

# Protein- und Aminosäurenversorgung junger Schweine und Hühner im Ökologischen Landbau

Stephanie Witten, Daniela Werner, Christina Veit, Antje Schubbert,  
Mareike Kölln, Jeannette Kluess, Sabine Dippel, Ralf Bussemas,  
Thomas Bartels, Lisa Baldinger, Karen Aulrich

Thünen Working Paper 240

**Thomas, Bartels, Sabine Dippel, Antje Schubert**

Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Tierschutz und Tierhaltung

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT



Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
Federal Research Institute for Animal Health

**Jeannette Kluess, Mareike Kölln**

Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Tierernährung

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT



Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
Federal Research Institute for Animal Health

**Karen Aulrich, Lisa Baldinger\*, Ralf Bussemas, Christina Veit, Daniela Werner, Stephanie Witten**

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau



**Thünen Working Paper 240**

Braunschweig/Germany, May 2024

---

\* aktuell: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere (AT)

## Zusammenfassung

Die Versorgung von monogastrischen Nutztieren mit Aminosäuren ist eine zentrale Herausforderung in der Tierhaltung. Werden die Tiere unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus gehalten, wird die Versorgung durch Restriktionen bezüglich des Einsatzes hochwertiger Proteinfuttermittel und synthetischer Aminosäuren, die in der nicht-ökologischen Erzeugung üblicherweise eingesetzt werden, weiter erschwert. Aus diesem Grund gibt es derzeit Ausnahmegenehmigungen, die den Einsatz nicht-ökologisch erzeugter Proteinfuttermittel in einem geringen Umfang erlauben. Diese Ausnahmegenehmigungen wurden in den letzten Jahren immer weiter eingeschränkt. Derzeit ist es nach geltendem EU-Recht bei nachgewiesener fehlender Verfügbarkeit von Proteinfuttermitteln aus ökologischer Erzeugung noch erlaubt, in die Ration von Junggeflügel und Schweinen, die unter 35 kg wiegen, nicht-ökologische Proteinfuttermittel bis zu einem Anteil von 5 % einzumischen (bezogen auf die Trockensubstanz der Futtermittel landwirtschaftlichen Ursprungs). Bis zum Auslaufen dieser Ausnahmegenehmigung im Jahr 2026 wird jährlich von allen Mitgliedsstaaten der EU ein Bericht zum Einsatz bzw. der Verfügbarkeit von ökologisch erzeugten Proteinfuttermitteln erstellt. Zusätzlich ist es relevant, zu wissen, welcher Bedarf an Aminosäuren für die Tiere besteht, welche Proteinfuttermittel es zur Deckung dieses Bedarfes gibt und welche Effekte auf das Tierwohl inklusive der Tiergesundheit bei einer nicht ausreichenden (bedarfsgerechten) Versorgung mit Aminosäuren zu erwarten sind. In diesem Working Paper sind Informationen zu diesen Themen zusammengestellt. Der Bedarf an Aminosäuren ist abhängig von der Genetik, Alter, Leistung bzw. Leistungsveranlagung und Haltungsbedingungen (Bewegung, Klima, Immunsystem, u. a.). Es ist daher schwierig, exakte Bedarfsangaben für jedes Tier zu ermitteln. Die Aufnahme und Verfügbarkeit der Aminosäuren ist zudem abhängig vom Fütterungsregime (eingesetzte Futtermittel, Verhältnis zu Energie und anderen Nährstoffen, etc.). Es gibt zahlreiche Studien, die zeigen, dass die Versorgung von Schweinen mit 100%-Biofutter ohne negative Auswirkungen auf das Tierwohl unter guten Haltungsbedingungen möglich ist. Eine verlängerte Säugezeit und ein angepasstes Aufzuchtfutter nach dem Absetzen können wichtige Stellschrauben sein. Bei Hühnern ist die Herausforderung vor allem in der frühen Aufzuchtphase groß, da sie in diesem Zeitraum unabhängig von der Nutzungsrichtung hohe Ansprüche an die Proteinqualität stellen.

**Schlüsselwörter: Monogastrier, Aminosäuren, Tierwohl**

## Summary

Supplying monogastric livestock with amino acids is a key challenge in animal husbandry. In organic farming, the challenges are even higher due to legislative restrictions on the use of high-quality protein feed and especially synthetic amino acids, the latter being common practice in conventional livestock production. For this reason, there are currently derogations that allow the use of non-organically produced protein feed to a limited extent. These exemptions have been increasingly restricted in recent years. Under current EU law, it is still permitted to mix non-organic protein feed into the diet of young poultry and pigs weighing less than 35 kg up to a proportion of 5% in feed (dry matter) from agricultural sources if there is a proven lack of availability of organically produced protein feed. Until this derogation expires in 2026, all EU member states are required to prepare an annual report on the use and availability of organically produced protein feed. In addition, it is crucial to know the amino acid requirements of the animals, which protein feeds are available to meet these requirements and the effects on animal welfare and health, if the supply of amino acids is insufficient. Amino acid requirement depends on genetics, age, performance (predisposition) and husbandry conditions (exercise, climate, immune system, etc.). It is therefore difficult to determine exact requirements for each animal. Intake and bioavailability of amino acids also depend on the feeding regimen (feed used, ratio to energy and other nutrients, etc.). There are numerous studies that show that the potential to supply pigs with 100% organic feed without negative effects on animal welfare and health under good husbandry conditions. An extended suckling period and an optimized rearing feed after weaning can be important factors. For chickens, the challenge is particularly great in the early rearing phase, as they place high demands on protein quality during this period, regardless of the direction of use.

**Keywords: monogastrics, amino acids, animal welfare**

## Hintergrund und Fragestellung

Am 09. Dezember 2022 kontaktierte das BMEL das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau und das Friedrich-Loeffler-Institut und ersuchte um eine fachliche Stellungnahme zum Thema Ausnahmegenehmigungen für die Zufütterung von konventionellen Eiweiß-Futtermitteln für Jungtiere (Geflügel und Schweine) auf Basis von Art. 53 (4) der Verordnung (EU) 2018/848 in Ergänzung zur Stellungnahme vom 24. März 2022 über den Zusammenhang von Eiweißfuttermitteln und Tierwohl. Folgende Fragestellungen ergaben sich:

1. Wie hoch ist der Tagesbedarf an Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren bei den Jungtieren von Geflügel und Schwein bezogen auf verschiedene Altersabschnitte oder Gewichtsklassen, ggf. abgestimmt auf die Nutzungsrichtung?
2. Mit welchen Futtermitteln, die es in Ökoqualität gibt, kann dieser Bedarf gedeckt werden?
3. Mit welchen Auswirkungen auf das Tierwohl, die Tiergesundheit und das Leistungsvermögen (ökonomische Auswirkung) ist in den jeweiligen Altersphasen zu rechnen, wenn die erforderlichen Eiweiß-Futterqualitäten nicht zur Verfügung stehen?
4. Da die Ausnahmegenehmigungen auf Basis von Art. 53 (4) der VO (EU) 2018/848 bis Ende 2026 befristet sind, wäre zu klären, welcher weitere Handlungsbedarf besteht, um ab dem Jahr 2027 eine ausreichende Verfügbarkeit der erforderlichen Eiweiß-Futtermittel-Qualitäten für Jungtiere sicherzustellen. Neben Aspekten der Fütterung, eingesetzten Rassen, etc. wären hier auch mögliche Auswirkungen auf die politische Zielausrichtung, den Anteil des ökologischen Landbaus (ÖL) auf 30 % auszuweiten, zu berücksichtigen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkungen</b>	<b>1</b>
<b>Täglicher Bedarf an Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren bei Jungtieren von Geflügel und Schwein</b>	<b>1</b>
Geflügel	2
Schweine	10
Unsicherheiten	14
<b>Futtermittel in Ökoqualität zur Bedarfsdeckung</b>	<b>15</b>
Unsicherheiten	16
<b>Auswirkungen eines Mangels an Gesamtprotein und Aminosäuren auf das Tierwohl, die Tiergesundheit und das Leistungsvermögen</b>	<b>21</b>
Geflügel	21
Schweine	24
Unsicherheiten	27
<b>Weiterer Handlungsbedarf</b>	<b>28</b>
<b>Literatur</b>	<b>29</b>

## Tabellen

Tabelle 1:	Empfehlungen aus Jeroch et al. (2019) sowie NRC (1994) zur Versorgung mit Gesamtprotein (XP) und essentiellen Aminosäuren in der Junghennenaufzucht, Angaben in g Tag <sup>-1</sup> sowie in g MJ <sup>-1</sup> AME <sub>N</sub> (modifiziert)	4
Tabelle 2:	Zusammensetzung (%) und kalkulierte Inhaltsstoffe (g kg <sup>-1</sup> Futtermischung (as fed) sofern nicht anders angegeben) eines Junghennen-Fütterungsregimes aus dem Jahr 2021 am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau	5
Tabelle 3:	Empfehlungen der GfE (1999) zur Versorgung mit Energie, Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren in der Hühnermast anhand von Beispielen unterschiedlicher Wachstumsintensitäten, Angaben zur Lebendmasse sowie zu den täglichen Lebendmassezunahmen (TGZ) aus der angegebenen Literatur	7
Tabelle 4:	Empfehlungen der GfE (1999) zur Aminosäuredichte in g MJ <sup>-1</sup> AME <sub>N</sub> in Alleinfutter für Masthühner (von-bis Angaben für weibliche und männliche Tiere)	8
Tabelle 5:	Analysierte Inhaltsstoffe (g kg <sup>-1</sup> Futtermischung as fed sofern nicht anders angegeben) des Fütterungsregimes für die gemischtgeschlechtliche Aufzucht der Zweinutzungsherkunft ÖTZ Coffee (Werner et al. 2023)	8
Tabelle 6:	Zusammensetzung (%) und analysierte Inhaltsstoffe (g kg <sup>-1</sup> Futtermischung (as fed) sofern nicht anders angegeben) des Fütterungsregimes für die gemischtgeschlechtliche Mast von Hubbard JA 757 Hennen und Hähnen (Höhne et al. 2022)	9
Tabelle 7:	Zusammensetzung (%) und analysierte Inhaltsstoffe (g kg <sup>-1</sup> Futtermischung sofern nicht anders angegeben) des Fütterungsregimes für die gemischtgeschlechtliche Mast von Hubbard 957 Hennen und Hähnen (Schmidt und Bellof 2008)	9
Tabelle 8:	Gehalte von Fett, Protein, Milchzucker, Trockenmasse und Energie in Kolostrum, Übergangsmilch und reifer Milch (nach Thiel et al. 2014), aus Quesnel et al. 2014	10
Tabelle 9:	Komponenten und Nährstoffgehalte der Rationen aus Stalljohann (2006) zur Versorgung von Saugferkeln mit Beifutter	11
Tabelle 10:	Übersicht von Eckdaten aus Untersuchungen zur Fütterung von Aufzuchtferkeln mit einer zu 100 % aus ökologischen Bestandteilen bestehenden Fütterung und die dabei erreichten Leistungen (Spannbreiten der mittleren Ergebnisse über mehrere Rationen)	12
Tabelle 11:	Empfehlungen der GfE (2006) zur Versorgung mit <i>praecaecal</i> verdaulichen (pcv) Aminosäuren, pcv Rohprotein (g Tag <sup>-1</sup> ) und umsetzbarer Energie (ME in MJ Tag <sup>-1</sup> ) in der Ferkelaufzucht (Saugferkel und Aufzuchtferkel) bei im Ökologischen Landbau zu erwartenden Leistungen	12
Tabelle 12:	Komponenten und Nährstoffgehalte der Rationen aus verschiedenen Studien zur Versorgung von Aufzuchtferkeln mit Futtermitteln	13
Tabelle 13:	Rohprotein-, Methionin- und Cysteingehalt (Brutto) von ausgewählten Futtermitteln sowie relevante Nachteile in der Fütterung von Monogastriern (Schwankungsbreiten der Gehalte sind hoch und Einzelwerte bilden sie nicht ab – in der Praxis sind Abweichungen zu erwarten)	17
Tabelle 14:	Mittelwerte ausgewählter Ergebnisse aus BÖLN- o.ä. Projekten zur Ferkelaufzucht im Ökologischen Landbau	27

## Vorbemerkungen

Bei der Beantwortung der konkreten Fragestellungen werden folgende Punkte vorausgesetzt:

- Geflügel bezieht sich auf Hühnervögel, die den größten Anteil des im Ökologischen Landbau gehaltenen Geflügels ausmachen.
- Die in der EU-Öko-VO 2018/848 (EC 2018) getroffene Regelung, dass maximal 5 % der Ration für Junggeflügel aus nicht-ökologischen Eiweißfuttermitteln bestehen darf, sofern diese nicht aus ökologischer Produktion verfügbar sind (Anhang II Teil II 1.9.4.2 c), definiert den Begriff Junggeflügel nicht. In den weiteren Ausführungen wird „Junggeflügel“ als Junghennen bis zum Alter von 18 Wochen sowie Masthühner im kompletten Verlauf der Mast definiert.
- Bei Ferkeln bis 35 kg handelt es sich per Definition um Aufzuchtferkel, obwohl die Aufzucht meist früher beendet wird. Der Begriff Aufzuchtferkel wird in Studien oft synonym für Ferkel in der gesamten Zeit der Aufzucht (Geburt bis 35 kg) und für Ferkel vom Absetzen bis zur Aufzucht genutzt, beschreibt aber originär nur den letztgenannten Zeitraum. Bis zum Absetzen wird von Saugferkeln gesprochen.
- Tiere decken aus dem Rohprotein im Futter ihren Bedarf an Stickstoff und Aminosäuren. Der Wert des Proteins ist abhängig von seiner Aminosäurezusammensetzung und ihrer Verfügbarkeit (Bioverfügbarkeit, Verdaulichkeit).

## Täglicher Bedarf an Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren bei Jungtieren von Geflügel und Schwein

Es wird angenommen, dass in der ökologischen Tierhaltung der tägliche Bedarf an Gesamtprotein (Stickstoff) bzw. essentiellen Aminosäuren beim Einsatz gleicher Genetiken und gleicher Leistung identisch zu dem Bedarf in der konventionellen Erzeugung ist. Während es beim Geflügel eine zunehmende Auswahl an Herkünften mit unterschiedlichen Eigenschaften gibt, die an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus besser angepasst sind, werden in der Schweinehaltung vorwiegend die Genetiken gehalten, die jahrzehntelang züchterisch für die konventionelle Erzeugung bearbeitet wurden. Durch den geringen Umfang der ökologischen Schweinehaltung im Vergleich zur konventionellen Erzeugung erscheint es nicht absehbar, dass gezielt gezüchtete Rassen für den Ökologischen Landbau in naher Zukunft eingesetzt werden. Bereits vorhandene Rassen oder Kreuzungen, die robuster gegenüber Erkrankungen sind und geringere tägliche Zunahmen aufweisen, könnten dadurch besser angepasst sein, sind aber in der Regel weniger einheitlich in ihren Eigenschaften (Größe, Zunahmen, Magerfleischanteil, etc.), sodass sie deutlich schwieriger über die üblichen Vermarktungswege und Schlachthöfe zu vermarkten sind.

Bei langsam-wachsenden Rassen bzw. Rassen mit reduzierter Leistung ist der tägliche Bedarf an Gesamtprotein bzw. Aminosäuren, der abhängig von der Leistung der Tiere ist, verringert. Dies gilt sowohl für Schweine als auch für Geflügel. Ein Mehrbedarf an Energie und Aminosäuren kann für die benötigte Immunantwort bei der Auseinandersetzung mit Mikroorganismen (Krankheitserregern) und Parasiten, für die größere Bewegungsfreiheit sowie für die Regulation der Körpertemperatur bei Außenklimabedingungen entstehen. Wesentlich ist hier neben des erhöhten Energie- und Proteinbedarfs bei niedrigen Temperaturen die Tendenz zu langen Hitzeperioden im Sommer, welche die Futteraufnahme beeinträchtigen. Der Einsatz von bewachsenen Freilaufflächen sowie von Raufutter kann auch einen Effekt auf die Bedarfsdeckung an Protein bzw. Aminosäuren haben. Insgesamt setzt sich der Bedarf an Energie und Nährstoffen bei Jungtieren aus dem jeweiligen Bedarf für Erhaltung, Wachstum, Bewegung und Thermoregulation sowie Immunantworten zusammen und kann dementsprechend bestimmt werden. Während in der Vergangenheit faktorielle Bedarfsableitungen in der Tierernährung grundsätzlich unter kontrollierten Umweltbedingungen durchgeführt wurden, geht die Übertragung der Daten auf Tiere in ökologischer Haltung mit Zugang zu Grünauslauf mit einer gewissen Unsicherheit einher. Hier besteht Forschungsbedarf, um eine adäquate bedarfsgerechte Versorgung der Tiere sicherzustellen, die laut Tierschutzgesetz (§2, TierSchG 2022) und Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (§4, TierSchNutzV 2021) rechtlich verankert ist.

In der Fütterung werden die unterschiedlichen Aminosäuregehalte der zur Verfügung stehenden Futterkomponenten üblicherweise ausgeglichen, indem durch eine geeignete Kombination der Komponenten eine balancierte Futtermischung erstellt wird. Während in der konventionellen Tierfütterung zusätzlich synthetische Aminosäuren zum Ausgleich von Defiziten und zur Reduzierung des Gesamtproteingehaltes im Alleinfuttermittel zur Verfügung stehen, ist deren Einsatz in der ökologischen Tierfütterung nicht zulässig. Um den Bedarf an essentiellen Aminosäuren zu decken und eine Unterversorgung der Tiere zu vermeiden, kann es in der ökologischen Fütterung zu einem Überschuss an Gesamtprotein kommen, der aufgrund der damit einhergehenden Stoffwechselbelastung, der Klimawirkung des ausgeschiedenen Stickstoffs sowie der Kosten von Eiweißfuttermitteln möglichst gering gehalten werden sollte.

Im Folgenden werden anhand der für die konventionelle Landwirtschaft verfassten und meist älteren vorhandenen Literatur Näherungswerte für den Bedarf und die Versorgungsempfehlungen für ökologisch gehaltene Jungtiere von Geflügel und Schwein zusammengefasst.

## Geflügel

Aufgrund der im Vergleich zu anderen Geflügelarten überragenden Bedeutung des Huhns für die ökologische Geflügelhaltung wird im Folgenden detailliert auf den Protein- und Aminosäurenbedarf von Junghennen und Masthühnern eingegangen. Zur ähnlich detaillierten Darstellung von Puten, Gänsen, Enten und anderen Geflügelarten fehlen sowohl Datenbasis als auch eigene experimentelle Erfahrungen innerhalb des Autorenteam, welche die fehlende Datenbasis ausgleichen könnten. Daher wird auf eine Darstellung verzichtet.

