroorganismen, die dem Futter zugesetzt werden können und ihre Wirkung im Gastrointestinaltrakt entfalten. Diese Gruppe der Futtermittelzusatzstoffe umfasst *Bacillus spp.*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Enterococcus spp.* und einige andere Arten. Bei den sporenbildenden *Bacillus spp.* kommen die Sporen als Dauerformen dieser Mikroorganismen zum Einsatz. Diese sind gegenüber Hitze und Druck sehr belastbar und zuverlässig wirksam. Bei anderen Probiotika handelt es sich um schonend getrocknete vegetative Zellen. Probiotika beeinflussen die intestinale mikrobielle Flora. Die Wirkung von Probiotika ist nicht vorherzusagen, wie es bei essenziellen Nährstoffen möglich ist, bei denen eine Dosis-Wirkungsbeziehung experimentell ermittelt werden kann. Probiotika können positive Effekte in Bezug auf die Darmgesundheit, die Erhaltung einer Eubiose der Darmflora und die Optimierung von Verdauungsvorgängen bewirken. Daraus folgen eine hohe Verdaulichkeit, eine günstige Nährstoffverwertung und hohe Wachstumsleistungen. Dies ist vor allem dann zu erwarten, wenn sich die Kultur im Darm ansiedelt, sich vermehrt und wenn sie pathogene Keime in der Mikrobiota zurückdrängt.<sup>98</sup> Hierzu sind die Aussagen in der Literatur nicht immer einheitlich; allerdings konnte in vielen Untersuchungen der durchfallreduzierende Effekt bei Absetzferkeln signifikant nachgewiesen werden.<sup>99</sup> Die Verbesserung der Darmgesundheit basiert auf den positiven Auswirkungen der Probiotika auf die Immunitätsbildung, die Morphologie der Darmschleimhaut und die Stabilisierung der Eubiose im Darm.<sup>99</sup>

In Untersuchungen zur Überprüfung ressourcenschonender Fütterungsstrategien der Universität Kiel konnte gezeigt werden, dass mit einer Probiotika-Kombination bei abgesenktem Rohproteingehalt (um 0,5%), vermindertem Energiegehalt (um 0,1 MJ ME je kg) und Zulage der Probiotikum-Kombination eine gleichwertige Wachstumsleistung und FVW erzielt werden konnte wie in der Kontrollgruppe. In der on-top-Versuchsgruppe konnte eine signifikante Verbesserung der FVW in der Endmast erreicht werden (1.190 g TZ [+34g], FVW von 1 : 2,60 [-0,09]).<sup>100</sup> Die Autoren der Veröffentlichung führen diese Effekte auf die Fähigkeit der Mikroorganismen zurück, Enzyme zu bilden und damit die enzymatische Verdauung im Darm zu unterstützen.

Eine weitere Chance in der Nutzung von Zusatzstoffen besteht darin, weniger hoch verdauliche Futterkomponenten so aufzuwerten, dass sie für die intensive Mast von Schweinen in Betracht kommen. Hierzu wurde in einem weiteren Versuch der Anteil der schwer verdaulichen Trockenschlempe (DDGS) in der Mischung von 3%, 8% und 8% in Vor-, Mittel- und Endmast auf 8%, 18% und 18% erhöht. Der Energiegehalt und das Lysin-Energieverhältnis blieben unverändert, und alle Mischungen enthielten eine Kombination aus NSP-spaltenden Enzymen. Während es in der Wachstumsintensität keine signifikanten Abweichungen bei den TZ von 1.065 bis 1.073 g gab, unterschied sich die Versuchsgruppe mit dem höchsten Schlempeanteil in der Fütterung durch eine signifikant günstigere FVW.<sup>101</sup> Durch den Zusatz von geeigneten Enzymen wurde also eine zuvor schwer verdauliche und dadurch ungeeignete Futterkomponente einsetzbar.

In einem dritten Versuch wurde ein Probiotikum mit NSP-spaltenden Enzymen kombiniert, um die Auswirkungen einer Absenkung von Energie- und Rohproteingehalten in einer Schweinemast zu kompensieren. Beim Vergleich der Kontrollgruppe mit der on-top-Versuchsgruppe und der Energie- und Rohprotein abgesenkten Versuchsgruppe (Tabelle 5.3a und 5.3b) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.<sup>102</sup>

In einer intensiven Schweinemast von 30 bis 124 kg mit über 1.000 g TZ und einer FVW von 1 : < 2,60 (Aufstallung in Zweiergruppen unter den Bedingungen einer Leistungsprüfungsanstalt) zeigten die Tiere keine Leistungsunterschiede in der Wachstumsintensität. Die FVW war in der Phase ab 90 kg und in der

**Tab. 5.3a**  
Absenkung von Energie und Rohprotein in Kombination mit einer Zulage von Probiotikum und Enzymen - Versuchsdesign.  
Quelle: Biochem, 2012

	Vormast			Endmast		
	Kontrolle	FG 1	FG 2	Kontrolle	FG 1	FG 2
Energie (MJ ME)	13,4	12,8	12,4	13,0	12,6	12,2
Rohprotein (%)	16,5	16,5	16,5	16	15,3	15,1
Lysin (%)	1,00	0,95	0,92	0,94	0,91	0,87
Met + Cys (%)	0,65	0,65	0,65	0,61	0,58	0,55
Threonin (%)	0,69	0,65	0,62	0,58	0,58	0,55
Tryptophan (%)	0,19	0,18	0,18	0,19	0,19	0,17
BioPlus© YC (g/t)	-	400	400	-	400	400
Axtra© (g/t)	-	62,5	62,5	-	62,5	62,5
Danisco Xylanase (g/t)	-	70	70	-	70	70
Phyzyme© (U/kg)	500	750	750	500	400	400

Gesamtmast in der Kontrollgruppe signifikant günstiger als in den Versuchsgruppen. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass die Grenzen einer Absenkung der Konzentration der wertbestimmenden Inhaltsstoffe, die keine Auswirkungen auf die Futtermittelverwertung haben, erreicht bzw. überschritten worden sind.

**Tab. 5.3b**  
Absenkung von Energie und Rohprotein in Kombination mit einer Zulage von Probiotikum und Enzymen – Versuchsergebnisse.  
Quelle: *Biochem*, 2012

	Kontrolle	FG 1	FG 2
<b>Tierzahzahl »</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
1. Phase (30–55 kg): TZ (g/Tag)	890	881	951
1. Phase (30–55 kg): FVW (1:) (kg/kg)	1,96	2,05	1,96
2. Phase (55–90 kg): TZ (g/Tag)	1.140	1.109	1.142
2. Phase (55–90 kg): FVW (1:) (kg/kg)	2,59	2,64	2,63
3. Phase (90–124 kg): TZ (g/Tag)	1.085	1.048	1.025
3. Phase (90–124 kg): FVW (1:) (kg/kg)	2,83a	2,98a/b	3,08b
gesamt (30–124 kg): TZ (g/Tag)	1051	1026	1053
gesamt (30–124 kg): FVW (1:) (kg/kg)	2,49a	2,58b	2,55a/b
Schlachtgewicht (kg)	95,65	94,69	94,93
Ausschlachtung (%)	76,73	76,56	76,14
Magerfleischanteil (%)	55,25	56,04	55,78

Durch den Einsatz von Zusatzstoffen lassen sich zwei Effekte erzielen, die insbesondere bei einer Strategie zur Minimierung des Sojaverbrauchs von Nutzen sind. Zum einen werden Proteinfuttermittel mit geringerer Proteinwertigkeit zu einsetzbaren Komponenten, sodass sich Sojaerzeugnisse ersetzen lassen. Zum anderen gelingt es durch den Einsatz der Futterzusatzstoffe, die Nährstoffe in den Hauptfutterkomponenten effizienter zu nutzen, und übliche bzw. etablierte hohe Versorgungsniveaus lassen sich maßvoll absenken. Somit entstehen auch entlastende Effekte in Bezug auf Emissionen und Bodenbelastung.

Durch eine Absenkung der Versorgungsniveaus in Bezug auf Energie und Rohprotein können aufgrund der Nährstoffeinsparung auch Futterkosten eingespart werden. Eine Sojavermeidung in der Schweinefütterung führt nicht zwangsläufig zur Futterkostenerhöhung, sondern sie enthält auch Futterkostensenkungspotenziale.

## 5.2 Verwendung alternativer Futtermittel als proteinreiche Ergänzungsfuttermittel

Wurden alle Möglichkeiten der Verringerung proteinreicher Ergänzungsfuttermittel durch Reduktion der Proteingehalte in den Futtermittelmischungen ausgeschöpft, ist zu prüfen, welche Futtermittel ernährungsphysiologisch als Alternativen zum importierten Sojaerzeugnis in Frage kommen.

Eine niederländische Studie hat unter den proteinliefernden Futtermitteln pflanzlicher Herkunft für die Klimazone Nordwesteuropas eine Priorisierung der möglichen Futtermittel vorgenommen. Danach haben sowohl etablierte als noch zu erschließende Ressourcen Aussichten auf eine nennenswerte Nutzung

in der Zukunft.<sup>103</sup> Futtermittel, die bereits bekannt sind, aber derzeit nur eine geringe Bedeutung in der Fütterung haben, werden dann für die Fütterung der Schweine interessant, wenn es gelingt, die Wirkungen der ANF zu neutralisieren und die Konzentration des Rohproteingehaltes auf ein Niveau von etwa 65 % anzuheben.<sup>104</sup> Daher spielt also nicht nur die Auswahl des Ausgangserzeugnisses, sondern auch die Futtermittelaufbereitung eine sehr große Rolle.

### 5.2.1 Ölsaaten

In einer Liste der potenziellen europäischen Proteinressourcen werden in der niederländischen Studie<sup>103</sup> Ölsaaten an erster Stelle genannt. Eine bedeutende Rolle spielen die Erzeugnisse aus Sojabohne, Rapssaat und Sonnenblume aus europäischer Herkunft. Die Rückstände der Körnerfrüchte nach dem Entzug der Öle sind schon jetzt etablierte Futtermittel. Insbesondere bei der Sojabohne ist die Herkunft aus europäischem Anbau derzeit jedoch noch unbedeutend. Die Sojabohne wird dann interessant, wenn züchterische Fortschritte die Anbauwürdigkeit erhöhen, und zwar nicht nur für mediterrane und warme süddeutsche Standorte, sondern auch für andere Standorte in Deutschland.

Die Ölsaaten Sojabohne, Rapssaat und Sonnenblume dienen vor allem der Pflanzenölgewinnung. Die natürliche Zusammensetzung der Körner bestimmt die Eignung der Rückstände aus der Ölgewinnung für die Fütterung der Schweine. Neben der pflanzenzüchterischen Möglichkeit, diese Zusammensetzung zu verbessern, gilt es auch die müllereitechnischen Möglichkeiten zur Aufbereitung der Körner zu nutzen.

*Insbesondere junge Tiere stellen höhere Ansprüche an Qualität und Proteindichte in eiweißreichen Einzelfuttermitteln.*





Durch Entfernen der faserreichen Schale entsteht das High Protein (HP) Soja-Extraktionsschrot<sup>105</sup> oder das Sonnenblumen-Extraktionsschrot.<sup>106</sup> Das Schälen der Rapssaat ist bisher wenig üblich, könnte aber zur Aufwertung des Produktes für die Verwendung in der Schweinefütterung beitragen. Der Schalenanteil, der 15 bis 20% einnimmt, könnte durch ein vorgeschaltetes Schälen der Saat um annähernd 80% reduziert werden. Weitere Möglichkeiten bestehen in der hydrothermischen Behandlung, Fermentation sowie dem Zusatz von Enzymen oder anderen Verdaulichkeitsförderern (vgl. vorhergehende Kapitel).

Der Rapsanbau ist in Deutschland verbreitet, sodass dieses Ausgangserzeugnis am Markt vorhanden und etabliert ist. Eine Aufwertung der Eigenschaften dieses Einzelfuttermittels durch hydrothermische Behandlung, Entfernung der schwerverdaulichen Bestandteile (Schale, Oligosaccharide, NSP) oder Vorfermentation verbessern seine Einsatzwürdigkeit. Dies wirkt sich bis zur Herstellung des Mischfuttermittels aber nur dann aus, wenn in der linearen Futtermitteloptimierung für die behandelten Futtermittel entsprechende angepasste Werte (höhere Verdaulichkeitskoeffizienten der maßgeblichen Nährstoffe) berücksichtigt werden.

Verschiedene Untersuchungen belegen, dass RES aus 00-Rapssorten ernährungsphysiologisch unbedenklich ist und die üblichen Einsatzbeschränkungen relativ weit gefasst werden können.<sup>107</sup> Andere Autoren sehen den Einsatz von Raps in der Schweinefütterung dagegen kritischer und setzen enge Grenzen.<sup>108</sup>

**Durch thermische, hydrothermische oder extrudierende Behandlungen lassen sich einige wichtige ANF so verändern, dass ihre antinutritive Wirkung weitgehend neutralisiert wird.**

Durch thermische, hydrothermische oder extrudierende Behandlungen lassen sich einige wichtige ANF so verändern, dass ihre antinutritive Wirkung weitgehend neutralisiert wird. So werden z. B. beim Toasten die natürlich in Leguminosen vorkommenden Hemmer von Verdauungsenzymen inaktiviert. Solche Behandlungen können Proteasehemmer wie Trypsin- und Chymotrypsininhibitoren, die in Leguminosen wie Sojabohne, Erbse oder Ackerbohne vorkommen und die Proteinverdauung im Verdauungstrakt durch körpereigene Enzyme wie das Trypsin und Chymotrypsin beeinträchtigen, zerstören.<sup>109</sup> Beim Toasten kann durch die Behandlungsdauer und die -temperatur der Gehalt von Trypsininhibitoren, Lectinen und Antigenen im SES und von Glucosinolaten im RES vermindert werden. Allerdings besteht die Gefahr, dass es bei zu hohen Behandlungstemperaturen zur Maillard-Reaktion zwischen Aminosäuren und reduzierenden Zuckern kommt und die Aminosäuren dadurch unverdaulich werden. Bei einer zu intensiven Toastung kann sich die Aminosäure-Verdaulichkeit also verschlechtern.<sup>110</sup>

Ein weiteres Verfahren sieht eine schonende Kurzzeitbehandlung von RES mit hochtemperiertem trockenen Dampf und einer Nachbehandlung im Niederdruckbereich vor. Damit verbessert sich die Aminosäuren-Verfügbarkeit, antinutritive Substanzen werden durch Denaturierung der Proteine zerstört, das Wasserbindungsvermögen und die Schmeckhaftigkeit nehmen zu und es werden hygienisierende Effekte erzielt.<sup>111</sup>

Auch durch das hydrothermische Behandeln eines strukturreichen Futtermittels, wie zum Beispiel RES, mit einem Expander lassen sich nach Angaben des Expander-Herstellers die Verdaulichkeiten der Rohfaser und des Rohfettes signifikant verbessern. Zudem wird die Stärke z. B. für Ferkel um bis zu 50% aufgeschlossen.<sup>112</sup>

In einem N-Bilanzversuch konnte gezeigt werden, dass durch Fermentation einer Getreide-Raps-ES-Mischung die Proteinverdaulichkeit von 75,76% auf

81,30 % angehoben werden konnte.<sup>113</sup> Durch mikrobiellen Aufschluss der schwer verdaulichen Stoffe kann das Tier mehr von den im Futtermittel enthaltenen Nährstoffen verwerten. Das Futtermittel wird somit durch eine vorhergehende Fermentation effizienter verwendet, und Futterressourcen lassen sich einsparen.

Während das Toasten von Sojaerzeugnissen in der Praxis schon Standard ist, ist die Fermentationen von Ölsaaten-Extraktionsschroten zur Erhöhung der Verdaulichkeit derzeit allerdings noch unüblich.

Insbesondere Rapsextraktionsschrote und -kuchen sowie die Futtermittel-erzeugnisse daraus, die durch unterschiedliche Möglichkeiten der Futter-mittelbehandlung für die Fütterung an Schweine aufgewertet wurden, sind ernährungsphysiologisch geeignete alternative Futtermittel für den Ersatz von Sojaerzeugnissen.

Die Futtermittelgruppe der Ölextraktionsschrote und -kuchen ist sehr hetero-gen, und die Einzelfuttermittel(-gruppen) weisen ernährungsphysiologische Besonderheiten auf. Bei der Verwendung dieser Einzelfuttermittel für Schweine lassen sich folgende ernährungsphysiologische Vor- und Nachteile feststellen:

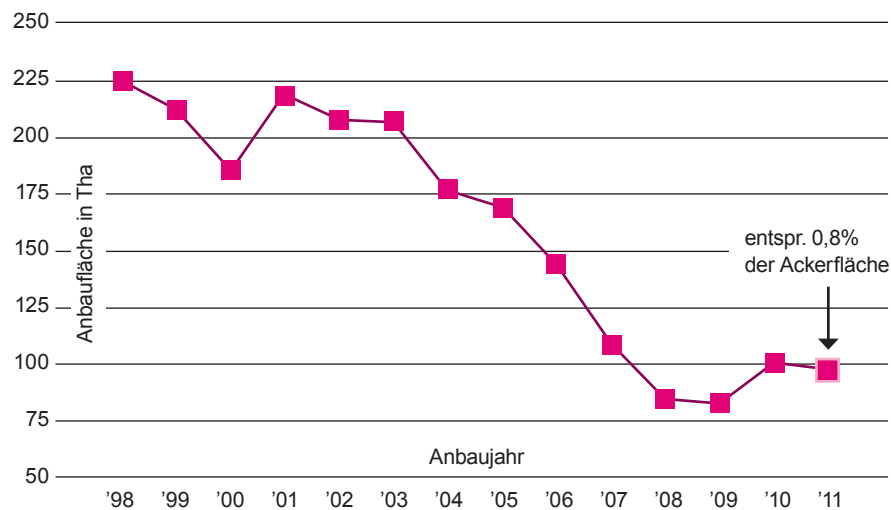
Ölschrote aus Soja	Ölschrote aus Raps	Ölschrote aus anderen Ölsaaten
<ul style="list-style-type: none"> <li>» hohe Attraktivität, hohe Nährstoffdichte (Protein, essenzielle Aminosäuren, Energie), hohe Verdaulichkeit</li> <li>» Leguminosen mit reichhaltigem ANF-Spektrum</li> <li>» Toastung als übliche Behandlung ist notwendig</li> <li>» fast nur aus Importen, überwiegend aus GVO-Saat, heimischer Anbau noch unbedeutend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Soja-Austauschfuttermittel aus heimischer Erzeugung</li> <li>» hohe Proteingehalte und Gehalte an essenziellen Aminosäuren</li> <li>» hoher Rohfaseranteil, niedriger Energiegehalt, verminderte Verdaulichkeit</li> <li>» Samen mit breitem ANF-Spektrum</li> <li>» Behandlungen (Schälung, hydrothermische Behandlungen, Fermentation) sind notwendig, um die Einsatzwürdigkeit zu erhöhen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» z. B. Sonnenblume = heimische Ölsaart, v. a. Süddeutschland</li> <li>» sehr hoher Rohfaseranteil, Defizite in der Proteinqualität, niedriger Energiegehalt, verminderte Verdaulichkeit</li> <li>» Schale ist verdauungsresistent und wirkt Verdaulichkeit absenkend; Schälung ist notwendig</li> </ul>

Die ernährungsphysiologischen Vor- und Nachteile sind nicht für alle Leistungserwartungen gleichermaßen relevant. Je höher die physiologische Leistung, umso weniger beeinträchtigen Faktoren wie niedrige Verdaulichkeit, hoher Rohfasergehalt und ANF das Wohlergehen des Tieres und den Erfolg der Erzeugung. Nachteile können durch geeignete Maßnahmen, wie im Fall der Sojabohne durch das Toasten, aufgehoben werden.

### 5.2.2 Körnerleguminosen

Leguminosenkörner können in der Fütterung von Schweinen verwendet werden, um die Proteingehalte in Getreidemischungen zu erhöhen. Futtermittel aus Körnern der Leguminosen sind im Pflanzenbau wenig verbreitet und deshalb auch in der Fütterung wenig zu finden (vgl. Kap. 4.2.3 und Abbildung 5.2). Trotzdem befassen sich zahlreiche Forscher seit einigen Jahren mit den Möglichkeiten, diese Futtermittel einzusetzen.<sup>114</sup>

**Abb. 5.2**  
Entwicklung der  
Gesamtanbaufläche  
von Ackerbohnen,  
Futtererbsen und Lupinen  
in Deutschland.  
Quelle:  
(Wehling, Ruge-Wehling,  
Rudloff, Jansen & Balko,  
2012, S. 12, Abb. 1)

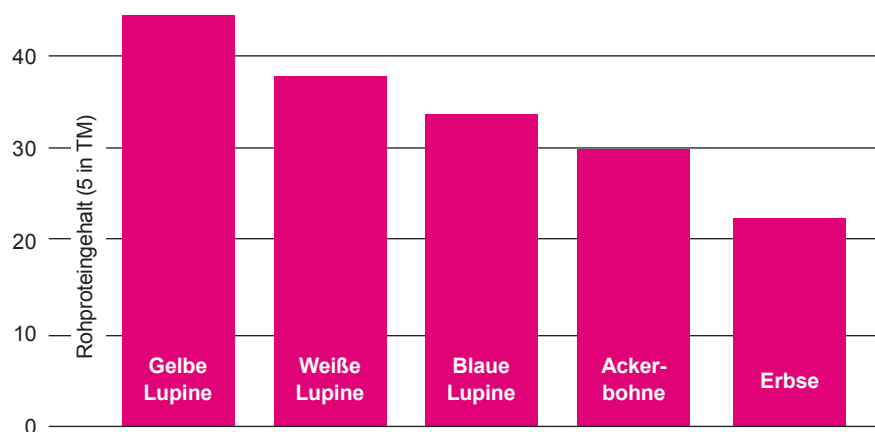


In der Fütterung sind die Körnerleguminosen potenzielle Austauschfuttermittel und stellen wegen ihres Proteingehaltes eine Alternative zu Futtermitteln aus der Sojabohne dar. Zudem kommen sie im Vergleich mit der Sojabohne am ehesten für den Anbau in Deutschland in Frage.

Verschiedene Veröffentlichungen<sup>115</sup> lassen den Schluss zu, dass insbesondere durch pflanzenzüchterische Fortschritte Verbesserungen in der ernährungsphysiologischen Eignung erwartet werden können. Die vergleichende Darstellung zu den Proteingehalten der Leguminosen in Abb. 5.3 lässt erkennen, dass die Lupinen-Varietäten dem hohen Rohproteingehalt von Sojabohne und Rapssaat sehr nahe kommen.

Eine beschreibende Sortenliste<sup>116</sup> und die genannten Veröffentlichungen belegen, dass die Blaue Lupine in Deutschland größere Bedeutung hat als andere Varietäten dieser Nutzpflanzen.

**Abb. 5.3**  
Rohproteingehalte  
heimischer Körner-  
leguminosen.  
Quelle:  
(Wehling, Ruge-Wehling,  
Rudloff, Jansen & Balko,  
2012, S. 15, Abb. 8)



Die Körnerleguminosen Ackerbohne, Erbse und Lupine sowie die auch in Deutschland angebaute Sojabohne stellen unterschiedliche Ansprüche im Anbau. Während Erbse und Lupine schon auf leichteren Böden anbauwürdig sind und für unterschiedliche Boden- und Klimaverhältnisse in Frage kommen, sind Ackerbohne und Sojabohne anspruchsvoller und nur in sehr wenigen Gebieten mit besonders günstigen Klimabedingungen (warm, sonnig) und Bodenverhältnissen (nicht zu leichte Böden) mit guter Wasserführung anbauwürdig.

Durch die Kombination der Vorteile der Körnerleguminosen im Ackerbau und in der Tierfütterung ergeben sich wirtschaftlich erfolgreiche Strategien, insbesondere dann, wenn die innerbetriebliche Verwertung in der Fütterung gelingt.<sup>117</sup>

Die Körner der Leguminosen sind proteinreiche Ausgangserzeugnisse. Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen enthalten darüber hinaus viel Stärke, sodass die Energiegehalte annähernd 13 MJ ME/kg Futter erreichen (vgl. Tabelle 4.1). Sie sind damit geeignet, Protein in eine Mischung einzubringen, ohne den Energiegehalt der Mischung herabzusetzen.

Nachteile in der Fütterung ergeben sich allerdings aus den ANF. Die in den Körnerleguminosen enthaltenen sekundären Pflanzeninhaltsstoffe wirken anti-nutritiv, d. h. sie mindern die effiziente Verwertung des Futtermittels und seiner Inhaltsstoffe. Deshalb befürchten Landwirte bei der Verfütterung der Leguminosen Leistungseinbußen und rückläufige Futteraufnahmen, und auch Autoren empfehlen, diese Komponenten nur begrenzt in den Mischungen einzusetzen.<sup>118</sup>

Ackerbohnen und Erbsen können in einem Alleinfutter für Schweine bis zu 20 % eingesetzt werden.<sup>119</sup> Während säugende Sauen und Ferkel am wenigsten Leguminosen vertragen (bis zu 5 % Mischungsanteil), können Mittel- und Endmastschweine diese gut verwerten (bis zu 20 %).<sup>120</sup> Der Lupinenanteil sollte nach aktueller Empfehlung noch etwas niedriger gewählt werden,<sup>121</sup> kann aber bei geeigneten Sorten und guter Qualität durchaus auch bis zu 25 %<sup>122</sup> betragen. Aus einer zusammenfassenden Übersicht unter Berücksichtigung neuerer Untersuchungen (Haus Düsse) geht hervor, dass der vertretbare Anteil von KL in Alleinfuttermittelmischungen erhöht werden kann, wenn die KL einer Hitzebehandlung, dem Toasten, unterzogen worden sind. Dann sind Anteile bis 20 % (Lupine, Endmast, konventionell) und 30 % (Ackerbohne, Erbse, Endmast, konventionell) vertretbar (vgl. Tabelle 5.4).

*Erbsen können in einem Alleinfutter für Schweine bis zu 20 % eingesetzt werden. Für Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen finden sich in ganz Deutschland ackerbaulich geeignete Standorte. Die Erbse hat dabei die größte ökologische Streubreite.*





Fütterung	Ackerbohne		Lupine (weiße, gelbe, blaue)		Erbsen	
	Anteil im Alleinfutter					
	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch
<b>Ferkel<sup>1</sup></b>						
- bis 15 kg LM	-/5	5/10	-/5	5/10	7,5/15	10/20
- ab 15 kg LM	5/10	10/20	4/8	7,5/15	10/20	15/30
<b>Sauen<sup>1</sup></b>						
- tragend	10/15	15/25	7,5/15	10/20	10/15	15/20
- laktierend	-/20	15/30	-/20	15/25	5/25	10/30
<b>Mastschweine<sup>1</sup></b>						
- Anfangsmast	8/16	15/30	7,5/15	10/20	7,5/15	15/35
- Mittel / - Endmast	15/30	20/40	10/20	12,5/20	15/30	20/40

<sup>1)</sup> zweiter Wert für getoastete Partien

**Tab. 5.4**  
Einsatzempfehlungen für Ackerbohnen, Lupinen und Erbsen bei Sauen, Ferkeln und Mastschweinen in % bei konventioneller und ökologischer Fütterung<sup>124</sup>  
Quelle: ufop, modifiziert

Viele Fütterungsstrategien sind daher darauf ausgerichtet, die Wirkungen der ANF zu verringern. Man bedient sich dabei der Pflanzenzucht<sup>125</sup>, der Futtermittelbehandlung<sup>126</sup> (konservierende, hydrothermische, fermentative) oder der Verwendung von Zusätzen (Probiotika, Enzyme)<sup>127</sup>.

Die Gehalte an Oligosacchariden und an Phenolen bzw. Tanninen konnten durch eine milchsäure Fermentation signifikant vermindert werden. Keinen nachweisbaren Einfluss hatte die Fermentation dagegen auf den Phytat- und Alkaloidgehalt.<sup>128</sup>

Die Gehalte an praecaecal verdaulichen essenziellen Aminosäuren in Körnerleguminosen sind aufgrund der hohen Rohproteingehalte hoch. Dabei zeichnen sich Ackerbohnen und auch die Körner der Blauen Süßlupine durch höhere pcv-Lysin-Gehalte je MJ ME im Vergleich zu den Erbsen aus (vgl. Tabelle 4.1). Die Erbsen liefern bei einem niedrigeren pcv-Lysin-Gehalt einen höheren Energiegehalt, womit sie sich gut für energiereiche Mischungen eignen. Durch den hohen Gehalt von 7,1 g Lysin je 100 g Rohprotein sind sie eine proteinreiche Komponente mit einem den Rohproteingehalt in der Mischung verringernden Effekt.

Die Lupine weist hohe Rohfasergehalte auf, die den Energiegehalt und die Verdaulichkeit mindern. Die Faserstoffe befinden sich weit überwiegend in der Schale des Korns. Das Schrot aus geschälter Saat ist daher nährstoffreicher und leichter verdaulich. Für die Blaue Lupine zeigte sich in einem Schälversuch, dass durch das Entfernen der Schale die Rohproteingehalte und damit die Gehalte der essenziellen Aminosäuren von 25 auf 35 % erhöht werden konnten. Dabei wurden Schalenbestandteile im Anteil von 30 % abgeschieden.<sup>129</sup> Das Schälen der Lupine führt zu einer Verminderung der NSP und zu einer Anreicherung des Proteins, der essenziellen Aminosäuren sowie des Fettes, aber auch der Futterwert beeinträchtigenden Oligosaccharide. Müllereitechnologische Verfahren für die Leguminosen sind verfügbar.<sup>130</sup> Daher könnte das Schälen sinnvoll in der Fütterung von Ferkeln und laktierenden Sauen sein.

Durch hydrothermische Behandlung wie dem Toasten kann die zurückhaltende Verwendung der KL in der Schweinefütterung teilweise aufgehoben werden,

sodass höhere Anteile bis 30 % in der Mischung in Betracht zu ziehen sind.<sup>131</sup> Untersuchungen mit silierten und rückbefeuchteten Körnern von Leguminosen zeigen, dass das Verfahren der milchsäuren Fermentation, das zur sicheren Konservierung angewendet wird, auch die Gehalte bestimmter antinutritiver Inhaltsstoffe reduziert.<sup>132</sup> Durch den Silierprozess können die Oligosaccharide nahezu vollständig abgebaut werden. Die in Ackerbohnen und Erbsen vor allem vorkommende Verbascose und die in der Lupine enthaltene Stachyose konnten nicht mehr nachgewiesen werden.<sup>132</sup> Auch der Gehalt an Gesamtphenolen, Tanninphenolen und kondensierten Tanninen nahm durch den Silierprozess signifikant ab. Darüber hinaus wurde beobachtet, dass Silierhilfsmittel (in diesem Fall Melasse, Milchsäurebakterien) die ANF-abbauenden Effekte noch verstärken konnten.<sup>132</sup>

Eine niederländische Studie misst der Futtermittelbehandlung der Körner zur Erlangung einer höheren Einsatzwürdigkeit besondere Bedeutung bei. Separierung von bevorzugten und zu minimierenden Stofffraktionen der Körner und wohldosierte hydrothermische Behandlungen können die Verdaulichkeit vor allem von Kohlenhydraten erhöhen. Proteinkonzentrate aus der Sojabohne und Erbse sind bereits etablierte Produkte am Markt. Lupinen und Ackerbohnenkörner sind nach Schlussfolgerung der Autoren ebenfalls dazu geeignet, daraus aufgewertete Proteinkonzentratfuttermittel herzustellen.<sup>133</sup> Da diese Spezialfuttermittel zur Verfügung stehen, kann eine Versorgung anspruchsvoller Tierkategorien (Absetzferkel, säugende Sau, Läufer usw.) ernährungsphysiologisch sichergestellt werden.

