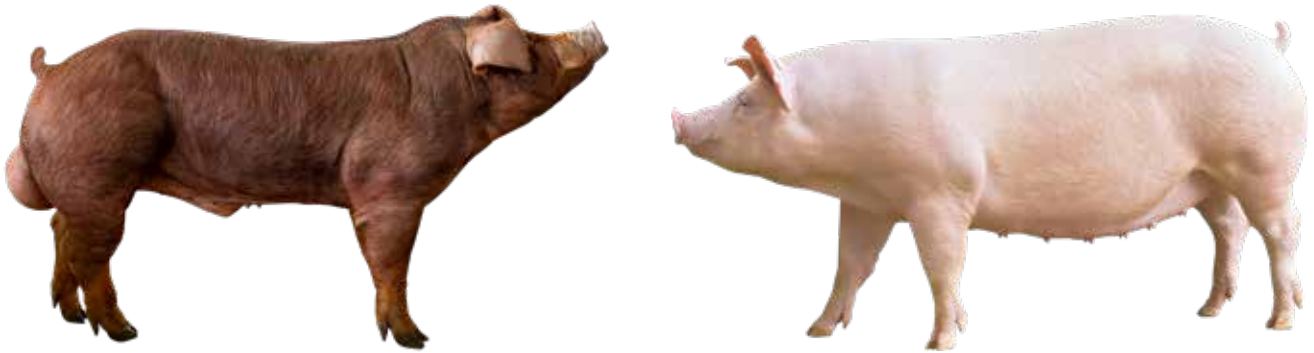




Never  
Stop  
Improving

# PIC<sup>®</sup> ERNÄHRUNGS- UND FÜTTERUNGSEMPFEHLUNGEN

# Herzlich willkommen zu PIC®s Ernährungs- und Fütterungsempfehlungen



Wir freuen uns, Ihnen die aktuellen Ernährungs- und Fütterungsempfehlungen von PIC® präsentieren zu können. Empfehlungen in diesem Handbuch stützen sich auf veröffentlichte Forschungsarbeiten, interne Studien von PIC®, Forschungsarbeiten an Universitäten und groß angelegte kommerzielle Versuche.

Dieser Leitfaden besteht aus vier Teilen, in denen die Grundlagen unserer Ernährungs- und Fütterungsempfehlungen dargelegt sind.

1. Zusammenfassung unserer Prinzipien und Grundsätze der Futterrezepturen: Abschnitt A
2. Erläuterungen, wie diese Rezepturgrundsätze mit verschiedenen Komponenten umgesetzt werden können: Abschnitte B bis E
3. Detaillierte Schilderung, inwiefern grundlegende Fütterungsprogramme je nach Produktionsphase variieren: Abschnitte F bis L
4. Nährstofftabellen zur Optimierung der Ernährung und für eine erfolgreiche Fütterung von PIC®-Schweinen: Abschnitte M bis R

Die vorliegenden Leitlinien können unabhängig von geografischer Region, der Bestandsgröße, den Einrichtungen oder der technischen Ausstattung eines Betriebs weltweit angewandt werden. Die Nährstoffspezifikationen wurden in Praxis-Umgebungen validiert und von Ernährungswissenschaftlern in aller Welt im Peer-Review-Verfahren geprüft. Bitte halten Sie sich stets an die bewährten Praktiken und einschlägigen Standards für die Gesundheit und das Wohlergehen von Tieren gemäß den Vorgaben der örtlichen Behörden des Landes, in dem Sie tätig sind.

Wir hoffen, dass dieser Leitfaden Ihnen hilft, Ihren Betriebserfolg weiter zu verbessern.

Bei Fragen wenden Sie sich gerne jederzeit an Ihre PIC®-Ansprechpartner.

<b>Abschnitt A: Grundsätze und Entscheidungsfindung für die Futterrezeptur</b> .....	<b>A-1</b>
Schritte bei der Ermittlung der Futterrezeptur .....	A-2
Wirtschaftliche Auswirkungen von fester Mastdauer bzw. festem Endgewicht .....	A-2
Strategien für die Futterrezeptur .....	A-3
Einkommen nach Futterkosten .....	A-6
Einkommen nach Gesamtkosten.....	A-6
Saisonale Futterrezeptur .....	A-7
<b>Abschnitt B: Energie</b> .....	<b>B-1</b>
Bedeutung des Energiewerts von Inhaltsstoffen .....	B-3
Ansprechen von Mastschweinen auf Futterenergie .....	B-5
Wirtschaftsmodell für optimale Energiekonzentration.....	B-7
<b>Abschnitt C: Proteine und Aminosäuren</b> .....	<b>C-1</b>
Essentielle und nicht essentielle Aminosäuren.....	C-2
Darstellung des Aminosäurenbedarfs .....	C-2
Aminosäuren-Verhältnisse.....	C-3
Aminosäurenbedarf von Mastschweinen – neueste Erkenntnisse .....	C-3
Biologische und wirtschaftliche Modelle für die optimale SID-Lysin-Konzentration.....	C-5
<b>Abschnitt D: Makromineralien</b> .....	<b>D-1</b>
Kalzium und Phosphor .....	D-2
Biologische und wirtschaftliche Modelle für die optimale Phosphorkonzentration .....	D-4
Natrium- und Chloridbedarf .....	D-4
<b>Abschnitt E: Spurenelemente und Vitamine</b> .....	<b>E-1</b>
Spurenelemente.....	E-2
Vitamine.....	E-3
<b>Abschnitt F: Ausgewachsene Eber</b> .....	<b>F-1</b>
Eberfütterung.....	F-1
Fütterung während der Quarantäne .....	F-2
Fütterung in der Produktion.....	F-2
Optimale Futtermengen für PIC®-Eber .....	F-3
<b>Abschnitt G: Jungsauen in der Aufzucht</b> .....	<b>G-1</b>
Ziele für die Aufzucht von Jungsauen .....	G-2
Fütterungsempfehlungen für Jungsauen .....	G-2
<b>Abschnitt H: Tragende Jungsauen und Sauen</b> .....	<b>H-1</b>
Management der Sauenkondition .....	H-2
Fütterung in der Frühträchtigkeit.....	H-5
Fütterung in der Hochträchtigkeit.....	H-5
Fütterung rund um die Geburt.....	H-8
Dynamisches Fütterungsprogramm für PIC®-Sauen .....	H-9
<b>Abschnitt I: Laktierende Jungsauen und Sauen</b> .....	<b>H-1</b>
Fütterungsprogramm .....	I-2
Faktoren mit Einfluss auf die Futtermittelaufnahme während der Laktation.....	I-3
Aminosäurenbedarf .....	I-3
Dynamisches Fütterungsprogramm für PIC®-Sauen .....	I-8
<b>Abschnitt J: Abgesetzte Sau</b> .....	<b>J-1</b>
Fütterungsprogramm während des Absetz-Beleg-Intervalls.....	J-2
<b>Abschnitt K: Aufzuchtferkel</b> .....	<b>K-1</b>
Absetzferkel .....	K-2
Phasenfütterung .....	K-2
Phase 1 – Absetzen bis ~7,5 kg .....	K-3
Phase 2 – ~7,5 bis 11,5 kg .....	K-3
Phase 3 – ~11,5 bis 22,5 kg .....	K-3
Weitere Überlegungen .....	K-4
<b>Abschnitt L: Mastschwein</b> .....	<b>L-1</b>
Futterrezeptur für Mastschweine .....	L-1
Phasenfütterung .....	L-3
PIC®-Rechner für die angepasste Energie-Effizienz .....	L-3
<b>Abschnitt M: PIC®-Nährstoffspezifikationen für ausgewachsene Eber (88 % Frischmasse)</b> .....	<b>M-1</b>
<b>Abschnitt N: PIC®-Nährstoffspezifikationen für Jungsauen in der Aufzucht (88 % Frischmasse)</b> .....	<b>N-1</b>
<b>Abschnitt O: PIC®-Nährstoffspezifikationen für tragende Jungsauen und Sauen (88 % Frischmasse)</b> .....	<b>O-1</b>
<b>Abschnitt P: PIC®-Nährstoffspezifikationen für laktierende Jungsauen und Sauen (88 % Frischmasse)</b> .....	<b>P-1</b>
<b>Abschnitt Q: PIC®-Nährstoffspezifikationen für Prestarter-Ferkel (88 % Frischmasse)</b> .....	<b>Q-1</b>
<b>Abschnitt R: PIC®-Nährstoffspezifikationen für ältere Aufzuchtferkel, Jungsauen und Kastraten für die Mast (88 % Frischmasse)</b> ....	<b>R-1</b>
<b>Abschnitt S: Fütterung von PIC®-Schweinen – Sonderthemen</b> .....	<b>S-1</b>
<b>Abschnitt T: Literaturverzeichnis</b> .....	<b>T-1</b>
<b>Abschnitt U: Danksagungen</b> .....	<b>U-1</b>