Der Proteinbedarf von Hühnern ist in erster Linie ein Bedarf an Aminosäuren. Sowohl in der Aufzucht von Junghennen als auch in der Hühnermast ist aufgrund der Federbildung die Aminosäure Methionin erstlimitierend. Aufgrund der Möglichkeit, Cystein aus Methionin zu synthetisieren, ist auch die Summe der beiden schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein zu beachten. Bis dato liegen keine gesonderten Zahlen für den Bedarf an Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren von ökologisch gefütterten Hühnern vor. Als Grundlage für die Bedarfsangaben dienen daher die Empfehlungen der deutschen Gesellschaft für Ernährungsphysiologie aus 1999 (GfE 1999), soweit davon abweichend jene aus dem neueren deutschen Sachbuch „Geflügelernährung“ von Jeroch et al. (2019), sowie ergänzend die des US-amerikanischen National Research Council (NRC 1994), die üblicherweise herangezogen werden. Wie an den Jahreszahlen der erst- und letztgenannten Veröffentlichungen zu erkennen ist, sind diese bereits älteren Datums und beziehen sich auf den Tierbestand aus den Jahren vor der jeweiligen Veröffentlichung. Durch die kontinuierliche züchterische Bearbeitung der Hühnerherkünfte für die Nutztierhaltung ist davon auszugehen, dass der Bedarf aktuell gehaltener Hühner im Detail davon abweicht. Dieser Unsicherheit wird in der Praxis dadurch begegnet, dass einerseits auf Fütterungsempfehlungen von Zuchtunternehmen zurückgegriffen wird, welche auf Dosis-Wirkungs-Studien beruhen und eine optimale tierische Leistung zum Ziel haben, andererseits großzügige Sicherheitsaufschläge angewendet werden.

Die GfE (1999) und das NRC (1994) geben den Bedarf an Gesamtprotein und Aminosäuren als Bruttobedarf an, also als Gesamtsumme der aufgenommenen Aminosäuren inklusive aller Verluste, die während der Verdauung und der intermediären Verwertung entstehen. Die GfE (1999) weist zwar darauf hin, dass die *praecaecale* Verdaulichkeit der Aminosäuren die beste Annäherung an die Bedarfsdeckung auf der Ebene der Verdauung darstellt, aufgrund methodischer Schwierigkeiten erfolgte die Bedarfsableitung zum Zeitpunkt der Veröffentlichung aber noch nicht auf Basis der verdaulichen Aminosäuren. In Nachbarländern, wie den Niederlanden (CVB 2018), beziehen sich Fütterungsempfehlungen aufgrund hohen Forschungsaufwandes bereits auf die Gehalte an verdaulichen Aminosäuren. Auch brasilianische Versorgungsempfehlungen für Geflügel geben für Broiler und Legehennen Gleichungen zur Berechnung des Bedarfs an *praecaecal* verdaulichen Aminosäuren an (Rostagno et al. 2011).

## Junghennenaufzucht

Die Aufzuchtphase von Junghennen umfasst den Zeitraum vom Schlupf bis zum Legebeginn, der je nach Herkunft meistens in der 18. bis 20. Lebenswoche eintritt. Wie weiter oben definiert, wird im weiteren Verlauf der Zeitraum vom Schlupf bis zu einem Alter von 18 Wochen betrachtet. Das Fütterungsregime während der Aufzucht wird in mindestens zwei, meist aber drei oder vier Fütterungsabschnitte unterteilt, um den sich ändernden Ansprüchen der Tiere gerecht zu werden. Dabei steigt die aufgenommene Futtermenge und damit sinkt der Bedarf an Rohprotein und Aminosäuren je Kilogramm Futter, also der Anspruch an die Aminosäurendichte der Proteinfuttermittel. Ziel der Fütterung während der Junghennenaufzucht ist nicht maximales Wachstum, sondern eine gesunde Entwicklung und optimale physiologische Vorbereitung auf die Legeperiode. Die Fütterung von Junghennen erfolgt üblicherweise *ad libitum*, und in Vorbereitung auf die Legeperiode wird eine hohe Futteraufnahme angestrebt. Da bereits Junghennen ihre Futteraufnahme präzise auf die Deckung ihres Energiebedarfs abstimmen, müssen ergänzend zum Gesamtbedarf an Aminosäuren auch die Aminosäuregehalte bezogen auf den Energiegehalt (je MJ AME<sub>N</sub>) betrachtet werden. Der Energiegehalt der Futtermischung kann dabei innerhalb gewisser Grenzen variiert werden. Diese Variation kann eingesetzt werden, um bei geringerer Aminosäurenkonzentration im Futter dennoch den Bedarf zu decken. Jeroch et al. (2019) fassen die Angaben mehrerer Quellen dazu in der folgenden Empfehlung zum Energiegehalt zusammen:

- Lebenswoche 1-6: 11,0 – 12,1 MJ AME<sub>N</sub> kg<sup>-1</sup> Futter
- Lebenswoche 7-12: 10,5 – 11,9 MJ AME<sub>N</sub> kg<sup>-1</sup> Futter
- Lebenswoche 13-18: 10,5 – 12,2 MJ AME<sub>N</sub> kg<sup>-1</sup> Futter

Die deutsche Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1999) hat bisher keine Bedarfsangaben für Junghennen veröffentlicht. In den niederländischen und brasilianischen Empfehlungen wird die Aufzuchtphase ebenfalls nicht adressiert. Hier gibt es einen Verweis auf die Zuchtunternehmen der jeweiligen Genetiken (Rostagno et al. 2011, CVB 2018). Das US-amerikanische National Research Council (NRC 1994) verweist zwar auf einen Mangel an Arbeiten zur Junghennenfütterung, bietet aber Empfehlungen zu den Gehalten an Gesamtprotein und den fünf wichtigsten essentiellen Aminosäuren in Alleinfutter für Junghennen sowie Angaben zum Futtermittelverbrauch an. Jeroch et al. (2019) geben ebenfalls Empfehlungen zu den Aminosäuregehalten bezogen auf kg Alleinfutter sowie auf MJ AME<sub>N</sub>, Angaben zum Futtermittelverbrauch fehlen hingegen.

Tabelle 1 fasst die Empfehlungen zum Aminosäuregehalt bezogen auf MJ AME<sub>N</sub> zusammen, sowie die aus den genannten Quellen abgeleiteten Empfehlungen zum täglichen Angebot an Gesamtprotein und den fünf wichtigsten essentiellen Aminosäuren. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den Angaben in Tabelle 1 um Fütterungsempfehlungen handelt, nicht um einen faktoriell abgeleiteten Bedarf.

**Tabelle 1: Empfehlungen aus Jeroch et al. (2019) sowie NRC (1994) zur Versorgung mit Gesamtprotein (XP) und essentiellen Aminosäuren in der Junghennenaufzucht, Angaben in g Tag<sup>-1</sup> sowie in g MJ<sup>-1</sup> AME<sub>N</sub> (modifiziert)**

Alter, Wochen	XP	Fütterungsempfehlung, g Tag <sup>-1</sup>						Futterverbrauch	AME <sub>N</sub> , MJ kg <sup>-1</sup> Futter	Aminosäuregehalt, g MJ <sup>-1</sup> AME <sub>N</sub>				
		Lysin	Methionin	Met+Cys	Threonin	Tryptophan	Lysin			Methionin	Met+Cys	Threonin	Tryptophan	
Jeroch et al. 2019														
1-6	6,1	0,31	0,14	0,25	0,24	0,07	33	11,5	0,83	0,36	0,66	0,63	0,17	
7-12	8,9	0,39	0,19	0,35	0,31	0,09	54	11,0	0,66	0,32	0,58	0,53	0,15	
13-18	9,6	0,41	0,19	0,32	0,29	0,09	62	11,0	0,61	0,26	0,47	0,43	0,13	
NRC 1994 (Weißleger)														
1-6	5,9	0,28	0,10	0,20	0,22	0,06	33	11,9*	0,71	0,25	0,52	0,57	0,14	
7-12	8,6	0,32	0,14	0,28	0,31	0,08	54	11,9*	0,50	0,21	0,44	0,48	0,12	
13-18	9,3	0,28	0,12	0,26	0,23	0,07	62	12,1*	0,37	0,17	0,35	0,31	0,09	

\*NRC (1999) 2.850, 2.850 und 2.900 kcal, in MJ AME<sub>N</sub> umgerechnet mit dem Faktor 1 MJ = 239 kcal

Ein Beispiel zur Fütterung von Junghennen unter ökologischen Haltungsbedingungen zeigt Tabelle 2. Dieses Fütterungsregime wurde im Jahr 2021 am Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in der Junghennenaufzucht eingesetzt. Bis auf die Hefemischung (1 % Rationsanteil, nötig aufgrund Abstimmung mit Projektpartnern aus anderen EU-Ländern) stammten alle Komponenten aus ökologischer Produktion.

**Tabelle 2: Zusammensetzung (%) und kalkulierte Inhaltsstoffe (g kg<sup>-1</sup> Futtermischung „as fed“ sofern nicht anders angegeben) eines Junghennen-Fütterungsregimes aus dem Jahr 2021 am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau**

	Lebenswoche 1-3	Lebenswoche 4-8	Lebenswoche 9-16
Weizen	190	175	145
Körnermais	180	170	160
Triticale	70	100	120
Gerste	60	70	100
Weizenkleie			28
Sojakuchen	215	175	95
Rapskuchen	50	64	75
Sonnenblumenkuchen	50	65	75
Futtererbsen	85	100	140
Kartoffeleiweiß	50	32	20
Hefemischung*	10	10	10
Mineralstoffmischung	20	20	15
Monokalziumphosphat	9	6	
Kalziumkarbonat	11	12	15
Salz		1	2
Rohprotein	213	197	161
Rohfett	48	48	44
Rohfaser	55	58	55
Lysin	12,2	10,9	8,3
Methionin	3,5	3,2	3,2
Met+Cyst	6,8	6,3	4,9
Phosphor	7,7	7,1	5,9
Kalzium	10,3	10,2	9,4
Energie, MJ AME <sub>N</sub>	11,7	11,7	11,7

\*aus konventioneller Produktion, enthält 418 g Rohprotein, 28,5 g Lysin, 6,5 g Methionin kg<sup>-1</sup> Frischmasse

## Masthühner

In der Hühnermast wird der Bedarf an Gesamtprotein und Aminosäuren maßgeblich von der Wachstumsintensität bestimmt. Diese wird durch die EU-Öko-VO 2018/484 (EC 2018) insofern begrenzt, als dass entweder langsam-wachsende Rassen oder Linien eingesetzt werden müssen, oder ein Mindestalter von 81 Tagen bei der Schlachtung eingehalten werden muss (Anhang II Teil II Punkt 1.9.4.1, EC 2018). Die Definition, welche Wachstumsintensität als langsam gilt, ist dabei den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten überlassen. In Deutschland definierte die Länderarbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau (LÖK) in einer Sitzung am 24.6.2009, dass als langsam-wachsend eingestufte Herkünfte maximal 80 % der täglichen Zunahmen von auf Höchstleistungen gezüchteten Herkünften, wie Ross 308 oder Cobb, erreichen dürfen (LÖK 2009). Als Datengrundlage dienen dabei die Betriebszweigauswertungen konventioneller Praxisbetriebe aus dem jeweils aktuellen Geflügeljahrbuch. In den vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. herausgegebenen „Faustzahlen für den Ökologischen Landbau“ von 2015 (Bachinger et al. 2015, S. 583) werden für ökologisch gehaltene Masthühner tägliche Zunahmen von 38 g bei einer Mastdauer von 63 Tagen als mittleres Leistungsniveau genannt. An der Angabe einer Mastdauer von 63 Tagen ist ersichtlich, dass in Deutschland die Verwendung von langsam-wachsenden Herkünften nach der nationalen Definition vorherrscht. Aktuell werden in der konventionellen Hühnermast je nach Mastdauer tägliche Zunahmen von 50 (Kurzmast, 28-30 Tage) bis

70 g (Langmast, 38-42 Tage) angegeben (vgl. Thobe et al. 2022). Ein langsam-wachsendes Masthuhn dürfte nach geltender Definition also 40 bis 56 g tägliche Zunahmen aufweisen. Werden langsamer wachsende Herkünfte wie z.B. Rassehühner/Rassehuhn-Hybriden oder Zweinutzungshähne gemästet, kann die Wachstumsintensität aber auch deutlich geringer ausfallen. Je nach Mastdauer wird das Fütterungsregime in mindestens zwei, meist aber drei Fütterungsabschnitte unterteilt, um den sich ändernden Ansprüchen der Tiere gerecht zu werden und die Einstreuqualität zu optimieren (Risiko von Fußballendermatitiden durch feuchte Einstreu senken), aber auch um unnötige Futterkosten und Nährstoffüberschüsse zu vermeiden.

Im Gegensatz zu den Junghennen liegt für Masthühner eine faktorielle Herleitung des Bedarfs an Gesamtprotein und Aminosäuren vor. Dieser setzt sich aus dem Bedarf für Erhaltung und dem für Leistung, also Federbildung und Körperproteinansatz, zusammen. Die entsprechenden Formeln sind in GfE (1999) detailliert angeführt. Zu bedenken ist, dass diese Bedarfsableitungen an gängigen Masthybriden aus den Jahren vor Erscheinen der Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung vorgenommen wurden. Das Leistungspotential der konventionellen Masthühner hat sich seither deutlich erhöht, ökologisch gehaltene Masthühner hingegen wurden von der GfE (1999) nicht berücksichtigt. Es ist gut möglich, dass Unterschiede zwischen den zum Zeitpunkt der Bedarfsableitung eingesetzten Masthybriden und modernen ökologisch gehaltenen Masthühnern vorhanden sind. Hinzu kommt, dass die Angaben der GfE (1999) zum Protein- und Fettansatz nur bis zur 8. Lebenswoche reichen. Für die Zeit danach werden die Angaben der 8. Lebenswoche verwendet, obwohl hier ein abweichender Bedarf vorliegen kann. In den Niederlanden wurden zwar im Jahr 2018 Versorgungsempfehlungen für Masthühner mit *praecaecal* verdaulichen Aminosäuren herausgegeben; der Ökologische Landbau wurde hier aber ebenfalls nicht berücksichtigt und der Bedarf verändert sich laut dieser Angaben nach der 4. Lebenswoche nicht weiter (CVB 2018). Eine Herangehensweise ähnlich der in den brasilianischen Versorgungsempfehlungen (Rostagno et al. 2011) gewählten, die die Berechnung des Aminosäurebedarfs in Abhängigkeit von tierischen und umweltbedingten Faktoren möglich macht, könnte Versorgungsempfehlungen in Europa flexibel für Veränderungen der Umweltbedingungen und der tierischen Leistungen machen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die nachfolgenden Berechnungen als bestmögliche Schätzung anzusehen sind. In Tabelle 3 ist der nach den Formeln der GfE (1999) berechnete Bedarf an Gesamtprotein sowie den wichtigsten essentiellen Aminosäuren für Masthühner unterschiedlicher, in der ökologischen Hühnerhaltung anzutreffender Wachstumsintensitäten dargestellt. Da Masthühner ebenso wie Junghennen ihre Futteraufnahme innerhalb gewisser Grenzen auf die Deckung ihres Energiebedarfs abstimmen können, ist ergänzend auch der Energiebedarf der Tiere dargestellt, sowie die sich daraus ergebende kalkulierte Aminosäuredichte in  $\text{g MJ}^{-1} \text{AME}_N$ . Zum Energiebedarf von Masthühnern verweisen sowohl GfE (1999) als auch Jeroch et al. (2019) darauf, dass der Erhaltungsbedarf mit einem Aufschlag zu versehen ist, wenn Temperaturen außerhalb der Thermoneutralitätszone vorliegen oder ein erhöhter Bedarf für Bewegung vorliegt. Beides ist in der ökologischen Tierhaltung der Fall. Eine weitere Herausforderung kann durch warme Jahreszeiten (lange, heiße Sommer) entstehen, die ein viel dringenderes Problem darstellen, da es für Geflügel schwierig ist, bei hohen Temperaturen die Körpertemperatur aufrechtzuerhalten, und hohe Temperaturen zu einer starken Reduzierung der Futteraufnahme führen. Allerdings geben die genannten Quellen mangels diesbezüglicher Untersuchungsergebnisse keine Größenordnung für den Aufschlag vor. Daher gibt Tabelle 3 den Energiebedarf ohne Aufschlag an.

**Tabelle 3: Empfehlungen der GfE (1999) zur Versorgung mit Energie, Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren in der Hühnermast anhand von Beispielen unterschiedlicher Wachstumsintensitäten, Angaben zur Lebendmasse sowie zu den täglichen Lebendmassezunahmen (TGZ) aus der angegebenen Literatur**

Alter, Wochen	Lebendmasse*	Bedarf, g Tag <sup>-1</sup>											
		AMEN <sub>N</sub> , MJ	XP	Lysin	Methionin	Met+Cyst	Threonin	Tryptophan	Lysin	Methionin	Met+Cyst	Threonin	Tryptophan
<b>ÖTZ Coffee, männlich</b> (Baldinger und Günther 2020; TGZ gesamt 24,3 g)													
2	114	0,19	2,8	0,14	0,05	0,10	0,09	0,02	0,74	0,26	0,53	0,47	0,11
4	347	0,45	6,3	0,30	0,11	0,24	0,22	0,05	0,67	0,24	0,53	0,49	0,11
6	691	0,78	10,8	0,50	0,19	0,45	0,39	0,08	0,64	0,24	0,58	0,50	0,10
8	1144	1,08	14,2	0,65	0,26	0,62	0,53	0,11	0,60	0,24	0,57	0,49	0,10
10	1624	1,32	16,7	0,77	0,32	0,74	0,64	0,13	0,58	0,24	0,56	0,48	0,10
12	2126	1,48	17,5	0,80	0,34	0,79	0,69	0,14	0,54	0,23	0,53	0,47	0,09
18	3104	1,34	10,5	0,42	0,25	0,53	0,48	0,08	0,31	0,19	0,40	0,36	0,06
<b>Hubbard JA 757, weiblich</b> (Höhne et al. 2022; TGZ gesamt 35,0 g)													
2	258	0,41	3,5	0,17	0,06	0,12	0,11	0,03	0,41	0,15	0,29	0,27	0,07
4	566	0,63	8,3	0,39	0,15	0,33	0,29	0,06	0,62	0,24	0,52	0,46	0,10
6	1121	1,20	15,9	0,74	0,29	0,68	0,59	0,13	0,62	0,24	0,57	0,49	0,11
8	1752	1,47	17,2	0,79	0,33	0,77	0,67	0,14	0,54	0,22	0,52	0,46	0,10
10	2492	2,00	23,7	1,11	0,46	1,08	0,94	0,19	0,56	0,23	0,54	0,47	0,10
<b>Hubbard JA 757, männlich</b> (Höhne et al. 2022, TGZ gesamt 41,0 g)													
2	259	0,42	3,6	0,18	0,07	0,12	0,12	0,03	0,43	0,17	0,29	0,29	0,07
4	602	0,67	9,1	0,43	0,17	0,36	0,33	0,07	0,64	0,25	0,54	0,49	0,10
6	1252	1,30	18,4	0,87	0,34	0,80	0,69	0,15	0,67	0,26	0,62	0,53	0,12
8	2009	1,60	20,5	0,96	0,39	0,92	0,88	0,17	0,60	0,24	0,58	0,55	0,11
10	2911	2,19	28,3	1,35	0,56	1,31	1,13	0,24	0,62	0,26	0,60	0,52	0,11
<b>Hubbard 957, gemischtgeschlechtlich</b> (Schmidt und Bellof 2008; TGZ gesamt 45,2 g)													
2	248	0,45	7,3	0,39	0,14	0,26	0,25	0,06	0,87	0,31	0,58	0,56	0,13
4	814	1,12	16,8	0,84	0,31	0,68	0,61	0,14	0,75	0,28	0,61	0,54	0,13
6	1596	1,69	23,7	1,14	0,44	1,04	0,90	0,19	0,67	0,26	0,62	0,53	0,11
8	2454	2,06	26,3	1,25	0,51	1,20	1,04	0,22	0,61	0,25	0,58	0,50	0,11
10	3247	2,16	24,9	1,17	0,51	1,17	1,02	0,21	0,54	0,24	0,54	0,47	0,10
12	3833	1,97	19,7	0,90	0,43	0,98	0,86	0,17	0,46	0,22	0,50	0,44	0,09

\*Bei fehlenden Wiegedaten repräsentieren die fett und kursiv gedruckten Werte Schätzwerte die auf Wiegewerten zu anderen Zeitpunkten basieren.