Verschiedene Autoren haben die Möglichkeiten zur Verwendung der Leguminosen in der Fütterung der Schweine untersucht und beurteilt.<sup>134</sup> Neben den Konzentrationen an Energie und essenziellen verdaulichen Aminosäuren spielen ANF, die Verfügbarkeit am Markt und die Marktpreise eine wichtige Rolle, damit diese heimischen Proteinfuttermittel einsetzbar werden.<sup>135</sup>

KL können als proteinliefernde Futtermittelausgangserzeugnisse in der Schweinefütterung verwendet werden. Wie aus Tabelle 4.1 ersichtlich, befinden sich die Gehalte an Proteinen und essenziellen Aminosäuren auf einem hohen Niveau. Die KL lassen sich aufgrund ihres Verhältnisses von 0,94 bis 1,09 g pcv-Lysin je MJ ME bei Energiegehalten um und über 13 MJ ME/kg Futter (vgl. Tabelle 4.1) gut mit Getreide kombinieren. Somit können getreidereiche Mischungen mit Verhältnissen zwischen 0,4 bis 0,76 g pcv-Lysin/MJ ME für Schweine hergestellt werden.

Besonders protein-, faser- und formenreich sind die Lupinen. Allerdings sind Futterwerte und Wirkung der ANF bei dieser Körnerfrucht noch schwer einzuschätzen. Bei der Ackerbohne sind die faserreiche Schale und der daraus folgende niedrige Energiegehalt die Faktoren, die den Einsatz einschränken. Die Erbsen sind mit 13,6 MJ ME/kg energiereich und weisen mit 12,8 g/kg den geringsten Gehalt an essenziellem pcv-Lysin auf. In der Praxis wird von Akzeptanzschwierigkeiten bei höheren Mischungsanteilen der Körnerleguminosen berichtet, die am besten durch frühzeitige Gewöhnung an die Futtermittel und Mischung der Körnerleguminosenarten überwunden werden können.<sup>136</sup>

Einzelfuttermittel, die Sojaerzeugnisse in der Schweinefütterung ersetzen können, müssen die hohe ernährungsphysiologische Wertigkeit des Sojafuttermittels bieten können und zugleich eine ähnlich gute betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit als Einzelfuttermittel aufweisen sowie eine mindestens gleich gute Wirtschaftlichkeit in der Produktion ermöglichen.<sup>137</sup>

Die ökonomischen Auswirkungen dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Werden Einzelfuttermittel ausgetauscht, sollte der Energie-, Nähr- und Wirkstoffgehalt gleichwertig sein. Bei einem wirkungsgleichen Austausch von Einzelfuttermitteln in einer Futtermischung bevorzugt der Unternehmer die kostengünstigere Variante. Um alle wesentlichen Auswirkungen in eine Futteroptimierung einzubeziehen, ist eine spezielle Optimierungssoftware erforderlich.

Damit die Wettbewerbsfähigkeit von Ersatzfuttermitteln eingeordnet werden kann, müssen die Austauschwerte berechnet werden. Unter Austauschwert versteht man die ökonomische Bewertung von Futtermitteln in Abhängigkeit vom ernährungsphysiologischen Wert des Futtermittels für das Tier. Dabei wird mithilfe von Futterwertkennzahlen eine Mischung aus zwei marktüblichen Futtermitteln ermittelt, die das zu bewertende Futtermittel gleichwertig ersetzen kann. Die ernährungsphysiologische Beurteilung der Gleichwertigkeit beschränkt sich in der Regel auf die Kennzahlen der Energie- und der Proteinversorgung. Dabei bleiben zwar viele Aspekte unberücksichtigt, für eine vergleichende Bewertung der Futtermittel ist diese Methode aber ausreichend. Aus dem Mischungsverhältnis der Austauschfuttermittel und deren Marktwerten lässt sich der Austauschwert berechnen.

Tabelle 5.5 enthält Austauschwerte, welche die Marktverhältnisse im Jahr 2011 und davor zeigen. Die KL haben einen Austauschwert, der in etwa dem Mittelwert des Weizen- und SES-Preises entspricht. Maiskleber und Rapskuchen sind ähnlich zu bewerten.

**Tab. 5.5**  
Austauschwerte proteinliefernder Futtermittel für ökologisch und konventionell erzeugende Betriebe  
*Quelle: verändert nach Stalljohann, 2011, Leguminosen ersetzen Sojaschrot aus Übersee*

Futtermittel	ME MJ	pcv-Lysin (g)	Weizen/SES (€)
Ackerbohnen	12,50	13,5	26,10
Erbsen	13,49	12,90	26,70
Kartoffeleiweiß	17,00	55,8	60,20
Magemilchpulver	15,04	24,6	36,30
Maiskleber	16,91	8,3	28,00
Rapskuchen (16–19% Fett)	14,00	12,8	29,00
Sojakuchen	15,60	19,60	32,30
Sojaschrot	12,64	23,3	-
Sojabohne, getoastet	15,74	18,70	33,50
Lupine, gelb	13,66	16,5	29,60
Weizen	13,76	2,8	0

Tabelle 5.6 zeigt die Ergebnisse einer aktuellen Berechnung der Austauschwerte. Den Austauschwerten werden die Marktpreise gegenübergestellt, die aus zahlreichen Beobachtungszeitpunkten innerhalb eines Zeitraums rühren. Die Austauschwerte von KL sind erheblich höher als die Marktpreise im Handel oder beim Verkauf durch Landwirte.<sup>138</sup> Die Marktpreise für RES oder KL sind zwischen 13 bis 20 % niedriger als die kalkulierten Austauschwerte (vgl. Tabelle 5.5).

	Weizen		Soja-ES 43 %		Energie ME	Protein pcv Lys	Austausch		Marktpreis
	kg	%	kg	%			Menge	Wert	
	kg	%	kg	%	MJ/kg	g/kg	kg	€/kg	€/kg
Weizen	1,00	100,0	0,00	0,0	14,0	2,7	1,00	16,45	16,45
Erbse*	0,53	52,8	0,47	47,2	13,6	12,77	1,01	26,01	20,86
Lupine (blaue)*	0,47	48,0	0,51	52,0	13,2	13,44	0,98	26,29	22,90
Ackerbohne*	0,42	45,0	0,51	55,0	12,6	13,44	0,94	25,70	20,46
Raps-ES	0,19	24,5	0,58	75,5	10,1	14,26	0,76	24,05	20,67
Raps-ES fermentiert**	0,20	24,5	0,60	75,5	10,6	14,96	0,80	25,24	
Raps-Expeller aus geschälter Saat**	0,53	52,0	0,49	48,0	13,7	13,05	1,01	26,39	
Lupinen aus geschälter Saat**	0,44	43,2	0,58	56,8	13,8	15,14	1,03	28,56	
Soja-ES 43 % XP	0,00	0,0	1,00	100,0	13,0	23,9	1,00	36,43	36,43

**Tab. 5.6**  
Aktuelle Austauschwerte –  
Preiswürdigkeit der wesentlichen  
proteinliefernden  
Futtermittel

Die Ergebnisse basieren auf den Marktpreisen für die Austauschfuttermittel Sojaextraktionsschrot 43 % Rohprotein und Futterweizen. Das Austauschverhältnis und die Austauschmenge errechnet sich auf der Grundlage der [MJ] ME/kg und [g] pcv-Lysin/kg. Die Marktpreise sind Mittelwerte von Einkaufspreisen der Futtermittelhersteller (Quellen: Börsennotierungen Verein der Getreidehändler Hamburg e.V.) Die Marktpreisauswertung bezieht sich auf den Zeitraum drei Monate vor dem 30.09.2014. Die Marktpreisinformationen für die Körnerleguminosen (\*) basieren auf Mittelwerten für Preise der Jahre 2008–2013 mit hoher Gewichtung von 2012 und 2013, Quelle LfL, <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>, 07.07.2014; \*\* Annahmen zur Verbesserung der Verdaulichkeit sind vorsichtig geschätzt unter Berücksichtigung von Herstellerhinweisen und Expertenbeobachtungen (z. B. beim Schälen der Blauen Lupine, Forschungsbericht MV, 2009)

Leguminosen sind derzeit nicht in ausreichender Menge aus lokaler Erzeugung zu beziehen, weil ihr Anbau unbedeutend gering ist. Importe kommen ebenso wenig in Frage, weil auch der internationale Anbau in hoher Qualität nicht ausreichen würde, um die Schweine mit Leguminosen als Sojaersatz in nennenswertem Umfang zu versorgen.<sup>139</sup>

Eine Strategie, die darauf setzt, Sojaerzeugnisse in der Schweinefütterung in Deutschland durch Körnerleguminosen zu ersetzen, macht es erforderlich, im Anbau der Feldfrüchte gravierende Veränderungen einzuleiten. Im lokalen Ackerbau müsste sich der Leguminosenanbau von einem bisher unbedeutenden Anteil von 0,8 % erheblich ausdehnen.

Heimische Körnerleguminosen weisen im Vergleich zu Sojaschrot relative Nachteile in der Schweinefütterung auf:

1. geringerer Proteingehalt
2. geringerer Gehalt an essenziellen Aminosäuren (Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan)
3. ungünstigeres Verhältnis der essenziellen Aminosäuren zur Leitaminosäure Lysin
4. teilweise geringere Attraktivität (Bitterstoffe)
5. viele ANF (Proteasehemmer, Alkaloide, Oligosaccharide, Phytate, Phenole, Tannine)<sup>140</sup>
6. niedrigere Verdaulichkeit: organische Substanz, schwer verdauliche Kohlenhydrate, Proteine, Aminosäuren
7. niedrigere Energiegehalte

**Mit Körnerleguminosen in Kombination mit freien Aminosäuren lassen sich bedarfsgerechte Mischungen herstellen.**

Ein Austausch von Sojaerzeugnissen durch Körnerleguminosen führt tendenziell zu einem höheren Proteinverbrauch, zu einer höheren Proteinausstattung der Mischungen, zu herabgesetzten Leistungen und verringerter Fütterungseffizienz.

In geeigneter Kombination mit freien Aminosäuren lassen sich jedoch leistungs- und bedarfsgerechte Mischungen mit abgesenkten Rohproteingehalten finden. Diese Mischungen sind im Vergleich zu Sojamischungen nachhaltiger, insbesondere dann, wenn sie aus lokalem Anbau stammen. Ackerbaulich und letztlich auch betriebswirtschaftlich vorteilhaft wirken die Auflockerung der Fruchtfolge und das Einsparen des Stickstoffdüngers aufgrund der Fähigkeit der Pflanze, Stickstoff der Luft für sich zu erschließen. Die Einsatzwürdigkeit der Leguminosen kann darüber hinaus durch folgende Maßnahmen verbessert werden:

- » Pflanzenzüchtung, Varietäten- und Sortenwahl, pflanzenbauliche Optimierung der Anbauverfahren, welche die Gehalte der Inhaltsstoffe in eine günstige Richtung entwickeln (z. B. Protein- und Lysingehalt, ANF-Senkung)
- » müllereitechnische Behandlungen: Abscheidung von schwerverdaulichen Bestandteilen des Korns (Schale), Herstellung von hochverdaulichen Konzentraten
- » Silierung und Fermentierung zur Beeinflussung der Verdaulichkeit und der vorhandenen sekundären Pflanzeninhaltsstoffe mit antinutritivem Charakter in der Fütterung
- » hydrothermische Behandlung zur Erhöhung der Verdaulichkeit und der Neutralisierung von ANF (Toastung zur Beseitigung von Trypsininhibitoren)
- » Gabe von Zusatzstoffen zur Verbesserung der Verdaulichkeit von Kohlenhydraten und Proteinen, in erster Linie Enzyme oder Probiotika
- » Letztlich kommen KL als heimische Proteinressource zur Fütterung der Schweine dann in Betracht, wenn der Rohstoff auch zu Preisen verfügbar ist, die wettbewerbsfähig sind. KL aus heimischer Erzeugung tragen wesentlich dazu bei, die Nachhaltigkeit der Schweinefleischerzeugung im Vergleich zu einer klassischen Getreide-SES-Fütterung zu verbessern.

### 5.2.3 Nebenprodukte aus der Schlachtung von Tieren

Bei der Schlachtung von gesunden Tieren entstehen proteinhaltige Nebenprodukte, die in der menschlichen Ernährung nicht verwendet werden können. Grundsätzlich ist die Verwendung ohnehin anfallender für die Tierfütterung geeigneter Proteine im Sinne einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft sinnvoll. Das Erschließen bisher nicht genutzter Proteinressourcen kann den Sojaextraktionsschrotverbrauch verringern.



Um dem Ziel einer intensiveren Nutzung der Schlachtnebenprodukte näherzukommen, müssen Restriktionen beachtet und Hemmnisse überwunden werden. Viele Verbraucher sehen diese Futtermittel kritisch, und die Verwendung von Schlachtnebenprodukten ist aus Verbraucherschutzgründen im Zuge der BSE-Krise erheblich eingeschränkt worden. So steht Fleischknochenmehl als Futtermittel nicht mehr zur Verfügung.

Die verfügbare Gesamtmenge der Futtermittel aus diesem Produktsegment ist ausschließlich von der Erzeugung des Hauptproduktes, den Schlachttieren, abhängig. Für die Verwendung von Schlachtnebenprodukten sind die folgenden Aspekte entscheidend:

- » Ist die Verwendung als Futtermittel rechtlich zugelassen?
- » Sind die notwendigen außergewöhnlichen qualitativen und hygienischen Anforderungen vertretbar?
- » Ist die Verwendung als Futtermittel gegenüber den inzwischen etablierten Verwertungswegen wirtschaftlich wettbewerbsfähig?
- » Findet die Verwendung Akzeptanz unter Landwirten und Verbrauchern?

Nach Angaben des DVT können Schlachtnebenprodukte als proteinhaltige Erzeugnisse wegen ihrer unzureichenden Verfügbarkeit nur einen kleinen Beitrag zum Sojaersatz leisten.<sup>141</sup> Berechnungen zufolge wird bei dieser Rohstoffquelle von rund 120.000 t tierischen Proteins (grob geschätzt) für den Nutztierfuttersektor ausgegangen. Das entspricht einem Sojaschrotäquivalent von ca. 140.000 t, etwa 2,8 % des Gesamtverbrauchs an Soja in Deutschland. Hinzu kämen etwa 20.000 t verfütterbare Tierfette und gut 10.000 t Futterphosphat.<sup>142</sup>

#### **5.2.4 Proteinfuttermittel mit Zukunftspotenzial**

Neben der Verwendung von Hefen zur Erzeugung von Biokraftstoffen entwickeln Forschungsinstitute in jüngster Zeit auch Technologien zur Gewinnung von pflanzlichen Ölen mit Algen. Algen können die Energie der Sonne nutzen und pflanzliche Fette bilden, die künftig z. B. zu Biokerosin weiterverarbeitet werden könnten. Die Nebenprodukte enthalten wertvolle Proteine sowie Kohlenhydrate und könnten in der Tierernährung als Sojaersatz dienen. Fotobioreaktoren, in denen Mikroalgen, versorgt mit anorganischen Nährstoffen und Sonnenlicht, organische Rohstoffe wie Proteine und Fette produzieren, können in der Zukunft an Bedeutung gewinnen. Angesichts steigender Energiepreise rückt die Wettbewerbsfähigkeit der Erzeugung von Algenbiomasse mit der Pflanzenölgewinnung aus Ölsaaten immer näher. Die Flächenproduktivität in der Erzeugung, gemessen in dt Trockenmasse (TM) je ha, ist in der Produktion von Algenbiomasse um ein Vielfaches höher als beim Pflanzenbau mit energieliefernden Nutzpflanzen,<sup>143</sup> weil Algen für ihr Wachstum nur die Standfläche für die Fotobioreaktoren mit optimalem Zugang zum Sonnenlicht benötigen.

Die Potenziale in der Erzeugung von Algenbiomasse sind sehr groß, weil die Spezies und Stämme sowie die Produktionsverfahren noch am Anfang der Entwicklung stehen.

Eine erste vorsichtige Einordnung erlaubt den Schluss, dass Extraktionsmehle von Algenbiomasse aus der Pflanzenfetterzeugung das Potenzial für ein hochwertiges und hochkonzentriertes Proteinfuttermittel in der Schweinefütterung haben. Ein Algenextraktionsmehl hat auf Grundlage überschlägiger Berechnungen einen Energiegehalt von 13,34 MJ ME/kg 88 % TM und 18,17 g pcv-Lysin/kg 88 % TM. Auf 1 MJ ME sind 1,43 g pcv-Lysin im Einzelfuttermittel zu erwarten.

In einem Prestarter oder Absetzer-Alleinfuttermittel wird von der DLG ein Richtwert von 0,9 g pcv-Lysin je MJ ME im Futtermittel angegeben.

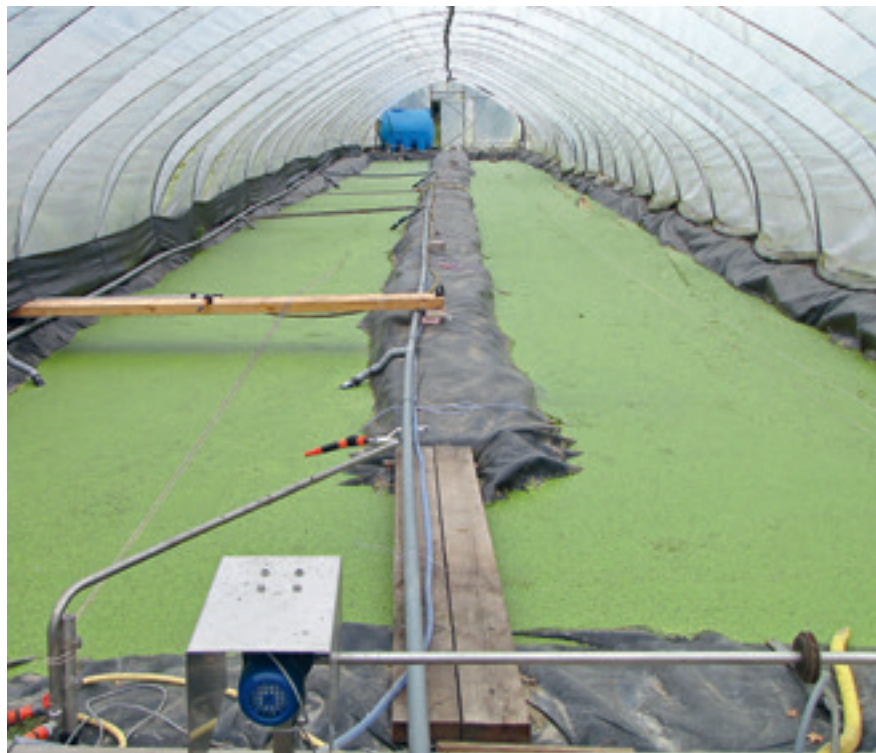
Algenextraktionsmehle müssen zwar noch in Feldtests erprobt und exakt untersucht werden, aber erste Informationen sind ernährungsphysiologisch sehr vielversprechend. Die Verfügbarkeit dieser Futtermittel ist erst in einigen Jahren zu erwarten, wenn die Verfahrenstechnologien zur Herstellung der Energieträger oder chemischen Ausgangserzeugnisse aus Algenfetten und zur Herstellung von Algenextraktionsmehlen ausgereift sind und die Marktverhältnisse eine maßgebliche Ausdehnung der Produktion erlauben.

**Unter natürlichen Bedingungen verdoppelt die Wasserlinsenart *Wolffia microscopica* alle 30 Stunden ihre Blattmasse.**

In die Gruppe der Futtermittel mit Potenzial als Proteinfuttermittel sind auch Wasserlinsenmehle einzuordnen.<sup>144</sup> Diese Pflanzen gehören weltweit zu den Pflanzen mit der höchsten Wachstumsintensität. Zum Beispiel verdoppelt die Wasserlinsenart *Wolffia microscopica* unter natürlichen Bedingungen alle 30 Stunden ihre Blattmasse. Der Ertrag wird in einer niederländischen Studie mit 30 bis 40 t TM/ha angegeben.<sup>145</sup> Das übliche Ertragsniveau im Gras- und Feldfutterbau liegt dagegen zwischen 8 bis 15 t TM/ha.<sup>146</sup> Durch die Zufuhr essenzieller anorganischer Nährstoffe mit dem Wasser und bei Einstrahlung von Sonnenlicht betreibt die Pflanze Fotosynthese und bildet Blattmasse. Die Biomasse ist reich an Stärke als Reservestoff und an Proteinen. Die Proteingehalte der Biomasse sind direkt von der Zufuhr der Nährstoffe abhängig und können zwischen 9 und 40% betragen.<sup>145</sup>

Mit der Ernte und schonenden Trocknung der Biomasse entsteht ein mehlförmiger Rohstoff, der zur Bioenergiegewinnung und/oder als Futtermittel dienen kann. Dann wird auch eine geeignete Futtermittelaufbereitung notwendig. Zu den ANF der Biomasse für Schweine liegen derzeit noch keine Informationen vor.

*Langfristig stellen neben den heimischen Futtermitteln, Futtermittel aus nicht bodengebundener Produktion einen innovativen Lösungsansatz dar, wobei noch viel Forschungsbedarf besteht. Dazu gehören z.B. Wasserlinsen.*



Welche Aussichten bieten Futtermittel aus der Biomasse von Algen oder Wasserpflanzen?

- » Die Futtermittel haben das Potenzial, Proteine für die Schweinefütterung zu liefern und damit Sojaerzeugnisse in der Schweinefütterung zu ersetzen.
- » Hohe Flächenproduktivität: Im Vergleich zum Anbau von Futterpflanzen wird deutlich mehr Trockenmasseertrag je ha beanspruchter Fläche produziert.
- » Es handelt sich um hochwertige Futtermittel, die zu protein- oder energiereichen Futtermitteln veredelt werden können.
- » Es besteht keine Konkurrenzsituation zwischen „Teller oder Tank“; wertvolle Nahrungsmittelfläche wird nur minimal beansprucht, und potenzielle Nahrungsmittel werden nicht als Substrat für die Bioenergiegewinnung benötigt.
- » Es entsteht eine Synergie zwischen Bioenergie- und Futtermittelerzeugung, die Wettbewerbsfähigkeit wird leichter erreicht und die Verfügbarkeit steigt mit der Nachfrage nach erneuerbarer Energie.
- » Eine lokale Erzeugung ist möglich.

Welche Risiken, Hemmnisse und Widerstände sind zu erwarten, wenn Sojaerzeugnisse durch diese Futtermittel ersetzt werden sollen?

- » Es handelt sich um „Zukunftsfuttermittel“, die noch nicht am Markt verfügbar sind. Futtermittelzulassung und Markteinführung sowie Wachstum von Produktion und Nachfrage müssen noch erfolgen bzw. müssen sich erst einstellen, damit von den Marktteilnehmern der Austausch von Sojaerzeugnisse in nennenswertem Umfang in Betracht gezogen wird.
- » Erfahrungen zur Eignung und Verwendung dieser Futtermittel fehlen bislang.
- » Das sehr feuchte Ausgangsmaterial muss mit Energieaufwand getrocknet werden. Eine Aufbereitung des Erntegutes ist notwendig, mit einer Koppelung an eine Biogasanlage aber zu realisieren.
- » Die wettbewerbsfähige Herstellung von Futtermitteln oder Bioenergie gelingt u. U. nur an besonders sonnenreichen Standorten, also nicht im nordeuropäischen Raum.
- » Bei Futtermitteln aus Algen, die als Kuppelprodukt zur Bioenergiegewinnung entstehen, wächst die Futtermittelverfügbarkeit nur mit der Nachfrage nach dem Bioenergieträger.

### 5.3 Nachhaltigkeit und Proteinverwertung

Die Verfügbarkeit von Futtermitteln zur Erzeugung von tierischen Lebensmitteln wird künftig immer knapper; sie muss jedoch ausreichen, um die wachsende Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln zu bedienen. Der ressourcenschonende und effiziente Umgang mit knappen Nährstoffen ist daher ein wesentlicher Aspekt einer nachhaltigen Schweinefütterung.<sup>147</sup>

Der Futtertrockenmasseaufwand und damit die Beanspruchung von landwirtschaftlichen Nutzflächen zum Anbau der Futtermittelausgangserzeugnisse ist je nach Tierart und Erzeugnis unterschiedlich hoch.<sup>148</sup> Je mehr essbares tierisches Protein benötigt wird, umso größer ist der Anspruch an die landwirtschaftliche Nutzfläche, auf der pflanzliche Rohstoffe erzeugt werden.

Tabelle 5.7 verdeutlicht auf der Grundlage einer Modellkalkulation, dass eine hohe Leistungseffizienz, bezogen auf die Einheit produziertes essbares Protein, den geringsten Flächenanspruch hat.

**Tab. 5.7**  
 Ergebnisse von Modellkalkulationen zum Einfluss der Leistungshöhe der Nutztiere auf den Flächenbedarf und die Emissionen je kg essbares Protein  
 Quelle:  
 (Flachowsky, Lebensmittel tierischer Herkunft ressourceneffizient erzeugen, 2012, S. 9, Tab. 1)

Proteinquelle	Leistungshöhe der Nutztiere (je Tag)	Flächenbedarf (m <sup>2</sup> /kg essbares Protein) <sup>1,2</sup>	Ausscheidungen (kg CO <sub>2</sub> -Äquiv./kg essbares Protein) <sup>3</sup>
Kuhmilch (Milch)	10 kg	41	30
	20 kg	31	16
	40 kg	29	12
Rindfleisch (Zunahme)	500 g	143	110
	1.000 g	85	55
	1.500 g	68	35
Schweinefleisch (Zunahme)	500 g	72	16
	700 g	60	12
	900 g	54	10
Geflügelfleisch (Zunahme)	40 g	28	4
	60 g	22	3
Eier (Legeleistung)	50%	53	7
	70%	44	5
	90%	39	3

<sup>1</sup> Ertragsniveau: 5t Trockenmasse (TM) Getreide bzw. 10t TM Grundfutter je ha Fläche  
<sup>2</sup> Unter Berücksichtigung leistungsabhängiger Grundfutter: Kraftfutter-Relation; (Nebenprodukte bleiben als Futtermittel unberücksichtigt)  
<sup>3</sup> Carbon Footprints (Summe der Treibhausgasemissionen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>x23 und N<sub>2</sub>Ox300; IPCC 2006) je kg essbare Protein tierischer Herkunft

So führt z. B. in der Schweinemast die Entwicklung der TZ von 500 g auf ein Leistungsniveau von 700 g zu einer Verringerung des Flächenanspruchs.<sup>149</sup> In dieser Modellkalkulation wird ein Vorteil in der höheren Wachstumsintensität in Bezug auf das hier einbezogene Nachhaltigkeitskriterium, den Ausstoß von Treibhausgasen in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent je kg essbares Protein, ausgewiesen.

Eine intensive Erzeugung von Proteinen tierischen Ursprungs wird als unvermeidlich angesehen, wobei künftig vielmehr die Verbesserung der Transformationseffizienz von pflanzlicher zu tierischer Biomasse im Vordergrund stehen sollte.<sup>150</sup> Die Intensität des Wachstums ist aber nur ein Aspekt, der Einfluss auf die Nachhaltigkeit hat. Nachhaltigkeitsindikatoren sind vielschichtig beeinflusst und verändern sich.<sup>151</sup> Um die optimale Intensität der Schweinefütterung abzuleiten, ist es erforderlich, weitere Gesichtspunkte einer insgesamt nachhaltigeren Wirtschaftsweise zu berücksichtigen. Dazu gehören z. B. die Auswirkungen der Schweinefütterung und -haltung auf die Klimaerwärmung, die Bodenzerstörung oder die ungenügende Berücksichtigung von Bedürfnissen der Tiere. Aber auch auf Veränderungen in der Bodenfruchtbarkeit, der Natur und Umwelt sowie Einflüsse auf soziale und gesellschaftliche Strukturen ist zu achten, um Nachhaltigkeit zu erreichen. Einer nachhaltigen Schweinefütterung wird man umso näherkommen, je mehr die teilweise sehr unterschiedlichen Ziele ausgewogen und angemessen berücksichtigt werden können.

Zur Nachhaltigkeit gehören aus Sicht der Tierernährung unbedingt ein hoher Verzehr durch die Tiere und eine hohe Verdaulichkeit der Futtermittel mit der Folge einer höheren Verwertung der Futtermittel.

Eine Tierfütterung, die eine Nährstoffkonkurrenz zwischen Tier und Mensch möglichst vermeidet und eine nachhaltige Tierernährung verfolgt, setzt in drei Bereichen an:<sup>152</sup>

- 1) Verbesserung der Futterqualität
- 2) Erschließung neuer Futterquellen
- 3) effiziente Nutzung verfügbarer Futtermittel

Aber auch bei der Auswahl der Futtermittel müssen Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden. Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik beim BMELV hat in diesem Zusammenhang das Schlagwort „Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung“ verwendet und in seiner Stellungnahme vom Januar 2012 ausgelegt.<sup>153</sup>

## 5.4 Zusammenfassung

**Erst das Zusammenwirken unterschiedlicher Veränderungen kann den Verbrauch von Sojaerzeugnissen in der Schweinefütterung maßgeblich verringern.**

---

Die Verringerung der SES-Verfütterung an Schweine kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die landwirtschaftliche Erzeugung von Schweinefleisch nachhaltiger zu gestalten. Sie kann helfen, ressourceneffiziente und -schonende Verfahren der Schweinefütterung umfassender einzusetzen und Nährstoffüberschüsse, die durch zu intensiven Nährstoffzufluss mit importierten Einzelfuttermitteln wie den Sojaschroten entstehen, zu verringern. Erst das Zusammenwirken unterschiedlicher Veränderungen kann den Verbrauch von Sojaerzeugnissen in der Schweinefütterung maßgeblich verringern. In vielen Betrieben gibt es noch Spielräume, den Verbrauch von stickstoffhaltigen Futtermitteln zu verringern, ohne eine leistungs- und bedarfsgerechte Versorgung leistungsstarker Schweinegenotypen zu gefährden. Dies gelingt durch eine mehr- bzw. vielphasige Fütterung bei Minimierung der Rohproteinüberschüsse in der Versorgung, bei Ausschöpfung der Reserven in der Verdaulichkeit der Proteine und bei Verwendung von freien Aminosäuren zur Sicherung einer leistungsgerechten Versorgung mit essenziellen Aminosäuren.

Wurden die Einsparungspotenziale an Rohprotein in der Fütterung ausgeschöpft, können die Möglichkeiten des Austausches von Proteinträgern aus importierter Herkunft durch lokal erzeugte proteinhaltige Futtermittel genutzt werden. Insbesondere Futtermittelerzeugnisse aus Raps oder KL kommen als Austauschfuttermittel für Sojaschrote aus importierter Herkunft in Betracht.

Für den Ersatz von SES durch andere Proteinträger in maßgeblichem Umfang kommen auch Nebenerzeugnisse aus der Lebensmittelherstellung und neue Futtermittel in Betracht. Diese können jedoch aus ernährungsphysiologischen oder betriebswirtschaftlichen Gründen oft nur begrenzt Ersatzfunktionen übernehmen und sind aus unterschiedlichen Gründen wenig verfügbar, insbesondere um über einen kurzfristigen Zeithorizont große SES-Verbrauchsmengen zu ersetzen. Sie müssen mit den wesentlichen Ersatzfuttermitteln kombiniert werden und leisten daher nur einen begrenzten Beitrag zur Verringerung von Sojaerzeugnissen.





*Soja in Mato Grosso, Brasilien: Die Eiweißversorgung in der deutschen Schweinefütterung basiert überwiegend auf importierten Sojaprodukten, die zu einem massiven Nährstoffzufluss geführt haben. Der Anbau dieser Erzeugnisse in agrarindustriellen Monokulturen hat in Südamerika zu massiven Umweltfolgen und vielen sozialen Problemen geführt.*

# 6

## Bewertung der Effekte

Sojaerzeugnisse sind in der Schweinfütterung weltweit und somit auch in Deutschland zu einem festen Bestandteil der Fütterung geworden, weil sie sich für den Landwirt in der Fütterung bewährt haben, eine

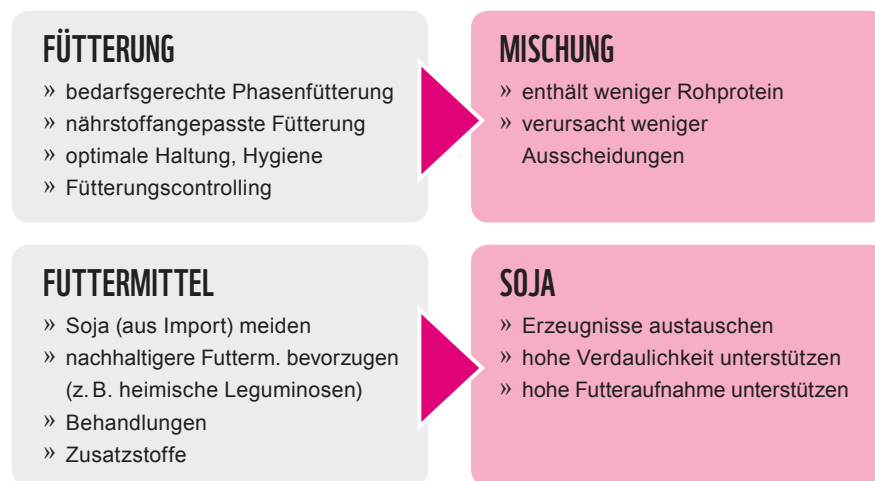
hohe Wettbewerbsfähigkeit ermöglichen und in bedeutendem Maße am Markt verfügbar sind. Da die Schweineerzeugung in Deutschland einen sehr großen und weltweit bedeutsamen Umfang einnimmt, ist der Bedarf an hochwertigen proteinliefernden Futtermitteln sehr hoch. Ein kurzfristiger vollständiger Verzicht auf SES in der Schweinefütterung scheitert an der kurzfristig nicht verfügbaren Menge der notwendigen Ersatzfuttermittel für die Proteinversorgung.