# Grundsätze und Entscheidungsfindung bei der Futterrezeptur



PIC®-Genetik ist in erster Linie auf Gesamtwirtschaftlichkeit selektiert, um den Gewinn in der Wertschöpfungskette für Schweinefleisch zu maximieren. Ein angemessenes Fütterungsprogramm ist notwendig, um das genetische Potenzial der PIC®-Schweine zu nutzen. Wir wissen, dass bei der Futteroptimierung verschiedene Strategien erfolgreich angewandt werden können. Produktionssysteme in aller Welt setzen bei der Gestaltung eines Ernährungsprogramms in der Regel auf ein Gleichgewicht zwischen maximaler Tierleistung, minimalen Produktionskosten und maximaler Rentabilität. Wir von PIC® möchten unsere Kunden darin unterstützen, die erfolgreichsten Schweinefleischproduzenten der Welt zu werden. Da Futtermittel den größten Kostenfaktor in der Produktion darstellen, möchten wir wichtige Grundsätze für die Futterrezeptur liefern, die zur Optimierung spezifischer Ernährungsprogramme genutzt werden können.

- In einem System mit fester Mastdauer hat die durchschnittliche Lebensstageszunahme für die Rentabilität der Tiere einen höheren Wert.
- In Zeiten, in denen eine hohe Rentabilität erwartet wird (z. B. im Sommer in Europa), sollten Strategien zur Erhöhung des Marktgewichts umgesetzt werden.
- Bei unzureichenden Aminosäurekonzentrationen sprechen Schweine eventuell nur begrenzt auf Energie an.
- Das Einkommen nach Futterkosten ist eine der präzisesten Methoden zur Bewertung eines Fütterungsprogramms.

## Schritte bei der Ermittlung der Futterrezeptur

Der erste Schritt bei der Optimierung der Futterrezeptur besteht darin, den Bedarf der Schweine an standardisiertem ileal verdaulichem (SID) Lysin (Lysin) im Verhältnis zur Energie (MJ oder NE) zu bestimmen. Der zweite Schritt besteht darin, die wirtschaftlichste Energie-Konzentration (NE- oder ME-Konzentration) zu bestimmen. Obwohl Energie die meisten Kosten verursacht, wird sie erst im zweiten Schritt bestimmt, weil Schweine möglicherweise nicht die gesamte Energie ausnutzen, wenn das SID-Lysin-Verhältnis ungünstig ist. Im dritten Schritt werden die Konzentrationen der anderen SID-Aminosäuren (AS) im Verhältnis zu SID-Lysin bestimmt. Schließlich werden die Konzentrationen von Makromineralien, Spurenelementen und Vitaminen zur Deckung des Nährstoffbedarfs festgelegt.

## Wirtschaftliche Auswirkungen von fester Mastdauer bzw. festem Endgewicht

Ein wichtiges Konzept, das bei der Futteroptimierung für ein konkretes Produktionssystem berücksichtigt werden muss, ist die Frage, ob die Schweine im jeweiligen System auf der Basis einer festen Mastdauer oder eines festen Endgewichts vermarktet werden:

- Feste Mastdauer bedeutet, dass das System im Produktionsablauf keinen zusätzlichen oder flexiblen Spielraum lässt. Wenn ein Maststall beispielsweise 120 Tage lang belegt ist, werden die Schweine vermarktet, selbst wenn das gewünschte Marktgewicht noch nicht erreicht ist, und der Stall wird für die nächste Gruppe geräumt.
- Festes Endgewicht bedeutet, dass das System im Produktionsablauf eine gewisse Flexibilität bietet. Schweine können im Stall verbleiben, bis sie für die gegebene Abrechnungsmaske das optimale Gewicht erreicht haben.

Es ist wichtig, den Unterschied zwischen fester Mastdauer und festem Endgewicht zu verstehen, da sich dadurch die Höhe der Tageszunahmen ändert. Für eine rentable Mast sind die Zunahmen in einem System mit fester Mastdauer von größerem Wert, da die Anzahl der verfügbaren Masttage begrenzt ist. In einem System mit festem Mastgewicht dagegen sind die Zunahmen im Rahmen einer bestimmten Ernährungs- oder Managementstrategie weniger wichtig, weil die Schweine zu festen Platzkosten (z. B. 0,11 €/Schwein/Tag) im Stall bleiben können, bis sie das optimale Gewicht erreichen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Platzkosten geringer sind als die Kosten für eine Ernährungs- oder Managementmaßnahme. Produktionssysteme basieren im Winter, wenn die Schweine schneller an Gewicht zunehmen, häufig auf einem festen Mastgewicht und im Sommer, wenn die Schweine langsamer an Gewicht zunehmen, auf einer festen Mastdauer. Diese beiden Szenarien spiegeln verschiedene wirtschaftlichen Optimalwerte wider, und ihre Bewertung kann ein wirksames Instrument für die Beurteilung der wirtschaftlichen Sensibilität von Fütterungsumstellungen sein.

Das Konzept optimaler Nährstoffkonzentrationen zur Maximierung der Rentabilität bei einem Programm mit fester Mastdauer im Vergleich zu einem Programm mit festem Endgewicht ist in Abb. A1 dargestellt. Das Verhältnis von Tryptophan (Trp) zu Lysin kann sich erheblich auf die Wachstumsrate auswirken. In diesem konkreten Szenario hat die Veränderung des Trp-Lysin-Verhältnisses in einem System mit fester Mastdauer viel größere wirtschaftliche Auswirkungen als in einem System mit festem Endgewicht, einfach weil die Gewichtszunahme im Vergleich zum Szenario mit festem Endgewicht einen größeren wirtschaftlichen Grenzertrag bietet. Weitere Informationen über den Wert alternativer Trp-Lysin-Verhältnisse finden Sie [unter diesem Link](#), wo ein kostenloser dynamischer Wirtschaftlichkeitsrechner heruntergeladen werden kann, der für konkrete Produktionssysteme das jeweils wirtschaftlichste Trp-Lysin-Verhältnis ermittelt.