Aus Tabelle 3 lässt sich ablesen, dass der tägliche Bedarf an Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren mit steigender Wachstumsintensität (angegeben als tägliche Lebendmassezunahme,  $\text{g d}^{-1}$  TMZ) deutlich ansteigt. Tabelle 4 zeigt zum Vergleich die Empfehlungen der GfE (1999) zur Aminosäuredichte. Hier wird erneut deutlich, dass der Anspruch an die Dichte an verdaulichem Protein im Futters mit zunehmendem Alter abnimmt. Der Vergleich zeigt, dass die höchste in Tabelle 3 dargestellte Wachstumsintensität (Hubbard 957, tägliche Lebendmassezunahme 45,2 g) eine ähnliche Aminosäuredichte erfordert wie in den GfE (1999) Empfehlungen für konventionelle Masthühner angegeben. Die geringere Wachstumsintensität der anderen in Tabelle 3 angegebenen Beispiele erfordert eine geringere Aminosäuredichte.

**Tabelle 4: Empfehlungen der GfE (1999) zur Aminosäuredichte in  $\text{g MJ}^{-1}$  AME<sub>N</sub> in Alleinfuttermitteln für Masthühner (von-bis Angaben für Tiere beider Geschlechter)**

Alter, Wochen	Lysin	Methionin	Met+Cyst	Threonin	Tryptophan
1 - 2	0,87 – 0,89	0,31 – 0,32	0,58 – 0,59	0,57 – 0,58	0,13 – 0,14
3 - 5	0,79 – 0,81	0,29 – 0,30	0,61 – 0,62	0,56 – 0,57	0,13
6 - 8	0,64 – 0,70	0,25 – 0,27	0,59 – 0,64	0,51 – 0,56	0,11 – 0,12

Aufgrund der Regulierung der Futteraufnahme nach dem Energiebedarf kann der Energiegehalt der Futtermischung nur innerhalb gewisser Grenzen variiert werden. Jeroch et al. (2019) fassen die Angaben mehrerer Quellen dazu in der folgenden Empfehlung zum Energiegehalt in Futtermischungen für langsamwachsende Masthühner zusammen:

- Lebenswoche 1-4: 11,0 – 12,0 MJ AME<sub>N</sub> kg<sup>-1</sup> Futter
- Lebenswoche 5-8: 11,5 – 12,5 MJ AME<sub>N</sub> kg<sup>-1</sup> Futter
- Lebenswoche 9-Mastende: 11,5 – 12,5 MJ AME<sub>N</sub> kg<sup>-1</sup> Futter

Wie die ökologische Fütterung von Masthühnern in der Praxis aussehen kann, zeigen die Tabellen 5-7, in denen die Fütterungsregime der in Tabelle 2 und 3 angeführten Beispiele dargestellt sind. Von einigen wenigen Komponenten abgesehen, die in den Fußnoten angegeben sind, stammten alle Komponenten der eingesetzten Futtermischungen aus ökologischer Produktion.

**Tabelle 5: Analyisierte Inhaltsstoffe ( $\text{g kg}^{-1}$  Futtermischung „as fed“ sofern nicht anders angegeben) des Fütterungsregimes für die gemischtgeschlechtliche Aufzucht der Zweinutzungsherkunft ÖTZ Coffee (Werner et al. 2023)**

	Lebenswoche 1-3	Lebenswoche 4-7	Lebenswoche 8-11*	Lebenswoche 12-18
Rohprotein	211	171	194	167
Rohfett	72	67	67	57
Rohfaser	63	71	53	68
Lysin	10,1	7,6	10,2	8,2
Methionin	3,9	3,1	3,4	2,9
Met+Cyst	7,4	6,1	6,8	5,9
Phosphor	10,7	6,2	9,7	6,3
Kalzium	15,8	7,0	11,0	7,2
Energie, MJ AME <sub>N</sub>	11,5	11,8	12,2	11,6
Futtermittelverbrauch, g	21	64	102	115

\* Futtermischung enthielt Maiskleber aus konventioneller Produktion

**Tabelle 6: Zusammensetzung (%) und analysierte Inhaltsstoffe (g kg<sup>-1</sup> Futtermischung „as fed“ sofern nicht anders angegeben) des Fütterungsregimes für die gemischtgeschlechtliche Mast von Hubbard JA 757 Hennen und Hähnen (Höhne et al. 2022)**

	Lebenswoche 1-4	Lebenswoche 5-7	Lebenswoche 8-10
Weizen	270	310	350
Körnermais	250		
Triticale		130	160
Sojakuchen	200	180	135
Rapskuchen		75	100
Sonnenblumenkuchen	90	25	
Futtererbsen	50	200	200
Reiskleber	50	47	25
Luzernegrünmehl	25		
Bierhefe*	25		
Mineralstoffmischung	35	33	30
Rohprotein	172	208	184
Lysin	9,2	10,7	9,8
Methionin	3,3	3,3	2,9
Met+Cyst		7,2	6,6
Phosphor	6,9	3,8	4,8
Kalzium	9,2	7,9	7,5
Energie, MJ AME <sub>N</sub>	9,9	12,4	12,6
Futtermittelverbrauch, g Tag <sup>-1</sup>	.	89	145

\*aus konventioneller Produktion; in der Starterphase konnte die Futtermittelaufnahme nicht lückenlos dokumentiert werden

**Tabelle 7: Zusammensetzung (%) und analysierte Inhaltsstoffe (g kg<sup>-1</sup> Futtermischung „as fed“ sofern nicht anders angegeben) des Fütterungsregimes für die gemischtgeschlechtliche Mast von Hubbard 957 Hennen und Hähnen (Schmidt und Bellof 2008)**

	Lebenswoche 1-4	Lebenswoche 5-8	Lebenswoche 9-12
Weizen	80	111	134
Körnermais	260	310	450
Sojakuchen	250	200	175
Sonnenblumenkuchen	59	55	50
Leinkuchen	120	95	90
Futtererbsen	100	100	
Maiskleber	75	60	30
Rapsöl	17,5	30	35
Mineralstoffmischung	36,5	35	34
Futterkalk	2	1	1
Monocalciumphosphat		3	1
Rohprotein	239	225	197
Rohfett	68	88	91
Rohfaser	65	59	56
Lysin	10,6	10,0	9,0
Methionin	3,8	3,7	3,3
Met+Cyst	14,4	7,4	6,9
Phosphor	8,5	6,8	5,6
Kalzium	13	9,8	11
Energie, MJ AME <sub>N</sub>	11,8	12,2	11,9
Futtermittelverbrauch, g Tag <sup>-1</sup>	49	132	175

## Schweine

### Saugferkel

In der ökologischen Ferkelaufzucht ist Sauenmilch aufgrund der vorgeschriebenen Mindestsäugezeit von 40 Tagen, im Vergleich zur konventionellen Säugezeit mit 28 Tagen, über einen langen Zeitraum die wichtigste Proteinquelle für Saugferkel. Für das Überleben und Wachstum der Saugferkel ist die ausreichende Aufnahme von Kolostrum und Milch sehr wichtig (Prunier et al. 2020). Kolostrum ist sehr reich an Immunglobulinen und Protein, und enthält weniger Fett und Milchzucker im Vergleich zur Milch (Inoue und Tsukahara 2021). Innerhalb von 24 h nach der Geburt sinkt der Gehalt an Immunglobulinen und damit an Protein, wohingegen der Anteil an Milchzucker und Fett kontinuierlich über die Laktation steigt (Kecman et al. 2016) (Tabelle 8).

**Tabelle 8: Gehalte von Fett, Protein, Milchzucker, Trockenmasse und Energie in Kolostrum, Übergangsmilch und reifer Milch (nach Thiel et al. 2014)**

	Kolostrum			Übergangsmilch		Reife Milch	
	Früh 0 h	Mittel 12 h	Spät 24 h	36 h	3d	17 d	SEM
Zeit <i>post partum</i>							
Chemische Zusammensetzung <sup>2</sup> (g 100g <sup>-1</sup> OS)							
Lipid	5,1 <sup>c</sup>	5,3 <sup>c</sup>	6,9 <sup>ab</sup>	9,1 <sup>a</sup>	9,8 <sup>a</sup>	8,2 <sup>b</sup>	0,5
Protein	17,7 <sup>a</sup>	12,2 <sup>b</sup>	8,6 <sup>c</sup>	7,3 <sup>cd</sup>	6,1 <sup>d</sup>	4,7 <sup>e</sup>	0,5
Laktose	3,5 <sup>d</sup>	4,0 <sup>c</sup>	4,4 <sup>bc</sup>	4,6 <sup>b</sup>	4,8 <sup>ab</sup>	5,1 <sup>a</sup>	0,1
Trockenmasse	27,3 <sup>a</sup>	22,4 <sup>b</sup>	20,6 <sup>b</sup>	21,4 <sup>b</sup>	21,2 <sup>b</sup>	18,9 <sup>c</sup>	0,6
Energie (kJ 100g <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	260 <sup>d</sup>	276 <sup>d</sup>	346 <sup>c</sup>	435 <sup>ab</sup>	468 <sup>a</sup>	409 <sup>b</sup>	21

<sup>1</sup> In Originalsubstanz (OS); Die berechnete Energie stammt aus dem Laktose- und Fettgehalt (Energie in Proteinen ist nicht enthalten, da Proteine im Kolostrum (Immunität) und in der Milch (Wachstum) eine unterschiedliche Rolle spielen und daher normalerweise nicht in großem Umfang oxidiert werden.)

<sup>2</sup> Die Werte in Zeilen ohne gemeinsamen hochgestellten Index unterscheiden sich (P < 0,05)

Im weiteren Verlauf der Säugezeit erfolgt die Gewöhnung der Saugferkel an festes Futter in Form von Saugferkelbeifutter. Zur Umstellung auf die Aufzuchtphase sind diese primär im Hinblick auf Schmackhaftigkeit und Verdaulichkeit der Komponenten zu optimieren. Üblicherweise wird spätestens ab der 2. Lebenswoche der Ferkel mit der Beifütterung begonnen, wobei die täglichen Futtermengen noch zu vernachlässigen sind. Erst ab der fünften Lebenswoche wurde die Aufnahme relevanter Mengen an Saugferkelbeifutter beobachtet (Schwediauer 2020, Bussemas und Weißmann 2015). Mit dem Saugferkelbeifutter wird der Grundstein für eine Entwicklung des Gastrointestinaltraktes gelegt, die relevant für die Verdauung und Gesundheit der Tiere bis zum Lebensende ist. Daher ist der Zusammensetzung dieses Futters besondere Bedeutung beizumessen.

In Abwesenheit von Bedarfswerten für ökologisch gehaltene Ferkel werden ab diesem Zeitpunkt die Angaben der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2006) für einen Lebendmassebereich zwischen 5 und 10 kg und tägliche Zunahmen bis 300 g angenommen (Tabelle 11). Vor dem Hintergrund, dass Saugferkel sich in ihrer ersten Lebensphase vornehmlich von Sauenmilch ernähren, ist die Nährstoffversorgung der Sau jederzeit sicherzustellen. Tabelle 9 zeigt beispielhaft zwei Saugferkelbeifutter.

**Tabelle 9: Komponenten und Nährstoffgehalte der Rationen aus Stalljohann (2006) zur Versorgung von Saugferkeln mit Beifutter**

Komponenten (%)	Stalljohann (2006)	
	Saugferkel Bio	Saugferkel POT
Gerste	20,2	20,0
Weizenflocken	13,0	20,0
Haferflocken	12,0	19,5
Erbsen	10,0	5,0
Sojabohnen, getoastet	10,0	10,0
Ackerbohnen, aufgeschlossen	20,0	10,0
Magermilchpulver	10,0	6,0
Kartoffeleiweiß		5,0
Premix	1,5	1,5
Futterkalk	0,7	0,8
Monocalciumphosphat	0,5	0,7
Viehsalz	0,1	
Pflanzenöl	2,0	1,5
<b>Inhaltsstoffe</b>		
Rohprotein (g kg <sup>-1</sup> )	197	201
Lysin (g kg <sup>-1</sup> )	11,7	11,9
Methionin (g kg <sup>-1</sup> )		
ME (MJ)	14,3	14,5
g Lysin MJ <sup>-1</sup> ME	0,8	0,8

### Aufzuchtferkel nach dem Absetzen

Der Zeitraum des Absetzens ist kritisch, da die Tiere neben dem Verlust der Muttersau, und damit sowohl eines wichtigen Sozialpartners als auch der Sauenmilch, zumeist auch eine Neugruppierung in einer neuen Stallumgebung erleben. Abrupte Futterwechsel sind in dieser Phase daher zu vermeiden und die Vorlage von hochverdaulichem Ferkelfutter wird empfohlen.

Der Proteinbedarf von Schweinen ist im Wesentlichen ein Aminosäurenbedarf. Beim Einsatz von Futtermitteln aus nicht-ökologischer Erzeugung ist meist Lysin erstlimitierend. Durch den vermehrten Einsatz von lysinreichen Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau können hier zudem die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein limitierend sein. Ausgehend von der Höhe des Gehalts an für die Schweine verdaulichem Rohprotein, sind die *praecaecal* verdaulichen (pcv) Anteile von Lysin, Methionin und Cystein in Futtermitteln ausschlaggebend zur Bedarfsdeckung. Das Verhältnis der pcv Aminosäuren Lysin zu der Summe aus Methionin und Cystein sollte bei 1:0,53 (Brutto 1:0,6; Kamphues et al. 2014) liegen. Des Weiteren ist das Verhältnis zum Energiegehalt der Ration zu beachten.

Der Gesamtbedarf an Rohprotein, Aminosäuren und Energie setzt sich aus dem jeweiligen Bedarf für die Erhaltung und die Leistung zusammen. Letzterer wird maßgeblich vom genetisch bedingten Proteinansatzvermögen der Schweine bestimmt. Die täglichen Zunahmen von Aufzuchtferkeln variieren stark. Tabelle 10 zeigt eine Übersicht von Untersuchungen zur Fütterung von Aufzuchtferkeln mit zu 100 % aus ökologischen Bestandteilen bestehenden Fütterungsregimen und die dabei erreichten Leistungen.

Für den täglichen Bedarf an Gesamtprotein und essentiellen Aminosäuren von Schweinen liegen ebenso wie beim Geflügel keine für die ökologische Schweinehaltung gesondert ausgewiesenen Bedarfswerte vor. Als Basis für die bedarfsgerechte Versorgung von Schweinen können die von der GfE veröffentlichten Versorgungsempfehlungen aus dem Jahr 2006 (GfE 2006) genutzt werden (zusammengefasst in Tabelle 11).

**Tabelle 10: Übersicht von Eckdaten aus Untersuchungen zur Fütterung von Aufzuchtferkeln mit einer zu 100 % aus ökologischen Bestandteilen bestehenden Fütterung und die dabei erreichten Leistungen (Spannbreiten der mittleren Ergebnisse über mehrere Rationen)**

	Einheit	Stalljohann (2006) Station	Baldinger et al. (2017) Station	Quander-Stoll et al. (2020a) Praxisbetriebe	Quander-Stoll et al. (2020b)* Praxisbetriebe
Anzahl Tiere	n	234	1509	>1000	445
Absetzalter	Tage	49	48-50	42	46
Lebendmasse Absetzen	kg	14,8-15,7	15,2-15,6	11,0-11,4	10,5-11,5
Alter Aufzuchtende	Tage	70	63	63	58
Lebendmasse Aufzuchtende	kg	25,8-27,3	20,9-22,2	17,0-19,6	15,0-17,0
Futteraufnahme	g Tier <sup>-1</sup> Tag <sup>-1</sup>				
Saugferkel			61-82		134-152
Absetzer		950-990	522-641		557-676
Gesamt			245-298		
Zunahmen Aufzucht	g Tag <sup>-1</sup>				
Saugferkel		251-259	295-362		230-280
Absetzer		526-556	317-450		300-380
Gesamt			291-368	258-407	

\* Schätzung der Werte für Lebendmasse und Zunahmen aus Abbildungen

**Tabelle 11: Empfehlungen der GfE (2006) zur Versorgung mit *praecaecal* verdaulichen (pcv) Aminosäuren, pcv Rohprotein (g Tag<sup>-1</sup>) und umsetzbarer Energie (ME in MJ Tag<sup>-1</sup>) in der Ferkelaufzucht (Saugferkel und Aufzuchtferkel) bei im Ökologischen Landbau zu erwartenden Leistungen**

Lebendmasse (kg)	Tägliche Zu- nahmen (g)	pcv Lysin (g Tag <sup>-1</sup> )	pcv Methionin+Cystein (g Tag <sup>-1</sup> )	pcv Threonin (g Tag <sup>-1</sup> )	pcv Rohprotein (g Tag <sup>-1</sup> )	MJ ME Tag <sup>-1</sup>
5	100	2,1	1,1	1,3	30	2,9
	200	4,0	2,1	2,5	58	4,1
	300	6,0	3,1	3,7	85	5,2
10	100	2,2	1,2	1,4		4,3
	200	4,1	2,2	2,6	59	5,5
	300	6,0	3,2	3,8	87	6,7
	400	8,0	4,1	4,9	114	7,9
15	300	6,1	3,3	3,9	88	8,0
	400	8,1	4,2	5	116	9,3
20	300	6,2	3,3	4	89	9,3
	400	8,1	4,3	5,1	117	10,6
	500	10,1	5,3	6,3	145	12,0
25	400	8,2	4,4	5,2	118	11,9
	500	10,1	5,3	6,4	146	13,4
	600	12,1	6,3	7,6	174	14,8
30	400	8,3	4,4	5,3		13,2
	500	10,2	5,4	6,5	148	14,7
	600	12,1	6,4	7,6	176	16,2

Es ist zu beachten, dass auch beim Schwein der Anspruch an die Qualität des Futters (Dichte an *praecaecal* verdaulichen essentiellen Aminosäuren) mit steigendem Alter abnimmt und somit beim (Absetz-) Ferkel am höchsten ist. Die Empfehlungen der GfE (2006) zur Versorgung von Aufzuchtferkeln decken insgesamt einen Lebendmassebereich von 5 – 30 kg und tägliche Zunahmen von 100 – 800 g ab. Da die Erstellung dieser Empfehlungen jedoch auf Forschungsergebnissen basiert, die größtenteils im letzten Jahrhundert auf Basis abweichender Umgebungsbedingungen und Herkünften mit abweichendem Leistungspotential basieren, können die Werte nur als Näherung betrachtet werden. Die Versorgungsempfehlungen des National Research Council (NRC) aus dem Jahr 2012 (NRC 2012) können nicht einfach tabellarisch gegenübergestellt werden, da sie

sich auf durchschnittliche tägliche Zunahmen (auf den reinen Muskelansatz bezogen) in Höhe von 325 g in einem Lebendmassebereich von 20 – 120 kg beziehen und deutlich breitere Lebendmasse- bzw. Altersbereiche abdecken. Weitere Versorgungsempfehlungen wurden vom INRAe (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Frankreich) und CVB (Centraal Veevoeder Bureau, Niederlande) herausgegeben. Das CVB (2023) gibt den Bedarf an *praecaecal* verdaulichen Aminosäuren als Funktion des Rohproteingehaltes der Ration für Ferkel im Alter von 5 - 6 Wochen an. Der Bedarf an *praecaecal* verdaulichen Aminosäuren für Mastschweine wurde mit dem Tool „InraPorc“ (INRA 2009) berechnet, welches genau wie die brasilianischen Versorgungsempfehlungen (Rostagno et al. 2011) Gleichungen mit Bezug zu umwelt- und tierbedingten Parametern nutzt. Mit diesem Tool könnte auch der Bedarf für Rassen erfasst werden, die von konventionell eingesetzten Rassen bezüglich ihrer Eigenschaften und Leistung abweichen (Brossard et al. 2020).