Darüber hinaus stellt die Wettbewerbsfähigkeit der Produktionsverfahren für die Ersatzfuttermittel eine entscheidende Hürde für die Etablierung und Manifestierung der Minimierungsstrategie am Markt dar. Wenn die Strategie mittel- bis langfristig keine Aussicht auf eine wettbewerbsfähige Schweinefleisch-Wertschöpfungskette bietet, erscheint ein Erfolg als sehr unwahrscheinlich.

Neben den monetär bewertbaren Kriterien sind in einer umfassenden Beurteilung aber auch indirekte Wirkungen zu berücksichtigen. Dazu zählen z. B. die verbesserte Darmgesundheit, die einen höheren Gesundheitsstatus erlaubt, die Verringerung der Bodenbelastungen durch herabgesetzte Nährstoffgehalte in der Gülle oder die Auflockerung von Fruchtfolgen und Nutzung von Vorfruchtwirkungen von z. B. Leguminosen.

Es gibt unterschiedliche Ansatzpunkte, um Sojafuttermittel in der intensiven Fütterung von Schweinen zu minimieren (vgl. Abbildung 6.1).

**Abb. 6.1**  
Ansatzpunkte einer vielschichtigen Strategie zur Minderung von Sojafuttermitteln in einer intensiven Fütterung von anspruchsvollen Schweinen



Die Verringerung des Sojaverbrauchs gelingt leichter, wenn die entsprechenden Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden. Dabei sollte vor dem ausschließlichen wirkungsgleichen Austausch von Sojaschrot das Potenzial der Absenkung des Rohproteinverbrauchs genutzt werden. Eine Auswahl der in Frage kommenden Futtermittel findet sich in Tabelle 6.1, und eine Bewertung wird im nachfolgenden Kapitel 6.1.1 vorgenommen.

Kurzfristig wird die Verfügbarkeit entsprechender Futtermittel die Soja-Minimierungsstrategie maßgeblich mitbestimmen. Mittel- und langfristig können weitere Möglichkeiten ausgeschöpft werden, weil Zeit benötigt wird, um Verfahren und Produkte zu implementieren und am Markt einzuführen.

## 6.1 Effekte je Mastschwein

### 6.1.1 Verminderung des Rohproteinverbrauchs

Die Futteraufnahme und die Anforderungen an das Futtermittel verändern sich bei Tieren in Abhängigkeit von Alter, Gewicht und Phase im Reproduktionszyklus. Je höher die physiologische Stoffwechselaktivität und je geringer das Futteraufnahmevermögen der Tiere ist, umso höhere Ansprüche sind an die Konzentration und Verdaulichkeit der Nährstoffe zu stellen. Die Anpassung der Alleinfuttermittelqualität mit dem zunehmenden Gewicht der Schweine in Ferkelaufzucht und Mast oder mit den Veränderungen im Laufe des Reproduktionszyklus führen zu einer mehrphasigen Fütterung. Eine einphasige Fütterung könnte den Ansprüchen der Tiere nicht richtig gerecht werden. Je mehr Fütterungsphasen mit angepassten Alleinfuttermitteln in einer Fütterungsstrategie gewählt werden, umso enger lässt sich die Versorgung der Tiere an die sich verändernden Bedürfnisse anpassen. Damit die Mast betriebswirtschaftlich erfolgreich gelingt, werden Technologiekosten minimiert und komplexere zeitaufwändigere Verfahren gemieden und eine sichere Versorgung der Tiere mit Energie und Nährstoffen zum Ausschöpfen des Leistungsvermögens der Tiere angestrebt. Dadurch kann es dazu kommen, dass in bestimmten Abschnitten der Mast eine Überversorgung in Kauf genommen wird. Die gebilligte Überversorgung ist bei einer einphasigen Fütterung am größten und bei einer vielphasigen Fütterung am kleinsten. Die Überversorgung nützt dem Tier nicht, sondern führt, wenn ein bestimmtes Ausmaß überschritten wird, zu Belastungen des Stoffwechsels und erhöhten Ausscheidungen sowie insbesondere in Ballungsräumen der Tierhaltung zu unerwünschten Emissionen, Umwelt- und Bodenbelastungen.

Die Realisierung einer vielphasigen Fütterung hängt von der Fütterungsanlage und den geeigneten Alleinfuttermitteln ab. Ein Futterwechsel sollte nicht abrupt, sondern durch ein gleitendes gegenseitiges Verschneiden der Futtermittel erfolgen. Darüber hinaus sollten sich die Hauptkomponenten von Phase zu Phase in der Mischung der Alleinfuttermittel nur graduell verändern. Zu extreme Wechsel von einem Einzelfuttermittel zum anderen und zu plötzliche Phasenwechsel belasten das Verdauungssystem und können das Tier beeinträchtigen.

Eine mehrphasige Fütterung mit aufeinander abgestimmten Alleinfuttermitteln in den Mastphasen bietet die besten Voraussetzungen für eine optimale Darmgesundheit, hohe Futteraufnahme und eine effiziente Verwertung der Futtermittel.

Die mehrphasige Fütterung wird möglich, wenn die Fütterungsanlage die verwendeten Futtermischungen entsprechend der Entwicklung der Tiere anpasst. Dies kann geschehen, indem Alleinfutter aus mehreren Komponenten zellen zur Verfütterung verwendet werden oder indem aus verschiedenen Komponenten eine passende Mischung im landwirtschaftlichen Betrieb hergestellt wird, z. B. im Futtermischbottich in einer Flüssigfütterung oder im Chargenmischer in einer Trockenfütterungsanlage. Passend zur jeweiligen Phase des Wachstums oder des Reproduktionszyklusses transportiert die Fütterungsanlage dann die entsprechenden Futtermischungen zum Futtertrog der Tiergruppe.

Durch Phasenfütterung können Nährstoffe nachhaltig verwendet und der Organismus des Schweines vor unnötiger Nährstoffanflutung geschützt werden.<sup>154</sup> Aus den veränderten Ansprüchen der Schweine im Verlauf des Wachstums vom 30-kg-Ferkel zum 120-kg-Schlachtschwein ergibt sich für die Futtermittel bei zunehmender Futteraufnahme mit höherem LG ein deutlich geringerer Bedarf

an Protein (Aminosäuren) in einem Kilogramm Futter.<sup>154</sup> Die Alleinfuttermischungen kommen zum Ende der Mast mit immer geringeren Anteilen der proteinreichen Futtermittel aus. Neben der Einsparung von Proteinen, die über den Bedarf des Tieres hinausgehen und sich letztendlich in den Ausscheidungen wiederfinden, werden Futterkosten reduziert. Weniger teure Komponenten erlangen bei einer weitgehenden Phasenfütterung zum Ende der Mast ein stärkeres Gewicht als etwa in einer ein- oder zweiphasigen Mast.

Eine vierphasige Fütterung kann gegenüber einer zweiphasigen die Verwendung von Soja reduzieren, die Proteinüberschüsse minimieren, die physiologische Entgiftung überschüssigen Stickstoffs im Tier verringern, die Stickstoffgehalte der Ausscheidungen reduzieren und damit gasförmige N-Emissionen in die Stallluft und Umgebung sowie Bodeneinträge an Stickstoff mit der Gülle verringern. Dies kann zudem mit niedrigeren Futterkosten erreicht werden.<sup>155</sup> Dem steht ein erhöhter Aufwand beim Fütterungsmanagement sowie ein höherer technologischer Aufwand für das Lagern der benötigten Futtersorten und das automatische Füttern durch die Fütterungsanlage gegenüber.

Im Rahmen einer Studie zur Entwicklung eines Emissionskatasters für Niedersachsen wurde ermittelt, dass 2007 ein Anteil von etwa 20 % der in Niedersachsen angenommenen Fütterungsverfahren dem Standardverfahren einer dreiphasigen Fütterung mit einer Rohproteinabsenkung von 18,5 % auf 15 % zuzuordnen war.<sup>156</sup>

**Tab. 6.1**  
Fütterungsvariante  
„Klassische zwei-  
oder vierphasige Getreide-  
Soja-Fütterung“(\*)

Anhand eigener Berechnungen, deren Ergebnisse sich in Tabelle 6.1 befinden, bestätigen sich die Effekte. Für eine Getreide-Sojaschrot-Fütterung mit vier

Phasenbeginn	ab	28 kg	40 kg	70 kg	90 kg	Mittel Summen	Mast- Mittel; relativ zu 2-phasig
Futtersorte	Nummer	VM (74)	MM-1 (80)	MM-2 (82)	EM (84)		
Energie im Futter	MJ ME/kg	13,4	13,4	13,0	12,9	<b>13,1</b>	
pcv – Lysin im Futter	g/kg	10,24	9,18	7,54	6,98	<b>8,02</b>	
Energieverbrauch	MJ ME	330	946	746	1366	<b>3.388</b>	
Futtermengenverbrauch	kg	24,7	70,9	57,4	105,6	<b>258,5</b>	
SES in der Mischung	2-phasig %	26,0	26,0	13,0	13,0		17,8 %
	4-phasig %	26,0	20,0	13,0	9,0		14,5 %
SES-Verbrauch	2-phasig kg	6,4	18,4	7,5	13,7	<b>46,02</b>	100,0 %
	4-phasig kg	6,4	14,2	7,5	9,5	<b>37,55</b>	81,6 %
Rohprotein im Futter	2-phasig g/kg	205	205	161	161		17,7 %
	4-phasig g/kg	205	183	161	150		16,7 %
Rohproteinverbrauch	2-phasig kg	5,056	14,527	9,239	16,996	<b>45,82</b>	100,0 %
	4-phasig kg	5,056	12,968	9,239	15,835	<b>43,10</b>	94,1 %
Futterpreis	€/dt	28,13	26,62	24,35	23,46		
Futterkosten	2-phasig €					<b>66,55</b>	100,0 %
	4-phasig €					<b>64,54</b>	97,0 %

\* mit geringer Zumischung von freien Aminosäuren; Angaben je Schwein  
Die Mischungszusammensetzungen und deren Kennzahlen sind in Anhangtabelle 1 dargestellt.

Mischungen als vierphasige Fütterung ergeben sich Vorteile gegenüber einer Fütterung, die zwei Futtersorten verwendet und damit einer zweiphasigen Fütterung entspricht. Nach dieser beispielhaften Berechnung führt der Wechsel von der zwei- zur vierphasigen Fütterung zu einer Verringerung des Soja- und Rohproteinverbrauchs sowie der Futterkosten je Schwein. Wie sich die zunehmende Unterteilung der Fütterung in mehrere Phasen auf die Fütterungskosten auswirkt, hängt auch von den Futtermittelpreisen ab.

Die Rohproteingehalte dürfen in einer leistungsorientierten Schweinefütterung so weit abgesenkt werden, dass keine Unterversorgung mit nachrangig essenzi-

**Tab. 6.2**  
Potenzial zur Verminderung des Soja-Anteils in der Fütterung von Sauen und Ferkeln durch rohproteinreduzierte Fütterung

Sauen		übliche Fütterung		Rohprotein-reduzierte Fütterung	
		T-Futter	Lak-Futter	T-Futter	Lak-Futter
Futterverbrauch	kg	862	384	862	384
Rohproteingehalt	%	14	17,5	11	15
Rohprotein Verbrauch/Jahr	kg	121	67	95	58
Rohprotein Verbrauch/Sau u. Jahr	kg		188		152
Verbrauchs-differenz	kg			35,4 (18,9%)	
Sojaextraktionsschr. (48%) (SES)	%	8,1	21,4	0	14,1
SES Verbrauch/Jahr	kg	69,8	82,1	0,0	54,1
SES Verbrauch/Sau und Jahr	kg		152		54
Verbrauchs-differenz	kg	6,4	18,4	97,8 (64,4%)	
Verbrauch je Schlachtschwein	kg	25,0 Schweine/Sau und Jahr			3,9
<b>Aufzuchtferkel</b>			FA-Futter (I)		FA-Futter (II)
Ferkelaufzucht-futter je Ferkel	kg		37,0		37,0
Soja-ES Anteil in der Mischung	%		20		17
Soja-ES Verbr. je Aufzuchtferkel	kg		7,4		6,3
Verbrauchs-differenz je Aufzuchtferkel	kg				1,1
Verbrauchs-differenz je Schlachtschwein	kg	1,071 Aufzuchtferkel/Schwein			1,2
Sauen- und Ferkelaufzucht: Soja-ES (48%) Verbrauchs-differenz je Schlachtschwein	kg				5,1

Quellen: Sauenfütterungsversuch zur Absenkung des Rohproteingehaltes in der Sauenfütterung (Schulte-Sutrum und Stalljohann, 2012); Sauenproduktivität, Futterverbrauch, Verlust-raten: SUS (6), 2012, S. 57–58, Biologische Leistungen der Erzeugerringe 2012; Quellen zum Rohproteingehalt in Futtermitteln für Sauen und Ferkel, vom Verein Futtermitteltest veröffentlichte Prüfungsergebnisse zu Deklaration und Deklarationstreue von Futtermitteln im Markt (<http://www.futtermitteltest.de/jsp-bin/futtermitteltest.jsp?order=Dateiname&region=>). Annahmen zum Mischungsanteil von Sojaextraktionsschrot dagegen sind vage, weil es keine verlässlichen Informationen zum durchschnittlichen Verbrauch dieses Futtermittels in den unterschiedlichen Schweinefuttermitteln gibt. Quellen zum SES-Anteil in Futtermischungen vgl. Weber, 2011 ([http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Schweine/Rationen/OVID-Spezial-FuttermittelSchwein\\_Ferkel.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Schweine/Rationen/OVID-Spezial-FuttermittelSchwein_Ferkel.pdf)) und Stalljohann und Patzelt, 2011, Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, 21/2011, S. 44–45.



**Eine Minimierung der Rohproteinversorgung erlaubt die Reduktion der Anteile proteinreicher Futtermittel in Futtermischungen und dann auch von Sojaerzeugnissen.**

---

ellen oder nicht-essenziellen Aminosäuren entsteht. Wenn die Versorgung mit essenziellen Aminosäuren gesichert ist, kann die Fütterung auf eine minimale Rohproteinversorgung ausgerichtet werden. Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie hat dafür Richtwerte zur Versorgung mit praecaecal verdaulichem Rohprotein abgeleitet und angegeben.<sup>157</sup> Danach sind 243 g pcv Rohprotein je Tag bei 100 kg LG und 900 g TZ bedarfsdeckend. Bei einer Futteraufnahme von 2,9 kg und einem praecaecalen Verdaulichkeitskoeffizienten (pcVQ) von 83 % für Rohprotein ist in der Endmast eine Versorgung mit minimal 10 % Rohprotein im Alleinfuttermittel bedarfsdeckend. In der Praxis ist ein Zuschlag gerechtfertigt, um Risiken einer Bedarfsunterschreitung zu verringern.

Eine Minimierung der Rohproteinversorgung erlaubt die Reduktion der Anteile proteinreicher Futtermittel in Futtermischungen und dann auch von Sojaerzeugnissen.

In Deutschland weist vor allem Niedersachsen sehr hohe Tierdichten in Bezug auf Schweine auf, insbesondere im Weser-Ems-Gebiet. Wissenschaftler gehen davon aus, dass 2007 etwa 51 % der in Niedersachsen angenommenen Fütterungsverfahren nährstoffreduzierte zwei- oder dreiphasigen Fütterungen mit einer Rohproteinabsenkung von 17 % auf 14 % waren.<sup>158</sup>

In Tabelle 6.2 lassen sich anhand überschlägiger Kalkulationen die Möglichkeiten zur Reduktion des Proteinverbrauchs, und damit verbunden des SES-Verbrauchs, in der Sauen- und Ferkelfütterung erkennen. Die Berechnungen weisen den SES-Verbrauch als Verbrauch auf das Schlachtschwein bezogen aus. Durch Anwendung einer Phasenfütterung in Verbindung mit einer Rohproteinreduktion plus Gabe von Zusatzstoffen kann der Aufwand an SES in der Sauen- und Ferkelaufzucht fütterung nach diesen Berechnungen um 5 kg je Schlachtschwein vermindert werden. Das entspricht in etwa der Größenordnung von 10 % des Gesamtverbrauchs an SES für die Schweine. Zur genaueren Abgrenzung einer praxistauglichen Proteinabsenkung in der Sauen- und Ferkelaufzucht fütterung sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Erst durch die Verwendung von freien Aminosäuren in der Gestaltung von Alleinfuttermischungen gelingt es, für intensiv wachsende Schweine bedarfsdeckende Futtermischungen herzustellen, die mit stark abgesenkten Rohproteingehalten auskommen. Bei Verwendung der erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Tryptophan als Zusatzstoffe hat der Futteroptimierer die Möglichkeit, gezielt Aminosäure-„Lücken“ in der Versorgung zu schließen, ohne große Anteile proteinliefernder Einzelfuttermittel in die Mischung nehmen zu müssen. Der Einsatz freier Aminosäuren in der Futtergestaltung erlaubt die Reduktion der Sojaschrot-Anteile in den Mischungen.

Durch die intensivere Verwendung von freien Aminosäuren gelingt es (vgl. Tabelle 6.3), gegenüber der vierphasigen Fütterung mit sojabetonter Proteinversorgung (vgl. Tabelle 6.1) 53 % des Verbrauchs an Sojaschrot einzusparen. Die hier zugrunde gelegten Mischungen sind bedarfsdeckend bezüglich der anerkannten Fütterungsnormen,<sup>159</sup> und befriedigen ergänzende Ansprüche in Bezug auf die Futterstruktur. Bekannte ANF sind nicht in maßgeblichem Umfang zu erwarten, weil kritische Einsatzschwellen von Einzelfuttermitteln nicht überschritten werden.

Die Mischungen zu den miteinander verglichenen Fütterungsstrategien sind in Anhangtabelle 1 wiedergegeben.

Phasenbeginn	ab	28 kg	40 kg	70 kg	90 kg	Mittel Summen	Mast- Mittel; relativ zu 4-phasig*
Futtersorte	Nummer	VM (73)	MM-1 (81)	MM-2 (83)	EM (87)		
Energie im Futter	MJ ME/kg	13,4	13,4	13,1	12,9	13,1	
pcv – Lysin im Futter	g/kg	11	3	7	7	8	
Energieverbrauch	MJ ME	330	946	746	1366	3.388	
Futtermengenverbrauch	kg	24,7	70,6	57,0	105,9	258,5	99,9%
SES in der Mischung	%	13,0	10,0	7,0	5,0		7,6%
SES-Verbrauch	kg	3,21	7,06	3,99	5,29	20	52,1%
Rohprotein im Futter	g/kg	161	150	140	141		14,5%
Rohproteinverbrauch	kg	3,971	10,590	7,979	14,931	37	81,8%
Futterpreis	€/dt	28,14	26,52	24,12	23,37		
Futterkosten	€	Mittelwerte (Jahr)				64,16	99,4%
	€	Mittelwerte (3 Monate aktuell)				57,41	98,6%

**Tab. 6.3**  
Fütterungsvariante „Soja-  
extraktionsschrot und freie  
Aminosäuren“

Reduzierte SES-Anteile im Vergleich mit der klassischen Getreide-Soja-Fütterung;  
4-phasige Mast; Angaben je Schwein

\* Die Relativzahlen bringen die Relation, ausgedrückt in [%], zur entsprechenden Kennzahl der 4-phasigen Fütterung der Fütterungsstrategie (1) SES + Getreide (Tabelle 6.1, Anhang-tabelle 1) zum Ausdruck. Die Wertangaben der Mischfuttermittelbestandteile basieren auf Preismittelwerten für einen Jahreszeitraum vor Ende Oktober 2013 und für einen Drei-monatszeitraum vor dem 5.12.2013 (aktuelle Mittelwerte).

Die berechneten Futtermittel sind bedarfsgerecht für Schweine mit 850 g TZ und einem hohen Proteinansatzvermögen.

Je intensiver die wichtigen Futterproteine in der Mischung durch einzeln zugesetzte Aminosäuren ersetzt werden, umso wichtiger wird es, nachrangig leistungslimitierend wirkende Aminosäuren unter Kontrolle zu haben. Die leistungsbegrenzend wirkenden Aminosäuren gilt es zu erkennen und das Defizit gezielt auszugleichen, ohne den Proteingehalt zu stark zu erhöhen. Wenn die Potenziale der Beschränkung des Proteinverbrauchs durch vielgliedrige Phasenunterteilung und freie Aminosäuren ausgeschöpft sind, ist zu prüfen, ob die Verwertung der Proteine in der Verdauung und Absorption verbessert werden kann.

Die Fermentation von Futtermitteln unterstützt die Verdauung im Verdauungstrakt des Schweines, macht das Futtermittel für das Schwein attraktiver und trägt zur verbesserten Darmgesundheit des Tieres bei. Wenn die Fermentierungsprozesse kontrolliert und gelenkt ablaufen, lassen sich Risiken von Fehlgärungen und der Vermehrung von pathogenen Keimen minimieren. Die kontrollierte Fermentation von Futtermitteln kann ein geeignetes Mittel sein, um den Gesundheitsstatus der Tiere anzuheben, eine hohe Futteraufnahme zu unterstützen und eine erhöhte Verwertung der Energie und Nährstoffe in den Futterstoffen zu erreichen. Diese Wirkungen sind für die Minimierung des Sojaverbrauchs in der Schweinefütterung nützlich und sinnvoll.

Die Effekte der höheren Futteraufnahme, der verbesserten Verdaulichkeit und der stabilen Darmgesundheit schlagen sich nieder in hoher Wachstumsintensität, geringeren Verlusten, weniger Wachstumsdepressionen durch hygienische Belastungen und in herabsetzbaren Proteinanforderungen bei den Alleinfuttermitteln.

Die Verbesserung der Verdaulichkeiten von Aminosäuren, Proteinen, Fetten, Kohlenhydraten und Gerüstsubstanzen ermöglicht es, die in einem Futtermittel enthaltenen Nährstoffe und Energie in höherem Maße zu nutzen. Zusätze wie Enzyme, Probiotika oder physikalisch-biologische Behandlungen sind in der Lage, die Verdaulichkeit zu verbessern. Die Art der Verfahren und die Tauglichkeit der Zusätze sind dafür entscheidend, ob eine maßgebliche Verbesserung erreicht werden kann. Inwieweit eine Additivität der Effekte eintritt, ist vielfach noch nicht geklärt. Nur sehr vereinzelt liegen Untersuchungen vor, welche die Potenziale zur möglichen Proteinreduzierung in Alleinfuttermischungen direkt aufzeigen.

In Anhangtabelle 2 werden die wesentlichen Ergebnisse aus der praxisnahen Fachliteratur dargestellt, um aufzuzeigen, welches Potenzial unterschiedliche Ansätze wie die N-Reduktion, die intensive Phasenunterteilung oder die Verwendung von freien Aminosäuren, Enzymen oder Probiotika haben können. Die aufgeführten Quellen können keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leistungen der Kontrolle und den Vergleichsgruppen feststellen. Die getesteten Strategien hatten somit keine Beeinträchtigungen der Leistungen zur Folge. Die Beispiele zeigen (vgl. Anhangtabelle 2, Spalte „Rohprotein im Futter“), dass die eingesetzten Strategien zur Absenkung des Rohproteingehaltes im Futter geführt haben und damit eine Absenkung des Anteils von Sojaerzeugnissen erlauben. Die Phasenfütterung erreicht je nach Ausgangssituation und Intensität der Phasenunterteilung zwischen 7 und 22 % Einsparungspotenzial an Sojaerzeugnissen. Das entspricht einer Größenordnung zwischen 6 % und 12 kg Sojaschrot-Einsparung je Schlachtschwein.

Ein großes Potenzial, Rohproteinverbrauch und -ausscheidungen zu minimieren und damit die Sojaerzeugnisse in der Mast zu ersetzen, besitzen die freien Aminosäuren. Das Beispiel (vgl. Anhangtabelle 2, Quelle Binder, 2011) zeigt, dass Soja weitgehend ersetzt werden kann. Freie Aminosäuren sind dafür prädestiniert, Defizite von proteinliefernden Futtermitteln mit mittlerer Verdaulichkeit und ungenügender Konzentration an essenziellen Aminosäuren für Schweine auszugleichen. Das Spektrum der in Frage kommenden Futtermittel wird dadurch größer.

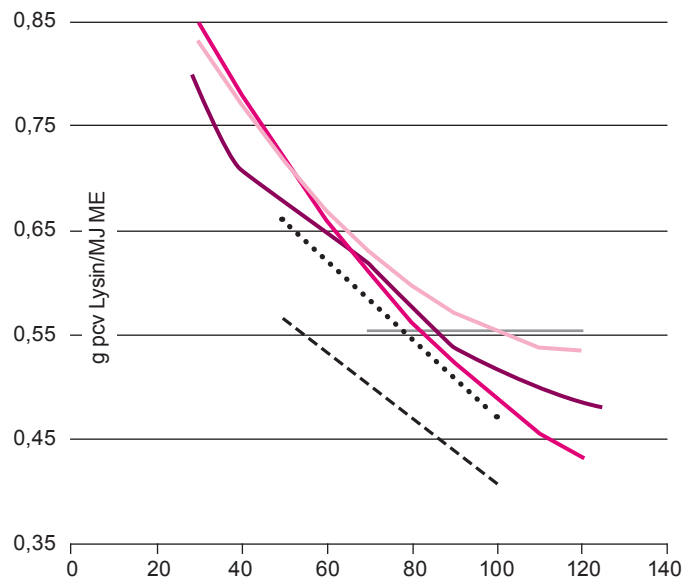
Selbst bei einer sehr energie- und fettreichen und gleichzeitig – gegenüber einer weitgehend üblichen Vergleichsfütterung – proteinärmeren Fütterungsstrategie, wie sie unter Stationsbedingungen in Schwarzenau angewendet wurde, konnte auf sehr hohem Leistungsniveau ein signifikanter Vorteil in der FVW festgestellt werden.<sup>160</sup> Dabei zeichnete sich das Versuchskonzept auch durch größere Unterschiede zwischen den Alleinfuttermitteln in den drei Phasen der Mast aus. Das Versuchsergebnis ist damit ein Beleg, der für eine Proteinabsenkung und stärkere Differenzierung der Phasenfuttermittel spricht.

Effizienter und sparsamer Umgang mit den Ressourcen sowie die Vermeidung von zu hohen Nährstoffbelastungen in Verdichtungsräumen der Tierhaltung machen es erforderlich, die Grenzen der Versorgung regelmäßig zu überprüfen. Die praxisüblichen Sicherheitszuschläge dürfen entsprechend dem technischen Stand nicht zu groß gewählt werden.

**Abb. 6.2**

Relation von pcv-Lysin zu Umsetzbarer Energie (ME) im Verlauf des Wachstums (Mast) von Schweinen (Bedarfsnormen und Fütterungspraxis in der Endmast)<sup>161</sup>

- NRC, 2012 SID Lysin, hohe PTZ
- NRC, 2012 SID Lysin, niedrige PTZ
- GfE, 2006, (850g TZ) Regression
- DLG pcv Lysin 2010 hohe PTZ
- Rechenmeister, 2012 (hohe PTZ) Regression
- klassisches Endmastfutter 13 MJ 0,9% Lys; pcVQ 80% PTZ = Protein Tageszunahme



Das Grundmuster des Verlaufs der Kennzahl g pcv-Lysin je MJ ME ist gekennzeichnet durch einen starken Abfall der Verhältniszahl 0,85 g bei etwa 30 kg auf 0,44 g bei 120 kg Gewicht eines Schweines. Mit zunehmendem Gewicht sind auf die Energieeinheit bezogen weniger Menge der essenziellen Aminosäuren notwendig. Die Versorgung mit hochwertigen proteinliefernden Futtermitteln kann zum Ende der Mast abnehmen. Während für die Anfangsmast (von 30 kg bis etwa 50 kg) einheitliche Empfehlungen vorliegen, zeigt das Diagramm in Abbildung 6.2, dass in der Endmast die Praxis und die Vorgaben der Bedarfsnormen nicht mehr deckungsgleich sind. Während bei einem klassischen Endmastfutter ein Verhältnis von 0,55 g pcv-Lysin je MJ ME zu erwarten ist, sind aufgrund der GfE-Norm bei einer Mast mit 850 g TZ 0,43 g pcv-Lysin je MJ ME notwendig. Die aktuellen NRC-Normen empfehlen insbesondere bei niedrigerer Protein-TZ (protein deposition = PD) eine geringere Menge an standardisiert ileal verdaulichem Lysin je Energieeinheit im Alleinfutter der Endmast.

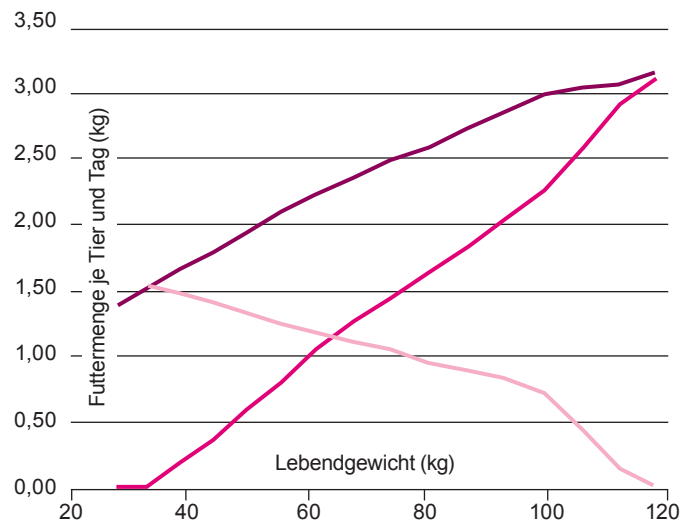
Bedarfsnormen auf der Basis von wissenschaftlichen Laboruntersuchungen können nicht 1 : 1 in die Praxis übertragen werden. Dennoch sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse, dass der Bedarf an wertvollen Proteinen im Gewichtsbereich von 80 bis 130 kg weiter abnehmend ist, ein bedeutendes Argument dafür, die Grenzen des abnehmenden Proteinversorgungsgrades in der Endmast zu erforschen und weitergehende Schritte in der Verminderung des Proteinangebotes in der Praxis zu wagen.

Die Beachtung der sich verändernden Bedürfnisse der Schweine in der Versorgung mit Energie und Nährstoffen gelingt umso besser, je mehr Fütterungsphasen mit unterschiedlichen Futtermischungen zum Fütterungsregime gehören. Die Multiphasenfütterung ist eine extreme Idealform der Fütterung, die Futtermischungen entsprechend einer Fütterungskurve aus mehreren Mischungskomponenten herstellt und die Tiere durch die gleitende Veränderung der Mischung im Verlauf der Mast sehr bedarfsgerecht versorgen kann. Drei- oder vierphasige Fütterungssysteme kommen der Multiphasenfütterung schon sehr nahe.

In Abbildung 6.3 wird in einem Diagramm der Verlauf der täglichen Futtervorgabemenge von zwei Futtersorten der Multiphasenfütterung gezeigt. Das Mischungsverhältnis der Futtersorten verändert sich kontinuierlich. Die Diskrepanz zwischen der bedarfsdeckenden Versorgung entsprechend den anerkannten Normen und der möglichen Ist-Fütterung kann gegenüber der ein- bis dreiphasigen Fütterung verkleinert werden. Dadurch lassen sich unnötige Ressourcenverbräuche besser vermeiden.