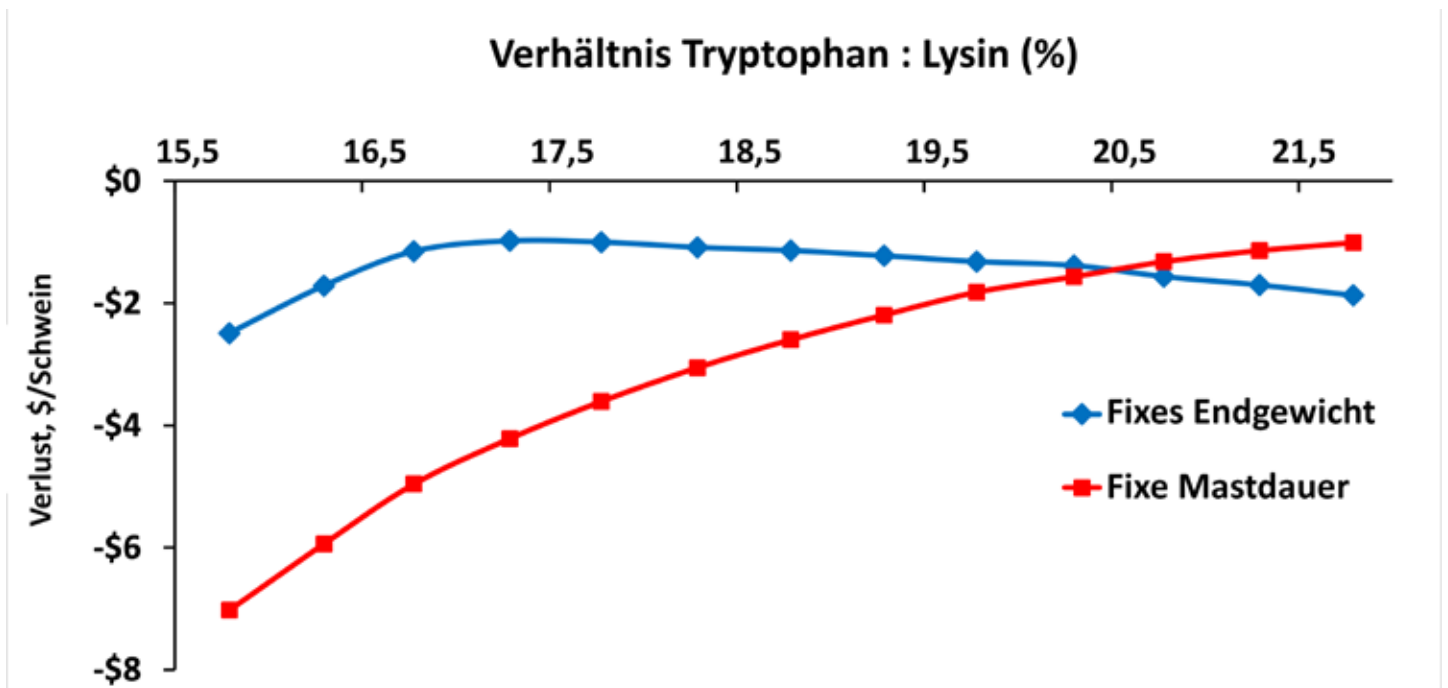


Abb. A1. Verhältnis SID Trp:Lysin für einen wirtschaftlichen Ertrag auf der Basis von fester Mastdauer bzw. festem Endgewicht (PIC®337 × PIC®Camborough®; Kansas State University und Ajinomoto Heartland, 2016)

## Strategien für die Futteroptimierung

Bei der Ermittlung der Futterrezeptur werden viele Strategien angewandt. Produktionssysteme setzen in der Regel auf ein Gleichgewicht zwischen den folgenden Faktoren:

- maximale Tierleistung
  - durchschnittliche Lebenstageszunahme (LTZ)
  - Futterverwertung (FVW)
- minimale Produktionskosten
  - Futterkosten je Einheit der Gewichtszunahme
- maximale Rentabilität
  - Ertrag nach Futterkosten (IOFC)
  - Ertrag nach Kosten für Futter und Einrichtungen (IOFFC)
  - Ertrag nach Gesamtkosten (IOTC)

Abb. A2 zeigt eine Übersicht über das Konzept dieser Rezepturstrategien. Diese Ergebnisse veranschaulichen, welche SID-Lysin-Konzentrationen benötigt werden, um die verschiedenen oben genannten Strategien zu optimieren. In diesem Beispiel ist die SID-Lysin-Konzentration zur Gewinnmaximierung höher als die zur Kostenminimierung. Die wirtschaftlich optimale SID-Lysin-Konzentration ist dynamisch und hängt von den Preisen für Inhaltsstoffe und Schweine ab.

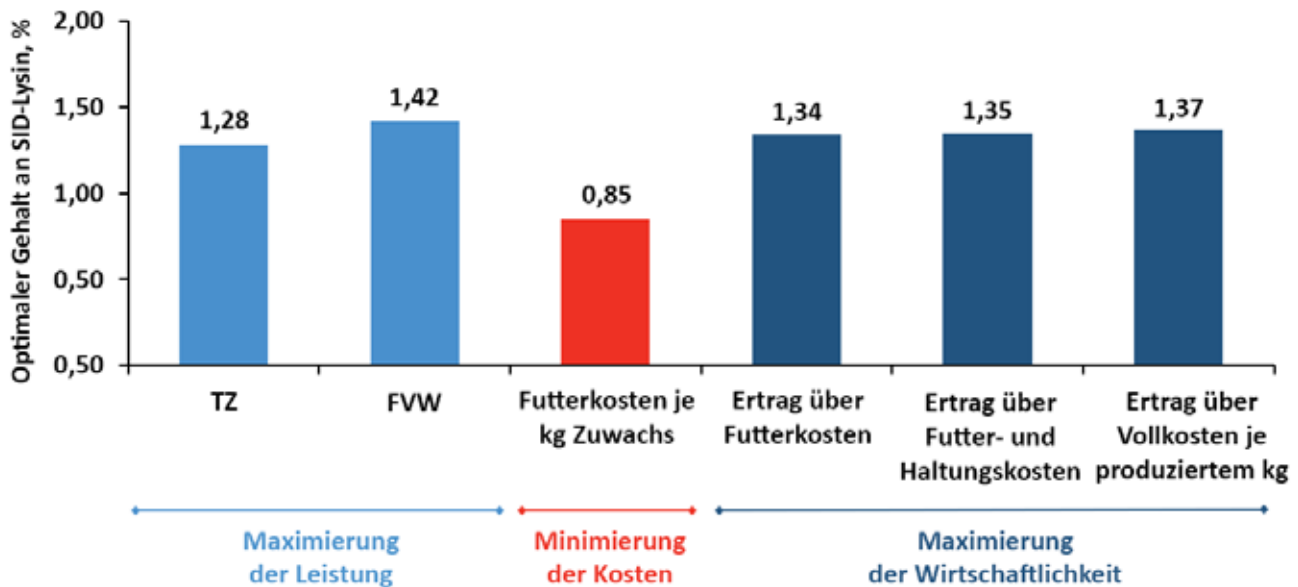


Abb. A2. Beispiel für Konzentrationen von standardisiertem ileal verdaulichem (SID) Lysin zur Optimierung verschiedener Ergebnisse für PIC®-Schweine (Schweine mit 11,5 bis 22,5 kg, interne PIC®-Daten)

### Futterrezeptur für maximale Leistung

Die Nährstoffkonzentrationen werden so gewählt, dass maximale Leistung erzielt wird. Der finanzielle Ertrag spielt keine Rolle. Die optimale Konzentration des jeweiligen Nährstoffs kann je nach den gewünschten Reaktionskriterien unterschiedlich sein. Beispielsweise ist die für maximale LTZ erforderliche SID-Lysin-Konzentration wahrscheinlich niedriger als diejenige für optimale FVW.

### Futterrezeptur für minimale Kosten

Die Futterkosten je kg Zuwachs werden berechnet, indem die FVW mit den Kosten je kg Futter multipliziert wird. Bei den Futterkosten je kg Zuwachs wird also die FVW berücksichtigt. Ziel ist es, die geringsten Kosten je kg Zuwachs zu erzielen. Dieser Ansatz berücksichtigt jedoch keine Änderungen der LTZ, des Schlachtkörperwerts, des Schweinepreises oder der Kosten für zusätzliche Tage im Stall.

$$\text{Futterkosten je kg Zuwachs} = (\text{FVW} \times \text{€ je kg Futter})$$

### Futterrezeptur für maximalen Gewinn

Bei der Futterrezeptur für maximalen Gewinn werden die finanziellen Auswirkungen verschiedener Szenarien berücksichtigt, wobei die für die gewünschte Leistung erforderlichen Nährstoffe gegen die Futterkosten abzuwägen sind.

Der Ertrag nach Futterkosten (IOFC) berücksichtigt den Marktpreis und den Wert der Gewichtszunahme für ein Szenario mit fester Mastdauer:

$$\text{IOFC} = (\text{Marktpreis je kg Lebendgewicht} \times \text{Zuwachs}) - (\text{Futterkosten je kg Zuwachs} \times \text{Zuwachs})$$

Der Ertrag nach Kosten für Futter und Einrichtungen (IOFFC) ergänzt die IOFC-Gleichung um Kosten für Einrichtungen und ist eher für ein Szenario mit festem Endgewicht geeignet:

$$\text{IOFFC} = (\text{Marktpreis je kg Lebendgewicht} \times \text{Zuwachs}) - (\text{Futterkosten je kg Zuwachs} \times \text{Zuwachs}) - (\text{Kosten je Platz} \times \text{Tage in der Phase})$$

Da die Kosten für Futter und Einrichtungen in der Regel den größten Teil der Kosten in der Schweineproduktion ausmachen und andere Kosten meist als Fixkosten betrachtet werden, ist das IOFC eng mit dem Gewinn verbunden. Sowohl IOFC als auch IOFFC gelten daher als die besten Indikatoren für die Auswirkungen auf die Rentabilität.