Die folgende Tabelle 12 zeigt Rationen, mit denen Aufzuchtferkel in verschiedenen Studien versorgt wurden.

**Tabelle 12: Komponenten und Nährstoffgehalte der Rationen aus verschiedenen Studien zur Versorgung von Aufzuchtferkeln**

Name	Stalljohann (2006) <sup>1</sup>				Baldinger et al. (2017) <sup>2</sup>			Quander-Stoll et al. (2020b) <sup>2*</sup>			
	1	2	3	4	HID	MID	LID	Soy	Milk	LYS	POT
Komponenten (%)											
Gerste	24,0	24,0	28,0	38,3	28,0	20,0	27,0	29,0	29,1	29,7	30,0
Weizen	24,5	24,5									
Triticale						27,5	30,0				
Hafer								25,0	25,0	26,0	26,0
Lupinen						10,0					
Weizenkleie								2,4	2,9	5,1	3,8
Weizenflocken			22,0	22,0	22,0						
Erbsen	10,0					20,0	20,0	7,5	6,8	7,5	6,3
Bohnen	10,0				22,2		10,0	7,0	7,0	7,0	5,0
Sojabohnen, getoastet	20,0	20,0	17,4	17,0	17,4						
Sojakuchen						14,3	4,8	13,4	10,5	9,5	5,6
Rapskuchen							5,0	6,0	6,0		6,0
Sonnenblumenkuchen										5,0	
Ackerbohnen, aufgeschl.		20,0	22,0	10,0							
Molkenpulver						5,0					
Magermilchpulver	7,0	7,0	6,0	4,0	6,0				3,0		
Kartoffelprotein				4,0							4,0
Lysin, fermentiert										0,2	
Premix	1,5	1,5	1,5	1,5	3,4	2,7	2,7				
Futterkalk	1,0	1,0	1,0	1,1							
Monocalciumphosphat	0,8	0,8	0,8	0,8							
Viehsalz	0,3	0,3	0,3	0,3							
Pflanzenöl	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5				
Inhaltsstoffe					In TS			In TS			
Protein (g kg <sup>-1</sup> )	192	196	196	197	205	201	177	187	185	174	178
Lysin (g kg <sup>-1</sup> )	11,1	11,1	10,9	11,1	11,9	11,3	10,0	10,1	10,0	9,9	9,4
Methionin (g kg <sup>-1</sup> )					3,0	2,6	2,4	2,3	2,5	2,1	2,5
ME (MJ)	13,8	13,9	13,9	13,9	15,4	14,6	14,6	13,1	13,2	13,1	13,2
g Lysin MJ <sup>-1</sup> ME	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7

<sup>1</sup>Nach Absetzen bis Tag 70

<sup>2</sup> Für Saugferkel als Beifutter und nach dem Absetzen bis Tag 46-50

\*Weitere Komponenten: Premix, Futterkalk, Monocalciumphosphat, Viehsalz, Pflanzenöl, Apfelessig, Melasse

HID = High intensity, MID = Medium intensity, LID = Low intensity,

LYS = fermentativ erzeugtes Lysin eingesetzt, POT = Kartoffeleiweiß eingesetzt

Während die Rationen von Baldinger et al. (2017) und Quander-Stoll et al. (2020b) Tieren im Saugferkelalter und nach dem Absetzen bis zum Ende der Aufzucht mit etwa 20 kg vorgelegt wurden, wurden die Rationen von Stalljohann (2006) an Tiere nach dem Absetzen bis zu einer Lebendmasse von ca. 26 kg angeboten. Die Rationen

sind beispielhaft gewählt und es gibt viele weitere Möglichkeiten, eine Ration für Aufzuchtferkel zu gestalten. Getreideprodukte machen meist über 50 % der Ration aus. Zudem werden Körnerleguminosen, wie Erbsen, Bohnen und Sojabohnen sowie Presskuchen von Soja-, Raps- und Sonnenblumensamen eingesetzt. Um konzentriert Aminosäuren hinzuzufügen, wurden Magermilchpulver, Molkenpulver und Kartoffelprotein genutzt. Das Schweizer Forschungsteam Quander-Stoll et al. (2020a, b) nutzte zudem ein fermentativ hergestelltes Lysin (Vitalys), das allerdings derzeit nicht auf dem Markt verfügbar und nicht im Ökologischen Landbau zugelassen ist. Sie beobachteten ein verstärktes Durchfallgeschehen bei den Rationen ohne Kartoffeleiweiß und Anzeichen eines Threoninmangels in der Ration mit zugesetztem Lysin. Beim Einsatz von einzelnen Aminosäuren muss immer der Ausgleich der nächstlimitierenden Aminosäure (beim Schwein Methionin+Cystein, Threonin und Tryptophan) beachtet werden. Nichtsdestotrotz könnte der Einsatz fermentativ hergestellter Aminosäuren die Monogastrierfütterung im Ökologischen Landbau verbessern. Alle Rationen sind als 100 %-Biofutter möglich, sofern die Einzelkomponenten in Bio-Qualität verfügbar sind.

## Unsicherheiten

Zusammenfassend lässt sich zum Bedarf an Gesamtprotein und an essentiellen Aminosäuren für ökologisch gehaltene Jungtiere von Geflügel und Schweinen festhalten, dass keine wissenschaftlich belegten Bedarfszahlen zur Verfügung stehen und die Informationen aus dem konventionellen Bereich nur mit einem erheblichen Maß an Unsicherheit zu übertragen sind. Die im konventionellen Bereich vorgenommenen faktoriellen Bedarfsableitungen wurden darüber hinaus unter kontrollierten Umweltbedingungen vorgenommen, während Hühner und Schweine in ökologischer Haltung Zugang zum Auslauf haben und ihr Nährstoffbedarf durch die damit verbundenen Außenklimareize, die Bewegung und die Anforderungen an das Immunsystem beeinflusst wird. Die in diesem Kapitel angegebenen Versorgungsempfehlungen stellen daher die unter den gegebenen Bedingungen bestmöglichen Schätzungen dar. Auch die Bedarfszahlen für Schweine in der konventionellen Landwirtschaft sind veraltet und bedürfen einer Überarbeitung. Es ist zwingend erforderlich, aktualisierte und an die ökologische Tierhaltung angepasste Bedarfszahlen wissenschaftlich zu generieren, da ansonsten ein direkter Konflikt mit dem Tierschutzgesetz und der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung entsteht. Vor dem Hintergrund der Ausweitung des Ökologischen Landbaus auf 30 % gewinnt dies zusätzlich an Bedeutung.

## Futtermittel in Ökoqualität zur Bedarfsdeckung

Der Einsatz verschiedener Einzelfuttermittel trägt zur Deckung des Bedarfs an Rohprotein und Aminosäuren bei. Das geltende Futtermittelrecht auf nationaler und europäischer Ebene ist beim Einsatz zu beachten. Alle Einzelfuttermittel sind im Katalog für Einzelfuttermittel (<https://www.feedmaterialsregister.eu/>) gelistet. In der VO EG 2018/848 wird festgelegt, dass Futtermittel mit Ursprung in Pflanzen, Algen, Tieren oder Hefe ökologisch erzeugt sein müssen (EC 2018, Teil II, 1.4.1. i). Ein Einsatz von GMO, ionisierender Strahlung, synthetischen Aminosäuren und chemischen Lösungsmitteln ist nicht zulässig. Nicht-ökologische Futtermittel mikrobiellen Ursprungs müssen nach Artikel 24 zugelassen sein. Zudem müssen 30 % der Futtermittel vom Betrieb oder aus einer Kooperation in der Region stammen. Viele Futtermittel sind auch in der Positivliste für Einzelfuttermittel zu finden. In die Positivliste wurden ausgewählte Futtermittel „aufgenommen, deren Sicherheit im Hinblick auf die verwendeten Rohstoffe, Verarbeitungshilfsstoffe und Herstellungsverfahren sowie auf ihren Futterwert hin durchleuchtet wurden und die für die Nutztierernährung als geeignet angesehen werden“ (Normenkommission der Einzelfuttermittel 2023).

Bei der Betrachtung von Futtermitteln hinsichtlich ihres Beitrags zur Deckung des Aminosäurenbedarfs spielen sowohl die Einsatzmenge (Anteil in Rationen) als auch die Menge an Rohprotein und Aminosäuren sowie deren *praecaecale* Verdaulichkeit eine Rolle. Vor allem sehr junge Tiere haben hohe Ansprüche an die Futterqualität.

**Futtergetreide** sind die Basis einer bedarfsgerechten Versorgung monogastrischer Nutztiere und tragen dadurch, dass sie in hohen Mengen eingesetzt werden, zur Deckung des Aminosäurenbedarfes bei. Hochwertige Getreidefuttermehle weisen in der Regel erhöhte Rohproteingehalte auf, sind aber nur begrenzt lagerfähig.

Regional erzeugbare **heimische Körnerleguminosen**, wie Ackerbohnen, Futtererbsen, Lupinen oder Wicken sind proteinreiche Komponenten, die bis zu 10 % der Fruchtfolge ausmachen können und daher deutlich zur Deckung des Proteinbedarfes beitragen. Dabei ist zu beachten, dass diese Samen oft reich an Lysin, aber arm an Methionin und Cystein sind, sodass zusätzlich methionin- und cysteinreiche Futtermittel benötigt werden. Zudem sind Einsatzgrenzen aufgrund des Vorkommens verschiedener antinutritiver Inhaltsstoffe (ANF) zu berücksichtigen.

**Sojabohnen** haben einen sehr hohen Proteingehalt mit viel Lysin, aber auch Methionin und Cystein. Der Vermahlungsgrad und die richtige Prozedur beim Toasten sind für die Fütterung zu beachten. Der Anbauumfang der selbstverträglichen Pflanzen steigt vor allem dadurch, dass eine züchterische Bearbeitung stattfindet, die den Anbau auch in kälteren Regionen mit weniger Sonnenstunden ermöglicht. Mittelfristig wird die Sojabohne damit eine regionale Proteinquelle. Da Sojabohnen große Mengen an Öl enthalten, werden sie sowohl zu den Körnerleguminosen als auch zu den Ölfrüchten gezählt.

**Presskuchen** aus Sojabohnen, Rapsamen, Sonnenblumenkernen oder anderen ölhaltigen Früchten sollten möglichst geringe Restölgehalte aufweisen, da diese zu hohen Energie- und im Vergleich geringeren Rohprotein- und Aminosäuregehalten führen und die Haltbarkeit der Kuchen einschränken. Zudem haben hohe Ölgehalte mit folglich hohen Gehalten an Polyensäuren (mehrfach ungesättigte Fettsäuren) einen Effekt auf die tierischen Produkte. Schweinespeck wird weicher und oxidationsempfindlicher, das Fett wird schneller ranzig und die Haltbarkeit von Wurstwaren (insb. Rohwurst) wird eingeschränkt. Die nutritive Qualität der Ölkuchen hängt zudem davon ab, mit wieviel Hitze sie behandelt wurden, da eine nicht schonende Behandlung die Verdaulichkeit der Aminosäuren einschränkt.

Klassischerweise werden bei der Stärkeproduktion anfallende Proteinreste aus Kartoffeln oder Getreide genutzt, um eine Ration auszubalancieren. **Kartoffeleiweiß** ist reich an Lysin und den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein. **Mais-, Reis und Weizenkleber** enthalten große Mengen an Methionin und Cystein. Die Nachfrage nach Bio-Stärke, von deren Produktion der anfallende Umfang an Kartoffeleiweiß und Kleberproteinen abhängt, ist allerdings gering, sodass diese Hochproteinkomponenten in Bio-Qualität nur bedingt erhältlich sind.

**Produkte aus grünen Pflanzenteilen** bedürfen oft einer aufwendigen Bearbeitung, können aber proteinreiche Futtermittel sein, die nicht in der Humanernährung nutzbar sind und somit keine Nahrungskonkurrenz zum

Menschen darstellen. Beispielhaft genannt seien Grünfuttermittel, Blattmasse aus feinsamigen Leguminosen (Messinger et al. 2021; Pleger et al. 2021), Silagen (Wüstholtz 2017, Bikker et al. 2014) oder Extrakte aus Zuckerrübenblättern, feinsamigen Leguminosen oder Gras (Brugger et al. 2016; Stødkilde et al. 2018).

Auch verschiedene **Algen und Wasserpflanzen** (Mikroalgen, Makroalgen, Wasserlinsen) können zur Aminosäurenversorgung beitragen (Øverland et al. 2019, Gatrell et al. 2014). Mikro- und Makroalgen sind Proteinquellen, die perspektivisch eine größere Rolle spielen könnten (Costa et al. 2020).

Des Weiteren gibt es unterschiedliche **tierische Produkte**, deren hohe Proteingehalte mit für die Monogastrierversorgung interessantem Aminosäurenprofil sie zu wichtigen Proteinlieferanten machen können:

Verschiedene **Milchprodukte**, die bei der Herstellung von Nahrungsmitteln anfallen, können vor allem in der Versorgung von Ferkeln Einsatz finden. Dazu gehören Molke- und Magermilchpulver. Diese sind ernährungsphysiologisch wertvoll und können Kartoffeleiweiß in der Aufzucht von Schweinen ersetzen.

Nicht vermarktete **Eier** (Brucheiern, S-Eiern) oder Volleipulver sind hochwertige Proteinquellen, die eigentlich für die Humanernährung bestimmt sind, durchaus aber in der Fütterung von Küken Verwendung finden können.

Mittlerweile ist der Einsatz einiger **Insekten** und **Regenwürmern** in Nutztierfutter zugelassen. Diese können zur Proteinversorgung beitragen (Ding et al. 2019, Bahadori et al. 2017, Rothstein 2018, Maurer et al. 2015), jedoch ist weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit für eine nachhaltige Produktion notwendig. Erste Ergebnisse zum Einsatz von Bioabfällen und Nebenprodukten der Lebensmittelerzeugung liegen vor (u.a. Eggink et al. 2022).

**Fischmehl** kann in der Aufzucht als Proteinfuttermittel Verwendung finden. Auch Weichtier- und Schalentiermehle sind einsetzbar. Die Verfügbarkeit ist meist regional und abhängig von vorhandenen Wasserkörpern.

Der Einsatz von **Schlachtabfällen**, wie Knochenmehl oder Fleischmehl ist logistisch eine Herausforderung und wird im Ökologischen Landbau nicht umgesetzt.

Weitere eingesetzte Futtermittel mit hohen Rohproteingehalten sind **Biertreber, Schlempe oder Hefen**. Bei **Resten aus der Lebensmittelverarbeitung**, dem Lebensmitteleinzelhandel oder der Außerhausverpflegung ist von einer hohen Variabilität der Inhaltsstoffe auszugehen, des Weiteren ist eine kontinuierliche Verfügbarkeit häufig nicht gegeben sowie die Logistik eine noch zu lösende Herausforderung. Beim Einsatz von tierischen Produkten und Resten aus der Lebensmittelverwertung ist ein erhöhtes Risiko für Einträge aus der Umwelt (Langzeitchemikalien, Krankheitserreger, Mikroplastik, etc.) zu beachten.

Eine Auswahl an gängigen Futtermitteln und an Futtermitteln, die für die Proteinversorgung von Monogastriern erforscht werden, ist in der folgenden Tabelle 13 zu sehen. Neben den Gehalten an Rohprotein, Lysin, Methionin und Cystein werden mögliche Nachteile der Futtermittel und Einsatzgrenzen aufgeführt, soweit dafür Angaben vorliegen. Eine schonende Behandlung der Futtermittel (Toasten, Fermentieren, Silieren, Keimen, Hydrolysieren, Expandieren, etc.) kann die Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren verbessern. Optimale Behandlungsmethoden müssen für das jeweilige Futtermittel ausgewählt werden.

## Unsicherheiten

Die Schwankungen der Inhaltsstoffe von Einzelfuttermitteln sind generell hoch, können aber bei bestimmten Einzelfuttermitteln (wie Fischmehl oder Nahrungsmittelresten) besonders stark ausgeprägt sein. Aus diesem Grund sind für alle Futtermittel Futtermittelanalysen zu empfehlen. Mit der Variation in den Inhaltsstoffgehalten kann auch die Aminosäurenverdaulichkeit Unterschiede aufweisen. Vor allem bei sehr jungen Tieren (Küken) sind hochwertige Proteinfuttermittel (hohe Gehalte an hoch verdaulichen essentiellen Aminosäuren, wie Methionin und Cystein) einzusetzen. Einsatzgrenzen in der Ration hängen von verschiedenen Faktoren ab und können nicht klar definiert werden (hier Richtwerte aus verschiedenen Quellen angegeben). Bei guter Qualität (Verdaulichkeit, Aminosäurezusammensetzung, andere Komponenten in der Mischung) sind durchaus höhere Mengen der Einzelfuttermittel einsetzbar.