**Abb. 6.3**  
Futterkurven für ein Fütterungsregime mit einer kontinuierlichen Verschneidung von zwei Futtersorten (Multiphasenfütterung) mit einer Absenkung des pcv-Lysin-Energie-Verhältnisses auf 0,45 g/MJ <sup>162</sup>

— Futteraufnahme  
— Start-Futtermittel  
— Endmast-Futtermittel



Die exemplarisch für einen Selbstmischer erstellte Gegenüberstellung einer dreiphasigen mit einer vierphasigen Fütterungsstrategie, die graduell Sojaproteine durch die freien Aminosäuren Lysin, Methionin und Threonin ersetzt, zeigt eine Reduktion des Rohproteinzuflusses mit dem Futter und eine Einsparung von Sojaerzeugnissen in der Fütterung von etwa 10 kg Sojaschrot bzw. 20 %.

Hier sind graduell Anteile des SES durch die Austauschfuttermittel ersetzt worden. Dabei konnte auch Rohprotein eingespart werden. Die kalkulierten Futtermittelkosten der Schweinefütterung sind nicht gestiegen, sondern gesunken. Auf den Preis bezogen, ist die Unterbewertung der KL am Markt im Vergleich zum kalkulierten Nährstoffaustauschwert für die „Leguminosen“-Variante ein Vorteil.

Die hier erörterten Fütterungsstrategien, wie z. B. die Multiphasenfütterung, sind bisher noch zu wenig in der Praxis etabliert. Hierfür sind sowohl technologische Defizite als auch fehlende Anreize, die anspruchsvollere Realisierung und der Mehraufwand verantwortlich. Nur vereinzelt verfügen Betriebe über die geeigneten Fütterungsanlagen. Die Silokapazitäten erlauben oft nur strenge zwei- oder dreiphasige Fütterungsregime. Eine richtige Multiphasenfütterung erfordert eine genaue Vermischung der zu verschneidenden Komponenten und toleriert nur sehr wenig Entmischung. Wird der Rohproteingehalt weitgehend abgesenkt, besteht die Gefahr, dass zuvor unkritische Aminosäuren zu leistungsbegrenzenden Aminosäuren werden können. Bei dieser Art der Fütterung ist es daher sinnvoll, das gesamte Spektrum der essenziellen Aminosäuren im Blick zu haben.

Für eine nachhaltigere Fütterung der Schweine sind weitere Anstrengungen in der Feldforschung und technologische Innovationen in der Praxis nötig. Zudem bedarf es eines wirkungsvollen und regelmäßigen Fütterungscontrollings, um mit geeigneten Indikatoren frühzeitig zu erkennen, ob die Bedürfnisse der Tiere



erfüllt werden, das Leistungsvermögen weitgehend ausgeschöpft wird und nicht zu viel Nährstoffe ungenutzt ausgeschieden oder zur unerwünschten Fettbildung verwendet werden. Ein Controllingssystem zur Förderung der Nachhaltigkeit umfasst die systematische Futtermittelanalytik, die Optimierung der Futterration und der Fütterung. Dafür müssen im Betrieb Informationen zum Futterwert, zu den Tieren, zur Futteraufnahme und zur Effizienz der Fütterung zur Verfügung stehen. Unterschiedliche Facetten der Fütterung sind zu beleuchten (vgl. Abbildung 6.4), damit die Fütterung zeitnah an Veränderungen angepasst werden kann und Landwirt und Berater die Prozesse in Fütterung und Haltung auf der Grundlage aussagekräftiger Informationen optimieren können. Ein Fachberater, in etwa vergleichbar mit einem Controller im betriebswirtschaftlichen Controlling, kann Hilfestellung bei der Einrichtung und Betreibung des Controllingystems geben und den Entscheidungsträger bei der Optimierung der Prozesse und der Entscheidungsfindung unterstützen.

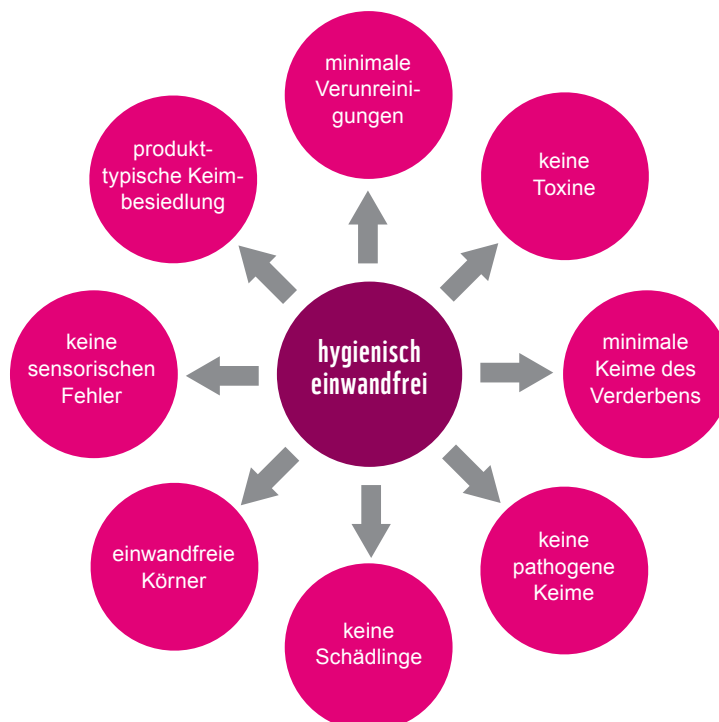
### Controlling in der Fütterung gewährleistet nachhaltiges Füttern



**Abb. 6.4**  
Facetten des Controllings zur Unterstützung eines nachhaltigen Fütterns

Für eine unzureichende Effizienz in der Fütterung der Schweine sind sehr oft Defizite in der Futterhygiene verantwortlich. Die Sicherung einer optimalen Futterhygiene umfasst zahlreiche Gesichtspunkte (vgl. Abbildung 6.5). Noch eine viel größere Bedeutung erlangt dieser Erfolgsfaktor, wenn weniger Nährstoffreserven oder -zuschläge im Fütterungskonzept einer nachhaltigen Fütterung vorgesehen sind.

**Abb. 6.5**  
Futter und Fütterung hygienisch einwandfrei gestalten<sup>163</sup>



Mängel in der Futter- und Fütterungshygiene können sehr vielfältig entstehen, sind oft in der Praxis anzutreffen, verursachen gesundheitliche Schäden an den Tieren und belasten den Stoffwechsel sowie den Organismus. Tiere, die durch hygienische Belastungen beeinträchtigt sind, fressen weniger, die Nährstoffe im Darm werden weniger effizient aufgeschlossen und absorbiert, und der Organismus verbraucht zusätzlich Energie und essenzielle Aminosäuren, weil das Immunsystem des Tieres hoch aktiv und in Anspruch genommen ist. Neben der körperlichen Beeinträchtigung wird die Verwertung der Nährstoffe und Energie für die Biosynthese von tierischen Proteinen herabgesetzt.

Eine einwandfreie Futter- und Fütterungshygiene ist von zentraler Bedeutung, um tierisches Protein ressourcenschonend zu erzeugen.<sup>163</sup> Defizite in diesem Bereich, wie auch in der Gestaltung des Stallklimas<sup>164</sup> und der Haltung, verursachen Stress und folglich unnötigen Ressourcenverbrauch. Darüber hinaus entsteht das Risiko, dass Konzepte einer proteinreduzierten Fütterung und der konsequenten Absenkung der Futternährstoffgehalte nach Bedarfsnormen bei hygienisch belasteten Tieren mit Verlusten und Leistungsdepressionen einhergehen.

### **6.1.2 Alternativen zu Sojaextraktionsschroten in der Schweinefütterung**

Ersatzfuttermittel für SES müssen den hohen qualitativen Ansprüchen der Schweine genügen und gleichzeitig in großer Menge zur Verfügung stehen.

Die eigene erste Eingrenzung ist in Tabelle 6.4 wiedergegeben. Den Überlegungen wurden die Vorgehensweise und Beurteilung einer niederländischen Studie<sup>165</sup> zugrunde gelegt.

In der Spalte Ersatzfutter (Fußnote 3 im Kopf der Tabelle 6.5) befindet sich eine zusammenfassende Beurteilung zum Potenzial der Futtermittelgruppen. Es verbleiben kurz-, mittel- und langfristig verfügbare Futtermittelgruppen mit der Möglichkeit, in einer Gesamtstrategie eine wesentliche Rolle zu übernehmen.

Kurzfristig wird allein das Ersatzfuttermittel RES das Potenzial haben, im lokalen und globalen Futtermittelmarkt zur Verfügung zu stehen. Aufgrund des pflanzenzüchterischen, pflanzenbaulichen und verarbeitungstechnologischen Entwicklungsstandes bestehen hier die besten Voraussetzungen, die Angebotsmengen schnell ausweiten zu können. Darüber hinaus sind entsprechende Marktanreize zur Angebotsausdehnung notwendig.

**Sojaschrot kann durch Rapsschrot, zumindest in der Mast, vollständig ersetzt werden.**

---

Inzwischen gibt es mehr und mehr Beispiele und Belege dafür, dass Raps erzeugnisse gleichwertig zu Sojaerzeugnissen in der Schweinefütterung eingesetzt werden können.<sup>166</sup> Soja kann durch Raps zumindest in der Mast vollständig ersetzt werden. Die Feldfrucht Raps ist ackerbaulich etabliert. Es gibt eine Vielzahl an zugelassenen leistungsstarken Sorten, die Frucht passt auch an besseren Standorten in die Fruchtfolgen und die Anbauverfahren sind weit ausgereift. Die Landwirte können die Stärken und Schwächen der Frucht gut einordnen und haben damit Erfahrungen. Der intensive Pflanzenbau mit Pflanzenschutz und hohen Düngergaben sowie die energiezehrenden Extraktions- und Toastungsprozesse werden allerdings unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit kritisch gesehen. Der Anbau von Raps darf in Deutschland deshalb nur im Rahmen eines ackerbaulich vernünftigen und nachhaltigen Anbaus ausgeweitet werden.





Phasenbeginn	ab	28 kg	40 kg	70 kg	90 kg	Mittel Summen	Mast- Mittel; relativ zu 4-phasig*
Futtersorte	Nummer	VM (146)	MM-1 (147)	MM-2 (148)	EM (149)		
Energie im Futter	MJ ME/kg	13,4	13,4	13,0	13,0	13,2	
pcv – Lysin im Futter	g/kg	10,2	9,4	7,6	7,1	8,1	
Energieverbrauch	MJ ME	330	946	746	1366	3.388	
Futtermengenverbrauch	kg	24,6	70,6	57,3	105,0	257,5	99,6%
SES in der Mischung	%	13,0	8,0	0,0	0,0		3,4 %
SES-Verbrauch	kg	3,20	5,65	0,00	0,00	8,8	23,6 %
Rohprotein im Futter	g/kg	187	169	148	132		15,1 %
Rohproteinverbrauch	kg	4,6	11,9	8,5	13,9	38,9	93,6 %
Futterpreis	€/dt	27,67	25,96	22,30	21,78		
Futterkosten	€	gleitender Jahresmittelpreis				60,79	91,2 %
	€	aktueller 3-Monatspreis				54,53	

**Tab. 6.5**  
Fütterungsvariante  
„Rapsextraktionsschrot“

*vierphasige Mast; Angaben je Schwein  
Eckdaten der Futtersorten sind in Anhangtabelle 3 enthalten.*

Die Fütterungsvariante „Rapsextraktionsschrot“ in Tabelle 6.5 ist ein Beispiel dafür, dass RES geeignet ist, SES zu ersetzen. Unterstützend wirkt, wie im Beispiel nachvollziehbar, dass der Einsatz von freien Aminosäuren das Futtermittel RES in der intensiven Mast mit hoher Proteinansatzrate einsetzwürdig werden lässt. SES kann nicht vollständig aus den Mischungen für junge Tiere herausgenommen werden, weil die geringe Energiedichte von RES im Vergleich zum SES den Energiegehalt des Vormastfutters zu stark absenken würde. Darüber hinaus sollte der erfahrungsgemäß unproblematische Bereich des Einsatzes von Rapserzeugnissen von bis zu 10 % Mischungsanteil eingehalten werden. Erst in der Endmast kann RES als alleiniges proteinlieferndes Futtermittel verwendet werden.

Mittelfristig können auch Körner der Leguminosen (Ackerbohnen, Futtererbsen und Lupinen) einen Teil der Proteinversorgung von Schweinen übernehmen. Dies gelingt insbesondere dann, wenn die Proteinqualität durch müllereitechnische Proteinanreicherung, Fermentation und hydrothermische Futtermittelbehandlung aufgewertet wird.<sup>167</sup> Der Ersatz durch diese Futtermittel kommt allerdings erst in Betracht, wenn die Verfügbarkeit für die Schweinefütterung einen nennenswerten Umfang erreicht hat.

Ernährungsphysiologisch ist die Variante „KL“ (Tabelle 6.6) ein Beispiel für eine Fütterung unter Verwendung von freien Aminosäuren und KL. Bei der Strategie der Fütterung mit Körnerleguminosen wird in Vormast und Mittelmastfütterung ebenfalls nicht vollständig auf Protein aus Sojaerzeugnissen verzichtet.

Die Strategie „Körnerleguminosen“ kann rechnerisch den Sojaverbrauch in kg SES (43 % Rohprotein) je Mastschwein (von 28 bis 124 kg, 850 g TZ, hoher Proteinansatz) auf bis unter 10 kg je Schwein reduzieren.

In Tabelle 6.7 sind die Verbrauchseckwerte einer Multiphasenfütterung mit einem Anfangs- und einem Endmastfutter dargestellt. Die Mischungen und Nährwertinformationen sind im Anhang angefügt.



Phasenbeginn	ab	28	45	70	100	Mittel Summen	Mast- Mittel; relativ zu 3-phasig
Futtersorte	Nummer	VM (164)	MM-1 (165)	MM-2 (166)	EM (167)		
Energie im Futter	MJ ME/kg	13,4	13,2	13,1	13,0	13,1	
pcv – Lysin im Futter	g/kg	10,20	9,2	7,8	7,1	8,26	
Energieverbrauch	MJ ME	468	808	1152	960	3.388	
Futtermengenverbrauch	kg	35,0	61,3	88,1	73,6	257,9	
SES in der Mischung	%	10,2	6,1	0,0	0,0		2,8 %
SES-Verbrauch	kg	3,6	3,7	0,0	0,0	7	16,8 %
Rohprotein im Futter	g/kg	168	153	134	131		14,2 %
Rohproteinverbrauch	kg	5,9	9,4	11,8	9,6	37	88,3 %
Futterpreis	€/dt	29,13	26,49	23,83	23,23		
Futterkosten	€	10,18	16,24	20,99	17,10	64,51	96,7 %

**Tab. 6.6** vierphasige Mast mit einem Körnerleguminosengemenge aus Ackerbohnen, Erbsen und Blauen Lupinen; Angaben je Schwein  
Fütterungsvariante „Körnerleguminosen“  
Eckdaten der Futtersorten sind in Anhangtabelle 5 enthalten.

Phasenbeginn	ab	28	115	Mittel Summen	Mast- Mittel; relativ zu 3-phasig
Futtersorte	Nummer	Start (171)	EM (173)		
Energie im Futter	MJ ME/kg	13,4	12,7	13,0	
pcv – Lysin im Futter	g/kg	10,8	5,2	7,73	
Energieverbrauch	MJ ME	1.580	1.818	3.398	
Futtermengenverbrauch	kg	118,0	143,0	261,0	
SES in der Mischung	%	4,45	0,00		2,0 %
SES-Verbrauch	kg	5,3	0,0	5	12 %
Rohprotein im Futter	g/kg	155	136		14,5 %
Rohproteinverbrauch	kg	18,3	19,4	38	91 %
Futterpreis	€/dt	27,46	21,92		
Futterkosten*	€	32,40	31,35	63,75	96,0 % <sup>1</sup>

**Tab. 6.7** (3) Multiphasenfütterung mit gleitendem Verschneiden des Anfangsmast- und Endmastfutters; gleitendes Verschneiden von einem Anfangs- und Endmastfutter; Angaben je Schwein  
Fütterungsvariante „Multiphasenfütterung mit Körnerleguminosen“  
\* Die Berechnung des Preises ist nicht direkt vergleichbar, weil nicht Mineralfutterkosten, sondern nur Kostensätze für freie Aminosäuren berücksichtigt worden sind.

Die beiden letzten Tabellen zeigen, dass sich zwischen der vierphasigen und der multiphasigen Fütterung keine großen Unterschiede ergeben.

Die dreiphasige Fütterung mit Getreide und Sojaschrot als dominierende Mischungskomponenten, wie sie in Tabelle 6.8 beschrieben ist, repräsentiert die derzeit übliche Praxis der Schweinefütterung. Dieses Beispiel dient als Vergleichsmaßstab, um eine Größenordnung der Veränderung im Sojaschrot-Verbrauch ableiten zu können. Weitere Verminderungen von Sojaschrot in der Fütterung sind erreichbar, insbesondere dann, wenn freie Aminosäuren gezielt

eingesetzt werden, um Lücken im Aminosäureprofil der Ersatz-Proteinfuttermittel auszugleichen. Die Fütterung der Schweine in einer vierphasigen Fütterung oder Multiphasenfütterung, die das Potenzial zur Absenkung von Protein erheblich ausschöpft und Austauschfuttermittel wie RES oder KL-Schrote in Kombination mit freien Aminosäuren als Ersatz für SES verwendet (vgl. Tabelle 6.5, Tabelle 6.6, Tabelle 6.7), kann im Vergleich mit einer üblichen dreiphasigen Getreide-SES-Fütterung (vgl. Tabelle 6.8) vorteilhaft sein.

Gegenüber dem Vergleichsmaßstab kann der Verbrauch an Rohprotein um 6 bis 12 % und der Verbrauch von SES auf eine Menge von unter 10 kg je Schlachtschwein verringert werden. Die Futterkosten je Schwein sind in einer vierphasigen Fütterung mit den Austauschvarianten „Rapsextraktionsschrot“ (vgl. Tabelle 6.5) und „KL“ (vgl. Tabelle 6.6, Tabelle 6.7) gegenüber der hier gewählten Vergleichsbasis, einer dreiphasigen Getreide-SES-Fütterung (vgl. Tabelle 6.8), geringer.

Phasenbeginn	ab	28	40	70		Mittel Summen	Mast- Mittel; relativ zu 3-phasig	
Futtersorte	Nummer	(168)	(169)	(170)				
Energie im Futter	MJ ME/kg	13,01	13,04	13,07		13,1		
pcv – Lysin im Futter	g/kg	10,20	9,14	7,58		8,32		
Energieverbrauch	MJ ME	460	816	2086		3362		
Futtermengenverbrauch	kg	35,4	62,6	159,6		257,5		
SES in der Mischung	%	25,00	19,50	14,00				
SES-Verbrauch	kg	8,8	12,2	22,3		43		100 %
Rohprotein im Futter	g/kg	188	170	152				
Rohproteinverbrauch	kg	6,65	10,64	24,26		42		100 %
Futterpreis	€/dt	28,52	26,67	25,00				
Futterkosten*	€	10,08	16,69	39,91		66,68	100 %	

**Tab. 6.8** Eckdaten der Futtersorten sind in der Anhangtabelle 5 enthalten.

Vergleichsbasis  
„Klassische Getreide-  
Sojaschrot-Fütterung mit  
wenig zugesetzten freien  
Aminosäuren und hohen  
Rohproteingehalten“

Die Futtermittelkosten werden gegenüber dem Vergleichsmaßstab nicht teurer. Dabei ist berücksichtigt, dass der noch verbliebene Verbrauch des SES in den nachhaltigeren Fütterungsvarianten nur aus einer zertifiziert GVO-freien Herkunft erfolgen kann. Diese Ware ist nach übereinstimmenden Auskünften aus dem Markt um zehn Euro teurer als das entsprechende Standard-HP-Sojaschrot. Der lokale Sojaanbau kann durch Zuchtfortschritt erst mittel- bis langfristig in die Lage versetzt werden, einen nennenswerten Ersatz für GVO-Soja-Importe zur Verfügung zu stellen. Kurz- und mittelfristig sind Soja-Importe aus Non-GVO-Herkunft eine adäquate Alternative.

Langfristig können neue Futtermittel die Praxisreife erreichen und dann als zusätzliche Quellen zur Proteinversorgung der Schweine dienen. Fleisch-, Feder-, Wasserlinsen- oder Algenextraktionsmehl sind Futtermittel, die potenziell dazu geeignet sind, Schweine mit wertvollen Aminosäuren zu versorgen; außerdem bieten sie die Möglichkeit, zusätzliche Nachhaltigkeitseffekte zu erzielen.

In Fleisch- und Federmehlen stecken bisher nicht genutzte Proteinressourcen. Diese Nebenerzeugnisse aus der Schlachtung von Tieren fallen in großen Mengen an und können aus futtermittelrechtlichen Gründen nicht für die Fütterung verwendet werden.<sup>169</sup> Die verarbeiteten tierischen Proteine (processed animal proteins = PAP, Fleischmehle der „Nach-BSE-Zeit“) sind Nebenerzeugnisse der Schlachtung von Tieren, die der Humanernährung dienen. Nach Angaben des DVT wurden von den europaweit 2,3 Mio. t PAP bereits zwei Drittel als Futtermittel für Pelztiere oder Heimtiere verwendet. Nur etwa ein Drittel der verfügbaren PAP-Menge kann u. U. noch für die Fütterung von Schweinen erschlossen werden.<sup>170</sup> Diese Erzeugnisse sind für die Verfütterung grundsätzlich geeignet und können sinnvoll im Sinne einer Soja-Minimierung verwendet werden. Die hygienischen Risiken, die mit dem Futtermittel PAP verbunden sind, sind im Vergleich mit den Risiken beim Fleischknochenmehl, wie es vor dem Jahr 2000 hergestellt wurde, sehr klein. Der Gesetzgeber hat zu entscheiden, ob es vertretbar ist, diese Proteinressource für die Schweinefütterung zu erschließen. Möglichkeiten zur Verwendung der Futtermittelerzeugnisse aus Federn sind für die Praxis der Schweinefütterung noch nicht entwickelt. Die verfügbare Proteinmenge aus den Futtermitteln tierischer Herkunft insgesamt reicht allein jedoch bei Weitem nicht aus, den SES-Verbrauch für die Schweineerzeugung in Deutschland zu ersetzen.

Futtermittelerzeugnisse von der Alge oder der Wasserlinse entstehen als Kuppelprodukt bei der Erzeugung erneuerbarer Energie oder der nachhaltigen Verwertung von Nährstoffen aus Klärschlamm, Gülle und anderen anorganischen Nährstoffträgern. Es entsteht keine Konkurrenz in der Verwertung von Ressourcen für die Ernährung des Menschen oder die Erzeugung von erneuerbarer Energie. Mit diesen Futtermitteln, die derzeit noch nicht verfügbar sind, könnten wertvolle Aminosäuren mit nur sehr geringen beeinträchtigenden Auswirkungen auf Natur und Umwelt gewonnen werden.

Bedeutung als Futtermittelrohstoff könnte künftig auch Quinoa erlangen, eine südamerikanische Körnerfrucht, deren pflanzenbauliche Eignung in Mitteleuropa noch geprüft wird. Sie steht stellvertretend für die bisher noch nicht für Mitteleuropa kultivierten Pflanzen, die in der Fütterung eingesetzt werden könnten.<sup>171</sup>

## 6.2 Hochrechnung auf die Schweineerzeugung

### 6.2.1 Verminderung von Sojafuttermitteln in der Fütterung

Aus dem vorhergehenden Kapitel wird deutlich, dass es Ersatzstrategien und Ersatzfuttermittel gibt, um in einer intensiven Schweinefütterung auf SES weitgehend verzichten zu können. Kurzfristig wird allerdings ein Futtermittel, das einen wesentlichen Teil des SES-Verbrauchs in der Schweinefütterung ersetzen könnte, nicht zur Verfügung stehen. Um das Reduktionspotenzial des nationalen Verbrauchs innerhalb der Fütterung einer Nutztierart ermitteln zu können, müssen die nationalen Verbräuche den Tierkategorien zugeordnet und der Verbrauch innerhalb der Nutztierkategorie und Entwicklungsphase (z. B. Mastphase, Laktation und Trächtigkeit) bewertet werden. Wenn die Menge des nationalen Verbrauchs an Sojafuttermitteln eine gute Übereinstimmung mit einer Verbrauchsberechnung auf der Grundlage der Tierbestände und üblicher Verbräuche in den Entwicklungsphasen der Tiere zeigt, erlangen die Annahmen in der Verbrauchsberechnung eine gewisse Plausibilität. Da die Verhältnisse in den deutschen Betrieben sehr unterschiedlich sind, kann die Diskrepanz

zwischen dem durchschnittlichen nationalen Verbrauchswert und dem durchschnittlichen Verbrauch in einer Region oder in einem einzelnen Betrieb erheblich sein. Einige Betriebe haben die Möglichkeiten der SES-Verringerung schon jetzt nahezu ausgeschöpft, während andere deutlich mehr SES verbrauchen, als im Durchschnitt für ein Schwein aus dem nationalen Verbrauch abgeleitet werden kann.

Im Mittel der Jahre 2006/07 bis 2010/11 wurden in Deutschland jährlich 4,48 Mio. t SES und 2,7 Mio. t RES verbraucht.<sup>172</sup> Wie viel von dem nationalen Gesamtverbrauch an Schweine verfüttert wird, ist den Statistiken nicht zu entnehmen. In Tabelle 6.10 wird der statistisch belegte Gesamtverbrauch an Extraktionsschroten aus der Sojabohne rechnerisch auf die Haupt-Nutztierarten verteilt. Die Verbräuche für Rind und Geflügel basieren auf Annahmen und Kalkulationen von (Stopp, 2012) und (Bellof & Weindl, 2013). Der nationale Verbrauch beträgt nach Abzug der Verbräuche für die Rinder- und Geflügel-fütterung 2,36 Mio. t. Diese Menge wird zur Vereinfachung der weiteren Betrachtungen vollständig der Schweinefütterung zugeordnet.

**Der nationale Verbrauch beträgt nach Abzug der Verbräuche für die Rinder- und Geflügelfütterung 2,36 Mio. t.**

---

Die Versorgung der Schweine mit proteinreichen Futtermitteln erfolgt bereits jetzt teilweise durch RES und andere proteinreiche Futtermittel. Es muss somit eine Annahme dazu getroffen werden, wieviel Protein bereits jetzt durch andere Proteinträger als SES von den Schweinen verbraucht werden. Für die eigenen Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die Schweinefuttermittel überwiegend aus einer Kombination von RES und SES hergestellt werden und das Mengenverhältnis ca. 1 : 0,4 in der Verwendung von SES und RES beträgt. Aus dieser Annahme ergibt sich für die weiteren Kalkulationen, dass etwa 0,4 · 2,356 t des SES-Verbrauchs in der Schweinefütterung der Größenordnung des RES-Verbrauchs entsprechen. Das entspricht einer Jahresverbrauchsmenge von 946.000 t RES von 2,7 Mio. t<sup>173</sup> insgesamt, die in der Fütterung der Schweine einbezogen wird.

Den weiteren Ableitungen liegt nun die Überlegung zugrunde, dass der Ist-Proteingehalt in den Alleinfuttermitteln aus den Komponentengruppen Getreide, RES und SES stammen. Da in der Fütterung neben SES und RES auch andere proteinreiche Futtermittel verwendet werden, repräsentiert der hier abgeleitete Rapsschrotverbrauch den Rohproteinverbrauch, der nicht vom Getreide oder vom SES stammt. Die freien Aminosäuren, die zwar einen erheblichen Beitrag zur Aminosäureversorgung erbringen, haben für den Gehalt an Rohprotein im Mischfutter eher eine marginale Bedeutung, sodass diese Beimengung für das Zustandekommen des Rohproteingehaltes der Mischung eine zu vernachlässigende Größe ist.

Anhaltspunkte für die deutschlandweit praktizierte Fütterung der Schweine gibt es nur sehr vereinzelt. Der Verein Futtermitteltest, der Stichproben der am Markt befindlichen Mischfuttermittel untersucht, hat die Deklarationen der Anbieter überprüft und in seinen Berichten die deklarierten Rohproteingehalte ausgewiesen. Somit besteht die Möglichkeit, aus dem Rohproteingehalt der Alleinfuttermischungen und mit den Annahmen zum Anteil der nicht aus dem SES stammenden Proteine (stellvertretend wird ein RES-Anteil angenommen) auf den notwendigen SES-Mischungsanteil zurück zu folgern.

Dieses Kalkulationsmodell erlaubt eine annähernd plausible Aufteilung der SES Gesamtverbrauchsmenge auf die Schweinebestände und die Tierkategorien Sauen, Ferkel und Mastschwein.

Um die in Deutschland übliche Rohproteinausstattung der Futtermittel einschätzen zu können, wurden die Angaben zu Rohproteingehalten in Alleinfuttermitteln für die Mast (n=114), die Ferkelaufzucht (n=21) und die Sauenfütterung (n=43) ausgewertet. Dabei musste allerdings offen bleiben, wie die Selbstmischer die Rohproteingehalte der Mischfuttermittel einstellen und die rohproteinreichen Futtermittel einsetzen. Im Mittel enthielten die Alleinfuttermittel der Mischfutterhersteller die in Tabelle 6.9 aufgeführten deklarierten Anteile Rohprotein.

**Tab. 6.9**  
Mittlere deklarierte Rohproteingehalte von Alleinfuttermitteln der Mischfutterhersteller in Deutschland aus den Jahren 2012 und 2013  
Quelle: VFT-Prüfberichte

Fütterungsphase	Phasenbeginn	Anzahl der Beobachtungen	Rohprotein % deklariert
Ferkelaufzucht	I + II/II	21	17,3
Vormast	ab 27,0 kg	30	17,0
Mittelmast 1	ab 38,3 kg	39	16,5
Mittelmast 2	ab 52,9 kg	31	15,9
Endmast	ab 71,4 kg	14	15,8
Sauen – Laktation		21	17,0
Sauen – tragend		22	13,6

Unter der Annahme, dass diese Werte für die Schweinefutterherstellung im Mittel insgesamt zutreffend sind und SES, RES und ein Getreidegemenge die wesentlichen rohproteinliefernden Komponenten sind, lassen sich mittlere Einmischraten ableiten.

#### Beispiel:

75,5% Getreide \* 10,2% Rohprotein + 16,4% SES \* 43% Rohprotein + 6,6% RES \* 34% Rohprotein + 1,5% Rest (= v. a. Mineralstoffe, Spurenelemente)  
\* 0% Rohprotein = 100% Alleinfuttermittel mit 17,0% Rohprotein

Diese Beispielrechnung legt den Schluss nahe, dass im Mittel 16,4% SES in Mischungen notwendig sind, um ein Mischfuttermittel mit 17,0% Rohprotein herstellen zu können. Ein Endmastfutter ab 75 kg LG mit einem Rohproteingehalt von 15,8% erfordert einen Sojaschrotanteil von etwa 13,4%. In Abhängigkeit von der anzusetzenden FVW (z. B. 1 : 2,8 – 3,0) schwankt der Verbrauch an SES je Schlachtschwein (Mast von 28 bis 122 kg LG) zwischen 38 und 41,6 kg.

Sauenmischfuttermittel mit 17,0% (Lak-Futter) und 13,6% (T-Futter) Rohprotein erfordern SES-Einmischraten von 16,4% und 8,2%. Bei Ferkelaufzuchtfuttermitteln dürfte die Einmischrate über 17% betragen, damit Rohproteingehalte von über 17% erreicht werden. Auf eine durchschnittliche Fütterung von Sauen und Ferkel bezogen (vgl. Tabelle 6.2), ist mit einem durchschnittlichen SES-Verbrauch von 138 kg je Sau und Jahr und 6,4 kg je Aufzuchtferkel zu rechnen.

In Tabelle 6.10 wird der nationale Gesamtverbrauch mit den auf die einzelnen Tierkategorien bezogenen Verbrauchswerten den Kategorien für Schweine zugeordnet. Damit der statistisch belegte und den Schweinen zugeordnete Verbrauch nicht überschritten wird, kann für die Mast nur der kleinere Wert von 38 kg SES/Schlachtschwein herangezogen werden, obgleich es nicht realistisch ist anzunehmen, dass im bundesweiten Durchschnitt eine FVW von 1 : 2,8 in der Mast bereits erreicht wird.