## Gesamtbetrachtung

Werden ausschließlich die Futterkosten je kg Zuwachs betrachtet, führt dies in der Regel zur Schlussfolgerung, kostengünstigere Rationen zu füttern. Für die Maximierung des Nettogewinns ist diese Entscheidung aber oft nicht die richtige. Der Ertrag nach Gesamtkosten berücksichtigt sowohl den Effekt der zusätzlichen Gewichtszunahme als auch die damit verbundenen Kosten und bietet so die Möglichkeit, die Auswirkungen des zusätzlich verkauften Gewichts bewerten zu können. Nehmen wir beispielsweise an, die Kosten für ein Mastferkel betragen 40 €. Für ein Produktionssystem mit 121 kg Zuwachs vom Absetzen bis zur Vermarktung bedeuten dies Kosten in Höhe von 0,3306 € je kg, die durch die Kosten für das Absetzferkel verursacht werden. Wenn jedoch eine bestimmte Ernährungs- oder Managementstrategie den Zuwachs auf 123 kg erhöht, sinken die Kosten je kg, die durch das Mastferkel verursacht werden (Produktion oder Einkauf), auf 0,3252 € bzw. um 1,6 %. Gleichzeitig bleiben die Futterkosten je kg Zuwachs jedoch gleich.

Berechnung des Ertrages nach Gesamtkosten je Tier auf Lebendbasis (IOTCL):

$$\text{IOTCL} = [(\text{Marktpreis je kg Lebendgewicht} \times \text{Lebendgewicht}) - (\text{Futterkosten je Schwein} + \text{sonstige Kosten je Schwein} + \text{Kosten je Mastferkel})]$$

Alternativ Berechnung des Ertrages nach Gesamtkosten je Tier auf Schlachtkörperbasis (IOTCC):

$$\text{IOTCC} = [(\text{Marktpreis je kg Schlachtkörper} \times \text{Marktgewicht} \times \% \text{ Ertrag}) - (\text{Futterkosten je Schwein} + \text{sonstige Kosten je Schwein} + \text{Kosten je Mastferkel})]$$

Tabelle A1 stellt zur Veranschaulichung der Strategien für die Futterrezeptur zwei Szenarien dar: eines ohne Fettzusatz und eines mit 3 % Fettzusatz.

**Tabelle A1. Szenarien und Annahmen für einen Vergleich zwischen Kostenminimierung und Gewinnmaximierung je Schwein**

Annahmen	Szenario 1	Szenario 2 <sup>a</sup>
	Feste Mastdauer/ohne Fettzusatz	Feste Mastdauer/mit 3 % Fettzusatz
LTZ, kg	0,816	0,841
Futter/Zuwachs	2,800	2,632
Tage mit Futter	112	112
Futterkosten, €/kg <sup>b</sup>	0,230	0,245

<sup>a</sup>Unter der Annahme, dass jedes zugesetzte 1 % Fett die Gewichtszunahme um 1 % und die FVW um 2 % steigert. Dieses Ergebnis kann von System zu System und je nach Jahreszeit variieren.

<sup>b</sup>Angenommene Kosten von 386 €/Tonne, 0,14 €/kg und 0,68 €/kg für Sojaschrot, Mais und hochwertiges weißes Fett.

Die Futterkosten sollten nicht nur die Kosten für die Inhaltsstoffe, sondern auch die Herstellungs- und Lieferkosten beinhalten. Dies spiegelt die Gesamtkosten für die verbrauchten Futtermittel und den Wert der Leistungsunterschiede genauer wider.

### **Szenario 1 (Sz1, ohne Fettzusatz)**

Zuwachs = 112 Tage × 0,816 kg LTZ = 91,4 kg Zunahme in der Mast

Futterkosten je kg Zuwachs = 2,80 FVW × 0,230 € Futterkosten/kg = 0,644 €

Futterkosten je Schwein = 91,4 kg Zuwachs × 0,644 € Futterkosten/kg Zunahme = 58,86 €

### **Szenario 2 (Sz2, 3 % Fettzusatz)**

Zuwachs = 112 Tage × 0,841 kg LTZ = 94,2 kg Zunahme in der Mast

Futterkosten je kg Zuwachs = 2,632 FVW × 0,245 € Futterkosten/kg = 0,645 €

Futterkosten je Schwein = 94,2 kg Zuwachs × 0,645 € Futterkosten/kg = 60,76 €

In Szenario 1 sind die Futterkosten je kg Zuwachs etwas niedriger und die Futterkosten je Schwein am geringsten. In Szenario 2 werden dagegen mehr Kilogramm je Schwein erzeugt, was berücksichtigt werden muss.

## Ertrag nach Futterkosten (IOFC)

Annahme:

- Erlös für Lebendschweine = 1,30 €/kg

**IOFC (Sz1) = (1,30 € Schweinepreis/kg x 91,4 kg Zuwachs) – (58,86 € Futterkosten je Schwein) = 89,86 € je Schwein**

**IOFC (Sz2) = (1,30 € Schweinepreis/kg x 94,2 kg Zuwachs) – (60,76 € Futterkosten je Schwein) = 91,60 € je Schwein**

Das Einkommen nach Futterkosten je Schwein ist in Szenario 2 um 1,74 € höher als in Szenario 1, sodass die Zugabe von Fett in diesem Szenario rentabler ist.

## Ertrag nach Gesamtkosten

Annahmen:

- Ausschachtung = 79 %
- Schlachtpreis = 1,65 €/kg
- Mastferkelkosten (23 kg) = 55 €
- Zuwachs = 91,4 kg
- Sonstige Kosten (Einrichtungen/Transport/Medikamente/Impfungen/Schlachtung) = 14,56 € je Schwein

Berechnungen auf Lebendbasis:

**IOTCL (Sz1) = [1,30 € x (23+91,4)] - (58,86 €+14,56 €+55,0 €) = 20,30 € je Schwein**

**IOTCL (Sz2) = [1,30 € x (23+94,2)] - (60,76 €+14,56 €+55,0 €) = 22,04 € je Schwein**

Szenario 2 (3 % Fettzusatz) ist bei dieser Marktlage bei Bezahlung auf Lebendbasis um 1,74 € je Schwein rentabler als Szenario 1 (ohne Fettzusatz).

Berechnungen auf Schlachtkörperbasis:

**IOTCC (Sz1) = [1,65 € x (23+91,4) x 0,79] - (58,86 €+14,56 €+55,0 €) = 20,70 € je Schwein**

**IOTCC (Sz2) = [1,65 € x (23+94,2) x 0,79] - (60,76 €+14,56 €+55,0 €) = 22,45 € je Schwein**

Szenario 2 (3 % Fettzusatz) ist bei dieser Marktlage und Abrechnung auf Schlachtkörperbasis um 1,75 € je Schwein rentabler als Szenario 1 (ohne Fettzusatz).

Obwohl die Kosten in Szenario 2 durch den Zusatz von 3 % Fett zum Futter stiegen, führte der Einkommenszuwachs zu einem höheren IOFC und IOTC als bei Szenario 1 ohne Fettzusatz (Tabelle A2).

Tabelle A2. Absolute und relative wirtschaftliche Unterschiede zwischen Szenario 1 und 2

Annahmen	Unterschiede (Szenario 2 – Szenario 1)	
	Absolut	Relativ (%)
Futterkosten, €/kg	0,015	+6,5
Futterkosten je Schwein, €/Schwein	1,90	+3,2
Futterkosten je erzeugtem kg, €/kg	0,002	+0,3
IOFC, €/Schwein	1,74	+1,9
IOTC, €/Schwein (Bezahlung nach Lebendgewicht)	1,74	+8,6
IOTC, €/Schwein (Bezahlung nach Schlachtkörpergewicht)	1,75	+8,5

Insgesamt gibt es für die Futteroptimierung verschiedene Strategien und Ansätze. Es ist wichtig, einen Ansatz zu verwenden, der sowohl den Wert der Leistung (d. h. LTZ, FVW, Ausschlagung) als auch das Produktionssystem (fixe Mastdauer oder fixes Endgewicht) berücksichtigt. Beachten Sie, dass das System in manchen Monaten nach Zeit und in anderen Monaten nach Gewicht definiert sein kann. Daher sind Ansätze wie Einkommen nach Futterkosten (und Haltungskosten) oder Einkommen nach Gesamtkosten auf Schlachtkörperbasis geeignete Lösungen, um die Rentabilität von Schweinebetrieben zu maximieren.

## Saisonale Futterrezeptur

Historisch gesehen steigen in den USA die Marktpreise für Schweine in den Sommermonaten, wenn das Angebot abnimmt (Abb. A3). Dieser Rückgang des Angebots ergibt sich wahrscheinlich aus den niedrigeren Abferkelraten aufgrund saisonaler Unfruchtbarkeit bei einer Belegung, einem geringeren Wachstum aufgrund geringerer Futteraufnahme und einer stärkeren Marktnachfrage im Sommer. Die Monate mit den höchsten Preisen können weltweit variieren, da die verschiedenen Regionen von klimatischen Veränderungen und der Marktnachfrage unterschiedlich betroffen sind. Dennoch gibt es wahrscheinlich überall gewisse saisonale Preisschwankungen.