**Tabelle 13: Rohprotein-, Methionin- und Cysteingehalt (Brutto) von ausgewählten Futtermitteln sowie relevante Nachteile in der Fütterung von Monogastriern (Schwankungsbreiten der Gehalte sind hoch und Einzelwerte bilden sie nicht ab – in der Praxis sind Abweichungen zu erwarten)**

Futtermittel	Rohprotein in g kg <sup>-1</sup> T	Lysin in g kg <sup>-1</sup> T	Methionin in g kg <sup>-1</sup> T	Cystein in g kg <sup>-1</sup> T	Nachteile/ANF	Einsatzgrenzen* in %	Quelle
<b>Getreide</b>							
Weizen	89 - 154	2,9 - 4,1	1,3 - 2,8	2,0 - 3,9	- NSP - Klebereiweiß	Geflügel: 20 (-30)	1
Gerste	74 - 118	2,9 - 4,4	1,2 - 2,0	1,5 - 2,5	- NSP - Trypsinhibitoren - Tannine	Geflügel: 20	1
Hafer	87 - 129	3,6 - 5,7	1,4 - 2,3	2,6 - 4,0	- Hohe Rohfasergehalte - NSP	Geflügel: 20	1
Triticale	70 - 131	2,9 - 4,9	1,1 - 2,3	1,6 - 3,2	- Mutterkorn - NSP	Mastgeflügel: 20 Jungghennen: 30	1
Roggen	61 - 125	2,9 - 4,7	1,1 - 2,5	1,5 - 3,5	- Mutterkorn - NSP	Mastgeflügel: 5 Jungghennen: 10	1
Dinkel	126	3,2	2,1	2,8	-		3
Mais, Körner	105	3,0	2,1	2,1	-	Geflügel: 30	3
Millocorn	92	2,1	1,6	1,7	- Tannine	Geflügel: 20 (tanninarm 30)	6
<b>Körnerleguminosen</b>							
Ackerbohne	257 - 335	16,8 - 21,2	1,7 - 2,7	1,8 - 3,6	- Tannine - Pyrimidinglucoside	Ferkel: 5 Junggeflügel: 25 (15 bei buntblühenden Sorten)	1
Futtererbse	147 - 252	12,1 - 21,9	1,7 - 2,6	2,5 - 4,2	- Tannine - Oligosaccharide	Ferkel: 10 Hühnergeflügel: 30 (buntblühende Sorten 20) Puten: 15	1
Blaue Lupine	235 - 384	13,2 - 19,0	1,7 - 2,6	3,4 - 6,1	- NSP - Alkaloide	Ferkel: 5 Geflügel: 15	1
Gelbe Lupine	430	23,0	3,5	10,0	- Phytinsäure - Glucoside	Ferkel: 5 Geflügel: 15	3,6
Weißer Lupine	370	17,5	2,6	5,0	- Proteaseinhibitoren - Tannine	Ferkel: 5 Geflügel: 15	3,6
Wicke	343	21,5	2,4	3,5	- Cyanoalanintoxine - Pyrimidinglucoside - Tannine	Bröiler: 5	9
Sojabohne	400	24,5	5,4	6,0	- Hohe Fettgehalte - Trypsinhibitoren - Phytinsäure	Ferkel: 10	3,4,6

\*Nicht für alle Tierarten Einsatzgrenzen formuliert, variabel in Abhängigkeit von Inhaltsstoffen; \*\*kalkuliert mit Umrechnungsfaktor 4,3 anstelle von 6,25

1 Witten et al. 2020; 2 Staudacher 2009; 3 DLG Futterwerttabellen Schweine 2014; 4 Heinze 2011; 5 Lindermaier et al. 2009; 6 Jeroch et al. 2013; 7 Messinger et al. 2022; 8 Plegger et al. 2021; 9 Höhne et al. 2022; 10 Stødkilde et al. 2018; 11 Spinola et al. 2022; 12 Costa 2020; 13 Ding et al. 2019; 14 Klüß 2023; 156 Bahadori et al. 2017; 16 Cremers 2002

**Fortsetzung Tabelle 13**

Futtermittel	Rohprotein in g kg <sup>-1</sup> T	Lysin in g kg <sup>-1</sup> T	Methionin in g kg <sup>-1</sup> T	Cystein in g kg <sup>-1</sup> T	Nachteile/ANF	Einsatzgrenzen* in %	Quelle
<b>Ölpressekuchen</b>							
Sojakuchen	455	27,0	6,8	10,0	- Hohe Fettgehalte, Polyensäuren - Hohe Fettgehalte, Polyensäuren - Hohe Rohfasergehalte	30	3
Rapskuchen	366	19,0	7,0	8,0	- Sinapin - Glucosinolate - Phytinsäure - Tannine	Ferkel: 5 Junghennen: 7,5 Broiler: 10 Mastputen <15	3,4,6
<b>Sonnenblumenkuchen</b>							
Sonnenblumenkuchen	450	9,0	5,0	4,0	- Hohe Fettgehalte, Polyensäuren - Hohe Rohfasergehalte - Hohe Fettgehalte, Polyensäuren - Cyanogene Glucoside - Linatin - Phytinsäure - Proteaseinhibitoren - NSP	Ferkel: 5 Geflügel: 15	3,6
<b>Leinkuchen</b>							
Leinkuchen	370	13,8	6,7	6,6	- Linatin - Phytinsäure - Proteaseinhibitoren - NSP	Ferkel: 5	3,6
<b>Sesamkuchen</b>							
Baumwollkuchen	455	14,0	10,0	7,5	- Hohe Fettgehalte, Polyensäuren - Nicht regional, Salmonellen, Mykotoxine - Baumwollsaat: Gossypol	Ferkel: 15	
Ernusskuchen							
<b>Produkte aus der Ganzpflanze</b>							
<b>Grünmehl</b>							
Grünmehl	165 - 188	7,0 - 8,9	2,1 - 2,5	1,5 - 2,0	- Hohe Trocknungskosten - Hohe Rohfasergehalte	Ferkel: 4 Legehennen: 5 Geflügel aufzucht: 10	3,6
<b>Feinleguminosenblätter (Luzerne)</b>							
Feinleguminosenblätter (Luzerne)	224 - 298	10,9-17,4	3,7-5,0	2,2 - 3,9	- Saponine - Hohe Rohfasergehalte - hoch variabel in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial - Kostenintensiv	Ferkel: 20 Geflügel: 15	7,8
<b>Pflanzenextrakt</b>							
Pflanzenextrakt	335-485	21,8-27,1	5,9-7,9	2,9-3,5	- Zellwandaufschluss nötig für verbesserte Verdaulichkeit - Hohe Variabilität der Inhaltsstoffe - Hohe Variabilität der Inhaltsstoffe - Verdaulichkeitsuntersuchungen notwendig		10
<b>Mikroalgen (Arthrospira platensis)</b>							
Mikroalgen (Arthrospira platensis)	260 - 756	12,7	6,7	2,1			11
<b>Makroalgen (z.B. Porphyra sp.)</b>							
Makroalgen (z.B. Porphyra sp.)	241 - 440	18,6	6,7	4,9			12

\*Nicht für alle Tierarten Einsatzgrenzen formuliert, variabel in Abhängigkeit von Inhaltsstoffen; \*\*kalkuliert mit Umrechnungsfaktor 4,3 anstelle von 6,25

1 Witten et al. 2020; 2 Staudacher 2009; 3 DLG Futterwerttabellen Schweine 2014; 4 Heinze 2011; 5 Lindermaier et al. 2009; 6 Jeroch et al. 2013; 7 Messinger et al. 2022; 8 Pleger et al. 2021; 9 Höhne et al. 2022; 10 Stødkilde et al. 2018; 11 Spinola et al. 2022; 12 Costa 2020; 13 Ding et al. 2019; 14 Klüß 2023; 15 Bahadori et al. 2017; 16 Cremers 2002

**Fortsetzung Tabelle 13**

Futtermittel	Rohprotein in g kg <sup>-1</sup> T	Lysin in g kg <sup>-1</sup> T	Methionin in g kg <sup>-1</sup> T	Cystein in g kg <sup>-1</sup> T	Nachteile/ANF	Einsatzgrenzen* in %	Quelle
<b>Tierische Produkte</b>							
Molkepulver	119 - 155	12,0	2,1	3,7	- Konkurrenz zur Humanernährung - Kostenintensiv, schonende Trocknung - Frische Molke regional - Geflügel: Laktose schränkt ein	Schwein: 20 (frisch 2%) Geflügel <3	3,4
Magermilchpulver	314 - 365	23,5 - 28,0	7,5 - 9,0	3,0 - 3,1	- Konkurrenz zur Humanernährung - Kostenintensiv, schonende Trocknung - Geflügel: Laktose schränkt ein	Ferkel: 20 Wachsendes Gefl.: 4 Legehennen: 5	3,4,6
Vollmilchpulver	270	21,0	7,4	2,9	- Konkurrenz zur Humanernährung - Kostenintensiv, schonende Trocknung - Geflügel: Laktose schränkt ein		3
Eipulver	460	35,0	17,0	12,5	- Konkurrenz zur Humanernährung - Kostenintensiv		3
Federmehl	803 - 900	20,9 - 23,5	5,6 - 6,3	40,1 - 45,0	- Verfügbarkeit/Kosten - Krankheitsübertragung	Geflügel: <5	3,5,6
Blutmehl/Blutplasma	940	83,0	11,0	12,0	- Verfügbarkeit/Kosten - Krankheitsübertragung	Ferkel: 3	3
Mehlwürmer: Larven ( <i>Tenebrio molitor</i> )	491	27,0	6,0		- Verfügbarkeit/Kosten		13
Mehlwürmer: Adult ( <i>Tenebrio molitor</i> )	653	29	8		- Verfügbarkeit/Kosten		13
Soldatenfliegenlarven ( <i>Hermetia illucens</i> )	409,8**	30,9	20,1		- Verfügbarkeit/Kosten		14
Grillen ( <i>Acheta domestica</i> )	673	36	9		- Verfügbarkeit/Kosten		13
Regenwürmer ( <i>Eisenia foetida</i> )	657	44,4	12,0	9,5	- Verfügbarkeit/Kosten		15
Fischmehl (<8% Fett) auch Fischpresssaft, Krebse, Garnelen, Muscheln, Seesterne	630 - 760	47,0 - 54,0	18,0 - 20,0	6,0 - 7,0	- Variation der Inhaltsstoffe - Nachhaltigkeit - Konkurrenz zur Humanernährung - Kostenintensiv, schonende Verarbeitung wichtig - Effekt auf Geschmack der Produkte - Polyensäuren - Trimethylamin, Histamin, Gizzerosin	Ferkel: 5-8 Braunleger: 2 Legehennen: 8 bis 4 Wochen, danach 10	3,4
Fleischknochenmehl	432 - 686	17,1 - 43,4	4,49 - 11,1	1,6 - 8,4	- Gefahr der Übertragung von Krankheiten - Variable Verdaulichkeit - Verfügbarkeit/Kosten		16

\*Nicht für alle Tierarten Einsatzgrenzen formuliert, variabel in Abhängigkeit von Inhaltsstoffen; \*\* kalkuliert mit Umrechnungsfaktor 4,3 anstelle von 6,25  
 1 Witten et al. 2020; 2 Staudacher 2009; 3 DLG Futterwerttabellen Schweine 2014; 4 Heinze 2011; 5 Lindermaier et al. 2009; 6 Jeroch et al. 2013; 7 Messinger et al. 2022; 8 Pleger et al. 2021; 9 Höhne et al. 2022; 10 Stødkilde et al. 2018; 11 Spinola et al. 2022; 12 Costa 2020; 13 Ding et al. 2019; 14 Klüß 2023; 15 Bahadori et al. 2017; 16 Cremers 2002

## Fortsetzung Tabelle 13

Futtermittel	Rohprotein in g kg <sup>-1</sup> T	Lysin in g kg <sup>-1</sup> T	Methionin in g kg <sup>-1</sup> T	Cystein in g kg <sup>-1</sup> T	Nachteile/ANF	Einsatzgrenzen* in %	Quelle
<b>Weitere Futtermittel</b>							
Reste aus der Lebensmittelverarbeitung, LEH und AHV	variabel				- Je nach Herkunft unklare Zusammensetzung - Nur vegetarische Produkte nutzbar - Verfügbarkeit variabel	variabel	
Kartoffelweiß	740 - 753	58,5	16,7	10,5	- Kosten - Verfügbarkeit (Nebenprodukt der Stärkegewinnung) - Schonende Trocknung erforderlich	Ferkel: 15 Geflügel: 15	3,4,6
Maiskleber	608 - 623	10,0	14,5	10,4	- Kosten - Verfügbarkeit (Nebenprodukt der Stärkegewinnung)	Ferkel: 10	6
Getreide- und Reiskleber					- Kosten - Verfügbarkeit (Nebenprodukt der Stärkegewinnung)		6
Malzkeime, getrocknet	295	11,0	3,2	3,0	- Hohe Rohfasergehalte - Schonende Erhitzung - Mykotoxine	Ferkel: 4	3,10
Biertreber, getrocknet	256	9,5	5,5	5,4	- Hohe Fasergehalte - Hohe Trocknungskosten	Ferkel: 5 Ferkel: 0	
Trockenschlempen	300 - 382	7,7 - 8,4	5,5 - 5,7	5,4 - 6,9	- Hohe Gehalte an NSP, Na und Cl - Geringe Verdaulichkeit	Masthühner: 5 Jungghennen: 15	2,3,4
Hefen	347 - 494	26,9 - 35,0	5,5 - 6,8	2,3 - 4,3	- Verfügbarkeit	Ferkel: 5 Geflügel: 10	3,4,6
Bakterienweiß/ Mikroorganismen	686	41,1		17,2	- Verfügbarkeit - Zulassung	Geflügel: 8	6

\*Nicht für alle Tierarten Einsatzgrenzen formuliert, variabel in Abhängigkeit von Inhaltsstoffen; \*\*kalkuliert mit Umrechnungsfaktor 4,3 anstelle von 6,25

1 Witten et al. 2020; 2 Staudacher 2009; 3 DLG Futterwerttabellen Schweine 2014; 4 Heinze 2011; 5 Lindermaier et al. 2009; 6 Jeroch et al. 2013; 7 Messinger et al. 2022; 8 Pleger et al. 2021; 9 Höhne et al. 2022; 10 Stødkilde et al. 2018; 11 Spinola et al. 2022; 12 Costa 2020; 13 Ding et al. 2019; 14 Klöß 2023; 15 Bahadori et al. 2017; 16 Cremers 2002

## Auswirkungen eines Mangels an Gesamtprotein und Aminosäuren auf das Tierwohl, die Tiergesundheit und das Leistungsvermögen

Laut Tierschutzgesetz (§ 2, S. 1 Nr. 1 TierSchG, 2022) müssen Tiere ihrer Art und ihren Bedürfnissen entsprechend angemessen ernährt werden. Auch die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (§ 4, S. 1 Nr. 4 TierSchNutzV, 2021) schreibt vor, dass die tägliche Versorgung aller Nutztiere entsprechend ihrem Bedarf mit Futter und Wasser in ausreichender Menge und Qualität sicherzustellen ist.

Eine Protein- (bzw. Aminosäuren-) mangelversorgung ist demnach grundsätzlich nicht zu akzeptieren. Generell, aber besonders in der ökologischen Haltung, ist die Definition des Nährstoffbedarfs der Tiere allerdings eine große Herausforderung bzw. bislang nicht eindeutig geklärt, wie bereits in Kapitel 1 aufgezeigt wurde.

Es ist dabei zu beachten, dass die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere komplex ist und dass nicht nur die Menge an essentiellen Aminosäuren, sondern auch das Verhältnis zueinander und zum Energiegehalt der Ration Auswirkungen auf das Tierwohl haben können. Zudem gibt es verschiedene weitere Einflussfaktoren in der Ration. Dazu gehören unter anderem die Nährstoffverdaulichkeit sowie die Gehalte an Rohfaser, Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP) und antinutritiven Faktoren (ANF), die in Kapitel 2 als Einflussfaktoren bereits aufgeführt wurden. Auch die Genetik der Tiere kann ihre Proteinverwertung und Auswirkungen von verringerter Proteinversorgung beeinflussen (Hogberg und Zimmerman 1978, Brandt et al. 2010, Barea et al. 2011).

Der Begriff „Tierwohl“ beschreibt den Zustand eines Tieres im Hinblick auf seine Bedürfnisse und sein Wohlergehen. Unter Tierwohl als deutschsprachige Entsprechung des englischsprachigen „animal welfare“ wird ein multidimensionales Konzept verstanden, wobei die verschiedenen Aspekte von Tierwohl drei übergeordneten Dimensionen zugeordnet werden können: der Tiergesundheit (basic health and functioning), dem Ausüben natürlicher Verhaltensweisen (natural living) und dem emotionalen Befinden (affective states) (Fraser et al. 1997).

Eine Aufstellung einiger bekannter negativer Auswirkungen einer Protein- bzw. Aminosäurenmangelversorgung folgt in diesem Kapitel.

### Geflügel

Die Literaturrecherche ergab, dass Studien hinsichtlich der Effekte einer defizitären Proteinversorgung beim Nutzgeflügel überwiegend auf ökonomisch relevante Auswirkungen wie Leistungsparameter (Legeleistung, Zuwachsrate) und Fütterungseffizienz fokussieren.

Eine Protein-Unterversorgung führt beim Nutzgeflügel aber auch zu allgemeinen Zeichen der Mangelernährung, wie verlangsamtem Wachstum und einer reduzierten Vitalität und Widerstandskraft gegenüber Krankheiten (NRC 1994). Aufgrund der Rolle des Methionins in der Federbildung zeigen sich ebenso Defizite in der Feder- bzw. Befiederungsqualität. Nach der ersten Mauser angelegte Federn werden teilweise bis zur Ausstellung (Mastputen, Legehennen) nicht mehr gewechselt. Damit können auch Mängel in der Feder- bzw. Befiederungsqualität, die durch Ernährungsdefizite in der Aufzuchtphase provoziert wurden, bis zum Ende der Nutzungsphase erhalten bleiben. Da Federn überwiegend aus dem Strukturprotein Keratin bestehen, für dessen Synthese die Aminosäuren Methionin und Cystein notwendig sind, ist eine bedarfsgerechte Versorgung mit diesen (im Fall des Methionins essentiellen) Aminosäuren insbesondere während der Federbildung entscheidend für die Funktionalität des Gefieders (van Emous und Krimpen 2019). Die Befiederung kann möglicherweise auch Aufschluss über die Ausprägtheit einer Mangelsituation geben. Werden infolge einer unzureichenden Befiederung durch mechanische Einwirkung Läsionen gesetzt, können diese als Eintrittspforten für pathogene Keime dienen und ein Infektionsgeschehen fördern (Naundrup Thøfner et al. 2019). Eine defizitäre Versorgung etwa mit den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein und die daraus resultierenden Befiederungsdefizite und -funktionseinbußen können daher als dem Tierwohl abträglich und ggf. als tierschutzrelevant eingestuft werden, denn gemäß §2 TierSchG (2022) muss, „wer ein Tier hält, betreut oder zu

betreuen hat, das Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen.“

### Legehennen/Junghennen

Da uns keine Studien zu der Auswirkung eines Mangels an Protein und Aminosäuren bei Junghennen bekannt sind, bezieht sich der folgende Abschnitt auf Legehennen.