**Tab. 6.10**  
Ergebnisse einer überschlägigen Kalkulation zur Ableitung des Verbrauchs an Sojaextraktionsschrot für die Schweinefütterung

Verbrauch in Deutschland Ölkuchen und Schrote aus Sojabohnen abzüglich der Verbräuche für ...	Krafftutter	Einmischanteil	Sojaverbrauch
	Mio t	%	1.000 t
Mischfuttermittel für Rinder*	6,17	10,00	617
als Einzelfuttermittel im Bereich der Rinder*	1,30	14,85	192
Verbrauch im Bereich Geflügel**	5,39		1.320
... es verbleibt eine Verbrauchsmenge für die Schweinefütterung			2.356
	Schweine	SES-Verbrauch je Schwein bzw. Sau und Jahr	SES- Jahresgesamt- verbrauch
Eigenerzeugung (D) Schlachtschweine	46,88	38,2	1.791
Sauenbestand / Verbrauch je Sau/Gesamt	2,30	131,2	302
Import-Überschuss-Ferkel	5,60		0
Ferkelaufzucht (ohne Importüberschussferkel)	41,28	6,2	257
Verbrauch im Bereich Schwein: je Schlachtschwein / insgesamt			2.350
<b>Nach Abzug des Verbrauchs für die Schweinefütterung verbleibt</b>			<b>&lt; 10</b>

\*) Stopp et al., 2012, Alternativen zu importiertem Soja in der Milchviehfütterung, S. 50 und 51; aktualisiert nach BMVEL, Struktur der Mischfutterhersteller 2012, Tabelle 4.1, S. 44, Mittel der Wirtschaftsjahre 2006/07 bis 2010/11. Sojaeigenverbrauch ist hier Mittel der Jahre 2006/07 bis 2010/11, Statistisches Jahrbuch, Tabelle 129, Versorgung mit Ölkuchen.\*\*\*) Bellof, 2013, mündliche Mitteilung, Gesamtverbrauch in der Standardvariante des Mischungstyps SES 1,2 Mio. t HP-Sojaschrot, multipliziert mit dem Umrechnungsfaktor 1,1, ergibt die Sojaverbrauchsmenge im Geflügelbereich in SES 43 %. Kalkulations-eckwerte siehe Anhangtabelle 4.

Danach könnte die Größenordnung des jährlichen SES-Verbrauchs für die Sauen und Ferkel etwa 559.000 t und für die Mastschweine etwa 1,79 Mio. t betragen. Nach Berechnungen von Witzke et al. werden 648 g je kg Tierprodukt an Sojamehl verbraucht.<sup>174</sup> Das entspricht einer Menge von 58,3 kg je Schlachtschwein mit 90 kg Schlachtgewicht.

Die nachfolgend vorgenommene Übertragung von Größenordnungen der Sojaverminderung in der Fütterung von Einzeltieren auf einen nationalen Gesamtverbrauch dient dazu, die Größenordnung des möglichen Einsparungspotenzials abzuleiten. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass den Berechnungen einige Annahmen zugrunde liegen, die aufgrund fehlender Informationen getroffen werden mussten. Darüber hinaus sind erfahrungsgemäß viele unterschiedliche Faktoren dafür verantwortlich, dass sich realistische Konzepte in der breiten Produktionsstufe nur zeitverzögert und in eingeschränkter Form umsetzen lassen.

Die nachfolgenden Ableitungen zum Potenzial der Verminderung des SES-Verbrauchs in der Schweinefütterung aus Sicht der Schweinefütterung<sup>175</sup> sind daher als erste grobe Kalkulation einer oberen Grenze der theoretisch möglichen SES-Verminderung auf nationaler Ebene zu verstehen. Um weitere geeignete Eckpunkte der Entwicklung abzustecken und damit auf nationaler bzw. europäi-

scher Ebene Fortschritte zu erlangen, sind weitere Studien erforderlich. Ausgehend von dem hier abgeleiteten Ist-Verbrauch an SES in der Schweinefütterung werden mithilfe der erörterten Soja-Vermindermöglichkeiten die Reduktionspotenziale in der Schweinefütterung in Deutschland insgesamt erstellt. Dafür ist es notwendig, zwischen der Fütterung der Sauen, Ferkel und Mastschweine zu unterscheiden. Zur Realisierung von Einsparungen sind sehr unterschiedliche Hemmnisse zu überwinden. Dazu gehören u. a. technologische Unzulänglichkeiten der Fütterungsanlagen und Futterlagereinrichtungen sowie noch unzureichende Praxiserfahrungen mit einer mehrphasigen proteinangepassten Fütterung. Um eine möglichst weitgehende Akzeptanz und Realisierung zu erreichen, sind weitere Feldforschung, Demonstrationsversuche sowie Überzeugungsarbeit in den Fachkreisen notwendig.

### **Sauen**

In der Sauenfütterung werden zur Ableitung des Einsparungspotenzials die Untersuchungen von Haus Düsse<sup>176</sup> zugrunde gelegt. Das SES-Reduktionspotenzial für die breite Praxis in Deutschland wird in einer Größenordnung zwischen 50 und 75 kg je Sau und Jahr angenommen. Damit wird es für möglich erachtet, dass bis zu 75 % des Einsparvolumens von 100 kg SES je Sau und Jahr aus dem Versuch von Haus Düsse in der Erzeugungsstufe ausgeschöpft werden können. Die VFT-Berichte legen in Bezug auf die Trächtigkeitsernährung den Schluss nahe, dass die Rohproteingehalte in den am Markt angebotenen Alleinfuttermitteln für tragende Sauen bereits niedriger sein könnten (13,6 %) als die im Versuch verwendeten abgesenkten T-Alleinfuttermittel (14,1 %).

2.300.000 Bestandssauen x 50 kg SES je Sau und Jahr = 115.000 t/Jahr  
x 75 kg SES je Sau und Jahr = 172.500 t/Jahr

Bei den Futtermittelsorten der Sauenfütterung ließen sich damit zwischen 115.000 bis 172.500 t Sojaschrot pro Jahr einsparen.<sup>177</sup>

### **Mast**

In der Schweinemast sind Verbrauchsreduktionen durch angepasste Fütterungsstrategien in der Größenordnung von 5 bis 15 kg Sojaschrot je Schlachtschwein (vgl. Tabelle 6.8 [dreiphasig] und Tabelle 6.1 [zweiphasig], im Unterschied zu Tabelle 6.3) zu erwarten.

Abbildung 6.6 zeigt im direkten Vergleich zwei Fütterungsregime, die sich u. a. durch einen um 11,86 kg verringerten SES-Verbrauch je Schlachtschwein unterscheiden.

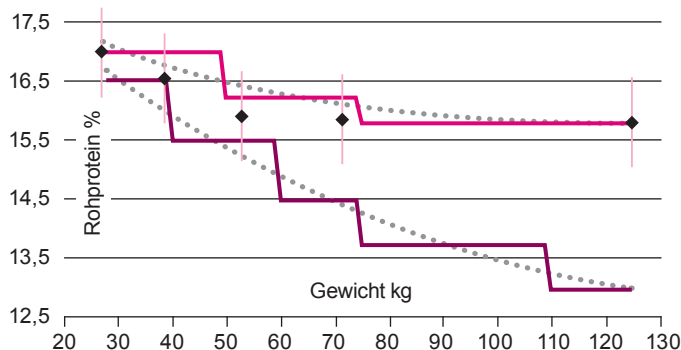
46.880.000 Mastschweine x 5 kg SES je Schlachtschwein = 234.400 t/Jahr  
x 15 kg SES je Schlachtschwein = 703.200 t/Jahr

Unter diesen Annahmen könnte die Einsparung durch angepasste Fütterungsstrategien in der Schweinemast in Deutschland zwischen 234.400 und 703.200 t pro Jahr einnehmen.<sup>178</sup>

**Abb. 6.6**

Soll-Ist-Differenz im Verbrauch von Sojaextraktionsschrot je Schlachtschwein in Abhängigkeit vom Fütterungsregime

◆ VFT-Berichte 2012/13 (n=114);  
Soll-Ist-Differenz = 11,86 kg SES je Schlachtschwein (28–125 kg)  
— Ist-Fütterung 3-phasig  
— Soll-Fütterung 5-phasig



### Schweinefütterung insgesamt

Somit könnte durch Optimierungen in den Fütterungsregimen das Potenzial zur Verringerung des Sojaschrotverbrauchs in der Schweinefütterung zwischen 349.400 und 875.700 t insgesamt betragen.

$$\begin{array}{r} 172.500 \text{ t (Sauen + Ferkelfütterung)} \\ + 703.200 \text{ t (Mastfütterung)} \\ \hline = 875.700 \text{ t / Jahr} \end{array}$$

Das entspricht in etwa einem Anteil von 15 bis 37 % des hier angenommenen Verbrauchs in der Schweinefütterung (vgl. Tabelle 6.10, 2,364 Mio. t p. a.).

Um konkret in einem Marktsegment Entwicklungen hin zu einer nachhaltigeren Schweinefütterung zu realisieren, ist ein systematisches, einzelbetrieblich orientiertes Vorgehen sinnvoll. Ausgehend von der einzelbetrieblichen Ist-Situation sollten die Möglichkeiten analysiert, individuell zugeschnittene Etappenziele festgelegt und in der Realisierung durch eine darauf abgestimmte Fachberatung sowie ein aussagekräftiges Fütterungscontrolling begleitet werden. Dabei umfasst das Fütterungscontrolling auch die strategische und operative Planung der Beschaffung und des effizienten Einsatzes von Futtermitteln. Der Erfolg kann durch das Erstellen von bilanziellen Stoffströmen und das Beobachten der Entwicklungen im landwirtschaftlichen Betrieb beurteilt werden.

Durch eine solche Vorgehensweise kann der Nachweis zu höherer Nachhaltigkeit im Betrieb und im Marktsegment erfolgen, wobei nicht nur das Tier, sondern auch der Boden mit einbezogen wird. Letzteres ist notwendig, weil die Auswirkungen der Tierkonzentration auf den Boden und das Grundwasser gerade in Ballungsräumen der tierischen Veredlung zunehmend kritisch gesehen werden.<sup>179</sup>

### 6.2.2 Austauschwerte und Flächenanspruch

Neben der Einsparung des SES-Verbrauchs in erheblichen Mengen durch die Optimierung der Fütterung ist zu beurteilen, wie viel von dem noch verbleibenden SES-Verbrauch durch Austauschfuttermittel ersetzt werden können. Aus ernährungsphysiologischer Sicht wird es sinnvoll sein, SES in bestimmten Anteilen insbesondere für die Ferkelfütterung in der Aufzucht und Vormast sowie für die Fütterung der laktierenden Sauen beizubehalten. Die Futtermittelsorten für diese Bereiche müssen in Bezug auf die Proteinqualität den höchsten Ansprüchen genügen. Laktationsfuttermittel und Futtermittel für die Ferkelaufzucht sind daher erst nach eingehender Forschung und Felderprobung in eine breit angelegte Soja-Verminderung einzubeziehen. Dagegen kann im Trächtigkeitstutter durch nährstoffangepasste Fütterung bereits vollständig

auf SES verzichtet werden. In der Mast kann SES durch RES (vgl. Tabelle 6.6) oder ein KL-Gemenge (vgl. Tabelle 6.7, Tabelle 6.4) gegenüber der bereits nährstoffoptimierten Fütterung (vgl. Tabelle 6.3) in einer Größenordnung von 10 bis 14 kg SES je Schlachtschwein ersetzt werden.

$$46.880.000 \text{ Mastschweine} \times 10 \text{ kg SES je Schlachtschwein} = 468.800 \text{ t/Jahr}$$

$$\times 14 \text{ kg SES je Schlachtschwein} = 656.320 \text{ t/Jahr}$$

Auf 46,88 Mio. Schlachtschweine pro Jahr in Deutschland hochgerechnet, ergibt sich somit ein SES-Austauschvolumen von 468.800 bis 656.320 t pro Jahr. Das entspricht einem Anteil von 26 bis 37% des Sojaschrotverbrauchs bei den Mastschweinen.

Um SES in der Schweinefütterung zu ersetzen, ist ein ernährungsphysiologisch gleichwertiger Austausch vorzunehmen. Anderenfalls sind Leistungseinbußen der Tiere oder unnötige Belastungen der Umgebung zu erwarten. Für eine grobe Abschätzung genügt es, die beiden wichtigsten Kriterien, die Gehalte an Energie und pcv-Lysin, heranzuziehen.

In Tabelle 6.11 wird die Kalkulation des wirkungsgleichen Austausches von 1 kg eines KL-Gemenges aufgezeigt. 1 kg eines Gemenges aus gleichen Teilen Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen ist in Bezug auf den Energiegehalt und den pcv-Lysin-Gehalt gleichwertig mit 0,47 kg Weizen und 0,51 kg SES. Die Mischung dieser beiden Komponenten hat einen Wert von 0,315 Euro. Daraus ergibt sich für das KL-Gemenge ein Austauschwert von 31,50 Euro je 100 Kilogramm. Die KL werden am Markt erheblich niedriger gehandelt.<sup>180</sup> Gegenüber dem ernährungsphysiologischen Wert sind die KL damit unterbewertet.

#### Energiewerte der Einzelfutter und des Mischfutter (MJ ME/kg)

Ackerbohne, Erbse, Lupine		=	Weizen		+	Soja ES (43%)		=	Mischung	
kg	MJ ME /kg		kg	MJ ME /kg		kg	MJ ME /kg		MJ	kg
1,000	* 13,15	=	0,465	* 13,95	+	0,513	* 12,99	=	13,151	in 0,978

#### Proteinwerte der Einzelfutter und des Mischfutter (g pcv-Lysin/kg)

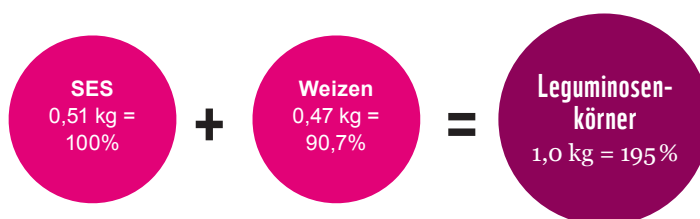
kg	g pcv Lysin /kg	=	kg	g pcv Lysin /kg	+	kg	g pcv Lysin /kg	=	g	kg
1,000	* 13,51	=	0,465	* 2,73	+	0,513	* 23,87	=	13,506	in 0,978

**Tab. 6.11** Ernährungswertgleichung des wirkungsgleichen Austausches von Sojaextraktionsschrot und Weizen durch ein Körnerleguminosengemisch. Bei dieser Kalkulation werden als ernährungsphysiologische Kriterien der Gehalt an Energie [MJ ME/kg] und an pcv-Lysin [g/kg] berücksichtigt. Die Gehalte der betrachteten Futtermittel stimmen überein mit den Angaben in Tabelle 4.1. Das Leguminosengemisch setzt sich zu gleichen Teilen aus den Werten für Körnererbsen, Ackerbohnen und Lupinen zusammen. Hier wird das Körnergemenge zugrunde gelegt und damit exemplarisch ein Austauschverhältnis für die annähernd ähnlichen Verhältnisse der KL-Arten ermittelt.

Bei der Überlegung, das in der Schweinefütterung verbrauchte SES in größerem Umfang durch KL-Gemenge zu ersetzen, bietet das ernährungsphysiologische Austauschverhältnis (vgl. Tabelle 6.11) den wesentlichen Anhaltspunkt zur Ableitung des Anspruchs an den Ackerbau. Anbau und Verfügbarkeit von Ersatzkörnerfrüchten werden durch viele unterschiedliche Umstände beeinflusst, die in dieser Studie aber nicht näher erörtert werden, weil der ernährungsphysiologische Aspekt der Machbarkeit im Vordergrund stehen soll.

In Abbildung 6.7 sind die Verhältniszahlen, die den wirkungsgleichen Austausch von Leguminosenkörnern und einer Kombination aus Sojaextraktionsschrot und Weizen beschreiben, dargestellt. Die Mengenangaben entstammen der Kalkulation in Tabelle 6.11. Das Mengenverhältnis in Kilogramm kann auch als relatives Verhältnis angegeben werden mit SES = 100 %. Dieses Verhältnis spiegelt die equivalenten Mengen der Austauschpartner wider. Wenn die SES Austauschmenge 100 % entspricht, lassen sich mit den Verhältnisangaben in % (vgl. Abbildung 6.7) die zugehörigen Mengen der Austauschpartner berechnen. Die durch Austauschfuttermittel zu ersetzende Menge an SES umfasst, wie oben dargelegt, eine Größenordnung von 0,47 bis 0,66 Mio. t.

**Abb. 6.7**  
Futtermittelaustauschverhältnis zwischen SES und Weizen sowie einem Körnerleguminosengemenge



In einer überschlägigen Ableitung des Flächenanspruchs im Anbau aus dem ernährungsphysiologischen Austauschverhältnisses wird in Tabelle 6.12 der Flächenanspruch für den Ersatz dieser Menge an SES kalkuliert.

Wenn 0,47 bis 0,66 Mio. t SES nicht verbraucht werden, sind 0,91 bis 1,28 Mio. t Leguminosengemenge als Ersatz notwendig. Gleichzeitig kann Weizen in einer Größenordnung von 0,43 bis 0,60 Mio. t eingespart werden. In ackerbaulicher Anbaufläche ausgedrückt, würde es der Ersatz von 0,47 bis 0,66 Mio. t SES erfordern, 0,30 bis 0,41 Mio. ha für den Anbau von KL zu gewinnen. Da dann etwa 58.000 bis 81.000 ha im Weizenanbau nicht mehr für die Erzeugung von Weizen für die Schweinefütterung benötigt und stattdessen für den KL-Anbau verwendet würden, verbliebe eine zusätzlich für den KL-Anbau benötigte Fläche von 237.000 bis 332.000 ha. Das entspräche einem Anteil von 3,7 bis 5,9 % der Getreideanbaufläche von etwa 6,5 Mio. ha.<sup>18</sup>

**Tab. 6.12**  
Kalkulation zur Ableitung des Flächenanspruchs für Körnerleguminosen aus dem Futtermittelaustauschverhältnis

		Weizen	+	Austauschziel: SES	=	Körnerleguminosengemenge
Austauschverhältnis %		91 %	+	100 %	=	195 %
Menge t	von	425.100	+	468.800	=	914.200
	bis	595.200	+	656.320	=	1.279.800
Annahme Flächenertrag t/ha		7,4				3,1
Anbauflächenanspruch ha	von	57.400				294.900
	bis	80.400				412.800

Bei einer Rohprotein- und SES-Verminderung in der hier kalkulierten Größenordnung ließe sich durch Optimierung der Fütterung und die Verwendung von Ersatzfuttermitteln eine Menge von 818.200 bis 1.532.000 t Sojaschrot des insgesamt in der Schweinefütterung zugeordneten Verbrauchs reduzieren (vgl. Tabelle 6.13).

Bei einem angenommenen Abscheidegrad in der Ölmühle von 73 % und einem angenommenen durchschnittlichen jährlichen Sojabohnenertrag von 2,64 t/ha



könnte eine Sojaanbaufläche von 425.000 bis 795.000 ha in Südamerika eingespart werden.<sup>182</sup>

**Abb. 6.8**  
Ableitung einer Verringerung der Sojaanbaufläche in Südamerika aus der kalkulierten SES-Einspar- und Austausch-Menge pro Jahr in Deutschland

		SES-Einsparung	+	SES-Austausch	=	SES-Verbrauchsverringerung
SES-Menge	von	349.400	+	468.800	=	818.200
	bis	875.700	+	656.320	=	1.532.020
Annahme SES-Abscheidegrad %						73 %
Benötigte Bohnenerntemenge	von					1.120.800
	bis					2.098.700
Annahme Flächenertrag t/ha						2,64
Anbauflächenanspruch ha	von					- 424.500
	bis					- 795.000

### 6.2.3 Körnerleguminosen

Die Verfügbarkeit der KL ist derzeit sehr gering. Die Feldfrüchte sind aus ackerbaulicher Sicht vor allem aufgrund der geringen bzw. schwankenden Erträge und niedrigen Erzeugerpreise für den Landwirt wenig lukrativ. Die Wirtschaftlichkeit von Anbausystemen die KL mit einschließen, erreichen durchaus eine vergleichbare Wirtschaftlichkeit mit allgemein üblichen Fruchtfolgen, wenn man den Vorfruchtwert in die ökonomische Bewertung mit einbezieht.<sup>183</sup> Der Vorfruchtwert erlaubt es, den Aufwand an mineralischem Dünger zu verringern, wirkt sich günstig auf den Ertrag aus und verbessert die Nachhaltigkeit des Ackerbaus.<sup>184</sup>

Die ackerbaulichen Vorzüge der KL, insbesondere die geringen Aufwendungen für mineralische Düngemittel und Düngung, werden vor allem von Landwirten in Regionen mit ackerbaulichem Schwerpunkt und geringer Viehdichte geschätzt. Die Ernterückstände der KL sind eine Form der organischen Düngung. Die Nährstoffe dieser Standorte werden in den Nährstoffkreisläufen optimal genutzt.<sup>185</sup>

In den Intensivregionen der tierischen Veredlung werden KL ackerbaulich ähnlich vorteilhaft wirken können. Jedoch herrscht in diesen Regionen bereits in der Regel ein Nährstoffüberschuss vor. Kulturpflanzen, die nur geringe ergänzende Nährstoffgaben vertragen und insbesondere kaum Stickstoff benötigen, sind daher weniger attraktiv.

KL werden derzeit noch wenig angebaut, obwohl zunehmend auch betriebswirtschaftliche Vorteile für die Einbeziehung dieser Früchte in die Fruchtfolgen sprechen.<sup>186</sup> Aus ackerbaulicher Sicht ist die Vorzüglichkeit der KL u. a. von den Preisen für den mineralischen Stickstoffdünger abhängig. Unter Berücksichtigung des Vorfruchtwertes verändert sich die Vorzüglichkeit zugunsten der KL.<sup>187</sup> Darüber hinaus ergibt sich bei der Verwendung der Körner als Proteinträger in der betriebseigenen Schweinefütterung aus der Differenz zwischen dem Marktwert der Körner und dem vom ernährungsphysiologischen Austausch abgeleiteten Austauschwert für den Landwirt ein betriebswirtschaftlicher Vorteil, solange der Marktwert unter dem Austauschwert liegt. Dies trifft bisher zu, wenn man den hier berechneten Austauschwert (vgl. Tabellen 5.5 und 5.6)

**Neben den betriebswirtschaftlichen Vorzügen der Körnerleguminosen, entstehen positive Effekte für die Nachhaltigkeit im Ackerbau und in der Schweinefütterung.**

und übliche publizierte Marktpreise zu KL miteinander vergleicht.<sup>188</sup> In der Summe können damit unterschiedliche Effekte ein insgesamt positives betriebswirtschaftliches Ergebnis bewirken.

Neben den betriebswirtschaftlichen Vorzügen der KL, die in der Feld- und Viehwirtschaft zusammen generiert werden können, entstehen positive Effekte für die Nachhaltigkeit im Ackerbau und in der Schweinefütterung. Durch eine Auflockerung der Fruchtfolge und eine stärkere Einbeziehung von proteinreichen Feldfrüchten (z. B. Raps, Körnerleguminosen) kann die Versorgung der Schweine mit Proteinen aus lokaler Erzeugung zumindest zum Teil gelingen, und die Zuflüsse von Stickstoff mit den proteinreichen Importfuttermitteln in die Nährstoffüberschussgebiete verringern sich entsprechend.

#### **6.2.4 Gülle**

Die Verminderung des Rohproteinverbrauchs in der Schweinefütterung ist ein wesentlicher Teil der Strategie zur Reduktion des Verbrauchs an Sojaerzeugnissen. Dies ist der am schnellsten umzusetzende Ansatz im Rahmen einer Gesamtstrategie zur nachhaltigeren Schweinefütterung. In dem Maße, wie es gelingt, den Rohproteinverbrauch zu reduzieren, ohne die Gesundheit der Tiere zu beeinträchtigen und deren Leistungen zu schmälern, vermindert sich proportional die Menge an tierischen Ausscheidungen, die entweder als Emission die Umgebung oder als Güllenährstoffe den Boden und das Grundwasser belasten. Bemühungen zur Errichtung eines Emissionskatasters zeigen, dass von Seiten der Fütterung hier maßgeblicher Einfluss erwartet wird.<sup>189</sup>

In Niedersachsen bietet die Festlegung auf das RAM-Futterkonzept und die Verwendung von RAM-Futtermitteln (rohprotein- und phosphorarmes Mastfutter) die Möglichkeit, den um etwa 20 % verringerten Anfall von Nährstoffen in der Gülle behördlich anerkennen zu lassen, was die minimal notwendige Fläche zur Aufnahme der Gülle verringert. Beim Vergleich der RAM-Fütterung mit der vierphasigen DLG-Fütterung konnten 10 % weniger Stickstoff in der proteinreduzierten Fütterung festgestellt werden. Die Kombination aus intensiver Phasenunterteilung und proteinreduzierten Alleinfuttermitteln ist geeignet, die Emissionen und Bodenbelastungen durch zu viel Gülle zu minimieren.<sup>190</sup>

In der Sauenfütterung konnte gezeigt werden (vgl. Tabelle 6.2), dass ein proteinreduziertes Fütterungsverfahren in Kombination mit einem Futtermittelzusatzstoff den Proteinverbrauch um 19 % reduziert hat. Zwischen 10 und 20 % des N-Gehaltes in der Gülle lassen sich durch proteinreduzierte Fütterungsstrategien verringern; dementsprechend verringern sich auch die N-Emissionen.

### **6.3 Zusammenfassung**

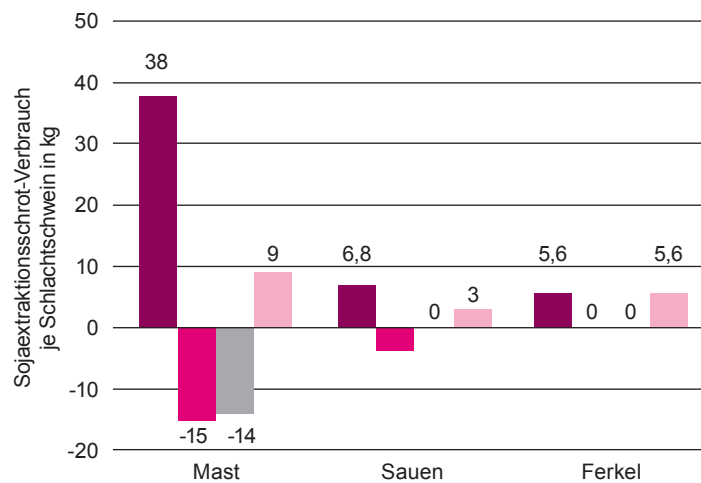
Die Fütterung der Schweine in Deutschland bietet noch Potenzial, Nährstoffe einzusparen, ohne die bedarfs- und leistungsgerechte Versorgung der Schweine zu gefährden. Die hier gewählten Beispiele zeigen, dass Futtermischungen erstellt werden können, die in einem Fütterungsregime weniger Protein je Mastschwein für die Mast von 28 bis 120 kg LG beanspruchen. Dies ist dann machbar, wenn freie Aminosäuren intensiver berücksichtigt werden, die Phasenunterteilung intensiviert wird und die bedarfs- und leistungsgerechte Einstellung der Rohproteingehalte im Mischfutter besser gelingt. Mit diesen Maßnahmen kann die Zufuhr von Futterproteinen in das Tier und somit der Austrag von Stickstoff, der mit der Gülle in den Boden gelangt, verringert werden.

Das Hochrechnen von machbaren Veränderungen in der Fütterung von Schweinen auf den nationalen Verbrauch von Einzelfuttermitteln ist aufgrund der zahlreichen Unwägbarkeiten mit Unsicherheiten in der Aussage verbunden. Modellberechnungen können daher nur Anhaltspunkte für die Kalkulation der einzusparenden und auszutauschenden Menge an Sojaerzeugnissen ergeben.

Folgende Grafik stellt auf Grundlage eigener vorsichtiger Überlegungen die angenommene Größenordnung der Veränderungen in der Versorgung der Schweine mit Sojaschrot als proteinreiches Futtermittel dar.

**Abb. 6.9**  
SES-Verbrauch je Schlachtschwein in einer Ist- und einer Soll-Fütterung unter Berücksichtigung von SES-Einsparung und SES-Austausch

■ Ist-Fütterung  
■ Einsparung  
■ Austausch  
■ potenziell möglicher Verbrauch



Weitergehende Reduzierungen können möglich sein, werden aber noch nicht in die nachfolgenden Hochrechnungen einbezogen, weil vielfach noch belastbare Erfahrungswerte zu stärker sojainimierten Fütterungsregimen fehlen. Hochgerechnet auf die Schweineerzeugung in Deutschland, könnte unter der Annahme, dass dieses Veränderungspotenzial weitgehend ausgeschöpft werden würde, der SES-Verbrauch in der Schweinefütterung um 0,8 bis 1,5 Mio. t verringert werden. In den Sojaerzeugungsländern hätte das eine Verminderung der Sojaanbaufläche in einer Größenordnung von bis zu 0,8 Mio. ha zur Folge.





*Getreide ist in der Fütterung der Schweine ein ganz wesentlicher Energieträger (vgl. Tab. 4.1) und wird in der Mischfutterherstellung mit einem Anteil von über 50% verwendet (vgl. Abb. 6.5).*

# 7 Empfehlungen für praktikable Verringerungsstrategien

## 7.1 Verringerung des Proteinverbrauchs

Folgende Maßnahmen stellen mögliche Ansatzpunkte einer Gesamtstrategie zur Verringerung des SES-Verbrauchs in der Schweinefütterung dar und dienen auch der Realisierung von mehr Nachhaltigkeit in der Schweinefleischerzeugung.

### 1) Intensive Phasenunterteilung

- » Durch verschiedene Fütterungsphasen kann es gelingen, Alleinfuttermittel an die Bedürfnisse des Tieres entsprechend der Entwicklungsphase oder der Phase im Fortpflanzungszyklus anzupassen.
- » Die Fütterung von Schweinen sollte eine intensive Phasenunterteilung nach folgendem Standard berücksichtigen:
  - tragende Sauen (T-Futter)
  - Futter für laktierende Sauen (L-Futter)
  - zweiphasige Ferkelaufzucht
  - vier- bzw. vielphasige Schweinemast (Vorschlag für Beginn-, Phasenwechsel- und Endgewicht: 28 – 40 – 70 – 90 – 110 – 125 kg)
- » Technologien, die eine intensive Phasenaufteilung bzw. eine Multiphasenfütterung ermöglichen, sind zu bevorzugen und zu nutzen.
- » Beratung, Bestandsaufnahme, strategische und operative Fütterungsplanung, Futteranalytik und Erfolgskontrolle (= Fütterungscontrolling) sind notwendig.

### 2) Minimierung der Rohproteingehalte im Futter

- » Bestehen Spielräume, die Gehalte an Rohprotein in den Futtermitteln gegenüber einer bisherigen Fütterung zu senken, müssen diese konsequent genutzt werden:
  - Optimierungsziel: bedarfsgerechte Versorgung mit essenziellen Aminosäuren bei minimaler Versorgung mit Rohprotein
  - Bevorzugung von Futtermitteln mit höherwertiger Proteinqualität oder Aufwertung der geringerwertigen Proteinqualität in Futtermitteln, gezielte Verwendung freier Aminosäuren als Futtermittelzusatzstoff, um Rohproteingehalte im Alleinfutter zu minimieren und Lücken im Aminosäureprofil von Einzelfuttermitteln in einer Mischung zu schließen
  - geeignete Zielwerte im Rohproteingehalt von Alleinfuttermitteln sind: (g Rohprotein/kg)

T	L	FAF I	FAF II	AM	MM-1	MM-2	EM-1	EM-2
130	165	175	170	170	165	155	145	135

- » Mithilfe von Forschung und systematischen Felderproben ist zu ermitteln, welche Möglichkeiten der Proteinreduzierung vorhanden sind.