Für die USA müssen sich die für Ernährung und Produktion zuständigen Teams beispielsweise proaktiv auf Strategien zur Steigerung des Marktgewichts in den gewünschten Monaten konzentrieren, um die höheren Schweinepreise im Sommer optimal nutzen zu können. Die Anwendung dieser Strategien hängt von den aktuellen Nährstoffkonzentrationen ab, die im Produktionssystem verwendet werden. Zu den gängigen Strategien gehören unter anderem:

- Höhere Energiekonzentrationen
- Höhere Aminosäurekonzentrationen
- Höhere Kupferkonzentrationen

PIC® hat ein Excel-basiertes Kalendertool entwickelt, das Tierernährern und Mästern hilft, die Termine für die Aktualisierung der einzelnen Futterrezepturen zu ermitteln, um so die marktüblichen Schwankungen der Schweinepreise bestmöglich zu nutzen. Bei Interesse an diesem Tool wenden Sie sich bitte an Ihren PIC-Ansprechpartner.

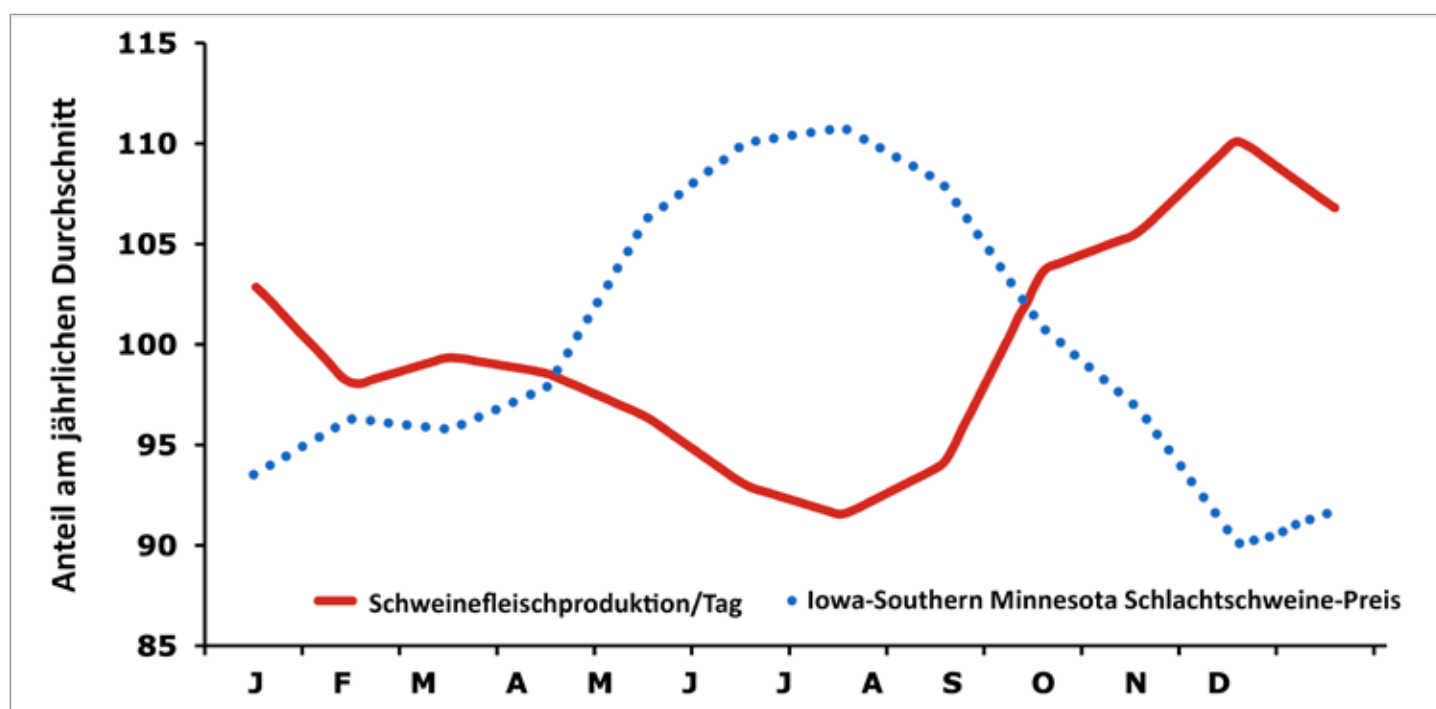


Abb. A3. Saisonale Angebots- und Preisindizes für Schweinefleisch in den USA von 1980 bis 2016 (nach EMI Analytics)





Futterenergie bildet in jedem Futter den größten Kostenfaktor. Es ist wichtig, den Einfluss der Energiezufuhr aus dem Futter auf die Leistung und die Wirtschaftlichkeit über die verschiedenen Produktionsphasen hinweg zu verstehen.

- Der Energiewert von Futtermitteln und Inhaltsstoffen lässt sich auf verschiedene Weisen beschreiben.
- Am häufigsten werden jedoch die umsetzbare und die Nettoenergie herangezogen.
- Genaue Schätzungen der Energiewerte von Inhaltsstoffen sind erforderlich, um ihren relativen Wert im Futter richtig zu beurteilen.
- Schweine sind in der Lage ihre Futteraufnahme zu erhöhen, um ihren Energiebedarf zu decken, vorausgesetzt:
  - ihr Futter ist weder so energiearm noch so faserreich, dass ein vollständiger Ausgleich nicht möglich ist,
  - Futtermanagement, Gesundheitszustand und Umweltbedingungen sind so gestaltet, dass ein ungehinderter Zugang zu Nährstoffen möglich ist.
- PIC® und die Kansas State University haben ein Modell entwickelt, mit dessen Hilfe die Energiekonzentration im Futter bestimmt werden kann, die den höchsten Ertrag nach Futterkosten liefert. Der Schweinepreis und die Kosten für Inhaltsstoffe sind bei diesem Modell die wichtigsten Faktoren.

Die verdauliche Energie (VE) ist die aufgenommene Bruttoenergie (BE) abzüglich Verbrennungswärme von Kot (Abb. B1). Die umsetzbare Energie (ME) ist die VE abzüglich der Verbrennungswärme von Urin- und Gasbildung. Die Gasbildung wird bei Schweinen im Allgemeinen nicht berücksichtigt. Die Nettoenergie (NE) ist die ME abzüglich des Wärmezuwachses, d. h. der Wärme aus Verdauung und Nährstoffwechsel. Die Nettoenergie kann weiter in NE für Erhaltungszwecke ( $NE_m$ ) und NE für Produktion ( $NE_p$ ) unterteilt werden. Die Nettoenergie für die Erhaltung ist die Energie, die zum Überleben und zur Aufrechterhaltung der Homöostase (d. h. der Körpertemperatur) benötigt wird. Die Nettoenergie für die Produktion ist die Energie, die für die Synthese von Protein und Fett, die fötale Entwicklung und die Milchproduktion verwendet wird. Daher ist die NE vermutlich das genaueste System für die Vorhersage der Wachstumsleistung (Nitikanchana et al., 2015).