In einer Studie in acht europäischen Ländern konnten Bestman et al. (2017) bei Braunlegern (n = 82 Herden) einen Zusammenhang zwischen zunehmenden Gefiederschäden und einem abnehmenden Proteingehalt in der Ration sowie mangelndem Zugang zum Auslauf nachweisen. In diesem Zusammenhang sind der Zugang zum Auslauf und die häufig höheren Gesamtproteingehalte in ökologischen Legehennenrationen als positiv einzustufen.

In der Legehennenhaltung stellen Federpicken und Kannibalismus relevante Tierwohlprobleme dar, die für die betroffenen Tiere mit Schmerzen und im schlimmsten Fall mit dem Tod verbunden sind. Das Auftreten dieser Verhaltensstörungen ist multifaktoriell bedingt, und wird neben der Fütterung auch von genetischen, haltungstechnischen und Managementfaktoren beeinflusst. Studien belegen ein vermehrtes Auftreten von Federpicken und Kannibalismus bei unbalancierter Fütterung (Neal 1956, Siren 1963), welches auf eine verstärkte Suche nach den fehlenden Nährstoffen zurückzuführen ist. Ein allgemein geringes Niveau der Proteinzufuhr wurde bereits 1947 von Schaible et al. und später von Ambrosen und Petersen (1997) mit dem vermehrten Auftreten von Federpicken in Verbindung gebracht. In einem Übersichtsartikel listen Kjaer und Bessei (2013) weitere Arbeiten auf, die übereinstimmend von negativen Effekten eines Mangels an Protein bzw. einzelner Aminosäuren auf die Häufigkeit von Federpicken und Kannibalismus berichten. Die Autoren weisen aber auch auf den Einfluss anderer Futterinhaltsstoffe wie Mineralien oder Rohfaser und den höchst relevanten Aspekt der Futterstruktur hin. Der Einfluss des Futters auf Federpicken und Kannibalismus beschränkt sich also nicht alleine auf seinen Proteingehalt bzw. die Versorgung mit einzelnen Aminosäuren.

In einer Studie mit Zweinutzungshennen (Lohmann Dual) zeigten diese weniger Federpicken als die hochleistende Legehybride Lohmann Braun+ (Giersberg et al. 2019), was insofern interessant ist, als dass Zweinutzungshennen anderer Herkünfte in einer Studie von Baldinger und Bussemas (2021b) bei Wahlfütterung ein geringeres Methionin- zu Energie-Verhältnis wählten, als eine zur Kontrolle gehaltene Legehybride. Der Aminosäuregehalt einer Ration ist also nicht unabhängig vom Leistungsniveau der Legehennen zu betrachten.

Auf Basis der existierenden Literatur ist von einem negativen Effekt eines Proteinmangels bzw. von Aminosäureimbilanzen auf das Tierwohl von hochleistenden Legehennen auszugehen, da sich dadurch das Risiko des Auftretens von Federpicken und Kannibalismus erhöht. Es gibt keine detaillierten Untersuchungen zu dieser Fragestellung in der Aufzucht von Hennen. Hinzuweisen ist allerdings darauf, dass Federpicken und Kannibalismus auch bei adäquater Fütterung auftreten können und z.B. ihr Auftreten auch durch die Futterstruktur bedingt ist. Der Einsatz von geringer leistenden (Zweinutzungs)-Hennen ist möglicherweise eine zusätzliche Handlungsoption zur Vermeidung des Verhaltens.

### Masthühner

Wilhelmsson et al. (2019) verglichen einen geringen Rohproteingehalt (14,5 %) mit einem hohen Rohproteingehalt (17,0 %) in der Ration von langsam-wachsenden und schnell-wachsenden Masthühnern und schlussfolgerten, dass die Fütterung wenig Einfluss auf die mittels „Welfare Quality Protocol“ erfassten Tierwohlparameter während einer 10-wöchigen Aufzucht hatte. In anderen Studien wird ein Einfluss der Fütterung auf Leistung und Tiergesundheit jedoch deutlich.

Masthühner (Ross), die eine Ration mit geringem Rohproteinanteil ohne zusätzliche Supplementierung mit Aminosäuren erhielten, nutzten den Auslauf mehr und zeigten eine höhere Frequenz von Futtersuchverhalten

im Vergleich zu Masthühnern mit zusätzlicher Aminosäuren-Supplementierung. Die Mortalitätsrate (v.a. durch Beinschwäche) war höher in der supplementierten Gruppe (Eriksson et al. 2010). Es gibt Hinweise darauf, dass Masthühner mit Zugang zum Auslauf, wie er im Ökologischen Landbau üblich ist, diesen als Futterquelle nutzen und so eine geringere Aminosäurezufuhr ausgleichen können.

Studien zur Rolle des Methionins beim Masthuhn fokussieren fast ausschließlich auf die Leistung sowie die Gesundheit der Tiere. Aufgrund der weiten Verbreitung des Einsatzes von synthetischen Aminosäuren in der konventionellen Hühnermast wird darin häufig nur die Höhe des Methionineinsatzes jenseits der Bedarfsempfehlungen betrachtet. In einer älteren Arbeit zur Methioninversorgung von Masthühnern führte eine Unterversorgung zu einem gehäuftem Auftreten von Fußballenläsionen (Chavez und Kratzer 1974). Neuere Studien zeigen weniger Fußballenläsionen bei geringerem Proteinanteil in der Ration, jedoch nur bei adäquater Versorgung mit essentiellen Aminosäuren (Übersichtsartikel von Greenhalg et al. 2020). Zwei Studien zum Effekt eines Methioninmangels auf die Gesundheit von Masthühnern zeigten übereinstimmend negative Effekte auf die Immunabwehr der Tiere, darunter eine negative Wirkung auf die Darmschleimhaut und deren Widerstandskraft (Ruan 2018) sowie die humorale Immunität (Zhang und Guo 2008). Bei Masthühnern werden über die Methionin- und Lysin-Versorgung auch die Konzentrationen an Lymphozyten und heterophilen Granulozyten im Blutkreislauf, die eine wichtige Rolle in der Immunantwort übernehmen, beeinflusst (Bouyeh 2012). Es gibt ferner Hinweise darauf, dass bei Masthühnern die Selektion auf wachstumsbezogene Merkmale eine Beeinträchtigung der Immunantwort zur Folge haben kann. Masthühner schnell-wachsender Linien wiesen unter Feldbedingungen eine deutlich höhere Mortalität auf als eine Vergleichsgruppe mit geringerer Wachstumsdynamik. Wachstumsrate und Mortalitätsrate korrelierten signifikant (Yunis et al. 2000, 2002). Auch Ask et al. (2006) stellten bei schnell-wachsenden Masthuhnlinien nach experimenteller *Escherichia coli*-Infektion am siebten Lebenstag eine hohe Mortalitätsrate fest, während bei Tieren einer langsam-wachsenden Linie keine Verluste auftraten. Vor diesem Hintergrund wird die Notwendigkeit offensichtlich, alle Faktoren zu nutzen, die die Abwehrfähigkeit und Immunkompetenz beim Geflügel stärken, wozu u. a. eine bedarfsgerechte Methionin-Versorgung als elementar anzusehen ist.

Zu bedenken ist der wesentliche Einfluss der Wachstumsintensität von Masthühnern auf den Bedarf an Aminosäuren. Beispielsweise zeigte sich in Studien zu langsam-wachsenden Zweinutzungshähnen mit entsprechend geringerem Methioninbedarf ein hohes Tierwohlniveau (Baldinger und Bussemas 2021a) bzw. eine geringe Mortalität und gute Gesundheit auch bei Fütterung mit hohen Anteilen von regional produzierten Ackerbohnen (Nolte et al. 2020). Eine Unterversorgung mit Methionin kann allerdings auch bei langsam-wachsenden Masthuhnlinien Aminosäureimbilanzen verursachen und zu Wachstumsdepressionen führen, die Futterverwertung beeinträchtigen und die Konzentration an freien schwefelhaltigen Aminosäuren im Blutplasma verringern (Leclercq et al. 1993, Rostagno et al. 1995). Leclercq et al. (1993) schlussfolgern daraus, dass langsam-wachsende Masthühner insgesamt einen hohen Bedarf an schwefelhaltigen Aminosäuren im Futtermittel haben, der auf ihre geringere Futterraufnahme und ihre vermehrte Federbildung zurückzuführen ist. Eine bedarfsgerechte Versorgung ist bei langsam-wachsenden Linien genauso sicherzustellen, wie bei schnell-wachsenden Linien.

Zusammenfassend lässt sich vorsichtig schlussfolgern, dass eine durch Protein- bzw. Methioninmangel verursachte Mangelernährung mit entsprechend verringerter Vitalität beim Masthuhn, abhängig von dem Ausmaß des Mangels, tierwohlrelevant sein kann. Der Einsatz langsam-wachsender Herkünfte, die grundsätzlich einen geringeren täglichen Aminosäurenbedarf aufweisen (Ausnahmen aufgrund von Umweltbedingungen, Krankheitserregern etc. wurden im Text beschrieben) stellt eine Handlungsoption bei Knappheit von Proteinkomponenten dar und ist aufgrund der „Proteinlücke“ für den Ökologischen Landbau zu empfehlen.

## Schweine

### Saugferkel

Im Ökologischen Landbau sind mindestens 40 Tage Säugezeit vorgeschrieben und bis zum Absetzen sind Saugferkel weitestgehend von der Sauenmilch abhängig (Schwediauer et al. 2020, Bussemas und Weißmann 2015). Untersuchungen zu den Auswirkungen einer proteinreduzierten Fütterung auf Saugferkel liegen nicht vor. Zudem ist auch sehr wenig über den Aminosäurestoffwechsel bei Saugferkeln bekannt (Flynn et al. 2000).

Die Versorgung der Ferkel ist jedoch eng an die Sau gekoppelt und die bedarfsgerechte Proteinversorgung der Sau in der Trächtigkeit und während der Laktation hat einen wesentlichen Einfluss auf die prä- und postnatale Entwicklung der Ferkel. Die Versorgung von Sauen mit erstlimitierenden Aminosäuren ist im Ökologischen Landbau unproblematisch, jedoch kann sich eine proteinreduzierte Fütterung, z.B. durch eine nicht bedarfsgerechte Rationsplanung, negativ auswirken. In Untersuchungen mit deutlich reduzierten Proteingehalten im Futter für tragende Sauen wurden je nach Dauer und Zeitpunkt der Behandlung reduzierte Plazenta- und Fötengewichte (Schoknecht et al. 1994) und daraus folgend geringere Geburtslebensmassen der Ferkel beobachtet (Pond et al. 1992), wobei geringe Geburtslebensmassen das Risiko von Saugferkelverlusten erhöhen (Edwards 2002). Zudem kann eine deutliche Protein-Unterversorgung während der Trächtigkeit die Lebensmasse von Ferkeln bis zur Schlachtung beeinträchtigen (Nachwuchs von während der ganzen Trächtigkeit mit 0,5 % statt 13 % Proteingehalt gefütterten konventionellen Sauen; Schoknecht et al. 1993).

Bei ökologisch gehaltenen Sauen im Freiland konnte die proteinreduzierte Fütterung in der Trächtigkeit durch das zusätzliche *ad libitum* Angebot von Kleegrassilage potentiell negative Effekte auf die Anzahl geborener Ferkel sowie deren Geburts- und Absetzlebensmasse vermeiden. Während der Säugezeit führte die proteinreduzierte Fütterung der Sauen jedoch zu einer geringeren Milchleistung ab dem 20. Säugetag und vom 5. bis zum 20. Säugetag zum Verlust von mehr als einem Kilogramm Körperfett pro Tag im Vergleich zu den Kontrollsauen (Eskildsen et al. 2020). In einem Versuch von Álvarez-Rodríguez et al. (2017) führte die proteinreduzierte Fütterung der laktierenden Sauen ebenfalls zu einer Reduzierung der Milchleistung während der 36-tägigen Säugezeit und hatte eine reduzierte Lebensmassezunahme der Ferkel im Vergleich zu den Ferkeln der Kontrollsauen zur Folge, allerdings wiesen die Sauen keinen Verlust an Rückenspeck oder Lebensmasse auf.

Zur ausreichenden Versorgung der Ferkel, u. a. mit Protein und Aminosäuren, ist die leistungsgerechte Versorgung der Sau sehr wichtig. Dies ist auch vor dem Hintergrund der längeren Säugezeiten im Ökologischen Landbau unabdingbar, denn je nach Intensität und Dauer der Mangelversorgung, u.a. mit essentiellen Aminosäuren, werden zunächst von der Sau während der Säugezeit Körperreserven zur Milchproduktion mobilisiert. Der überdurchschnittliche Verlust an Rückenspeck und Lebensmasse kann dabei zu geringeren Reproduktionsleistungen in der folgenden Trächtigkeit und Laktation führen sowie zu mehr Leertagen zwischen dem Absetzen und dem Östrus-Intervall (Quesnel et al. 2014). Eine gravierende Unterversorgung der säugenden Ferkel und daraus folgende Tierwohlbeeinträchtigungen sind jedoch nur bei lange andauernden Extremmangelsituationen zu erwarten.

### Aufzuchtferkel nach dem Absetzen

Aufzuchtferkel sind auf Festfutter als Proteinquelle angewiesen. Damit beim Absetzen ein guter Übergang zur Festfutterfütterung gegeben ist, ist auch im Ökologischen Landbau die möglichst frühe Beifütterung der Saugferkel wichtig, um Absetzstress und insbesondere Absetzdurchfall durch den Futterwechsel zu reduzieren. Grundsätzlich gibt es sehr wenige Studien zu Auswirkungen der Proteinversorgung auf Tierwohl und Tiergesundheit von ökologischen Aufzuchtferkeln. Die meisten Studien wurden mit Mastschweinen durchgeführt und überwiegend wurden nur Produktionsparameter untersucht.

Die Proteingehalte ökologischer Futtermittel sind oft über dem Bedarf formuliert, um die Versorgung mit den erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystein auch mit Proteinfuttermitteln zu decken, die in Bezug auf die Gehalte der limitierenden Aminosäuren mittel- bis minderwertig sind. Der hohe Proteingehalt kann jedoch das Risiko für Durchfall nach dem Absetzen steigern (Übersichtsartikel von Jha et al. 2016, Rist et al. 2013).

Generell beeinträchtigen sowohl ein zu hoher als auch ein zu geringer Proteingehalt Wohlergehen, Gesundheit und Widerstandsfähigkeit von Schweinen (Kobek-Kjeldager et al. 2022), inklusive des Knochenaufbaus (Kornegay et al. 1994; konventionelle Haltung). Schweine im Alter von 9 bis 14 Wochen, denen eine proteinreduzierte Ration gefüttert wurde (122 g Rohprotein kg<sup>-1</sup>), zeigten erhöhtes Aktivitätsverhalten (stehen, gehen, wühlen im Stroh), gegenüber der Gruppe mit höherem Proteinanteil (240 g Rohprotein kg<sup>-1</sup>) in der Ration, was darauf hinweist, dass ernährungsphysiologische Bedürfnisse und Nahrungsimbalancen das Erkundungsverhalten steigern.

Eine Proteinreduzierung kann auch das Immunsystem von Schweinen beeinträchtigen (van der Meer et al. 2016). Infektionen mit Krankheitserregern aktivieren das Immunsystem, was zu Veränderungen im Nährstoffbedarf, vor allem bezüglich der Aminosäuren (van der Meer et al. 2017), führen kann. Verschiedene Studien zeigen, dass eine Stimulierung des Immunsystems einen erhöhten Bedarf an der Aminosäure Tryptophan zur Folge hat (Le Floc'h et al. 2008, Melchior et al. 2004). Dies ist zum einen auf die Bildung von Akute-Phase-Proteinen in der Leber, die eine Rolle in der angeborenen Immunantwort spielen, zum anderen auf einen Cytokin (Botenstoffe des angeborenen Immunsystems)-induzierten Abbau von Tryptophan zurückzuführen (Le Floc'h et al. 2012).

Eine angepasste Fütterung hat demnach einen positiven Effekt auf die Tiergesundheit und das Tierwohl. Dabei ist zu beachten, dass verschiedene Fütterungsstrategien Einsatz finden können und dass die Haltungsumgebung einen großen Beitrag leistet. In einem Versuch mit drei zunehmend extensiven Rationen (weniger zugekaufte Bestandteile, weniger Protein, höherer Faser-Anteil) unterschied sich die Anzahl medizinischer Behandlungen und Verluste nicht signifikant, wobei sie generell gering waren (Baldinger et al. 2017). Die Fütterung von Aufzuchtferkeln mit einer im Proteingehalt moderat unter den aktuellen Versorgungsempfehlungen (GfE 2006) liegenden Ration (177 g Rohprotein kg<sup>-1</sup> mit 10,0 g Lysin und 2,4 g Methionin kg<sup>-1</sup>) würde sich laut dieser Studie unter optimalen Haltungs- und Managementbedingungen (lange Säugezeit > 42 Tage, hoher Betreuungs- und Gesundheitsstatus) lediglich in Form von geringeren täglichen Zunahmen auswirken; unter den genannten Voraussetzungen sind keine negativen Folgen auf die Tiergesundheit zu erwarten (Baldinger et al. 2017). Die Effekte einer moderat proteinarmer Fütterung in der Aufzucht auf den Lebendmassezuwachs sind zudem reversibel und können zu einem späteren Zeitpunkt kompensiert werden (Pond et al. 1980).