### 3) Verbesserung der XP-Verdaulichkeit

#### (z.B. durch Fermentation, Probiotika, Enzyme)

- » Die Verdaulichkeit eines Futtermittels und die antinutritiven Wirkungen von Stoffen in natürlichen Futtermitteln lassen sich mit verschiedenen Mitteln im Sinne einer effizienteren Transformation von pflanzlichem Protein in tierisches Protein beeinflussen. Mögliche Maßnahmen, die dazu beitragen können, den Verbrauch von proteinreichen Futtermitteln zu verringern:
  - hydrothermische Behandlungen und Druckbehandlungen (u. a. Toastung, Extrusion, Expansion)
  - Reinigung, Sichtung, Siebung und andere müllereitechnische Aufbereitungen (Absondern von Kleien), Herstellung von Proteinkonzentraten
  - fermentative Behandlung von Futtermitteln (feuchte oder trockene Fermentation)
  - Verwendung von Futtermittelzusatzstoffen (Enzyme, Probiotika, Prebiotika)
- » Durch systematische Untersuchungen und Erprobungen sollten die besten Kombinationen von Verfahren und Futtermitteln ermittelt werden. Ein Konzept hierzu erfordert eine tiefergehende Metaanalyse der Fachliteratur und praxisnahe Feldversuche, welche die Proteintransformation zu verbessern helfen.
- » Die hier aufgezeigten Fütterungsvarianten dienen der Orientierung in der Entwicklung von Fütterungskonzepten, die in erheblichem Umfang auf SES verzichten können. Es wird ausdrücklich für möglich gehalten, noch weitergehende Schritte der Soja-Verminderung in Fütterungskonzepte umzusetzen. Hierzu fehlen aber ausreichende Erfahrungswerte in der Praxis. Notwendig sind Feldstudien, die die vorgeschlagenen und weitergehenden Konzepte auf ihre Praxistauglichkeit prüfen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch eine in der Schweinefütterung eng an die Entwicklungsphase angepasste Protein-Versorgung zwischen 15 und 37% des hier kalkulierten Gesamtverbrauchs an SES eingespart werden können.

## 7.2 Alternativen zu Sojaextraktionsschroten

In Deutschland werden derzeit, wie oben dargestellt, 2,35 Mio. t SES für die Schweinefütterung verbraucht. Um den Verbrauch von SES um 35 bis 65% zu verringern, genügt es, eine Menge von 469.000 bis 656.000 t SES durch Austauschfuttermittel zu ersetzen. Allerdings werden kurzfristig kaum Ersatzfuttermittel in dem benötigten Umfang zur Verfügung stehen. Vorhersagen zur Verfügbarkeit sind äußerst unsicher zu treffen, insbesondere wenn mit der breiten Verwendung noch rechtliche Voraussetzungen geschaffen werden müssen (z. B. PAP, Insektenprotein), die Futtermittel bisher nur marginale Bedeutung haben (z. B. Leguminosen) oder noch nicht als Futtermittel eingeführt sind (z. B. Wasserlinsen, Algen). Ein kurzfristiger und vollständiger Verzicht auf oder Austausch von Sojafuttermitteln in der Fütterung der Schweine auf nationaler Ebene ist kaum realisierbar. Dies liegt daran, weil Austauschfuttermittel nicht in der erforderlichen Qualität und Menge zur Verfügung stehen und die Möglichkeiten durch geeignete Fütterungsstrategien mehr Rohprotein und damit Sojaschrot einzusparen, noch zu wenig angewendet werden.

Aus dem Beitrag von Funk<sup>191</sup> lässt sich nachvollziehen, dass die Verfügbarkeit der Extraktionsschrote als Einzelfuttermittel eng mit der Produktion des Biokraftstoffangebots aus Raps verknüpft ist. Raps kann dann als Austauschfuttermittel für SES in Betracht gezogen werden, wenn das Angebot durch eine steigende Nachfrage und Produktion des Öls, das als Biokraftstoff Verwendung findet,

erfolgt. Funk macht deshalb auch darauf aufmerksam, dass durch den bisherigen Verbrauch von Biodiesel in der EU Sojaschroteinfuhren von 5,5 bis 6,0 Mio. t eingespart werden konnten.<sup>192</sup>

Der Sojabohnenanbau in Deutschland bzw. Europa befindet sich derzeit in einem Stadium, in dem wettbewerbsfähige Lösungen für Ackerbau und Pflanzenzucht noch zu entwickeln sind. Ein maßgeblicher Beitrag für den Anbau dieser Frucht ist erst mittel- bis langfristig zu erwarten.<sup>193</sup> Möglichkeiten der Produktion von in Europa erzeugtem Non-GVO-Soja ergeben sich aus der Donausoja-Initiative, die ca. 5 Mio. t Sojabohnen als Ertragspotenzial angibt.

Futtermittel aus Nebenerzeugnissen der Tierschlachtung stehen derzeit rechtlich unter der Einschränkung, dass sie zum Schutz der Verbraucher vor hygienischen Risiken teilweise noch nicht verwendet werden dürfen.

Kuchen oder Extraktionsschrote von Raps aus mitteleuropäischer Erzeugung sind Non-GVO-Körnerfrüchte. Zucht und Anbau sind deutschlandweit gut entwickelt, und es besteht darüber hinaus noch Potenzial, den Anbau auszuweiten. Futtermittelbehandlungen (hydrothermisch, müllereitechnisch oder fermentativ) bieten die Möglichkeit, die Wirkung von ANF zu verringern; sie müssen dann eingesetzt werden, wenn die ANF die Einsatzwürdigkeit der Futtermittel zu stark einschränken.

Körnerleguminosen sind proteinreiche Feldfrüchte mit einem guten Ertragspotenzial in der Zukunft. Sie gehören zu einer modernen und nachhaltigen Schweinefütterung und Landwirtschaft. Ihr Austauschwert auf der Grundlage des Energiegehaltes und des Gehaltes an pcv-Lysin ist höher als der Marktwert. Derzeit sind diese Körnerfrüchte für die Fütterung noch unterbewertet. Allerdings müssen Futtermittelbehandlungen (hydrothermisch, müllereitechnisch und fermentativ) in Betracht gezogen werden, wenn eine verlässliche, hochwertige Qualität dieses proteinliefernden Futtermittels erwartet wird.

### 7.3 Beispiele für die Fütterung

**Eine Reduktion der Verwendung von SES ist in der Schweinefütterung möglich.**

Eine Reduktion der Verwendung von SES ist in der Schweinefütterung möglich. In einer ersten Entwicklungsetappe kann der Verbrauch durchaus um 50 % verringert werden. Tabelle 7.1 zeigt ein Beispiel, das diesem Ziel gegenüber einer proteinreicheren vierphasigen Getreide-SES-Fütterung gerecht wird. In einem weiteren Beispiel mit KL als SES-Ersatzfuttermitteln (vgl. Tabelle 7.2) können gegenüber der Vergleichsbasis 80 % der Sojaverbrauchsmenge eingespart werden.

Trotz der Annahme, dass für zertifiziertes Non-GVO-SES derzeit etwa 100 Euro je Tonne mehr bezahlt werden muss<sup>194</sup> als für konventionelles HP-Sojaschrot aus gentechnisch veränderter Herkunft, sind in den hier kalkulierten Beispielen keine höheren, sondern niedrigere Fütterungskosten je Schwein ermittelt worden.

Diese Einzelfallbeispiele stehen für Fütterungsstrategien, die in Grenzbereiche einer bewährten Fütterung bei erfolgreicher Schweinemast einzuordnen sind. Diese Art der Fütterung versorgt die Tiere mit essenziellen Nährstoffen im Rahmen der anerkannten wissenschaftlichen Bedarfsnormen. Trotzdem müssen noch Anstrengungen in Feldforschung und Praxis unternommen werden, um praxistaugliche, verlässliche Strategien daraus zu entwickeln.

**Tab. 7.1**

Beispiel für eine proteinreduzierte Getreide-Sojaschrot-Fütterung  
 Quelle: Auszug aus Tabelle 6.9 und Anhangtabelle 1

Mastphase »	VM	MM-1	MM-2	EM
Rezeptur-Nr.	(73)	(81)	(83)	(87)
Phasenbeginn (kg Lebendgewicht)	28	40	70	90
Energie (MJ ME/kg)	13,4	13,4	13,1	12,9
Protein (gRP/kg)	160	150	140	140
Aminosäuren (g pcv Lysin/kg)	11,0	9,3	7,7	7,0
<b>Einzelfutterkomponenten in %</b>				
W-Weizen	45	55	50	44
W-Gerste	38	32	34	36
non-GMO-Soja-ES (HP)	13	10	7	5
Weizenkleie			7	6
Trockenschlempe				5
Trockenschnitzel				2
Pflanzenöl	0,65	0,45		
Mineralstoffe und Premix	3,35	2,90	2,50	1,80
	100	100	100	100

**Tab. 7.2**

Beispiel für eine proteinreduzierte Getreide-Körner-leguminosen-Fütterung  
 Quelle: Auszug aus Tabelle 6.6 und Anhangtabelle 5

Phase »	VM	MM-1	MM-2	EM
Rezeptur-Nr.	(164)	(165)	(166)	(167)
Phasenbeginn (kg Lebendgewicht)	28	45	70	100
Energie (MJ ME/kg)	13,4	13,2	13,1	13,0
Protein (gRP/kg)	168	153	134	131
Aminosäuren (g pcv Lysin/kg)	10,2	9,2	7,8	7,1
<b>Einzelfutterkomponenten in %</b>				
W-Gerste	27	27	23	23
W-Weizen	31	31	34	31
Roggen	9	12	16	19
Weizenkleie	4	6	8	10
Soja-ES 48 % GMO-frei	10	6		
Ackerbohnen	7,5	7,0	8,0	7,0
Erbsen	7,5	7,0	8,0	7,0
Pflanzenöl	1,30	0,70	0,30	0,30
Mineralfutter	3,20	3,00	2,40	2,10
	100	100	100	100

Insbesondere der Ansatz, die Protein- und Energiedichte in der Endmastphase (z. B. Fütterung der Schweine über 80 kg LG) entsprechend den wissenschaftlichen Bedarfsnormen abzusenken, besitzt ein großes Einsparpotenzial, weil weniger Rohprotein und Energie in der Mischung zur Minderung der Fütterungskosten beiträgt.

#### 7.4 Mittel- bis langfristige Aussichten – neue Futtermittel und neue Technologien

Mittel- bis langfristig können die Möglichkeiten für den Ersatz von SES noch erweitert werden. Zukunftsweisende Forschungsansätze konzentrieren sich stark darauf, autotrophe Organismen, wie z. B. Algen oder Wasserlinsen, zur Bildung von Biomasse im großtechnischen Maßstab zu erschließen. Wenn das gelingt, können aus der Biomasse die Proteine für die Tierernährung und gleichsam die energiereichen Stoffe, wie Pflanzenöle von Algen, für die Herstellung von Biokraftstoffen verwendet werden. Es gibt Hinweise auf eine hohe Effizienz der Biomasseerzeugung und eine hohe Qualität, bezogen auf das Aminogramm. Die Wettbewerbsfähigkeit ist allerdings noch nicht gegeben, sie hängt von der wirtschaftlichen Vermarktung der Biokraftstoffe und der Futtermittelneuerungen insgesamt ab.



Die Struktur der Schweineerzeugung in Deutschland hat sich in den letzten 30 Jahren erheblich verändert. Die Zahl der schweinehaltenden Betriebe ist deutlich kleiner geworden, und große Tierbestände werden immer dominierender. Gleichzeitig ist es zu einer räumlichen Strukturveränderung gekommen. In

einigen Gebieten ist eine extreme Häufung von großen Tierbeständen entstanden, die zu einer Ballung von Schweinen in den Regionen geführt hat. In diesen Gebieten hat sich die Relation der Schweine zur landwirtschaftlichen Nutzfläche stark verändert. 2010 erreichten in Deutschland 17 Landkreise ein Verhältnis von mehr als 500 Schweinen je 100 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche.

Insbesondere in den Ballungsräumen der Schweinehaltung fließen mit den Futtermitteln, die als Einzelfuttermittel von Futtermittelherstellern aus anderen Erzeugungsregionen beschafft werden und als Mischfuttermittel in die tierhaltenden Regionen gelangen, erhebliche Nährstoffmengen zu. Wenn Gülle- und Nährstoffe nicht im entsprechenden Umfang wieder aus der tierhaltenden Region in ackerbauliche Bedarfsgebiete verbracht werden, entsteht ein lokal ein massiver Nährstoffzustrom, der in den Veredlungsregionen zu Boden-, Natur- und Umweltbelastungen führen kann.

Mit zunehmender Viehdichte in einer Region nimmt das Risiko, dass Beeinträchtigungen entstehen, zu.

Eine zunehmend globale agrarwirtschaftliche Arbeitsteilung hat mittlerweile dazu geführt, dass für die Veredlung vermehrt Sojaerzeugnisse als proteinliefernde Futtermittel vor allem aus Südamerika bezogen werden.

Aus Sicht einer nachhaltigen Schweinefütterung wird es dagegen immer wichtiger, Fütterungsstrategien zu entwickeln, die dazu beitragen, den Anteil der Sojaerzeugnisse zu vermindern. Unterstützt wird diese Entwicklung durch den Wunsch der meisten Verbraucher, auf Erzeugnisse, die sich auf gentechnisch veränderte Organismen zurückführen lassen, zu verzichten.

Da Nachhaltigkeitsdefizite in der Schweinefütterung nicht nur in viehstarken Regionen auftreten, sind Fortschritte in der Nachhaltigkeit in allen Regionen und Bereichen der Schweinefütterung sinnvoll und nützlich. Eine Verringerung des Verbrauchs von importierten proteinreichen Futtermitteln, die u. a. durch den Anbau heimischer Körnerleguminosen oder Raps ermöglicht wird, kann z. B. den Zustrom von überschüssigen Nährstoffen reduzieren und damit die Nachhaltigkeit verbessern.

Nachhaltigere Schweinefütterung lässt sich durch nährstoffangepasste Fütterung, Minimierung von Import-Soja und Einsatz von heimischen Futtermitteln erzielen. Welche Möglichkeiten bestehen, den Verbrauch von importierten Sojaerzeugnissen in der intensiven Schweinefütterung zu verringern?

Der Einsatz von Sojaerzeugnissen kann zunächst durch Absenkung von Rohproteingehalten in den Alleinfuttermischungen reduziert werden. In der Entwicklung der Mischungen sollten obere Grenzen des Rohproteingehaltes (Maximum-Restriktionen in der Optimierung) nicht überschritten werden, und gleichzeitig sollte die Versorgung mit ausreichenden Mengen der essenziellen Aminosäuren gesichert sein. Freie Aminosäuren sind eine wichtige Möglichkeit, Lücken im Aminosäureprofil des Futtermittels zu schließen. Diese Zusatzstoffe können

**Nachhaltigere Schweinefütterung durch Anwendung eines nährstoffangepassten, ressourcenschonenden Futters.**



**Als Ersatzfuttermittel aus heimischem Anbau kommen u.a. Rapsschrot und Körnerleguminosen in Betracht.**

---

eingesetzt werden, um Rohproteingehalte von Mischungen abzusenken. Der Landwirt kann durch eine intensive Phasenunterteilung und eine eng an den Bedarf angepasste Futtergestaltung Rohprotein und damit auch Sojaerzeugnisse einsparen. Dabei sind unterstützende Instrumente, die eine „Feinjustierung“ der Fütterung erlauben, und ein aussagekräftiges Fütterungscontrolling notwendig. Neben der Verbesserung der Fütterung müssen im Betrieb alle Bedingungen für Tiergesundheit und Wohlbefinden eingehalten werden. Gesunde Tiere verbrauchen Nährstoffe effizienter als gesundheitlich angeschlagene oder kranke Tiere. Insbesondere die Einhaltung einer ausreichenden Futter- und Fütterungshygiene ist eine wichtige Voraussetzung für eine effiziente und ressourcenschonende Schweinefütterung.

Als Ersatzfuttermittel aus heimischem Anbau kommen u. a. Rapsextraktionsschrotfutter und Körnerleguminosen in Betracht. Während RES im Anbau ein bereits etabliertes Nebenerzeugnis der Rapsölgewinnung ist und mehr an Bedeutung in der Schweinefütterung erlangt hat, sind Körnerleguminosen in der konventionellen Schweinefütterung bisher nahezu unbedeutend. Der Austauschwert der Körnerleguminosen ist höher als der – nur vereinzelt dokumentierte – Marktpreis, was neben den agrarökologischen Vorteilen für die Verwendung von Körnerleguminosen statt SES spricht. Durch ein günstiges Verhältnis von 0,94 bis 1,09 g pcv-Lysin/MJ ME sowie hohe Energiegehalte zwischen 12,6 und 13,4 MJ/kg Futter in Abhängigkeit von der Fruchtart sind diese möglichen Ressourcen für die Ergänzung des Getreides, das für Schweine relativ arm an essenziellen Aminosäuren ist, gut geeignet. Es sprechen also auch ökonomische Gründe für den Einsatz heimischer Körnerleguminosen in der Schweinefütterung.

Vielversprechend für die mittel- bis langfristige Zukunft sind die Aussichten, dass neue proteinliefernde Futtermittel zur Verfügung stehen könnten, die einen geringeren Flächenanspruch stellen und nicht im Wettbewerb mit der Nahrungsmittelherstellung stehen. Ein Nachteil ist, dass die Verfügbarkeit dieser Futtermittel von der Nachfrage nach Biokraftstoffen abhängig sein könnte und hohe Anfangsinvestitionen anstehen.

Die mögliche Soja-Verminderung in der Schweinefütterung ist jedoch auch davon abhängig, von welchem Ausgangsniveau die Reduzierung erfolgt und mit welcher Intensität dieses Ziel angestrebt werden kann. Überzeugende Demonstrationsprojekte können dazu beitragen, dass die vorgeschlagenen Fütterungsstrategien bei Praktikern Zuspruch finden.

Durch eine praxisgerechte und vertretbar stärkere Realisierung des Konzeptes einer nährstoffreduzierten Fütterung, die auch den Stickstoff als Bestandteil des Proteins berücksichtigt, treten weniger Stickstoffbelastungen aus dem Tierbereich auf.

Somit gibt es verschiedene und auch ökonomisch attraktive Gründe für Forschung und Entwicklung, mehr Nachhaltigkeit in der Schweinefütterung im Sinne einer Ressourcenschonung und Vermeidung von Sojaerzeugnissen zu erreichen und die Praxistauglichkeit geeigneter Futtermittelprodukte und Fütterungsstrategien zu erarbeiten. Insbesondere bei der Verwendung von Körnerleguminosen sind bestehende Bedenken von Praktikern zu überwinden. Oft beruhen diese Bedenken auf alten, heute nicht mehr relevanten Erfahrungen. Demonstrationsstudien im Feld, die neben der Fütterung auch Aspekte der Futtermittelbehandlung und des Pflanzenbaus behandeln, können dazu dienen, Vorurteile abzubauen und die Verbreitung der Verfütterung von Körnerleguminosen zu fördern.

Die Produktionsstrukturen in Deutschland haben sich in den letzten Jahrzehnten unter zunehmenden internationalen Wettbewerbsdruck erheblich verändert. Inzwischen stehen über 50 % der Schweine in Beständen mit mehr als 1.000 Tieren.

Die Eiweißversorgung der aus diesen Strukturen resultierenden Intensivtierhaltung wird mit hochwertigen Eiweißfuttermitteln, v. a. Soja aus Südamerika, gesichert. Der Anbau der Sojabohnen überwiegt in Monokulturen mit gravierenden ökologischen und sozialen Auswirkungen sowohl in den Produktionsländern, wie die Abholzung von Savannen, Bodenerosion, Verringerung der Artenvielfalt und steigender Einsatz von Pestiziden, als auch in Deutschland, wie die Eutrophierung von Ökosystemen und die Belastung von Grundwasserleitern mit Nitraten infolge des massiven Stickstoffimports aus Übersee. Durch diesen starken Import von Soja, hauptsächlich aus Argentinien und Brasilien, wurden heimische proteinreiche Futtermittel vom Markt verdrängt. Anhand der Futtermittel und der weltweit vielfältigen Auswirkungen auf die Umwelt wird einmal mehr deutlich, wie dringend notwendig eine weltweit nachhaltige Landwirtschaft ist.

Die vorliegende Studie zeigt, dass eine sojareduzierte Schweinefütterung aus Tierernährungssicht grundsätzlich möglich und umsetzbar ist. In diesem Zusammenhang fordert der WWF Deutschland, die politischen Rahmenbedingungen zu schaffen, damit

- » der Körnerleguminosen-Anbau in Deutschland ausgeweitet wird,
- » die Tierhaltung wieder stärker an die Fläche gebunden wird,
- » die Ökosystemdienstleistungen der Leguminosen im Anbau quantifiziert werden und in die Berechnung der Honorierung von Landwirten Eingang finden.

### **Der WWF Deutschland sieht folgenden Handlungsbedarf:**

- » Ausweitung und Stärkung der nationalen bzw. europäischen Eiweißstrategie
- » Ausweitung der Beratungskapazitäten für den Anbau und die Verfütterung von Leguminosen
- » Diskussion über eine mögliche Einführung von Beimischungsquoten von heimischen Leguminosen in Mischfuttermitteln
- » Ausbau und langfristige Unterstützung der Pflanzenzüchtung durch staatliche Förderprogramme
- » Einführung einer ernstzunehmenden Fruchtdiversifizierung unter Einbeziehung der Leguminosen als Voraussetzung für Direktzahlungen im Rahmen einer Halbzeitbewertung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU bzw. bei der Weiterentwicklung nach 2020
- » Forschungsanstrengungen zur Futteraufbereitung (z. B. Fermentation) und anderen alternativen Proteinträgern (z. B. Wasserpflanzen)
- » Erprobung der alternativen Fütterungsstrategien und Futterrationen in der Praxis

Diese WWF-Empfehlungen sind Bestandteil einer notwendigen Neuausrichtung hin zu einer nachhaltigen Landwirtschaft, nicht nur in Deutschland, sondern auch in Ländern, aus denen wir landwirtschaftliche Produkte importieren. Der WWF Deutschland setzt sich für eine nachhaltige Landwirtschaft ein, die weltweit

- » die biologische Vielfalt auf und außerhalb der Äcker und Weiden schützt,
- » verantwortungsvoll mit unseren Böden und Nutztieren umgeht,

- » Wasser und andere natürliche Ressourcen (wie Phosphate) so sparsam wie möglich nutzt, aber nie übernutzt,
- » eine solarbasierte statt einer erdölbasierten Landwirtschaft anstrebt,
- » Agrobiodiversität nutzt und schützt.

### Schlussklärung

**Autor:** Diese Studie wurde von Dr. Wilke Griep, ABC Agrar-Fachdienste Dr. Griep, unter Anwendung agrarwissenschaftlicher Methoden und Arbeitsweisen erstellt.

**Korrektor:** Diese Studie wurde von Dr. Gerhard Stalljohann begleitet, indem er seine Kenntnisse und Erfahrungen in die Entstehung der Studie eingebracht sowie die Vorlage fachlich beurteilt und korrigiert hat. Die vorgelegte Schlussversion wird methodisch und inhaltlich für korrekt erachtet. Die Schlussfolgerungen werden von Dr. Gerhard Stalljohann geteilt.



**Anhangtabelle 2:** Literaturergebnisse: Auswirkungen von Rohproteinreduktion, intensiver Phasenunterteilung, Verwendung von freien Aminosäuren und Verdaulichkeitsförderern auf die Mastleistungen

Quelle	Jahr	Tier	N-reduziert	multi Phasen	freie AS	Enzyme Probiotika	Ansatz		Absenkung in den Phasen bzw. der Versuchsgruppe		im Futter der Versuchsgruppe		Futtermittlerkosten	
							Kontrolle	XP %	Lys g	Rohprotein %	Sojaerzeugnis %	kg/Schw.		%
Schulte-Suttrum u. Stalljohann; Tab. 3; Stalljohann APC Wien	2012	Sauen					Direkter Vergleich N- und P-reduzierte Futtermittel, T- und Lak-Futter, APC-Zusatz 0,2%	T-Fu: 14,0 % XP; Lak-Fu: 17,5 % XP	T-Fu: 11,0 Lak-Fu: 15		82	92	-90	102
Lindermayer, Preisfänger, Propstmeier*	2010	Ferkel	●				„Einfache“ Multiphasenfütterung in der Ferkelaufzucht: „Verschneiden“ - wöchentlich + 3% Weizen*)	einphasig	18,6 - 17,6	11,5 - 10,4	94	93	-0,4 bis -0,6	96
Stalljohann G., Auf teures Soja reagieren, Üb.2	2009	Mast	●				dreiphasige Mast mit Futter-wechsel bei 28 - 40 - 70 - 90 kg LG; 800 g TZ	Universal-mast ab 35 kg	18,5 - 15,5	11 - 8,5	k.A.	78	-11,5	92
Preisfänger, Lindermayer, Propstmeier, Fulda (31)	2013	Mast	●				„Einfache“ Multiphasenfütterung in der Schweine-mast durch Verschneiden mit Weizen – wöchentlich + 3% Weizen	zwei-phasig	19 - 16	10,5 - 7,9	92	84	-6,6	98
Meyer, Vogt, Brade,	2011	Mast	●				Vergleich der DLG-Versorgung (10,8 - 10,3 - 9,4 - 8,0 g Lys/kg) mit der RAM-Fütterung (zweiphasig)	vier-phasig	16,5 - 14,0	11,3 - 9,4	< 90**)	k. A.	k. A.	0
Binder	2011	Mast		●			Vergleich einer N-reduzierten Fütterung mit freien AS (a) mit einer Soja-basierten (s) Fütterung, drei-phasig	drei-phasig	Unterschied im XP-%: 19,3 (s) vs. 14,3; 20% vs. 2,5% Soja-Anteil in der Mischung	kein Unterschied im Lysin- und Energie-Gehalt	74	12	-54	k. A.
Prößler, Schlagheck, Hartwigsen & Thaller	2013	Mast			●		Probiotikum-Zusatz erhöht die Verdaulichkeit und erlaubt im Vergleich mit Standard die Energie- und Proteinabsenkung; LPA-Bedingungen, > 1.150 g TZ	zwei-phasig	XP-%: 15,7 vs. 15,2	8,87 - 8,97	97	98	-0,34	k. A.

\*) überschlägig aus dem Versuchsbericht abgeleitete Angabe zur Verringerung des Soja-ES-Verbrauchs (43%)

\*\*) Im Versuchsbericht werden keine Angaben über den Verbrauch an Rohprotein oder an Sojaerzeugnissen gemacht, weil die Versuchsfrage darauf nicht gerichtet war. Es wird hier die Größenordnung des Unterschiedes in der Stickstoffausscheidung ausgewiesen

\*\*\*) Angaben in Prozent, 100% = Kontrollgruppe

● = zutreffend



Anhangtabelle 3: Fütterungsstrategie: Getreide, Rapeseextraktionsschrot und freie Aminosäuren

	€/dt	Phase »	Vormast 1		Mittelmast 1		Mittelmast 2		Endmast 1	
			SES + Getreide	RES + AS + Getreide	SES + Getreide	RES + AS + Getreide	SES + Getreide	RES + AS + Getreide	SES + Getreide	RES + AS + Getreide
W-Weizen	22,35	/ 19,42 <sup>1)</sup>	74	146	80	147	82	148	84	149
W-Gerste	20,07	/ 17,98 <sup>1)</sup>	37,0	55,00	40,0	50,00	38,0	42,00	35,0	40,00
Soja-ES (HP) 48%	46,63	/ 44,18 <sup>1)</sup>	34,0	15,30	37,1	25,35	40,0	40,00	44,0	45,65
non-GMO-Soja-ES (HP)	56,63	/ 54,18 <sup>1)</sup>	26,0		20,0		13,0		9,0	
Raps-ES	25,37	/ 22,83 <sup>1)</sup>		13,00		8,00		16,00		7,50
Weizenkleie	17,65	/ 16,14 <sup>1)</sup>					7,0		6,00	5,00
Trockenschlempe	23,95	/ 22,10 <sup>1)</sup>							2,19	
Trockenschrot	20,62	/ 20,94 <sup>1)</sup>							2,19	
Pflanzensöl	84,00	/ 84,00 <sup>1)</sup>	0,60	1,00	0,50	1,20	0,25	0,39	0,29	0,41
L-Lysin HCl	156,08	/ 127,67 <sup>1)</sup>	0,19	0,38	0,23	0,40	0,25	0,39	0,29	0,41
DL-Methionin	299,77	/ 271,33 <sup>1)</sup>								
L-Threonin	179,54	/ 160,00 <sup>1)</sup>	0,06	0,12	0,07	0,13	0,08	0,12	0,07	0,14
L-Tryptophan	2.045,00	/ 1800,00 <sup>1)</sup>								
Mineralstoffe			2,07	1,96	1,85	1,72	1,51	1,40	1,26	1,30
Premix			0,08	0,24	0,25	0,20	0,16	0,09		
			100	100	100	100	100	100	100	100,00
<b>Alleinfuttermittel</b>	<b>Je kg</b>	<b>Bedarf</b>	<b>ab 28 kg</b>	<b>Bedarf</b>	<b>ab 40 kg</b>	<b>Bedarf</b>	<b>ab 70 kg</b>	<b>Bedarf</b>	<b>ab 90 kg</b>	
Energie ME <sup>***</sup> )	MJ	13,40	13,38	13,41	13,40	13,35	13,40	13,00	13,00	12,94
Rohprotein (XP)	g	185	205	187	175	183	169	160	145	150
Lysin	g	11,30	11,70	12,10	10,20	10,50	10,90	8,90	8,20	8,40
Lysin im XP	g/100g	6,11	5,71	6,47	5,83	5,74	6,45	5,56	5,66	5,60
pvc-Lysin	g	10,20	10,24	10,20	9,10	9,18	9,39	7,50	6,90	6,29
pvc-Lysin / ME	g/MJ	0,76	0,77	0,76	0,68	0,69	0,70	0,58	0,58	0,54
DQpvc Lysin	%	90	90	84	89	90	83	84	84	83
Lys : Met + Cys	Lys=100	54	57	55	54	58	60	55	56	60
Lys : Thr	Lys=100	63	65	64	63	65	66	64	65	64
Lys : Trp	Lys=100	18	22	18	17	22	19	21	18	21
Mischfuttermittelpreis bei Jahres-Ø-Preis			28,13	27,67	26,62	25,96	24,35	22,30	23,46	21,78
Mischfuttermittelpreis bei aktuellen EF-Preisen			25,87	25,37	24,31	23,79	21,89	19,69	21,08	19,24

\*) Angaben beziehen sich auf ein Alleinfuttermittel mit 88 % TM; es wird ein intensives Wachstum von 850 g TZ mit hohem Proteinansatz (Quelle: Rechenmeister, 2012, S. 56, 57) in der Gesamtmast angenommen  
 \*\*) Die Preise aus dem Markt sind Börsennotierungen auf den Standort Hamburg/Nord bezogen, Oktober 2012 bis 5. Oktober 2013 Quelle: VdG der Hamburger Börse, Euroduna, Proteinmarkt; Preise ohne USt., keine Herstellungs- und Vertriebskosten enthalten, aktuelle Preise sind als Mittel der Preisnotierungen in drei Monaten vor dem 5.12.2013 verwendet worden  
 \*\*\*) Energiegehalt wird in den Einzelfuttermitteln mit der Einzelfuttermittelformel berechnet; <sup>1)</sup> aktuell

**Anhangtabelle 4:** Übersichtliche Kalkulation des nationalen SES-Gesamtverbrauchs auf der Grundlage der Anzahl Mastschweine, Ferkel und Bestandssauen und der üblichen Futtererbräuche<sup>1)</sup> und üblicher Futtersorten<sup>2)</sup>

**Mastschweine**

Lebendgewicht		Zuwachs	Futter		Rohprotein im Futter <sup>3</sup>	SES	
von	bis		Verwertung	Aufnahme		Mischungs- anteil <sup>4</sup>	Verbrauch <sup>5</sup>
kg	kg	kg	1 : __	kg	%	%	kg
28	75	47,0	2,47	116	17,0	16,2	18,8
75	119,5	44,5	3,30	147	15,8	13,4	19,4
<b>Summe:</b>		<b>91,5</b>	<b>2,87</b>	<b>263</b>			<b>38,2</b>
46,88 Mio. Schweine					<b>Mio. Tonnen 1,792</b>		