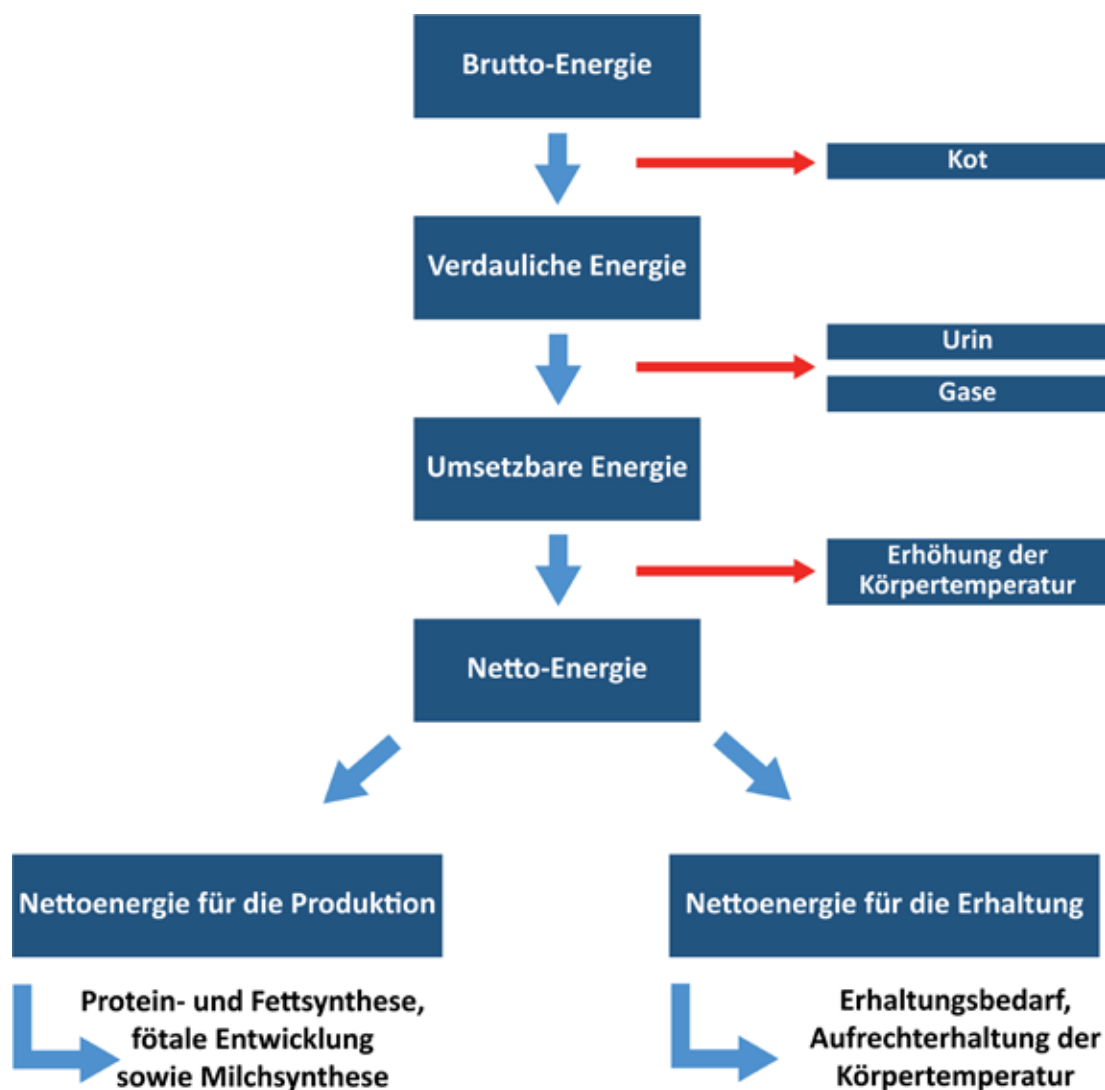


Abb. B1. Verwertung der Futterenergie bei Schweinen

Inhaltsstoffe mit hohem Faseranteil (z. B. Getreideschlempe/DDGS, Weizen-Futtermehl) oder hohem Proteinanteil (z. B. Soja-schrot) erzeugen bei der Verdauung einen größeren Wärmezuwachs (Abb. B2). Bei Inhaltsstoffen mit hohem Faser- oder Protei-nanteil ist der Unterschied zwischen ME und NE größer als bei Inhaltsstoffen mit mittleren Faser- und Eiweißkonzentrationen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Schweine den Wärmezuwachs als Wärmequelle nutzen können, wenn sie sich unterhalb ihrer thermoneutralen Zone befinden. Daher sind faser- und proteinreiche Rationen im Winter, wenn die Futteraufnahme nicht durch heißes Wetter eingeschränkt ist bzw. Schweine die zusätzliche Wärmeproduktion nutzen können, um ihre Körpertemperatur aufrechtzuerhalten, weniger schädlich.

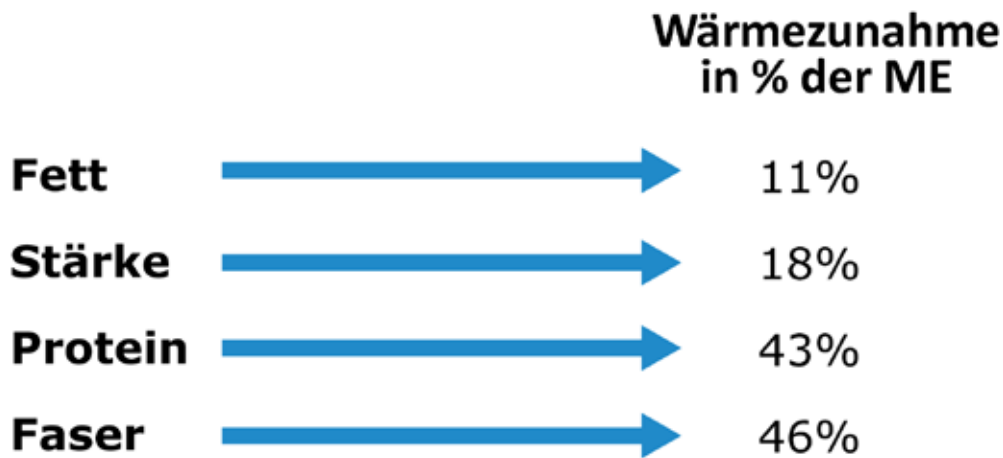


Abb. B2. Wärmezuwachs als Prozentsatz der umsetzbaren Energie (ME) bei Schweinen. Nach Noblet & Van Milgen (2004) und Rijnen et al. (2003)

### Bedeutung des Energiewerts von Inhaltsstoffen

Die Nährstoffgehalte der im Futter verwendeten Inhaltsstoffe sind wichtig. Es muss unbedingt eine einheitliche Inhaltsstoff-Datenbank verwendet werden. Bei zwei verschiedenen Inhaltsstoff-Datenbanken, wie die des National Research Council (NRC, 2012) und des Central Bureau for Livestock Feeding (CVB, 2008), können sich für dasselbe Futter unterschiedliche Konzentrationen von ME (3,3 % Differenz), NE (4,2 % Differenz) und SID Lysin (2,2 % Differenz) ergeben (Tabelle B1). Dieser Vergleich zeigt, wie wichtig eine einheitliche Referenz für Energiewerte ist.

Für Inhaltsstoffe, die nicht in entsprechenden Datenbanken verfügbar sind, können die Energiewerte anhand verschiedener Methoden berechnet werden. Diese Methoden umfassen einen Vergleich mit Inhaltsstoffen ähnlicher Zusammensetzung, Titrationsstudien oder Berechnungen auf der Grundlage einer Proximitätsanalyse. Es kann sinnvoll sein, die Energie intern verfügbarer Inhaltsstoffe auf der Grundlage ihrer Differenz zum Feuchtigkeitsgehalt der Referenz-Inhaltsstoffe anzupassen. Alle in den PIC®-Empfehlungen und -Tools verwendeten Energiewerte basieren auf der NRC-Datenbank (2012). Wenn Sie den Energiegehalt Ihres Futters mit demselben Futter unter Verwendung der NRC-2012-Werte vergleichen, erhalten Sie eine Vorstellung davon, wie Sie die Energie bei der Verwendung der PIC®-Tools anpassen können. Bei der Verwendung von PIC®-Tools empfiehlt es sich nicht, Werte für die enzymatische Freisetzung von Energie oder Aminosäuren anzugeben.

Tabelle B1. Gleiche Futterrezepturen mit zwei verschiedenen Inhaltsstoff-Datenbanken (NRC 2012 vgl. mit CVB 2008)

Inhaltsstoff	Prozentsatz, %	
Mais, gelb	70,99	
Sojaschrot (SES), Rohfaser < 4 %, Rohprotein < 48 %	25,19	
Maisöl	1,00	
Kalziumkarbonat	0,95	
Monocalciumphosphat	0,78	
Salz (NaCl)	0,37	
L-Lysin HCl	0,17	
DL-Methionin	0,04	
L-Threonin	0,02	
Vormischung von Vitaminen und Spurenelementen	0,50	
<b>Gesamt, %</b>	<b>100</b>	
	<b>NRC, 2012</b>	<b>CVB, 2008</b>
Umsetzbare Energie, MJ/kg	14,0	13,5
Nettoenergie, MJ/kg	10,5	10,1
Standardisiertes ileal verdauliches Lysin, %	0,93	0,91

Ein Futter auf der Basis von Mais-Sojaschrot-Rationen und ein Futter auf der Basis von faserreichen Inhaltsstoffen wurden so zusammengestellt, dass sie die gleiche ME-Konzentration aufweisen (Tabelle B2). Beachten Sie, dass beide Futtermittel den gleichen ME-Wert haben, das faserreiche Futter aber 2,5 % weniger NE hat. Dies deutet darauf hin, dass die Futtereffizienz bei einer genaueren Angabe in NE um 2,5 % schlechter wäre. Daher wirken sich in Szenarien, in denen faserreiche Inhaltsstoffe ins Futter eingepreist werden, die NE-Unterschiede auf die wirtschaftlichen Berechnungen aus, während dies beim Vergleich auf ME-Basis nicht der Fall ist.