### Biologische Leistungen und ökonomische Auswirkungen eines Protein-Mangels

Grundsätzlich basieren die biologischen Leistungen von unter Bedingungen des Ökologischen Landbaus aufgezogenen Ferkeln letztlich auf einer Vielzahl einzelbetrieblicher Managemententscheidungen. Dazu gehören Stellschrauben wie Fütterungsintensität, Anteil Zukauffutter, Inanspruchnahme von Ausnahmegenehmigungen, akzeptiertes Tiergesundheitsniveau, Kapazität des Faktors Arbeit oder Tiergenetik, um nur einige zu nennen. Daraus resultieren nicht das Tierwohl beeinflussende unterschiedliche Leistungsniveaus, die nicht mit dem wirtschaftlichen Erfolg korrelieren müssen. So kann ein Betrieb, der seinen Schwerpunkt auf den Einsatz eigener Betriebsmittel, langsames Wachstum und differenzierbare Produktqualität legt, durch andere Vermarktungsbemühungen wirtschaftlich erfolgreicher agieren als ein Betrieb mit hohen biologischen Leistungen und LEH-Vermarktung. Aber auch unter vergleichbaren Vermarktungsbedingungen kann die bewusste Entscheidung für eine extensivere Ferkelaufzucht ökonomisch erfolgreich sein. So verglichen Baldinger et al. (2017) drei unterschiedliche Rationen für Ferkel bei einer siebenwöchigen Säugezeit über den Zeitraum der Säugezeit bis zum Ende der Aufzucht mit 63 Tagen (ca. 21 kg Lebendmasse, vgl. Tabelle 10). Es wurden drei Fütterungsstrategien mit sinkender Energie- und Nährstoffausstattung miteinander verglichen:

- Eine intensive Strategie, bestehend aus einem hochwertigen Zukaufferkelstarter, ausbalanciert nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2006) und ohne Rücksicht auf die regionale Verfügbarkeit der Einzelkomponenten,
- eine Strategie mittlerer Intensität, bestehend aus einem Ferkelaufzuchtfutter wie es auch Betriebe mit Mahl- und Mischanlage unter Verwendung vorwiegend regionaler Futterkomponenten plus Zukauf eines Proteinergänzers selbst erzeugen können,
- und eine extensive Strategie, bei der ein Mischfutter für laktierende Sauen gleichzeitig den Ferkeln vorgelegt wird, das auf die fast ausschließliche Verwendung betriebseigener Futterkomponenten optimiert ist, die zusätzlich den innerbetrieblichen logistischen Aufwand im Fütterungs- sowie Futterkomponenten- wie auch Futtermittelmanagement minimiert.

Die intensive war vollständig bedarfsdeckend, die mittlere teilweise und die extensive Fütterungsstrategie nicht bedarfsdeckend formuliert (s. Tabelle 12).

Im Ergebnis konnten signifikant höhere tägliche Lebendmassezunahmen der in der intensiven und mittleren Intensität gefütterten Ferkel im Vergleich zu den extensiv gefütterten Ferkeln ermittelt werden. Mit zunehmender Extensivität benötigten die Tiere jeweils einen Tag länger, um das Vergleichsgewicht von 20 kg zu erreichen. Die Kraftfutterverwertung war in der intensiven Gruppe am besten, unterschied sich aber nicht signifikant zur extensiven Gruppe unter Berücksichtigung der Vergleichslebendmasse. Hinsichtlich der Parameter Tiergesundheit und Tierverluste unterschieden sich die Strategien nicht. Die Kraftfutterkosten zur Erzeugung eines 20 kg-Ferkels betragen beim mittleren Kraftfutter 51 % der Kosten des intensivsten Futters, und beim extensiven Kraftfutter 42 % der Kosten des intensivsten Futters. Unter den bei Baldinger et al. (2017) herrschenden Bedingungen nahmen mit steigender Kraftfutterintensität die biologischen Leistungen leicht zu und die Kosten deutlich ab. In einem Versuch von Partanen et al. (2006) wurden betriebsnahe Proteinquellen ohne Leistungseinbußen verfüttert.

Generell können für unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus aufgezogene Ferkel auch bei Nutzung gleicher oder ähnlicher Genetik keine „Normleistungen“ angegeben werden, da die große Vielfalt unterschiedlicher Managemententscheidungen, wie bspw. Genetik, Absetzalter, Fütterung und Haltungsbedingungen allgemein große Variationen bedingen. Die Tabelle 10 und Tabelle 14 zeigen die Variation der biologischen Leistungen in vier Programmprojekten. Soweit möglich wurden über ausgesuchte Rohdaten der Projektvarianten hinaus Mittelwerte gebildet und dargestellt. Hier zeigt sich zum Beispiel bei der Futtermittelaufnahme (bei aller Vorsicht hinsichtlich der Praxisdatenqualität) eine Spanne von über 100 % und für die tägliche Lebendmassezunahme von über 30 %. Das macht eine einheitliche Aussage zu den ökonomischen Auswirkungen einer nicht mengen- bzw. qualitätsbezogenen ausreichenden Proteinversorgung schwierig.

**Tabelle 14: Mittelwerte ausgewählter Ergebnisse aus BÖLN- o.ä. Projekten zur Ferkelaufzucht im Ökologischen Landbau**

Projekt	Inulin <sup>1</sup>	Ferkelfütterungsstrategien <sup>2</sup>	Körnerleguminosen <sup>3</sup>			PigFeed <sup>4</sup>	
			Haus Düsse	Praxis A	Praxis B	Praxis C	Thalheim/Wels
Betrieb	Haus Düsse	Trenthorst/Wulmenau	Haus Düsse	Praxis A	Praxis B	Praxis C	Thalheim/Wels
Säugezeit (d)	40	49	43				43
Aufzuchtdauer (d)	28	14	29	28	21	28	28
Absetzgewicht (kg)	11,0	15,3	12,7	10,1	14,7	11,4	12,9
Endgewicht (kg)	21,8	20,6	26,9	19,8	22,6	23,9	23,0
Futteraufnahme (g FM Tier d <sup>-1</sup> )	727	725	870	477	698	405	727
Tägl. Lebendmassezunahme im Versuchszeitraum/ Aufzuchtzeitraum (g Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	388	380	485	348	376	448	361

<sup>1</sup> Stalljohann und Patzelt (2010); <sup>2</sup> Bussemas und Weißmann (2015); <sup>3</sup> Kempkens et al. (2015); <sup>4</sup> Minihuber et al. (2018)

Sowohl die täglichen Lebendmassezunahmen als auch die Futtermittelverwertung (Zunahme pro kg Futter) von Aufzuchtferkeln sind bei Rationen mit höherem Proteingehalt besser (Millet et al. 2006, Sørensen et al. 2009, Johannsen et al. 2023). Bei verminderter Versorgung mit Aminosäuren nimmt die Futtermittelverwertung durch die oben angesprochene Beziehung zum Immunsystem bei höherem Krankheitsdruck stärker ab als unter guten hygienischen Bedingungen (van der Meer et al. 2016). Eine deutliche Proteinunterversorgung, die sich über die gesamte Trächtigkeit erstreckt, kann zu einer negativen Beeinflussung der Lebendmasseentwicklung von Ferkeln bis zur Schlachtung führen (Nachwuchs von während der ganzen Trächtigkeit mit 0,5 % statt 13 % Proteingehalt gefütterten konventionellen Sauen). Eine kurzfristige Proteinunterversorgung der Sau beeinträchtigt unabhängig von ihrem Zeitpunkt die Lebendmasseentwicklung des Nachwuchses jedoch nicht (Schoknecht et al. 1993).

Da die Auswirkungen des Proteingehaltes in der Ration von Bioschweinen von vielen Faktoren abhängen, kann im Sinne des Tierwohls, der Tiergesundheit und der ökonomischen Stabilität nur eine bedarfsgerechte Versorgung mit Protein gefordert werden. Zu diesem Zweck ist die Ableitung des Bedarfes und die Charakterisierung von Futtermitteln hinsichtlich ihres Energie-, Protein- und Aminosäuregehaltes sowie deren *praecaecaler* Verdaulichkeit von enormer Bedeutung.

## Unsicherheiten

Eine Unterversorgung zu definieren und zu quantifizieren ist aufgrund der fehlenden Bedarfsableitungen nicht möglich. Es ist daher nicht klar, ob und wann die hier aufgeführten Effekte einer Mangelversorgung in der Praxis auftreten. Der Einfluss der Haltungsumgebung und des Haltungsmanagements ist dabei sehr groß und die Fütterung ist ein Faktor in einem multifaktoriell bedingten Geschehen.

## Weiterer Handlungsbedarf

**um ab dem Jahr 2027 eine ausreichende Verfügbarkeit der erforderlichen Eiweiß-Futtermittel-Qualitäten für Jungtiere sicherzustellen. Neben Aspekten der Fütterung, Rassen, etc. wären hier auch mögliche Auswirkungen auf die politische Zielausrichtung, den Anteil des ÖL auf 30 % auszuweiten, zu berücksichtigen.**

Bei der Bearbeitung der Fragestellungen wurde sehr deutlich, dass die Datengrundlage in vielen Bereichen nicht ausreichend ist. Der wichtigste Punkt ist, dass es keine zuverlässigen Bedarfszahlen und somit auch keine Anhaltspunkte für einen zu erwartenden Mangel gibt. Hier besteht dringender Handlungsbedarf. Neben umwelt- und tierbezogenen Faktoren haben zudem auch Faktoren der Rationsgestaltung (Futtermittelkomponenten, Energiegehalt, antinutritive Inhaltsstoffe/Antagonisten, Verdaulichkeit, etc.) einen Einfluss auf den Bedarf an Protein und Aminosäuren. Es gibt eine Vielzahl vorhandener Futtermittel, von denen die meisten jedoch aus ernährungsphysiologischen Gründen, aus Gründen der Verfügbarkeit oder aber häufig auch aus Gründen der Preiswürdigkeit Einsatzgrenzen mit sich bringen und deren Inhaltsstoffgehalte stark schwanken können.

Überwiegend werden Tiere mit demselben Leistungspotential eingesetzt, wie sie in der konventionellen Tierhaltung üblich sind. Den Tieren steht allerdings mehr Zeit zur Entwicklung ihres biologischen Leistungspotentials zur Verfügung. Die aktuellen rechtlichen Änderungen sind ebenfalls zu beachten. Bruderhähne konkurrieren bei schlechter Futtermittelverwertung mit den vorhandenen Monogastriern um Protein und Aminosäuren. Ein Trend ist, Tiere mit geringerer biologischer Leistung (Zweinutzungstiere oder langsam wachsende Herkünfte in der Geflügelhaltung) einzusetzen, die folglich einen geringeren Leistungsbedarf haben. Von Mangelerscheinungen wird bei diesen Tieren weniger häufig berichtet. Auch die Haltungform kann das Auftreten von Mangelerscheinungen verhindern, da die Tiere durch Raufutter sowie im (Grün-)Auslauf und in der Einstreu weitere Nahrung finden. Aufgrund der geringeren erwarteten Leistung können Alleinfuttermittel mit einer geringeren Aminosäuredichte eingesetzt werden. Dabei tritt allerdings eine schlechtere Futtermittelverwertung im Vergleich zur konventionellen Haltung bzw. zu leistungsmaximierend gefütterten hochleistenden Herkünften und Rassen auf. Dies führt zu einem geringeren täglichen bzw. Gesamt-Bedarf an Hochproteinkomponenten. Dieser Bereich ist durch Marktanalysten und Ökonomen zu beleuchten, auch da die „abnehmende Hand“ entscheidet, welche Produkte (Magerfleischanteil, etc.) produziert werden.

Um eine „Aminosäurenlücke“ zu quantifizieren, ist zudem eine sehr differenzierte Betrachtung notwendig. Die Qualität (Aminosäuredichte und -verdaulichkeit) der Futtermittel spielt vor allem bei sehr jungen Tieren (vorrangig Küken und Saugferkeln) eine große Rolle. Inwiefern die Ausweitung des Ökologischen Landbaus auf 30 % einen Einfluss auf die Versorgungsmöglichkeiten unserer Nutztiere hat, ist mit den vorhandenen Daten noch nicht abzuschätzen. Dabei spielt auch eine Rolle, in welchem Ausmaß sich die verschiedenen Bereiche ausdehnen und welche Produkte nachgefragt werden. Eine ökonomische Betrachtung der Fragestellung, welche konkreten Auswirkungen unterschiedliche Fütterungsstrategien jetzt und in Zukunft haben können und welche Futtermittel aufgrund ihrer Qualität und Preiswürdigkeit eingesetzt werden, könnte weitere Informationen liefern.

## Literatur

- Álvarez-Rodríguez J, Mir L, Seradj AR, Morazán H, Balcells J, Badot D (2017) Nutritional strategies to cope with reduced litter weight gain and total tract digestibility in lactating sows. *Animal Physiology and Animal Nutrition* 101, 914-924
- Ambrosen T, Petersen V. 1997. The influence of protein level in the diet on cannibalism and quality of plumage of layers. *Poultry Science* 76, 559-563
- Ask BEH, van der Waaij JA, Stegeman, van Arendonk JAM. 2006. Genetic variation among broiler genotypes in susceptibility to colibacillosis. *Poultry Science* 85, 415–421
- Bachinger J, Becherer U, Bee W, Belau T, Blum H, Blumschein A, Brinkmann J, Deerberg F, Dreyer W, Euen S, Friebe B, Fritzsche S, Fröba N, Früh B, Fuchs S, Fügner K, Gaio C, Gengenbach H, Gottwald F, Hackeschmidt A, Hänsel M, Häring A, Hartmann W, Hauber M, Haugstätter M, Hermle M, Herrle J, Heyne P, Holle R, Keppler C, Klages S, Klöble U, Kloepfer F, Kolbe H, Kühne S, Lang G, Lasner T, Leopold J, Link M, Loges R, March S, Möller K, Puffert M, Rahmann G, Reiners E, Reinhold C, Rettner S, Rudolf von Rohr R, Sanders J, Sauer N, Schmid O, Schmidt E, Schumacher U, Schwab B, Simantke C, Spengler Neff, A, Stein M, Stein-Bachinger K, Stolze M, Urbatzka P, Vogt-Kaute W, Weber M, Werner D, Wesselmann S, Williges U, Winbeck M, Zankl A. 2015. *Faustzahlen für den Ökologischen Landbau*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt. ISBN 978-3-945088-05-0
- Bahadori Z, Esmailzadeh L, Karimi-Torshizi MA, Seidavi A, Olivares, Rojas JS, Salem A, Khusro A, López S. 2017. The effect of earthworm (*Eisenia foetida*) meal with vermi-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens. *Livestock Science* 202, 74-81
- Baldinger L, Bussemas R. 2021a. Dual-purpose production of eggs and meat – Part 1: cockerels of crosses between layer and meat breeds achieve moderate growth rates while showing unimpaired animal welfare. *Organic Agriculture* 11, 489-498
- Baldinger L, Bussemas R. 2021b. Dual-purpose production of eggs and meat—part 2: hens of crosses between layer and meat breeds show moderate laying performance but choose feed with less protein than a layer hybrid, indicating the potential to reduce protein in diets. *Organic Agriculture*, 11, 73-8
- Baldinger L, Bussemas R, Höinghaus K, Renger A, Weißmann F. 2017. Effect of six 100 % organic feeding strategies differing in external input demand on animal performance and production costs of piglets before and after weaning. *Organic Agriculture* 7, 267-279
- Barea R, Nieto R, Vitari F, Domeneghini C, Aguilera J. 2011. Effects of pig genotype (Iberian v. Landrace X Large White) on nutrient digestibility, relative organ weight and small intestine structure at two stages of growth. *Animal* 5, 547–557
- Bestman M, Verwer C, Brenninkmeyer C, Willett A, Hinrichsen L, Smajlhodzic F, Heerkens J, Gunnarsson S, Ferrante V. 2017. Feather-pecking and injurious pecking in organic laying hens in 107 flocks from eight European countries. *Animal Welfare* 26, 355-363
- Bikker P, Binnendijk G, Vermeer H, van der Peet-Schwering C 2014. Grass silage in diets for organic growing-finishing pigs. *Building Organic Bridges* 3, 815-818
- Bouyeh M. 2012. Effect of excess lysine and methionine on immune system and performance of broilers. *Annals of Biological Research* 3, 3218–3224
- Brandt H, Werner DN, Baulain U, Brade W, Weißmann F. 2010. Genotype-environment interactions for growth and carcass traits in different pig breeds kept under conventional and organic production systems. *Animal* 4, 535–544
- Brossard L, Nieto R, Charneca R, Araujo JP, Pugliese C. 2020. Modelling nutritional requirements of growing pigs from local breeds using InraPorc. *Animals*, 2019, 9 (4), 10.3390/ani9040169. <https://hal.inrae.fr/hal-02626440>

- Brugger D, Nadler C, Windisch W M, and Bolduan C. 2016. Feed protein value of acidic precipitates obtained from press juices of three types of green forage leaves. *Animal Feed Science and Technology* 222, 236-241
- Bussemas R, Weißmann F. 2015. Untersuchung von sechs Fütterungsstrategien mit Futtermitteln 100% ökologischer Herkunft auf biologische Leistungen, Gesundheitsstatus, Verlustgeschehen und Wirtschaftlichkeit bei Saug- und Aufzuchtferkeln im Ökologischen Landbau. Endbericht BÖLN FKZ: 11OE021
- Chavez E, Kratzer F. 1974. Effect of diet on foot pad dermatitis in poult. *Poultry Science* 53, 755-760
- Costa M, Cardoso C, Afonso C, Bandarra NM. 2020. Current knowledge and future perspectives of the use of seaweeds for livestock production and meat quality: a systematic review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 105, 1075 – 1102
- Cremers S. 2002. Untersuchungen zur scheinbaren und wahren ilealen Protein- und Aminosäurenverdaulichkeit von Fleischknochenmehlen beim wachsenden Huhn und Methodenvergleich zur Bestimmung der endogenen Aminosäurenverluste. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen
- CVB 2018. CVB-series no 61. Booklet Feeding of Poultry 2018 - Feeding standards, feeding advices and nutritional values of feed ingredients for poultry. Online verfügbar auf file:///C:/Users/witten/Downloads/cvb-table-booklet-feeding-of-poultry-20182-1.pdf (zuletzt abgerufen am 25.08.2023)
- CVB 2023. CVB-series no 68. Booklet of Feeding Tables for Pigs - Nutrient requirements and feed ingredient composition for pigs. Online verfügbar auf file:///C:/Users/witten/Downloads/cvb-booklet-of-feeding-tables-for-pigs-2023def-1.pdf (zuletzt abgerufen am 14.08.2023)
- Ding S, Lin X, He S. 2019. Earthworms: A source of protein. *Journal of the Food Science and Engineering* 9, 159-170
- DLG 2014. DLG Futterwerttabellen Schweine. Erarbeitet von Staudacher W und Potthast V. DLG-Verlag GmbH. ISBN 978-3-7690-0664-3
- Edwards SA. 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livestock Production Science*, 78, 3-12
- Eggink K M, Lund I, Pedersen P B, Hansen B W, Dalsgaard J. 2022. Biowaste and by-products as rearing substrates for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Effects on larval body composition and performance. *PLOS ONE* 17, e0275213
- Engling F-P, Wiedenroth H, Rösmann P, Halle I, Denißen J, Meyer A, Radewahn P, Töpfer A, Kampf D, Ausmeier S, Doppelreiter F, Finkler G, Gerlach K, Offermann G, Schenkel H, Schmidt T, Trede J. 2021. Positivliste für Einzelfuttermittel. 14. Auflage. Hrsg. Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft, Normenkommission für Einzelfuttermittel. Online verfügbar unter <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/positivliste-fuer-einzelfuttermittel> (letzter Zugriff am 02.02.2023)
- Eriksson, M., Waldenstedt, L., Elwinger, K., Engström, B., & Fossum, O. 2010. Behaviour, production and health of organically reared fast-growing broilers fed low crude protein diets including different amino acid contents at start. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 60(2), 112–124
- Eskildsen M, Krogh U, Sørensen MT, Kongsted AG, Theil PK. 2020. Effect of reduced dietary protein level on energy metabolism, sow body composition and metabolites in plasma, milk and urine from gestating and lactating organic sows during temperate winter conditions. *Livestock Science*, 240, 104088
- EC 2018. Verordnung (EU) 2018/848 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Union* 150