**Ferkelaufzucht**

	Futterauf- nahme	Rohprotein	SES	
		im Futter	Mischungs- anteil	Verbrauch
	kg	%	%	kg
	37	17,3	16,8	6,2
41,28 Mio. Ferkel in der Ferkelaufzucht		<b>Mio. Tonnen 0,257</b>		

**Sauen**

	Futterauf- nahme	Rohprotein	SES	
		im Futter	Mischungs- anteil	Verbrauch
	kg	%	%	kg
Trächtigkeitsfutter:	862	13,6	8,0	69,0
Laktationsfutter:	384	17,0	16,2	62,2
<b>Summe:</b>	<b>1.246</b>			<b>131,2</b>
2,30 Mio. Bestandssauen		<b>Mio. Tonnen 0,302</b>		

<b>Nationaler SES-Gesamtverbrauch Schweine pro Jahr</b>	<b>Mio. Tonnen 2,350</b>
---	--------------------------

<sup>1)</sup> „übliche Futtererbräuche“ bezieht sich auf die bei guter fachlicher Praxis durchschnittlich zu erwartender Futteraufnahme  
<sup>2)</sup> „übliche Futtersorten“ auf die gebräuchlichen Futtersorten und den aufgrund der VFT-Berichte im Markt üblichen Rohproteingehalt der Fertigfuttermischungen der Futterindustrie; liegen keine Erkenntnisse zu den üblichen Mischungen der Eigenmischer vor  
<sup>3)</sup> Annahmen zum Rohproteingehalt von Alleinfuttermitteln basieren auf Auswertungen von VFT-Berichten der Jahre 2012 und 2013  
<sup>4)</sup> Der SES-Anteil wurde in Abhängigkeit vom mittleren Rohproteinanteil des Fertigfutters ermittelt. Dabei befinden sich SES und RES als stellvertretende Komponente für RES und andere Proteinträger in einem festen Mengenverhältnis zueinander; dem Getreide wird ein mittlerer Rohproteingehalt zugeordnet  
<sup>5)</sup> Verbrauch = Mischungsanteil (%) x Futteraufnahme (kg)

**Anhangtabelle 5:** Mischfutterzusammensetzungen der Fütterung mit Getreide-Sojaschrot und Getreide-Körnerleguminosen in der Trockenfütterung

	€/dt	Phase » Futtersorte »	Vormast 1			Mittelmast 1	
			3-ph. Getreide + SES	4-ph. Getreide + KL	Multiphase G + KL	3-ph. Getreide + SES	4-ph. Getreide + KL
			V_1	V_1	Anf	M_1	M_1
W-Gerste	20,07		168	164	171	169	165
W-Weizen	22,35		26,0	27,0	24,5	25,3	27,0
Roggen	17,83		30,0	30,5	24,5	34,0	31,0
Weizenkleie	17,65		14,0	9,0	24,5	18,0	12,3
Trockenschnitzel	20,62		1,3	4,0			6,0
Soja-ES 43 %	41,63		25,0			19,5	
Soja-ES 48 % GMO-frei	56,63			10,0	4,45		6,0
Ackerbohnen	31,50			7,5	6,0		7,0
Erbsen	31,50			7,5	6,0		7,0
Lupinen	31,50				6,0		
Pflanzenöl	84,00		1,0	1,3	0,6	0,7	0,7
MF (1)	97,00		2,70	3,2			
MF (2)	83,00					2,5	3,0
MF (5)	116,00				3,45		
MF (6)	25,00						
			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
AS im MinFu	50 % Handel						
L-Lysin	247,50 €		0,30	0,46	0,65	0,31	0,44
DL-Methionin	460,50 €		0,06	0,16	0,20	0,06	0,14
L-Threonin	273,00 €		0,12	0,22	0,28	0,13	0,20
Tryptophan	2.045,00 €			0,03	0,06		0,04

Alleinfutter*		Bedarf:				Bedarf:		
Phasenbeginn	kg	28	28	28	28	40	40	40
MJ ME	g	13,40	13,01	13,39	13,39	13,40	13,04	13,18
Rohprotein (XP)	g	175	188	168	155	165	170	153
Lysin	g	11,00	11,50	11,40	11,80	10,20	10,30	10,30
Lysin im XP	g/100g	6,29	6,12	6,79	7,61	6,18	6,06	6,73
pcv-Lysin	[g	9,50	10,20	10,20	10,8	9,10	9,14	9,19
pcv-Lysin / ME	g/MJ	0,71	0,78	0,76	0,81	0,68	0,70	0,70
DQpcv Lysin	%	86	88	88	92	89	89	89
Lys : Met + Cys	Lys=100	53	57	57	54	54	59	58
Lys : Thr	Lys=100	63	64	65	63	63	66	65
Lys : Trp	Lys=100	18	19	19	17	18	20	19
<b>Preis</b>			<b>28,52</b>	<b>29,13</b>	<b>27,46</b>		<b>26,67</b>	<b>26,49</b>
davon Warenwert AS Einkauf	€/dt			3,09	3,29			3,10
Einkauf Mineralfutter	€/dt		2,62	3,10	4,00		2,08	2,49

	€/dt	Phase » Futtersorte »	Mittelmast 2		Endmast 1		
			3-ph. Getreide + SES	4-ph. Getreide + KL	3-ph. Getreide + SES	Multiphase G + KL	
			M_2	M_2	E_1	End	
			170	166		167	173
W-Gerste	20,07		25,0	23,0		23,0	20,5
W-Weizen	22,35		36,5	34,3		31,4	20,5
Roggen	17,83		22,0	16,0		19,0	20,5
Weizenkleie	17,65			8,0		10,2	12,5
Trockenschnitzel	20,62						7,0
Soja-ES 43%	41,63		14,0				
Soja-ES 48% GMO-frei	56,63						
Ackerbohnen	31,50			8,0		7,0	6,0
Erbsen	31,50			8,0		7,0	6,0
Lupinen	31,50						6,0
Pflanzenöl	84,00		0,3	0,3		0,3	
MF (1)	97,00						
MF (2)	83,00		2,2	2,4		2,1	
MF (5)	116,00						
MF (6)	25,00						1,0
			<b>100</b>	<b>100</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
AS im MinFu	50 % Handel						
L-Lysin	247,50 €			0,41		0,34	0,07
DL-Methionin	460,50 €			0,09		0,05	
L-Threonin	273,00 €			0,19		0,13	0,02
Tryptophan	2.045,00 €			0,02		0,01	

Alleinfutter*		Bedarf:			Bedarf:		
Phasenbeginn	kg	70	70	70	90	100	120
MJ ME	g	13,00	13,07	13,08	13,00	13,04	12,71
Rohprotein (XP)	g	150	152	134	140	131	136
Lysin	g	8,60	8,60	8,90	8,40	8,10	6,70
Lysin im XP	g/100g	5,73	5,66	6,64	6,00	6,18	4,93
pcv-Lysin	[g	7,20	7,58	7,80	6,90	7,12	5,20
pcv-Lysin / ME	g/MJ	0,55	0,58	0,60	0,53	0,55	0,41
DQpcv Lysin	%	84	88	88	82	85	78
Lys : Met + Cys	Lys=100	55	60	57	56	58	66
Lys : Thr	Lys=100	64	65	67	66	68	69
Lys : Trp	Lys=100	18	22	17	18	20	21
<b>Preis</b>			<b>25,00</b>	<b>23,83</b>		<b>23,23</b>	<b>21,92</b>
davon Warenwert AS Einkauf	€/dt			2,36		1,63	0,23
Einkauf Mineralfutter	€/dt		1,83	1,99		1,74	0,25

\*) Die Angaben beziehen sich auf ein Alleinfutter mit 88 % TM; intensives Wachstum 850 g TZ mit hohem Proteinansatz (Quelle: Rechenmeister, 2012, S. 54, 56, 57) in der Gesamtmast; Getreide, SES=Sojaextraktionsschrot, AS=zugesetzte freie Aminosäuren; KL= Körnerleguminosen, Erzeugerpreise aus dem Markt Oktober 2012 bis 5. Oktober 2013; Quelle: LWK NRW, Mineralfutter enthält in [%] Ca, P, Lysin, Methionin und Threonin Zusatzstoffe in Form von L-Lysin, DL-Methionin und L-Threonin; Berechnet von Dr. G. Stalljohann. Wertansatz für freie Aminosäuren = Großhandelspreise veröffentlicht bei [www.euroduna.de](http://www.euroduna.de) + Handelsspanne

## Literaturverzeichnis

---

**A**lltech. (2013). Allzyme SSF. Abgerufen am 28. 05 2013 von [www.alltech.com](http://www.alltech.com/animal-nutrition/pig/products/allzyme-ssf): <http://www.alltech.com/animal-nutrition/pig/products/allzyme-ssf>

Alm, M. (27.11.2012). Review of the EU feed ban on non-ruminant Processed Animal Proteins : outlook of the European Fat processors and Renderers Association (EFPPA). TAIEX workshop. Stavropol.

AWT. (kein Datum). Enzyme. Bonn.

**B**ellof, G. & Weindl, P. (2013). Strategien zum verminderten Einsatz von Sojaextraktionsschroten in der Geflügelfütterung. Benecke, C. (2013). Die Lage spitzt sich zu. DLG Mitteilungen(7), S. 68–71.

BfR. (20. 01 2004). Bergen gentechnisch veränderte Lebensmittel Risiken für die Gesundheit des Verbrauchers? Abgerufen am 13.05.2013 von [www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de): [http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2004/02/bergen\\_gentechnisch\\_veraenderte\\_lebensmittel\\_risiken\\_fuer\\_die\\_gesundheit\\_des\\_verbrauchers\\_-2389.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2004/02/bergen_gentechnisch_veraenderte_lebensmittel_risiken_fuer_die_gesundheit_des_verbrauchers_-2389.html)

Binder, M. (2011). Gesunde und umweltfreundliche Nahrungsmittelproduktion. (E. D. GmbH, Hrsg.) AMINONews, 15(01), S. 9–18.

Biochem. (2012). Intensive Schweinemast mit reduzierte Energiedichte und abgesenkten Rohproteingehalten. Versuchsbericht: Universität Kiel, Prof. Thaller, Versuch in der LPA Achterwehr.

Biochem. (2012). Intensive Schweinemast mit zunehmenden Anteilen an Trockenschlempe – Wirkungen NSP-spaltender Enzyme. Versuchsbericht – Universität Kiel, Prof. Thaller, Versuch in der LPA Achterwehr.

BMELV. (2011). Statistisches Jahrbuch. (E. u. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Hrsg.) Münster: Landwirtschaftsverlag Münster Hilstrup.

BMELV. (2011). Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Bd. 55). Landwirtschaftsverlag Münster Hilstrup.

BMELV. (2012). Besondere Erntermittlung. 2012: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

BMELV. (2012). Eiweißpflanzenstrategie des BMELV – Stand 27.11.2012. Berlin: BMELV.

BMELV. (01. 01 2012). Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung. Abgerufen am 13.06.2013 von [www.bmelv.de](http://www.bmelv.de): <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/Stellungnahme-Ern%C3%A4hrungssicherung.html>

BMELV. (2012). Statistisches Jahrbuch Landwirtschaft 2012. Von <http://www.bmelv-statistik.de/de/statistisches-jahrbuch/> abgerufen

BMELV. (01.03.2012). Struktur der Mischfutterhersteller – Wirtschaftsjahr 2010/2011. (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) Abgerufen am 03.09.2012 von [http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Markt/09\\_Marktbeobachtung/04\\_Getreide\\_Getreideerzeugnisse/StrukturberichtMischfutter10\\_11.html?nn=2303846](http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/01_Markt/09_Marktbeobachtung/04_Getreide_Getreideerzeugnisse/StrukturberichtMischfutter10_11.html?nn=2303846)

BMELV. (2013). Futterzusatzstoffe. (L. u. Bundesministerium für Ernährung, Herausgeber) Abgerufen am 15.05.2013 von [www.bmelv.de](http://www.bmelv.de): <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Futtermittel/Futtermittelzusatzstoffe.html?nn=448244>

BMELV. (2013). Versorgungsbilanz für Getreide – MBT 0201030-0000. Abgerufen am 09.06.2013 von [www.bmelv-statistik.de](http://www.bmelv-statistik.de): <http://www.bmelv-statistik.de/de/statistischer-monatsbericht/b-ernaehrungswirtschaft/>

Branscheid, W. (2012). Nachhaltige Entwicklung in der Fleischwirtschaft – Neue Fragen brauchen neue Antworten. Nutztierpraxis aktuell(43).

Brede, W., Blaha, T. & Hoy, S. (2010). Tiergesundheit Schwein. Frankfurt: DLG Verlag.

Brendel, F. (2012). Sojaboom in deutschen Ställen. WWF Information. (WWF Deutschland, Hrsg.)

BSA. (2012). Beschreibende Sortenliste. (B. (BSA), Hrsg.) Hannover.

**C**anibe, N. & Jensen, B. B. (2012). Fermented liquid feed – Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1), S. 17–40.

Canibe, N., Hojberg, O., Badsberg, J. & Jensen, B. (2007). Effect of feeding fermented liquid feed and fermented grain on gastrointestinal ecology and growth performance in piglets. (ASAS, Hrsg.) *J. Anim. Sci.* 2007(85), S. 2959–2971.

Christen, P. C. & Jaussi, R. *Biochemie* (2005). Heidelberg: Springer Verlag.

Cropenergies. (2012). Produktinformation Protigrain. Abgerufen am 12.06.2013 von [www.cropenergies.com](http://www.cropenergies.com): <http://www.cropenergies.com/de/Lebens-Futtermittel/ProtiGrain/Markt/2012-ProtiGrain-DE.pdf>

**D**ahlmann, C. (2013). Warum der Einsatz von regional erzeugten Leguminosen Sinn macht. WWF-Workshop 2013 – Nachhaltigkeit in der Geflügel- und Schweinefütterung. Berlin: WWF Deutschland.



Dämmgen, U. B.-D. (01. 04 2011). The effect of feed composition and feeding strategies on excretion rates in German pig production. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research*, 61, S. 327–342.

Dämmgen, U., Brade, W., Schulz, J., Haenel, H.-D. & Rösemann, C. (Mai/Juni 2011). Einfluss von Fütterungsverfahren auf die Emissionen aus der Mastschweinehaltung in Niedersachsen. (D. G. (DGfZ), Hrsg.) *Züchtungskunde*, 83(3), S. 191–202.

DESTATIS. (2013). *Land- & Forstwirtschaft – Tierische Erzeugung*. Abgerufen am 18. 03 2013 von [www.destatis.de](http://www.destatis.de).

DGfZ Projektgruppe Klimarelevanz in der Nutztierhaltung. (2012). Der Klimawandel und die Herausforderungen für die Nutztierhaltung von morgen in Deutschland. (DGfZ, Hrsg.) *Züchtungskunde*, 84(2), S. 103–128.

DLG. (2008). *Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung* (Bde. DLG-Informationen 1/2008). Frankfurt: DLG-Verlag.

DLG. (2010). *Erfolgreiche Mastschweinefütterung* (DLG-kompakt Ausg.). (D. L. (DLG), Hrsg.) Frankfurt: DLG-Verlags-GmbH.

DLG. (2010). *Fütterungsanlagen für Schweine – Mischen und Transportieren*. DLG-Merkblatt 361. (A. T. DLG Fachzentrum, Hrsg.)

DLG. (01. 08 2012). *Positivliste für Einzelfuttermittel*. (Z. d. Landwirtschaft, Hrsg.) Abgerufen am 27.05.2013 von [www.dlg.org](http://www.dlg.org): [http://statictypo3.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/positivliste/positivliste\\_de\\_10.pdf](http://statictypo3.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/positivliste/positivliste_de_10.pdf)

DLG. (2012). *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung* (Bd. 8. Auflage). Frankfurt a. M.: DLG Verlags-GmbH.

DVT. (01. 09 2011). *Futter Fakten – Futtermittel für Nutztiere*. (Deutscher Verband Tiernahrung e. V.) Abgerufen am 03.09.2012 von <http://www.dvtiernahrung.de>

DVT. (01.10.2012). *Tierisches Protein wieder in die Fütterung?* Von [www.dvtiernahrung.de](http://www.dvtiernahrung.de): <http://www.dvtiernahrung.de/38.html> abgerufen

DVT. (01.01.2013). *Futter Fakten – Eiweißversorgung bei Nutztieren*. Abgerufen am 12. 05 2013 von [www.dvtiernahrung.de](http://www.dvtiernahrung.de): [http://www.dvtiernahrung.de/fileadmin/redaktion/Aktuelles/2013/2013\\_01\\_1\\_DVT-FuFakt\\_EW-Versorgung.pdf](http://www.dvtiernahrung.de/fileadmin/redaktion/Aktuelles/2013/2013_01_1_DVT-FuFakt_EW-Versorgung.pdf)

DVT. (03.01.2013). *Futter Fakten – Gentechnisch veränderte Futtermittel*. Abgerufen am 13.05.2013 von [www.dvtiernahrung.de](http://www.dvtiernahrung.de): [http://www.dvtiernahrung.de/fufa\\_gvo-futter.html](http://www.dvtiernahrung.de/fufa_gvo-futter.html)

**E**itzinger, J. & Kersebaum, K. C. (2009). Anpassungsstrategien in der Landwirtschaft – Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgasen. In J. Eitzinger, K. C. Kersebaum & H. Formeyer, *Landwirtschaft im Klimawandel* (S. 308–325). Clenze: Agrimedia.

EU. (30.01.2013). VO Nr. 68/2013 Katalog der Einzelfuttermittel – 13.01.2013. (E. Kommission, Hrsg.) (L 29), S. 1–64.

EU Kommission. (29.11.2006). *Erläuterungen zu dem Gemeinschaftsregister der Futtermittelzusatzstoffe*. Abgerufen am 26.05.2013 von [www.ec.europa.eu](http://ec.europa.eu): [http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/reg1831\\_2003\\_expl\\_not\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/reg1831_2003_expl_not_de.pdf)

EU Kommission. (21.05.2013). *Gemeinschaftsregister der Futtermittelzusatzstoffe der EU*. (H. A. DIRECTORATE–GENERAL, Hrsg.) Abgerufen am 27.05.2013 von [www.ec.europa.eu](http://ec.europa.eu): [http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/comm\\_register\\_feed\\_additives\\_1831-03.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/comm_register_feed_additives_1831-03.pdf)

EU VO [EG] Nr. 1831. (18.10.2003). *Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung* (22.09.2003). (E. Kommission, Hrsg.) *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 268, S. 29–43.

**F**achverband der Stärkeindustrie. (2012). *Zahlen und Fakten zur Stärkeindustrie 2012*. Abgerufen am 22.04.2013 von [www.staerkeverband.de](http://www.staerkeverband.de): [http://www.staerkeverband.de/downloads/FSI\\_zahlen2012.pdf](http://www.staerkeverband.de/downloads/FSI_zahlen2012.pdf)

Flachowsky, G. D. (2008). *Mehr Milch und Fleisch für die Welt*. Forschungsreport, 14–17.

Flachowsky, G. D. (2012). *Lebensmittel tierischer Herkunft ressourceneffizient erzeugen*. (BMELV, Hrsg.) *Forschungsreport(1/2012)*, S. 8–10.

Funk, H. (28. 02 2013). *Biokraftstoffe und ihr Einfluss auf Agrarmärkte*. (L. Niedersachsen, Hrsg.) Abgerufen am 30.06.13 von [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de): <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/206/article/21450.html>

**G**efrom, A., Ott, E. M., Hoedtke, S. & Zeyner, A. (2013). Silierung rückbefeuchteter Leguminosenkörner und der Einfluss der Silierung auf den Gehalt an Alkaloiden, Oligosacchariden, Phytat-Phosphor und Tanninen. (DGfZ, Hrsg.) *Züchtungskunde*(85 (2)), S. 154–168.

GfE. (2006). *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen*. Frankfurt a. M.: DLG-Verlag, *GfE-Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie*.

Gocht, R. (2011). *Potenziale der Leguminosen*. (L. u. Landesamtes für Umwelt, Hrsg.) *Schriftenreihe des LfULG* (Heft 20).

Griep, W. (2013). *Von der Alge zum Eiweißfuttermittel*. *DGS Magazin*(5 ), S. 39–43.

**H**einze, A. (2011). *Fermentation von Futtermitteln für die Schweineproduktion*. Bericht zum Kenntnisstand und Literaturrecherche, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL).

Heinze, A. A.-J. (2013). Fermentation von Schweinefutter – Einfluss auf die Protein- und Phosphorverdaulichkeit. Forum angewandte Forschung 09./10.04.2013, (S. 183.1 - 3). Fulda.

Hess, V. P. (April 2006). Aminosäuren in der Tierernährung: Sollte ie Zulage an freien Aminosäuren in Geflügel- und Schweinerationen begrenzt werden? (D. A. additives, Hrsg.) AminoNews, 07(Nr. 1), S. 1–12.

Hirschfeld, J., Weiß, J., Preidl, M. & Korbun, T. (2008). Klimawirkungen der Landwirtschaft. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW).

Hollmichel, K. (05. 04 2011). Die Lupine – das Soja des Nordens. Abgerufen am 24. 04 2013 von [www.proteinmarkt.de: http://www.proteinmarkt.de/futtermittel/artikel/fachartikel-die-lupine-das-soja-des-nordens/2011/05/04/](http://www.proteinmarkt.de/futtermittel/artikel/fachartikel-die-lupine-das-soja-des-nordens/2011/05/04/)

Hollmichel, K. W. (4. Januar 2014). Mastschweine gentechnikfrei füttern. Bauernblatt, S. 41–43.

Hollmichel, K. & Wolter, M. (10 2013). Teure Sojabohne. DLZ Primus Schweine, S. 33–35.

Hooge, D. M. (30. November 2009). Enzyme system mai aid broiler performance. feedstuffs, 81(49).

Htoo, J. K. (2008). Effects of coextrusion of flaxseed and field pea on the digestibility of energy, ether extract, fatty acids, protein, and amino acids in grower-finisher pigs. (A. S. Science, Hrsg.) Journal of Animal Science, 86, S. 2942–2951.

**I**NRA. (24. 10 2012). Feedipedia – Futtermitteldatenbank – Datenblatt Wasserlinse. (F. -T.-I. FAO, Hrsg.) Abgerufen am 13.06.2013 von [www.feedipedia.org](http://www.feedipedia.org): <http://www.feedipedia.org/node/15721>

**J**ezierny, D., Mosenthien, R., Sauer, N., Roth, N., Piepho, H. -P., Rademacher, M., et al. (2011). Chemical composition and standardised ileal digestibilities of crude protein and amino acids in grain legumes for growing pigs. Livestock Science(138), S. 229–243.

**K**AHL. (2005). Expandiertes Strukturfutter für Schweine – Beschreibung des Herstellungsverfahrens und der Produkteigenschaften. (A. K. KG, Hrsg.)

Kahl-Group. (01.06.2009). Proteinverschiebung. Abgerufen am 12.06.2013 von [www.kahl.de](http://www.kahl.de): [http://www.akahl.de/akahl/files/Prospekte/Prospekte\\_deutsch/AK64-Protein-9d.pdf](http://www.akahl.de/akahl/files/Prospekte/Prospekte_deutsch/AK64-Protein-9d.pdf)

Kahnt, G. (2008). Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau. Frankfurt: DLG-Verlag.

Kamphues, J., Iben, C., Pallauf, J., Wanner, M., Coenen, M., Kienzle, E. et al. (2009). Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. Hannover: M.&H. Schaper.

Kersten, J., Rohde, H.-R. & Nef, E. (2010). Mischfutterherstellung (Bd. 3. Auflage). Clenze: Agrimedia.

Kim, J. C., Mullan, B. P., Nicholls, R. R. & Pluske, J. R. (2011). Effect of Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius* L.) inclusion levels and enzyme supplementation on the performance, carcasscomposition and meat quality of grower/finisher pigs. Animal Production Science, 51(1), S. 37–43.

Klümper, W. & Qaim, M. (2 2013). Europa und der Welthunger. (D. L. (DLG), Hrsg.) DLG-Mitteilungen(2), S. 80–82.

Kretzschmar, I. (9-10 2012). Veredeltes Rapsextraktionsschrot. Feedmagazine – Kraftfutter, S. 1–7.

KTBL. (2012). Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/2013. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL).

KTBL. (2013). KTBL Datensammlung – Leistungs- und Kostenrechnung Tier . (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)) Abgerufen am 10.01.2013 von [www.ktbl.de: http://daten.ktbl.de/ds/ktier/postHv.html#Ergebnis](http://daten.ktbl.de/ds/ktier/postHv.html#Ergebnis)

**L**FAMV. (2009). Futterwert und Einsatzmöglichkeiten von Blauen Lupinen und Nebenprodukten aus der Energiepflanzenproduktion in der Mastschweinefütterung. Forschungsbericht, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion, Dummerstorf.

LfL. (2011). Schweinefütterung mit heimischen Eiweißfuttermitteln. LfL-Information, 2. Aufl. Poing: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

LfL. (06.11.2013). Deckungsbeitragsrechner Erbsen, Ackerbohnen, Lupinen. Von [www.stmelf.bayern.de](http://www.stmelf.bayern.de): <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html> abgerufen

LfL. (2013). Deckungsbeitragsrechner für die Landwirtschaft in Bayern. Abgerufen am 03.07.2013 von [www.stmelf.bayern.de](http://www.stmelf.bayern.de): <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>

Lindermayer, H. (01. 11 2011). Futterberechnung für Schweine. (I. f. Bayern, Hrsg.) Abgerufen am 24.04.2013 von [www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de): <http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/14068/>

Lindermayer, H. (2012). Perspektiven einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Tierernährung. 50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. (BAT).

Lindermayer, H., Preißinger, W. & Propstmeier, G. (22. 03 2013). Sie wachsen zuerst weniger – Kann Rapsschrot Soja aus der Futtermittellieferung für Mastschweine verdrängen? Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt(12), S. 32–33.

Lindermeyer, H., Preißinger, W. & Propstmeier, G. (2010). „Einfache“ Multiphasenfütterung in der Ferkelaufzucht: „Verschneiden“. (B. L. (LfL), Hrsg.) Abgerufen am 22.05.2013 von [www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de): [http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/40343/linkurl\\_0\\_12.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/40343/linkurl_0_12.pdf)

LUFA Nord-West. (16. 01 2012). Downloads Futtermittel – CCM Auswertung und Ergebnisse Ernte 2011. Abgerufen am 15.04.2013 von [www.lufa-nord-west.de](http://www.lufa-nord-west.de): [http://www.lufa-nord-west.de/data/documents/Downloads/IFF/CCM\\_2011\\_Endauswertung.pdf](http://www.lufa-nord-west.de/data/documents/Downloads/IFF/CCM_2011_Endauswertung.pdf)

Lundblad, K. K., Issa, S., Hancock, J. D., Behnke, K. C., McKinney, L. J., Alavi, S. et al. (2011). Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 169(3), S. 208–217.

LWK Niedersachsen. (2011). Richtwertdeckungsbeiträge 2012 der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Oldenburg: Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

LWK NRW. (2012). Rechenmeister für die Schweinefütterung. (L. Nordrhein-Westfalen, Hrsg.) Münster.

**M**atthäus, B. & Münch, E. W. (2009). Warenkunde Ölpflanzen/Pflanzenöle. Clenze: Agrimedia GmbH.

Meyer, A., Vogt, W. & Brade, W. (26.09.2012). Vergleich der neuen Versorgungsempfehlungen für Mastschweine mit den Vorgaben für RAM-Futter. (L. Niedersachsen, Hrsg.) Abgerufen am 13.05.2013 von [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de): <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/tier/nav/1093/article/20309.html>

Missotten, J. A., Michiels, J., Owyn, A., De Smet, S. & Dierick, N. A. (2010). Fermented liquid feed for pigs. *Archives of Animal Nutrition*, Vol. 64, Iss. 6, 2010.

Müller, K. (08. 06 2013). Kann Soja durch Raps auch im Mastfutter ersetzt werden? *Bauernblatt*, S. 50–51.

Müller, K., Clausen, G., Springer, G. & Meyer, C. (2013). Kann Sojaextraktinsschrot komplett durch fermentiertes Rapsextraktionsschrot ersetzt werden? In V. d. Landwirtschaftskammern (Hrsg.), *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, (S. 184–187). Fulda.

**N**ewkirk, R. W., Classen, H., Scott, T. A. & Edney, M. J. (2003). The digestibility and content of amino acids in toasted and non-toasted canola meals. *CANADIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*, 83, S. 131–139.

NRC. (2012). *Nutrient Requirements of Swine* (11th reviewed edition Ausg.). (N. R.-C. Swine, Hrsg.) Washington, D.C.: The National Academies Press.

**O**hh, S. J. (2011). Meta Analysis to Draw the Appropriate Regimen of Enzyme and Probiotic Supplementation to Pigs and Chicken Diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*(4), S. 573–586.

OVID. (13. 04 2011). Einsatzgrenzen für Rapsfuttermittel in Mischungen für Schweine in %. Abgerufen am 24.04.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): [http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Schweine/Einsatzgrenzen\\_Rapsfuttermittel.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Schweine/Einsatzgrenzen_Rapsfuttermittel.pdf)

OVID. (14. 05 2012). Eiweißstrategie Futtermittel: Die Rolle von Soja und Raps als Proteinfuttermittel in Deutschland und Europa. Abgerufen am 13.05.2013 von [www.ovid-verband.de](http://www.ovid-verband.de): [http://www.ovid-verband.de/fileadmin/downloads/OVID\\_Positionspapier\\_Proteinstrategie\\_120514.pdf](http://www.ovid-verband.de/fileadmin/downloads/OVID_Positionspapier_Proteinstrategie_120514.pdf)

**P**ape [Hrsg.], H. C. (2006). *Futtermittelzusatzstoffe*. Bergen/Dumme: Agrimedia GmbH.

Preißinger, W., Lindermeyer, H. & Propstmeier, G. (01. Juni 2013). „Einfache“ Multiphasenfütterung in der Schweinemast durch Verschneiden mit Weizen. In V. d. Landwirtschaftskammern (Hrsg.), *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, (S. 126–129). Fulda.

Prößler, P., Schlagheck, A., Hartwigsen, R. & Thaller, G. (2013). Effiziente Schweinemast – Enzymproduzierende Mikroorganismen zur Senkung der Futterkosten. *Feedmagazine – Kraftfutter*(3-4), S. 9–12.

**S**auermann, W. (2011). Erfolgreicher Anbau und Verwertung von Ackerbohnen. *Raps*, 29(1), S. 52–57.

Schätzl, R. (10. 1 2012). Heimisches Eiweißfuttermittel: Potentiale und Wirtschaftlichkeit. *Unternehmerseminar des Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Regensburg*. Regensburg.

Schätzl, R., Hammerl, G., Damme, K., Lindermeyer, H., Krumphuber, C., Endres, B. et al. (2012). Heimische Eiweißfuttermittel in der Schweine- und Geflügelhaltung – Möglichkeiten und Grenzen. Dettelbach.

Schöne, F. (2009). Glucosinolatgehalt in Rapsfuttermitteln – Entscheidendes Qualitätskriterium in der Tierernährung. In U. Statusseminar (Hrsg.). Berlin.

Schulte-Sutrum, R. & Stalljohann, G. (2012). Düsse testet Sauenfutter. *Landwirtschaftliches Wochenblatt*(35).

Schütte, R. (2011). *Agrarstatistisches Kompendium 2011*. Oldenburg: LWK Niedersachsen.