**Tabelle B2. Futter mit gleicher umsetzbarer Energie (ME) aber unterschiedlicher Nettoenergie (NE) unter Verwendung der Inhaltsstoffwerte aus der NRC-Datenbank (2012)**

Inhaltsstoff	Mais- und Sojaschrot-Rationen	Futter mit hohem Faseranteil
Mais, gelb	70,99	37,48
Mais-DDGS, < 4 % Öl	---	30,00
Weizen-Futtermehl	---	19,00
Sojaschrot (SES), Rohfaser < 4 %, Rohprotein < 48 %	25,19	7,11
Maisöl	1,00	3,52
Kalziumkarbonat	0,95	1,28
Monocalciumphosphat	0,78	---
Salz (NaCl)	0,37	0,39
L-Lysin HCl	0,17	0,57
L-Threonin	0,02	0,10
L-Tryptophan	---	0,04
DL-Methionin	0,04	0,03
Vormischung von Vitaminen und Spurenelementen	0,50	0,50
<b>Gesamt, %</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Umsetzbare Energie, MJ/kg	14,0	14,0
Nettoenergie, MJ/kg	10,5	10,3
Standardisiertes ileal verdauliches Lysin, %	0,93	0,93



## Auswirkungen des Energiegehaltes im Futter auf die Leistung

Damit eine möglichst rentable Energiekonzentration im Futter erreicht werden kann, müssen wir uns verdeutlichen, wie Schweine auf eine veränderte Energiekonzentration im Futter reagieren. Der Einfluss der Energiekonzentration im Futter auf die Leistung wurde anhand von PIC<sup>®</sup>337-Nachkommen ermittelt (Tabelle B3). Gemäß den PIC<sup>®</sup>-Empfehlungen (Anhang A) wurde ein ausgewogenes Futter auf der Grundlage SID Lysin: MJ ME zusammengestellt. Bei allen Rationen wurde der Mindestanteil von SID-Aminosäuren eingehalten.

Tabelle B3. Auswirkungen der Energiekonzentration auf die Wachstumsleistung von Mastschweinen<sup>a</sup>

Aspekt	Energiekonzentration im Futter	
	Niedrig	Hoch
Anfangsgewicht, kg	21,8	21,8
Endgewicht, kg	130,8	130,7
Futtertage	123	119
Durchschnittliche Lebensstageszunahme, kg	0,894	0,921
Durchschnittliche tägliche Futtermenge, kg	2,40	2,26
Verhältnis kg Futter : kg Zuwachs	2,69	2,45
Aufnahme von umsetzbarer Energie (ME), MJ/Tag <sup>b</sup>	33,4	33,4
Nettoenergieaufnahme (NE), MJ/Tag <sup>b</sup>	24,5	25,4
Energie-Effizienz, MJ ME/kg	37,4	36,3
Energie-Effizienz, MJ NE/kg	27,4	27,6

<sup>a</sup> Nach PIC<sup>®</sup>Executive Summary #51

<sup>b</sup> Die Energiekonzentrationen im Futter wurden unter Zugrundelegung der Nährstoffwerte der NRC-Datenbank (2012) berechnet.

Die Fütterung verschiedener energiereicher Rezepturen führte numerisch zu einer Verbesserung der durchschnittlichen Lebensstageszunahme (LTZ) um 3,1 %, zu einer Reduzierung der durchschnittlichen täglichen Futtermenge (FUATag) um 6,1 % und zu einer Verbesserung der Futtermengeverwertung um 8,7 %. Die tägliche ME-Aufnahme war bei Schweinen, die mit unterschiedlichen Energiekonzentrationen gefüttert wurden, ähnlich, wohingegen mit niedriger NE gefütterte Schweine etwa 3,5 % weniger Energie aufnahmen als mit hoher NE gefütterte Schweine. Dies führte auf ME-Basis zu einer um 3,1 % schlechteren Energie-Effizienz bei Schweinen, die energiearm gefüttert wurden, und zu einer ähnlichen Energie-Effizienz auf NE-Basis. Obwohl die Futtermengeverwertung (FVW) unterschiedlich war, verwerteten die Schweine, die Rationen mit niedrigerer NE erhielten, diese nicht unbedingt weniger effizient. Das Bewertungssystem nach Nettoenergie (NE) scheint genauer zu sein, als das nach Umsetzbarer Energie (ME).

In einem neueren Praxisversuch wurden die Auswirkungen unterschiedlicher NE-Konzentrationen und neutralen Detergenzfaser (NDF) im Futter auf die Leistung von 30 bis 130 kg schweren Mastschweinen gemessen (Lu et al., 2020). Insgesamt wurden 2.058 PIC<sup>®</sup>-Schweine (PIC<sup>®</sup>380 x Camborough<sup>®</sup>) einer von sieben Fütterungsgruppen zugeteilt, die steigende NE-Konzentrationen (8,8 bis 11,4 MJ/kg) in Verbindung mit sinkenden NDF-Konzentrationen (24,2 bis 9,5 %) beinhalteten. In den energieärmeren Rezepturen wurden mehr faserhaltige Inhaltsstoffe/weniger Öl verwendet, während in den energiereicheren Rezepturen mehr Mais und Öl zum Einsatz kamen. Die Ration mit 10,1 MJ NE / kg entspricht energetisch einer Mais-Soja-Ration.

Die Erhöhung der NE und die Verringerung der Faserstoffe im Futter erhöhten die LTZ, verringerten die FUATag, verbesserten die FVW bezogen auf das Schlachtgewicht und steigerten die tägliche NE-Aufnahme (quadratisch,  $P < 0,05$ ; Abb. B3). Die Ration mit dem niedrigsten Energiegehalt enthielt 14 % weniger Energie als das Äquivalent mit Mais und Soja. In der Gruppe mit dem niedrigsten Energiegehalt konnten Schweine nur 9 % mehr Futter aufnehmen, was zu einem Rückgang der LTZ um 7 % führte. Die Ergebnisse dieses Versuchs stimmten nicht mit denen von Schinckel et al. (2012) überein, denen zufolge Schweine einen geringeren Energiegehalt im Futter durch eine höhere Futtermengeaufnahme kompensieren konnten. Der Unterschied zwischen den Studien könnte auf den größeren NDF-Zuwachs in der aktuellen Studie zurückzuführen sein (11,3 % vs. 4,4 %).