- Flynn NE, Knabe DA, Mallick BK, Wu G. 2000. Postnatal changes of plasma amino acids in suckling pigs. *Journal of Animal Science* 78, 2369-2375
- Fraser D, Weary DM, Pajor EA, Milligan BN. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* 6, 187-205
- Gatrell S, Lum K, Kim J, and Lei X G. 2014. Nonruminant Nutrition Symposium: Potential of defatted microalgae from the biofuel industry as an ingredient to replace corn and soybean meal in swine and poultry diets. *Journal Animal Science* 92, 1306-14
- GfE 1999. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). DLG Verlag, Frankfurt a.M.
- GfE 2006. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG Verlag, Frankfurt a. M.
- Giersberg MF, Spindler B, Rodenburg B, Kemper N. 2019. The dual-purpose hen as a chance: avoiding injurious pecking in modern laying hen husbandry. *Animals* 10, 16
- Greenhalgh S, Chrystal P, Selle P, Liu S. 2020. Reduced-crude protein diets in chicken-meat production: justification for an imperative. *World's Poultry Science Journal* 76, 537-548
- Heinze A. 2011. Empfehlungen und Richtwerte zur Schweinefütterung. Hrsg: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Heft 3/2011 der Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen. <https://www.tll.de/www/daten/nutztierhaltung/schweine/fuetterung/swfu0211.pdf> (zuletzt abgerufen am 30.01.2023)
- Hogberg MG, Zimmermann DR. 1978. Compensatory responses to dietary protein, length of starter period and strain of pig. *Journal of Animal Science* 47, 893-899
- Höhne A, Aulrich K, Witten S, Bussemas R, Baldinger L. 2022. Effect of common vetch (*Vicia sativa* L.) seeds in organic diets for broiler chickens: acceptance and precaecal digestibility of crude protein and amino acids from raw, germinated and ensiled vetches. *Animal Feed Science and Technology* 294, 115506
- Inoue R, Tsukahara T. 2021. Composition and physiological functions of the porcine colostrum. *Animal Science Journal* 92, 1-9
- INRA 2009. InraPorc® - a model and software tool to analyze performance and to evaluate different nutritional strategies for growing pigs and sows. [https://inraporc.inra.fr/inraporc/index\\_en.html](https://inraporc.inra.fr/inraporc/index_en.html)
- Jeroch H, Simon A, Zentek J. 2013. Geflügelernährung. Eugen Ulmer KG Stuttgart.
- Jeroch H, Simon A, Zentek J. 2019. Geflügelernährung. Eugen Ulmer KG, Stuttgart
- Jha R, Berrococo JFD. 2016. Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: A review. *Animal Feed Science and Technology* 212, 18-26
- Johannsen JC, Norgaard JV, Theil PK, Andersen HM, Kongsted AG. 2023. Effects of a high protein starter diet with fermented soybean cake on growth performance of organic pigs weaned outdoor. *Livestock Science* 105141
- Kamphues J, Wolf P, Coenen M, Eder M, Iben C, Kienzle E, Liesegang A, Männer K, Zebeli Q, Zentek J. 2014. Supplemente zur Tierernährung für Studium und Praxis. 12. Überarbeitete Auflage, M&H Schaper Verlag
- Kecman J, Fischer K, Wahner M. 2016. Influence of time of sampling, teat position and number of litter of sows on immunoglobulin concentration and nutrient content in colostrum. *Züchtungskunde* 88, 93-103
- Kempkens K, Stalljohann G, Patzelt S, Berk A. 2015. Untersuchungen zum Einsatz eines hydrothermisch behandelten Gemisches aus einheimischen Körnerleguminosen in der ökologischen Ferkelaufzucht. Endbericht BÖLN FKZ: 11NA034

- Kjaer JB, Bessei W. 2013. The interrelationships of nutrition and feather pecking in the domestic fowl. *Archiv für Geflügelkunde* 77, 1-9
- Klüß J. 2023. Persönliche Mitteilung
- Kobek-Kjeldager C, Schönherz AA, Canibe N, Pedersen LJ. 2022. Diet and microbiota-gut-brain axis in relation to tail biting in pigs: A review. *Applied Animal Behavior Science* 246, 105514
- Kornegay ET, Evan, JL, Ravindran V. 1994. Effects of diet acidity and protein level or source of calcium on the performance, gastrointestinal content measurements, bone measurements, and carcass composition of gilt and barrow weanling pigs. *Journal of Animal Science* 72, 2670–2680
- Le Floch N, Gondret F, Matte JJ, Quesnel H. 2012. Towards amino acid recommendations for specific physiological and patho-physiological states in pigs. *Proceedings of the Nutrition Society* 71, 425-432
- Le Floch N, Melchior D, Sève B. 2008. Dietary tryptophan helps to preserve tryptophan homeostasis in pigs suffering from lung inflammation. *Journal of Animal Science* 86, 3473-3479
- Leclercq B, Chagneau AM, Cochard T, Hamzaoui S, Larbier M. 1993. Comparative utilisation of sulphur-containing amino acids by genetically lean or fat chickens. *British Poultry Science* 34, 383-391
- Lindermayer H, Propstmeier G, Preißinger W. 2009. Grundsätze der Schweinefütterung – Unterrichts- und Beratungshilfe Teil 1: Ernährungsphysiologische Grundlagen. Hrsg: Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern
- LÖK 2009. Ergebnisse der Sitzung der Länderarbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau vom 24.6.2009. Zitiert in Hörning B, Trei G, Ludwig A, Rolle E. 2010. Eignung unterschiedlicher Herkünfte für die ökologische Haltung von Masthähnchen. Abschlussbericht Projekt 06OE217, S. 93
- Maurer V, Hollinger M, Amsler Z, Früh B, Wohlfahrt J, Stamer A, Leiber F. 2015. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed* 2, 83-90
- Melchior D, Sève B, Le Floch N. 2004. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. *Journal of Animal Science* 82, 1091-1099
- Messinger D, Weindl P, Aulrich K, Pleger L, Weindl PN, Bellof G. 2021. Determination of apparent total tract digestibility of nutrients of lucerne (*Medicago sativa*) and red clover (*trifolium pratense*) products in growing pigs. *Züchtungskunde* 93, 389-405
- Messinger D, Weindl PA, Aulrich K, Pleger L, Bellof G. 2022. Growth performance and carcass traits of growing pigs consuming different alfalfa (*Medicago sativa*) products in organic farming systems. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*. Online first verfügbar unter <https://doi.org/10.1080/09064702.2022.2141309>
- Millet S, Ongena E, Hesta M, Seynaeve M, Smet S, de, Janssens G. 2006. The feeding of ad libitum dietary protein to organic growing-finishing pigs. *The Veterinary Journal* 171, 483-90
- Minhuber U, Hagmüller W, Gallnböck M, Riffert V, Schwediauer P. 2018. Futteraufnahmeverhalten von Sauen und Ferkeln während der Säugezeit in unterschiedlichen freien Haltungssystemen. Endbericht Pigfeed, Projektnummer: 100909, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- Naundrup Thøfner IC, Ladefoged Poulsen L, Bisgaard M, Christensen H, Heidemann Olsen R, Christensen JP. 2019. Correlation between footpad lesions and systemic bacterial infections in broiler breeders. *Veterinary Research* 50, 38
- Neal, WM. 1956. Cannibalism, Pick-Outs and Methionine. *British Poultry Science* 35, 10-13
- Nolte T, Jansen S, Weigend S, Mörlein D, Halle I, Link W, Hummel J, Simianer H, Sharifi AR. 2020. Growth performance of local chicken breeds, a high-performance genotype and their crosses fed with regional faba beans to replace soy. *Animals* 10, 702

- Normenkommission für Einzelfuttermittel (2023) Positivliste für Einzelfuttermittel, 15. Auflage. Hrsg: Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft, Berlin.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National Academies Press
- NRC. 2012. Nutrient Requirements of Swine, 10th Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press
- Øverland M, Mydland LT, Skrede A. 2019. Review: Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99, 13-24
- Partanen K, Siljander-Rasi H, Alaviuhkola T. 2006. Feeding weaned piglets and growing-finishing pigs with diets based on mainly home-grown organic feedstuffs. *Agricultural and Food Science*, 89–105
- Pleger L, Weindl PN, Weindl PA, Carrasco LS, Leitao C, Zhao M, Aulrich K, Bellof G. 2021. Precaecal digestibility of crude protein and amino acids from alfalfa (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) leaves and silages in broilers. *Animal Feed Science and Technology* 275, 114856
- Pond WG, Maurer RR, Mersmann HJ, Cummins S. 1992. Response of fetal and newborn piglets to maternal protein restriction during early or late pregnancy. *Growth Dev Aging* 56, 115-127
- Pond WG, Yen J, Lindvall RN. 1980. Early protein deficiency: Effects on later growth and carcass composition of lean or obese swine. *The Journal of Nutrition* 110, 2506-2513
- Prunier A, Valros A, Tallet C, Turner S. 2020. 8. Consequences of the lactational environment on behavioural problems of pigs after weaning. In: C. Farmer (Ed.), *The suckling and weaned piglet*, 207-224, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers
- Quander-Stoll N, Leubin M, Holinger M, Früh B, Leiber F. 2020a. Die richtige Ration für Bioferkel – ist eine 100%-Biofütterung umsetzbar? *Agrarforschung Schweiz* 11, 82-90
- Quander-Stoll N, Holinger M, Früh B., Zollitsch W, Leiber F. 2020b. Comparison of different piglet diets in organic agriculture using milk powder, enriched lysine, conventional potato protein or high soybean cake content. *Renewable Agriculture and Food Systems* 36, 245-254
- Quesnel H, Farmer C, Theil PK. (2014). Colostrum and milk production. In: *The gestating and lactating sow*. 173-192, Hrsg. Farmer C. The Netherlands, Wageningen Academic Publishers
- Rist V, Weiss E, Eklund M, Mosenthin R. 2013. Impact of dietary protein on microbiota composition and activity in the gastrointestinal tract of piglets in relation to gut health: a review. *Animal* 7, 1067-1078
- Rostagno HS, Pupa JMR, Pack M. 1995. Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. *The Journal of Applied Poultry Research* 4, 293-299
- Rostagno S, Teixeira Albino LF, Donzele JL, de Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, de Toledo Barreto SL, Euclides RF. 2011. *Brazilian Tables for Poultry and Swine – Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements*. 3<sup>rd</sup> Edition. Ed. Rostagno S. Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia.
- Rothstein S. 2018. Ernährungsphysiologische Bewertung von teilentfettetem Larvenmehl der schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) für den Einsatz in ressourchenschonenden Ernährungskonzepten der Schweine- und Hähnchenmast. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen
- Ruan T, Li L, Lyu Y, Luo Q, Wu B. 2018. Effect of methionine deficiency on oxidative stress and apoptosis in the small intestine of broilers. *Acta Veterinaria Hungarica* 66, 52-65
- Schaible PJ, Davidson JA, Bandemer Selma L (1947) Cannibalism and Feather Picking in Chicks as Influenced by Certain Changes in a Specific Ration. *Poultry Science* 26, 651-656

- Schmidt E, Bellof G. 2008. Rationsgestaltung und Eignung unterschiedlicher Herkünfte für die ökologische Hähnchenmast. Online verfügbar unter <https://orgprints.org/15871/1/15871-06OE151-fh-weihenstephan-schmidt-2008-haehnchenmast.pdf> (zuletzt abgerufen am 27.1.2023)
- Schoknecht PA, Newton GR, Weise DE, Pond WG. 1994. Protein restriction in early pregnancy alters fetal and placental growth and allantoic fluid proteins in swine. *Theriogenology* 42, 217-226
- Schoknecht PA, Pond WG, Mersmann HJ, Maurer RR. 1993. Protein Restriction during Pregnancy Affects Postnatal Growth in Swine Progeny. *The Journal of Nutrition* 123, 1818–1825
- Schwedeaue P, Minihuber U, Gallnböck M, Messner H, Riffert V, Hagmüller W. 2020. Futterraufnahme von Sauen und Ferkeln in freien Abferkelsystemen. In: Wiesinger K, Reichert E, Saller J, Pflanz W (Hrsg.): *Angewandte Forschung und Entwicklung für den Ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbautag 2020, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 4/2020, 51-54*
- Sirèn, MJ. 1963. A factor preventing cannibalism in cockerels. *Life Science* 2, 120-124
- Sørensen MT, Vestergaard E-M, Jensen SK, Lauridsen C, Højsgaard S. 2009. Performance and diarrhoea in piglets following weaning at seven weeks of age Challenge with *E. coli* O 149 and effect of dietary factors. *Livestock Science* 123, 314–321
- Spinola MP, Costa M M, Prates JAM. 2022. Digestive constraints of *Arthrospira platensis* in Poultry and Swine feeding. *Foods* 11, 2984
- Stalljohann G, Patzelt S. 2010. Erprobung/Untersuchung von Fütterungsstrategien bei Sauen und Ferkeln mit Inulineinsatz, sowie getoasteten bzw. extrudierten Ackerbohnen in der Ferkelaufzucht. Teilschlussbericht BÖLN FKZ: 07OE024
- Stalljohann G. 2006. Untersuchungen zu Fütterungsstrategien für eine erfolgreiche Aufzucht ökologisch gehaltener Ferkel. Dissertation Ludwig-Maximilian-Universität München
- Staudacher W. 2009. Futterwert und Einsatz von getrockneter Weizen- und Weizen/Gerste-Schlempe aus der Bioethanolproduktion beim Geflügel. Stellungnahme des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung. [https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/ausschuesse\\_facharbeit/tier/futtermittel/Stellungnahme\\_Weizenschlempe\\_Gefluegel.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/ausschuesse_facharbeit/tier/futtermittel/Stellungnahme_Weizenschlempe_Gefluegel.pdf) (zuletzt abgerufen am 01.02.2023)
- Stødkilde L, Damborg V K, Jørgensen H, Lærke H N, and Jensen S K. 2018. White clover fractions as protein source for monogastrics: dry matter digestibility and protein digestibility-corrected amino acid scores. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98, 2557-2563
- Thiel P K, Lauridsen C, Quesnel H. 2014. Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk, *Animal* 8, 1021-1030
- Thobe P, Chibanda C, Almadani MI, Koch S. 2022. Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Mastgeflügel. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, 14 p. Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn064308.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn064308.pdf) (zuletzt abgerufen am 1.2.2023)
- TierSchNutztV. 2021. Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S.2043), die zuletzt durch Artikel 1a der Verordnung vom 29. Januar 2021 (BGBl. I S. 146) geändert worden ist
- TierSchG. 2022. Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 20 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2752) geändert worden ist
- van der Meer Y, Gerrits WJJ, Jansman AJM, Kemp B, Bolhuis JE. 2017. A link between damaging behaviour in pigs, sanitary conditions, and dietary protein and amino acid supply. *PLOS ONE* 12, e0174688

- van der Meer Y, Lammers A, Jansman AJM, Rijnen MMJA, Hendriks WH, Gerrits WJJ. 2016. Performance of pigs kept under different sanitary conditions affected by protein intake and amino acid supplementation. *Journal of Animal Science* 94, 4704–4719
- van Emous RA, van Krimpen MM. 2019. Effects of nutritional interventions on feathering of poultry - a review. In: O. A. Olukosi, V. E. Olori, A. Helmbrecht, S. Lambton, N. A. French [eds]: *Poultry Feathers and Skin: The Poultry Integument in Health and Welfare. Cambridge, England, UK, 3-5 July 2017* (pp. 133-150). CABI
- Werner D, Bussemas R, Baldinger L (2023) Crossing the Old Local Breed Deutsches Lachshuhn with the Layer Breed White Rock: Effects on Laying Performance of the Females and Fattening Performance of the Males. *Animals* 13, 2999
- Wilhelmsson S, Yngvesson J, Jönsson L, Gunnarsson S, Wallenbeck A. 2019. Welfare Quality® assessment of a fast-growing and a slower-growing broiler hybrid, reared until 10 weeks and fed a low-protein, high-protein or mussel-meal diet. *Livestock Science* 219, 71-79
- Witten S, Böhm H, Aulrich K. 2020. Effect of variety and environment on the contents of crude nutrients and amino acids in organically produced cereal. *Organic Agriculture* 10, 199-219
- Wüstholtz JK 2017. Silage von jung genutzter Luzerne (*Medicago sativa*) als heimisches Proteinfutter in der ökologischen Geflügel- und Schweinefütterung. Dissertation, Universität Kassel.
- Yunis R, Ben-David A, Heller ED, Cahaner A. 2000. Immunocompetence and Viability under Commercial Conditions of Broiler Groups Differing in Growth Rate and in Antibody Response to *Escherichia coli* Vaccine. *Poultry Science* 79, 810–816
- Yunis R, Ben-David A, Heller ED, Cahaner A. 2002. Antibody responses and morbidity following infection with infectious bronchitis virus and challenge with *Escherichia coli*, in lines divergently selected on antibody response. *Poultry Science* 81, 149–159
- Zhang LB, Guo YM. 2008. Effects of liquid DL-hydroxy-methyl thiobutanic acid on growth performance and immune responses in broiler chicks. *Poultry Science* 87, 1370- 1376

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek  
verzeichnet diese Publikationen in  
der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten  
sind im Internet unter  
[www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek*  
*(German National Library) lists this*  
*publication in the German National*  
*Bibliographie; detailed bibliographic*  
*data is available on the Internet at*  
*[www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene  
Bände finden Sie im Internet unter  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

*Volumes already published in this*  
*series are available on the Internet at*  
*[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**  
Witten S, Werner D, Veit C, Schubbert A, Kölln M, Kluess J, Dippel S, Bussemas R,  
Bartels T, Baldinger L, Aulrich K (2024) Protein- und Aminosäurenversorgung  
junger Schweine und Hühner im Ökologischen Landbau. Braunschweig: Johann  
Heinrich von Thünen-Institut, 42 p, Thünen Working Paper 240,  
DOI:10.3220/WP1715758857000

Die Verantwortung für die Inhalte  
liegt bei den jeweiligen Verfassern  
bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are*  
*responsible for the content of*  
*their publications.*



THÜNEN

## Thünen Working Paper 240

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-working-paper@thuenen.de](mailto:thuenen-working-paper@thuenen.de)  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

DOI:10.3220/WP1715758857000  
urn:nbn:de:gbv:253-202405-dn068278-7