- Schütte, R. (09.07.2012). Agrarstatistik – EEG stellt Kulturlandschaft auf den Kopf. (L. Niedersachsen, Hrsg.) Abgerufen am 18.03.2013 von [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/19589.html): <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/19589.html>
- Schütte, R. (01.03.2012). Agrarstatistik – Wohin wandert die niedersächsische Viehhaltung? Abgerufen am 18.03.2013 von [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/15880.html): <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/15880.html>
- Schütte, R. (11.01.2012). Agrarstatistik Niedersachsen – Schweinehaltung marschiert in große Bestände. Abgerufen am 25.03.2013 von [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/18385.html): <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/18385.html>
- Schütte, R. (kein Datum). Agrarstatistik Niedersachsen – EEG stellt Kulturlandschaft auf den Kopf.
- Sholly, D. M., Jorgensen, H., Sutton, A. L., Richert, B. T. & Bach Knudsen, K. E. (2011). Effect of fermentation of cereals on the degradation of polysaccharides and other macronutrients in the gastrointestinal tract of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 89, S. 2096–2105.
- Sholly, D., Jorgensen, H., Sutton, A., Richert, B. & Bach Knudsen, K. (2011). Effect of fermentation of cereals on the degradation of polysaccharides and other macronutrients in the gastrointestinal tract of growing pigs. (ASAS, Hrsg.) *J. Anim. Sci.*, 89, S. 2096–2105.
- Simon, O. (2005). Mikroorganismen als Futterzusatzstoffe: Probiotika – Wirksamkeit und Wirkungsweise. Boku-Symposium Tierernährung – Tierernährung ohne antibiotische Leistungsförderer, (S. 10–16). Wien.
- Spring, P., Bracher, A. & Kupper, T. (2010). Fütterungseinflüsse auf Ammoniakemissionen in Modellschweinebetrieben. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung*.(33), 207–210.
- Stalljohann. (2011). Heimische Körnerleguminosen als Alternative für Sojaextraktionsschrot aus Übersee? *Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen*.
- Stalljohann. (2013). mündliche Mitteilung.
- Stalljohann, G. (2006). Mit Ferment-Getreide zu gesünderen Schweinen. *SUS Schweinezucht und Schweinemast*(5), S. 52–59.
- Stalljohann, G. (2008). Profis sollten Fermentierung nutzen! *Westfälisches Wochenblatt*.
- Stalljohann, G. (1 2008). Schweine nicht als Resteverwerter missbrauchen! *SUS*, S. 36–41.
- Stalljohann, G. (2009). Auf teures Soja reagieren. *Landwirtschaftliches Wochenblatt*(43), S. 34–36.
- Stalljohann, G. (24. 01 2012). Heimische Körnerleguminosen als Alternative für Sojaextraktions-schrot aus Übersee? (L. NRW, Hrsg.) Abgerufen am 15.10.2013 von [www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/leguminosen-statt-soja.htm): <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/leguminosen-statt-soja.htm>
- Stalljohann, G. (2012). Soja (zu) teuer – was tun? (L. GmbH, Hrsg.) *Landwirtschaftliches Wochenblatt*(36), S. 34–36.
- Stalljohann, G. & Möllering, J. (12.08.2008). Körnerleguminosen gezielt einsetzen! Abgerufen am 29.01.2013 von [www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/koernerleguminosen.htm): <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/fuetterung/koernerleguminosen.htm>
- Stalljohann, G. & Schulte-Sutrum, R. (2013). Einsatz von nährstoffreduziertem Futter in der Sauenhaltung durch den Einsatz von APC nat. add. in Sauenfutter. *Boku-Symposium Tierernährung 2013*. 2013.
- Stopp, A. S. (2012). Alternativen zu importierter Soja in der Milchviehfütterung. (W. Deutschland, Hrsg.) Berlin.
- Surai, P. F. (2006). *Selenium in Nutrition and Health*. Nottingham: Nottingham University Press.

**U**brich, M. H. (2004). *Fütterung und Tiergesundheit*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

**V**an Eys, J. E. (kein Datum). *Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry* (2nd Edition Ausg.). (U. S. Council, Hrsg.)

van Krimpen, M. M., Bikker, P., van der Meer, I. M., van der Peet-Schwering, C. M. & Vereijken, J. M. (2013). Cultivation, processing and nutritional aspects for pigs and poultry of European protein sources as alternatives for imported soybean products. Report 662. Lelystad: Wageningen UR, Livestock Research.

VfT. (2013). Testergebnisse. (V. F. V., Herausgeber) Abgerufen am 17.09.2013 von [www.futtermitteltest.de](http://www.futtermitteltest.de): <http://www.futtermitteltest.de/jsp-bin/futtermitteltest.jsp?order=Dateiname&region=>

Virokunovas, S. L., Silva, C., Bridi, A., Lozano, A., Tarsitano, M. & R.A.M. Silva, D. D. (16. 05 2010). Effects of Allzyme® SSF in diets containing defatted corn germ meal in pigs during grower and finisher phases on performance, carcass traits and meat quality. *Science and Technology in the Feed Industry – 26th International Symposium*. (A. Inc., Hrsg.) Lexington.

von Lüpke, M. (27. 05 2013). Entengrütze als Kraftstoff. (D. W. (DW), Hrsg.) Abgerufen am 12.06.13 von [www.dw.de](http://www.dw.de/entengr%C3%BCtze-als-kraftstoff/a-16797707): <http://www.dw.de/entengr%C3%BCtze-als-kraftstoff/a-16797707>

von Witzke, H., Noleppa, S. & Zhirkova, I. (2011). *Fleisch frisst Land*. (WWF Deutschland, Hrsg.) Berlin.

- W**eber. (01. 05 2013). Mästen ohne Soja – geht das? (DLG, Hrsg.) DLG-Mitteilungen, S. 78–81.
- Weber. (01. 03 2013). Rapsextraktionsschrot in unverändert guter Qualität auf dem Markt. Abgerufen am 21.04.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): [http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Fachartikel/Fachartikel\\_Rapsmonitoring\\_2012-WEB-NEU.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Fachartikel/Fachartikel_Rapsmonitoring_2012-WEB-NEU.pdf)
- Weber, M. (2011). Futtermischungen in der Mastschweinehaltung. Abgerufen am 07.01.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): [http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Schweine/Rationen/OVID-Spezial-FuttermittelSchwein\\_Mastschweine.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Schweine/Rationen/OVID-Spezial-FuttermittelSchwein_Mastschweine.pdf)
- Weber, M. (19.06.2013). Wodurch lässt sich die Futtereffizienz beim Schwein steigern – oder 13 Punkte zur Steigerung der Futtereffizienz und Senkung der Futterkosten beim Schwein. Abgerufen am 20.06.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): <http://www.proteinmarkt.de/aktuelle-meldungen/artikel/wodurch-laesst-sich-die-futtereffizienz-beim-schwein-steigern/2013/06/19/>
- Weber, M. (01. 05 2013). Wodurch lässt sich die Futtereffizienz beim Schwein steigern – oder 13 Punkte zur Steigerung der Futtereffizienz und Senkung der Futterkosten, Teil 3. Abgerufen am 03.07.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): [http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Fachartikel/Fachartikel\\_Futtereffizienz\\_Teil\\_3\\_WEB.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Fachartikel/Fachartikel_Futtereffizienz_Teil_3_WEB.pdf)
- Weber, M. & Zehnpfennig, C. (01.06.2011). Familienbetrieb setzt auf Ackerbohnen in der Schweinefütterung. Abgerufen am 10.06.2013 von Proteinmarkt – Betriebsreportage: [http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/Fachartikel/Betriebsreportage\\_Ackerbohnen\\_in\\_der\\_Schweinefuetterung\\_WEB.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Fachartikel/Betriebsreportage_Ackerbohnen_in_der_Schweinefuetterung_WEB.pdf)
- Wehling, P., Ruge-Wehling, B., Rudloff, E., Jansen, G. & Balko, C. (2012). Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Tierernährung. (S. B. BMVEL, Hrsg.) Forschungsreport(1), S. 11–15.
- Weiß, J. (2009). Rapsextraktionsschrot – auch in der Schweinefütterung eine bewährte Proteinkomponente. Abgerufen am 28.05.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): [http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user\\_upload/VP/OVID\\_09\\_020\\_Ausgabe2\\_web.pdf](http://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/VP/OVID_09_020_Ausgabe2_web.pdf)
- Weiß, J. (19.11.2012). Allgemeine Informationen Futtermittel. Abgerufen am 15.04.2013 von [www.proteinmarkt.de](http://www.proteinmarkt.de): <http://www.proteinmarkt.de/aktuelle-meldungen/artikel/getreidequalitaet-2012-%E2%80%93-geringere-proteingehalte/2012/11/19/>
- Westfleisch. (08 2013). CO<sub>2</sub>-Footprint-Schweinefleisch verbessert. Westfleisch Info für Landwirte. Münster.
- Westfleisch eG. (2012). Nachhaltigkeitsbericht 2012. Münster: Westfleisch eG.
- Windisch, W. F. (01. 01 2013). Strategien für eine nachhaltige Tierernährung. (D. G. (DGfZ), Hrsg.) Züchtungskunde, S. 40–53.
- Winkler, A., Siegel, S., Zinner, P., Lindner, P. & Dusel, G. (2012). Einfluss verschiedener Fütterungskonzepte bei unterschiedlichen Genetiken sowie Geschlecht auf die zootechnischen Leistungsparameter bei Mastschweinen. Boku-Symposium Tierernährung, (S. 106–112). Wien.



- 1) Vgl. (BMELV, 2011) und Tabelle 3.1
- 2) Vgl. (BMELV, 2011), Tabelle 409
- 3) Vgl. (Schütte, Agrarstatistik Niedersachsen – Schweinehaltung marschiert in große Bestände, 2012)
- 4) Die Abgrenzung von kritischer und unkritischer Zone in dieser Kennzahl soll in dieser Studie nicht erörtert werden.
- 5) Vgl. (BMELV, 2012, S. 25, Tab. 1.1)
- 6) Vgl. (DVT, 2013)
- 7) Vgl. (BMELV, 2012, S. 244, Tab. 280)
- 8) Vgl. Parlamentarischer Staatssekretär Dr. Gerd Müller, 13.11.2012, EuroTier 2012, <http://www.bmel.de/SharedDocs/Reden/2012/11-13-MUE-EuroTier.html#doc3427914bodyText6>
- 9) Vgl. (Flachowsky, Lebensmittel tierischer Herkunft ressourceneffizient erzeugen, 2012)
- 10) Vgl. (Flachowsky, Lebensmittel tierischer Herkunft ressourceneffizient erzeugen, 2012), (Windisch, 2013)
- 11) Vgl. (Windisch, 2013, S. 43, zweiter Absatz, und S. 44, letzter Absatz)
- 12) Vgl. (Flachowsky, 2008)
- 13) Vgl. (Flachowsky, 2008, S. 15, Tabelle 2)
- 14) Vgl. (Christen, 2005, S. 21f)
- 15) Vgl. (GfE, 2006, S. 39f. und S. 42ff., Bedarf für Wachstum, Trächtigkeit und Milchleistung)
- 16) Vgl. (GfE, 2006, S. 39ff)
- 17) Vgl. (BMELV, 2012, S. 27)
- 18) Vgl. (NRC, 2012, S. 16, Amino Acid sources)
- 19) bedarfsdeckend in Bezug auf Energie und Protein bzw. essenzielle Aminosäuren
- 20) in Bezug auf die Proteinversorgung
- 21) Vgl. (NRC, 2012, S. 195, Kap. 14, Influence of Nutrition on Nutrient Excretion and the Environment)
- 22) Vgl. (NRC, 2012, S. 17, Means of expressing amino acid requirements – Units)
- 23) Vgl. (Ulbrich, 2004, S. 213ff, Kap. 3.3.5)
- 24) Vgl. (Surai, 2006, S. 1, Kapitel 1), (Ulbrich, 2004, S. 219, Abbildung 3.28, 3.29, S. 220ff)
- 24) Vgl. (NRC, 2012, S. 132, Figure 8-3)
- 26) Vgl. (NRC, 2012, S. 135, Eq. 8-43), (GfE, 2006, S. 46, unten)
- 27) Vgl. (GfE, 2006, S. 46 unten)
- 28) Vgl. (NRC, 2012, S. 134ff, Amino Acid requirements)
- 29) Vgl. (NRC, 2012, S. 135, Figure 8-4)
- 30) Vgl. (DLG, 2010, S. 26, Abb. 7, S. 39ff, Tabelle 9 bis 11), (GfE, 2006, S. 57)
- 31) Vgl. (van Eys, S. 33, Anti-nutritional factors ANF), (NRC, 2012, S. 160, Full-Fat Soybeans), (Ulbrich, 2004, S. 239, Tab. 4.7)
- 32) Vgl. (Schöne, F., 2009)
- 33) Vgl. (OVID, 2011), (Schöne, F., 2009)
- 34) Vgl. (Weber, Rapsextraktionsschrot in unverändert guter Qualität auf dem Markt, 2013), (Weber, 2013)
- 35) Vgl. (Ulbrich, 2004, S. 238, Tab. 4.7), (Matthäus & Münch, 2009, S. 240ff)
- 36) Vgl. (Kretzschmar, 2012), (Weber, 2013), (Stalljohann G., Soja (zu) teuer – was tun?, 2012)
- 37) Vgl. (DVT, 2011, S. 63f, Tabelle 6)
- 38) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013), (Ulbrich, 2004, S. 237ff, Tabellen 4.7, 4.8, 4.9)
- 39) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013, S. 162)
- 40) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013, S. 157, Tab. 1, S. 159, Tab. 3 und S. 161, Tab. 5), (Kamphues, et al., 2009, S. 94)
- 41) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013, S. 160, Tab. 4), (Jezierny, et al., 2011, S. 235, Table 3d), (LFAMV, 2009, S. 18, Kap. 2.2.4)
- 42) Vgl. (BMELV, 2013)
- 43) Vgl. (BMELV, 2012, S. 63f, Tabelle 6)
- 44) Vgl. (Weber, 2013)
- 45) Vgl. (OVID, 2012, S. 8)
- 46) Vgl. (Dämmgen, Brade, Schulz, Haenel & Rösemann, 2011), (Dämmgen U. B.-D., 2011)
- 47) Vgl. (Dämmgen U. B.-D., 2011, S. 335, Table 3), (Dämmgen, Brade, Schulz, Haenel & Rösemann, 2011, S. 194, Tab. 3)
- 48) Vgl. (Dämmgen U. B.-D., 2011, S. 334, Table 2)
- 49) Vft Verein Futtermitteltest e. V., <http://www.futtermitteltest.de>
- 50) Prüfberichte: 19/12, 19/13, 20/13, 47/12, 49/12, 50/12 in Bezug auf Alleinfuttermittel für Mastschweine und 24/13, 21/13, 20/12, 50/12, 52/12 in Bezug auf Alleinfuttermittel für Sauen (VfT, 2013)
- 51) Vgl. (Dämmgen U. B.-D., 2011, S. 333, Figure 1)
- 52) Vgl. (Dämmgen, Brade, Schulz, Haenel & Rösemann, 2011, S. 194, Tab. 2), (Meyer, Vogt & Brade, 2012)
- 53) Vgl. (Preißinger, Linder Mayer & Propstmeier, 2013, S. 126, Einleitung)
- 54) Vgl. (Meyer, Vogt & Brade, 2012), (Preißinger, Linder Mayer & Propstmeier, 2013), (Linder Mayer, Preißinger & Propstmeier, 2010)
- 55) Vgl. (Schätzl, et al., 2012)
- 56) RAM-Fütterung = Fütterung mit rohproteinangepassten Mischungen; N- und P-reduzierte Futtermischungen
- 57) Vgl. (DLG, 2010, S. 40, Tab. 10)
- 58) Vgl. (Meyer, Vogt & Brade, 2012)

- 59) Vgl. (Hess, 2006, S. 6, Tab. 3, Literaturübersicht), (Relandeu, 1999, S. 3, Abb. 6)
- 60) Vgl. (GfE, 2006, S. 40, Kap. 3.1)
- 61) Vgl. (GfE, 2006, S. 66, Tab. 4.9 und S. 58, Tab. 4.1)
- 62) Bei 120 kg LG und 900 g TZ ist der minimale Bedarf 42 MJ ME und 240 g pcv Rohprotein je Tag.  
Es wird eine praecaecale Verdaulichkeit von 80 % unterstellt.
- 63) Vgl. (Hess, 2006, S. 2, Verdaulichkeit und Verfügbarkeit von kristallinen Aminosäuren)
- 64) Vgl. (Binder, 2011)
- 65) Vgl. (DGfZ Projektgruppe Klimarelevanz in der Nutztierhaltung, 2012),  
(Flachowsky, Lebensmittel tierischer Herkunft ressourceneffizient erzeugen, 2012), (Windisch, 2013, S. 45, Kap. 3)
- 66) Vgl. (Windisch, 2013, S. 45)
- 67) Vgl. (EU, 2013)
- 68) Vgl. (GfE, 2006, S. 220, Tabelle 9.4); (NRC, 2012, S. 157ff und Tabellenanhang)
- 69) Vgl. (Matthäus & Münch, 2009, S. 245ff, Kap. 11.2.3)
- 70) Vgl. (Matthäus & Münch, 2009, S. 246, Tab. 11-9)
- 71) Vgl. Huisman und Tolman, 1992, zit. in (van Eys, S. 39, Table 18)
- 72) Vgl. (NRC, 2012, S. 187, Crude protein and amino acids)
- 73) Vgl. (Matthäus & Münch, 2009, S. 246); (Newkirk, Classen, Scott & Edney, 2003)
- 74) Vgl. (Htoo, 2008)
- 75) Vgl. (Htoo, 2008, S. 2947, Table 8)
- 76) Vgl. (Htoo, 2008, S. 2945, Table 3)
- 77) Vgl. (Kersten, Rohde & Nef, 2010, S. 267ff)
- 78) Vgl. (Kretzschmar, 2012)
- 79) Vgl. (Lundblad, et al., 2011), (NRC, 2012, S. 184f, Kap. 12 Feed processing)
- 80) Vgl. (Heinze A., 2011, S. 6, Kap. 2.2)
- 81) Vgl. (Sholly D., Jorgensen, Suttén, Richert & Bach Knudsen, 2011)
- 82) Vgl. (Sholly D., Jorgensen, Suttén, Richert & Bach Knudsen, 2011, S. 2103)
- 83) Vgl. (Heinze A. A.-J., 2013, S. 183.3, Tab. 6), Mischfutter aus Weizen, Gerste, Mais, Rapsextraktionsschrot und Süßmolkenmischung
- 84) Vgl. (Canibe & Jensen, Fermented liquid feed – Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs, 2012)
- 85) Vgl. (Heinze A., 2011, S. 10, Verfahrenstechnische Einflussfaktoren)
- 86) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013)
- 87) Vgl. (Stalljohann G., Mit Ferment-Getreide zu gesünderen Schweinen, 2006, S. 54, Abb. 2)
- 88) Vgl. (Stalljohann G., Profis sollten Fermentierung nutzen!, 2008)
- 89) zusammenfassende Aufzählung vgl. (Stalljohann G., Profis sollten Fermentierung nutzen!, 2008)
- 90) Vgl. (Canibe & Jensen, Fermented liquid feed – Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs, 2012)
- 91) Vgl. (Stalljohann G., Profis sollten Fermentierung nutzen!, 2008, S. 9, Übersicht 3 und 4)
- 92) Vgl. (Stalljohann G., 2008, S. 11–12, Übersicht 5 und 6)
- 93) Vgl. (Kim, Mullan, Nicholls & Pluske, 2011, experimental design), (Alltech, 2013)
- 94) Vgl. (Müller, 2013), (Müller, Clausen, Springer & Meyer, 2013)
- 95) Vgl. (EU VO [EG] Nr. 1831, 2003, Artikel 5 (3) e und f), (EU Kommission, 2006); (EU Kommission, 2013), (BMELV, 2013)
- 96) Vgl. (BMELV, 2013), EC-Code 3.1 = Phosphatasen und 3.2 = Glycosidasen überwiegen in der Liste
- 97) Vgl. (Pape [Hrsg.], 2006, S. 27, Bedeutung für die nachhaltige Tierproduktion), (AWT, S. 21, Tab. 2)
- 98) Vgl. (NRC, 2012, S. 166, Erfolgsvoraussetzungen für Probiotica)
- 99) Vgl. (Simon, 2005), (Ohh, 2011, S. 581, Table 9)
- 100) Vgl. (Prößler, Schlagheck, Hartwigsen & Thaller, 2013)
- 101) Vgl. (Biochem, 2012), erhöhte Mischungsanteile DDGS
- 102) Vgl. (Biochem, 2012), abgesenkte Energiedichte und reduzierte Rohproteingehalte
- 103) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013)
- 104) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013, S. 11, Kap. 4)
- 105) Vgl. (DLG, 2012, S. 19, Futtermittel 02.14.06)
- 106) Vgl. (DLG, 2012, S. 20, Futtermittel 02.15.03)
- 107) Vgl. (Kretzschmar, 2012), (Matthäus & Münch, 2009), (OVID, 2011) (Schöne, F., 2009), (Weiß, 2009)
- 108) Vgl. (Stalljohann G., Soja (zu) teuer – was tun?, 2012), (Lindermayer, Preißinger & Propstmeier,  
Sie wachsen zuerst weniger – Kann Rapsschrot Soja aus der Futterration für Mastschweine verdrängen?, 2013)
- 109) Vgl. (NRC, 2012, S. 185, Kap. 12 Feed processing)
- 110) Vgl. (Matthäus & Münch, 2009, S. 245f, Kap. 11.2.3.1)
- 111) Vgl. (Kretzschmar, 2012)
- 112) Vgl. (KAHL, 2005)
- 113) Vgl. (Heinze A. A.-J., 2013)
- 114) Vgl. (BMELV, 2012), (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013) (Hollmichel K., Die Lupine – das Soja des Nordens, 2011),  
(Jezierny, et al., 2011), (Stalljohann & Möllering, 2008), (LFAMV, 2009), (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013), (Stalljohann, 2011), (Lindermayer, 2012), (LfL, 2011)
- 115) Vgl. (Jezierny, et al., 2011), (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013), (LFAMV, 2009),  
(Wehling, Ruge-Wehling, Rudloff, Jansen & Balko, 2012)
- 116) Vgl. (BSA, 2012)

- 117) Vgl. (Sauermann, 2011), (Hollmichel K., Die Lupine – das Soja des Nordens, 2011), (Weber & Zehnpfennig, 2011), (Hollmichel & Wolter, Teure Sojabohne, 2013)
- 118) Vgl. (Stalljohann, 2011, Übersicht 4), (Weber & Zehnpfennig, 2011), (Hollmichel K., Die Lupine – das Soja des Nordens, 2011)
- 119) Vgl. (Kamphues, et al., 2009, S. 94, Kap. 8.3), (Kersten, Rohde & Nef, 2010, S. 126f), (Hollmichel K., Die Lupine – das Soja des Nordens, 2011)
- 120) Vgl. (Stalljohann & Möllering, Körnerleguminosen gezielt einsetzen!, 2008, S. 1, Tabelle 2), (Lindermayer, H., 2011, S. 70)
- 121) Vgl. (Kamphues, et al., 2009), (Lindermayer, H., 2011)
- 122) Vgl. (Hollmichel K., Die Lupine – das Soja des Nordens, 2011)
- 123) Vgl. (Stalljohann, 2011)
- 124) Vgl. (Stalljohann G., 2012)
- 125) Vgl. (Wehling, Ruge-Wehling, Rudloff, Jansen & Balko, 2012)
- 126) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013)
- 127) Vgl. (Biochem, 2012) (Biochem, 2012)
- 128) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013)
- 129) Vgl. (LFAMV, 2009, S. 22, Abbildung 7)
- 130) Vgl. (Kahl-Group, 2009)
- 131) Vgl. (Stalljohann, 2011, Übersicht 4)
- 132) Vgl. (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013, S. 159, Kap. 3.3)
- 133) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013, S. 11–13, Kap. 4)
- 134) (Stalljohann, 2011), (Kim, Mullan, Nicholls & Pluske, 2011), (Stalljohann & Möllering, 2008), (Weber & Zehnpfennig, Familienbetrieb setzt auf Ackerbohnen in der Schweinefütterung, 2011)
- 135) vgl. (Stalljohann & Möllering, 2008), (Stalljohann, 2011)
- 136) (Stalljohann, 2013)
- 137) (Stalljohann, 2011), (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013)
- 138) Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), [www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de), Deckungsbeiträge, (KTBL, 2012, S. 386, 402), (LWK Niedersachsen, 2011, S. 8)
- 139) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013, S. 3ff)
- 140) (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013)
- 141) Vgl. (Schätzl, Heimisches Eiweißfuttermittel: Potentiale und Wirtschaftlichkeit, 2012)
- 142) Vgl. (DVT, 2012)
- 143) Vgl. (Griep, 2013, S. 14, Abbildung 1)
- 144) Vgl. (von Lüpke, 2013)
- 145) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013, S. 9)
- 146) Vgl. (DLG, 2012, S. 204, Tabelle 12.1)
- 147) Vgl. (Windisch, 2013, S. 42, Zielkonflikte Produktivität – Nahrungsmittelkonkurrenz – Umwelt)
- 148) Vgl. (Windisch, 2013, S. 44, vgl. Abb. 2)
- 149) Entwicklung eines Flächenanspruchs von 72 m<sup>2</sup>/kg essbares Protein auf 60 m<sup>2</sup>/kg Protein = -17 %
- 150) Vgl. (Windisch, 2013, S. 43, 44 unten, Kapitel 3.3 ab S. 50ff)
- 151) Vgl. (Eitzinger & Kersebaum, 2009), (Hirschfeld, Weiß, Preidl & Korbun, 2008, S. 72, Klimabilanz der Schweineproduktion), (Westfleisch, 2013), (Westfleisch eG, 2012, S. 26, Carbon Footprint Schweinefleisch, Kalbfleisch, Rindfleisch)
- 152) Vgl. (Windisch, 2013, S. 45ff, Kap. 3)
- 153) Vgl. (BMELV, 2012)
- 154) Vgl. (Weber M., 2013)
- 155) Vgl. (Weber M., 2013), (Lindermeyer, Preißinger & Propstmeier, 2010)
- 156) Vgl. (Dämmgen, Brade, Schulz, Haenel & Rösemann, 2011, S. 194, Tab. 2 und S. 199, Tab. 9)
- 157) Vgl. (GfE, 2006, S. 40, Die Versorgung mit NEAS, S. 66, Tabelle 4.9)
- 158) Vgl. (Dämmgen, Brade, Schulz, Haenel & Rösemann, 2011, S. 194, Tab. 2 u. S. 199, Tab. 8)
- 159) Vgl. (GfE, 2006), (DLG, 2010), (LWK NRW, 2012)
- 160) Vgl. (Winkler, Siegel, Zinner, Lindner & Dusel, 2012)
- 161) Bedarfsnormen zum Verhältnis pcv-Lysin zu umsetzbarer Energie der GfE, 2006, des NRC, 2012, der DLG, 2010 und der LWK NRW, 2012 in Abhängigkeit vom Gewicht „DLG“ (DLG, 2010, S. 39, Tab. 9, S. 41, Tabelle 11), „ReM“ (LWK NRW, 2012, S. 45 u. 56), „GfE“ (GfE, 2006) und „NRC“ (NRC, 2012)
- 162) Futterkurven für eine Multiphasenfütterung mit den Futtermitteln „Start“ (171) und „Endmast“ (173). Zugrunde gelegt wurde die bedarfsdeckende Versorgung mit Energie und pcv-Lysin in Abhängigkeit von Protein- und Fett-TZ entsprechend der Quelle GfE, 2006, Kapitel 2.3, S. 22ff. Berücksichtigt wurde ein bis 20% zunehmender Futtermehraufwand in der Endmast, der die Problematik der Einhaltung einer strengen Rationierung in der Endmast widerspiegelt.
- 163) vgl. (Brede, Blaha & Hoy, 2010, S. 234, Kap. Futter- und Futterhygiene, Stalljohann, v. a. Abb. C 7.44)
- 164) (Weber M., Wodurch lässt sich die Futtereffizienz beim Schwein steigern – oder 13 Punkte zur Steigerung der Futtereffizienz und Senkung der Futterkosten, Teil 3, 2013)
- 165) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013)
- 166) Vgl. (Kretschmar, 2012), (Weber, 2013), (Weiß, 2009), (Schätzl, Heimisches Eiweißfuttermittel: Potentiale und Wirtschaftlichkeit, 2012), (Preißinger W. H., 2011), (Weber M., Neues für Fütterung & Management, 2013), (Müller, Clausen, Springer & Meyer, 2013)

- 167) (KAHL, 2005), (Kahl-Group, 2009), (Gefrom, Ott, Hoedtke & Zeyner, 2013), (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013)
- 168) Futtermittelkosten = Wert der verbrauchten Futtermittel der Mischung bezieht sich nur auf den Warenwert der verbrauchten Futtermischungen und enthält keinen Ansatz für das Mischen und die Handelsmarge von Fertigfuttermitteln (vgl. Anhangtabelle)
- 169) Vgl. (DVT, 2012), (Alm, 2012)
- 170) Vgl. (Alm, 2012, S. 6, Use of processed animal proteins [PAP])
- 171) Vgl. (van Krimpen, Bikker, van der Meer, van der Peet-Schwering & Vereijken, 2013)
- 172) Vgl. (BMELV, 2012), Tabellen 166, 129
- 173) Vgl. mittlerer Eigenverbrauch der Jahre 2006/07 bis 2010/11, Tab. 129, Statistisches Jahrbuch 2012
- 174) Vgl. (von Witzke, Noleppa & Zhirkova, 2011, S. 26, Abb. 4.4)
- 175) Die Perspektive der Machbarkeit aufgrund der Entwicklung der Agrarmärkte oder der Agrarpolitik wird hier ausdrücklich außer Acht gelassen. Futtermittel, die bestenfalls zukünftig Marktbedeutung erlangen können (z. B. Algen oder Sojabohnen in Deutschland), werden nicht berücksichtigt. Heimische Körnerleguminosen werden dagegen, obwohl sie derzeit keine Marktbedeutung haben, in diese Erörterung einbezogen, weil die Kulturen besonders vorteilhaft in Bezug auf Nachhaltigkeit und in der Landwirtschaft schon bekannt sind (z. B. in den 1980er Jahren oder heute im Ökoanbau) und eine Angebotsausweitung unter geeigneten Marktbedingungen schnell vorstellbar erscheint.
- 176) (Stalljohann & Schulte-Sutrum, 2013)
- 177) Das mögliche Einsparvolumen je Sau und Jahr wird multipliziert mit dem durchschnittlichen Sauenbestand, vgl. Tabelle 6.10.
- 178) Berechnung der Spanne: 46,88 Mio. Schweine Eigenerzeugung je Jahr (Quelle: Tabelle 6.10) · 5 kg je Mastschwein = 234.400 t
- 179) Vgl. (Benecke, 2013)
- 180) Vgl. bayerische Erzeugerpreise (LfL, 2013), dreijährige Mittelwerte für Körnerleguminosenarten zwischen 20 bis 22 €/dt
- 181) Vgl. (BMELV, 2012)
- 182) Vgl. (von Witzke, Noleppa & Zhirkova, 2011, S. 41, vergleichbare Annahmen zum Ertrag und Abscheidegrad)
- 183) Vgl. (Dahlmann, 2013), (Sauermann, 2011), (Weber & Zehnpfennig, 2011)
- 184) Vgl. (Hirschfeld, Weiß, Preidl & Korbun, 2008), (Kahnt, 2008)
- 185) Vgl. (Kahnt, 2008)
- 186) Vgl. (Dahlmann, 2013), (Sauermann, 2011), (Weber & Zehnpfennig, 2011)
- 187) Vgl. (Gocht, 2011)
- 188) Vgl. (Gocht, 2011), (Dahlmann, 2013), (Hollmichel K. W., 2014)
- 189) vgl. (Dämmgen U. B.-D., 2011), (Dämmgen, Brade, Schulz, Haenel & Rösemann, 2011)
- 190) vgl. (Spring, Bracher & Kupper, 2010), (Meyer, Vogt & Brade, 2012)
- 191) Vgl. (Funk, 2013)
- 192) Vgl. (Funk, 2013, S. 2, Eiweißträger als wertvolles Nebenprodukt)
- 193) Vgl. (Schätzl, Heimisches Eiweißfuttermittel: Potentiale und Wirtschaftlichkeit, 2012), (Wehling, Ruge-Wehling, Rudloff, Jansen & Balko, 2012)
- 194) vorsichtige Annahme aufgrund von mündlichen Auskünften Marktbeteiligter

100%  
RECYCLED



**Sie möchten die Arbeit  
des WWF mit einer Spende  
unterstützen?**

Spendenkonto 2000

Bank für Sozialwirtschaft

BLZ 550 205 00

IBAN: DE39 5502 0500 0000

0020 00 | BIC: BFSWDE33MNZ

**WWF Deutschland**

Reinhardtstr. 18  
10117 Berlin | Germany

Tel.: +49(0)30 311 777 0

Fax: +49(0)30 311 777 199



**Unser Ziel**

Wir wollen die weltweite Zerstörung der Natur und Umwelt stoppen und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Einklang miteinander leben.

[wwf.de](http://wwf.de) | [info@wwf.de](mailto:info@wwf.de)