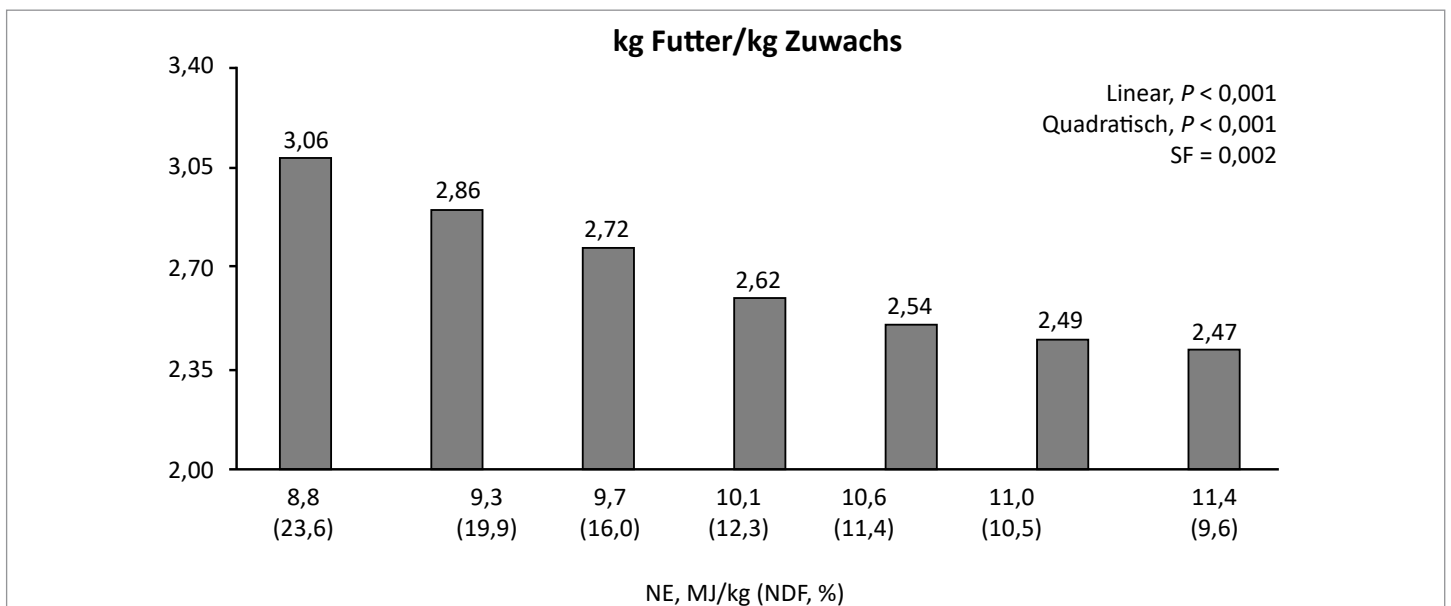
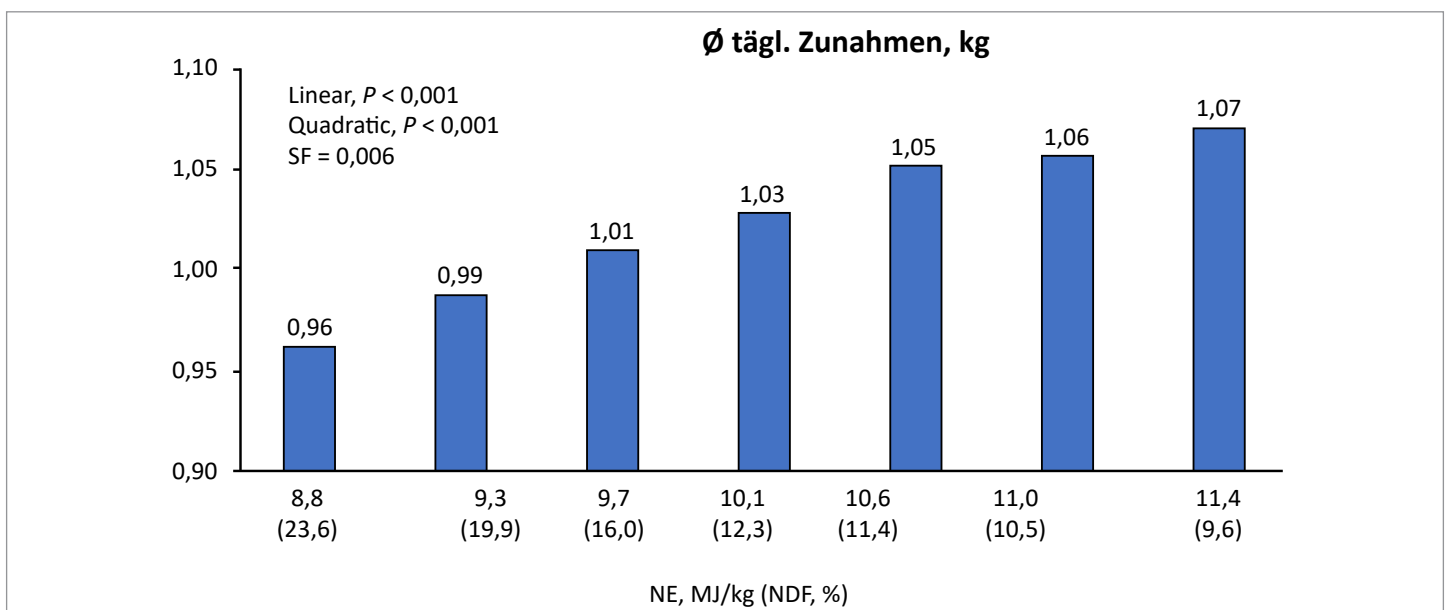
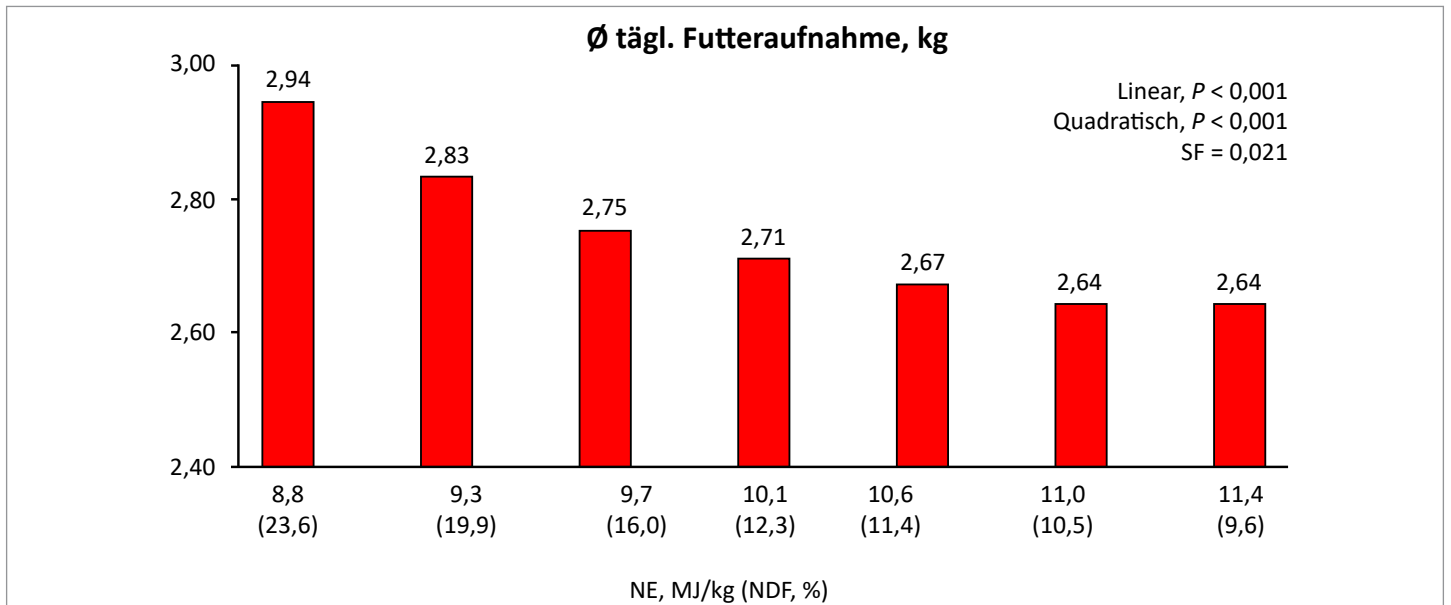


Abb. B3. Auswirkungen der Energie- und Faserkonzentration auf die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme ( $FUA_{\text{Tag}}$ ), die durchschnittliche Lebenstageszunahme (LTZ) und das Verhältnis von Futter zu Zuwachs (FE) bei Mastschweinen

Die Verluste aufgrund von Aggressivität waren bei Schweinen, die Futter mit dem niedrigsten NE- und höchsten NDF-Gehalt erhielten, numerisch höher (Abb. B4). Wir gehen davon aus, dass die höhere Prävalenz von Aggressivität mit unzureichendem Zugang zu Nährstoffen verbunden ist. Es scheint, dass Schweine ihre  $FUA_{\text{Tag}}$  steigern, wenn sie energiearm gefüttert werden, bis sie an die Grenze ihrer Darmkapazität gelangen und die Nährstoffaufnahme je Tag reduziert wird. Wir vermuteten auch, dass Schweine bei faserreicherem, energieärmerem und weniger voluminösem Futter länger brauchen, um die gleiche Menge an Energie aufzunehmen. Werden Rationen mit niedrigerem Energiegehalt und höherem NDF-Gehalt verfüttert, werden daher wahrscheinlich die verfügbaren Fressplätze und die Größe der Futterauslassöffnung wichtiger. Die Mitarbeiter sollten über Rationsänderungen Bescheid wissen, damit Fress- bzw. Buchtenplätze sowie Futterautomaten so angepasst werden können, dass die Schweine diese größeren Mengen auch aufnehmen können. Diese Studie zeigt, dass eine Beschränkung der Futtermenge die Leistung der Schweine verringert. Laskoski (2019) berichtete über zunehmende Ohr- und Schwanzverletzungen, je mehr Schweine an einem Fressplatz fressen. Weitere Informationen über Fressplätze und Empfehlungen zur Anpassung finden Sie [hier](#) im PIC®-Handbuch „Empfehlungen zur Aufzucht und Mast“.

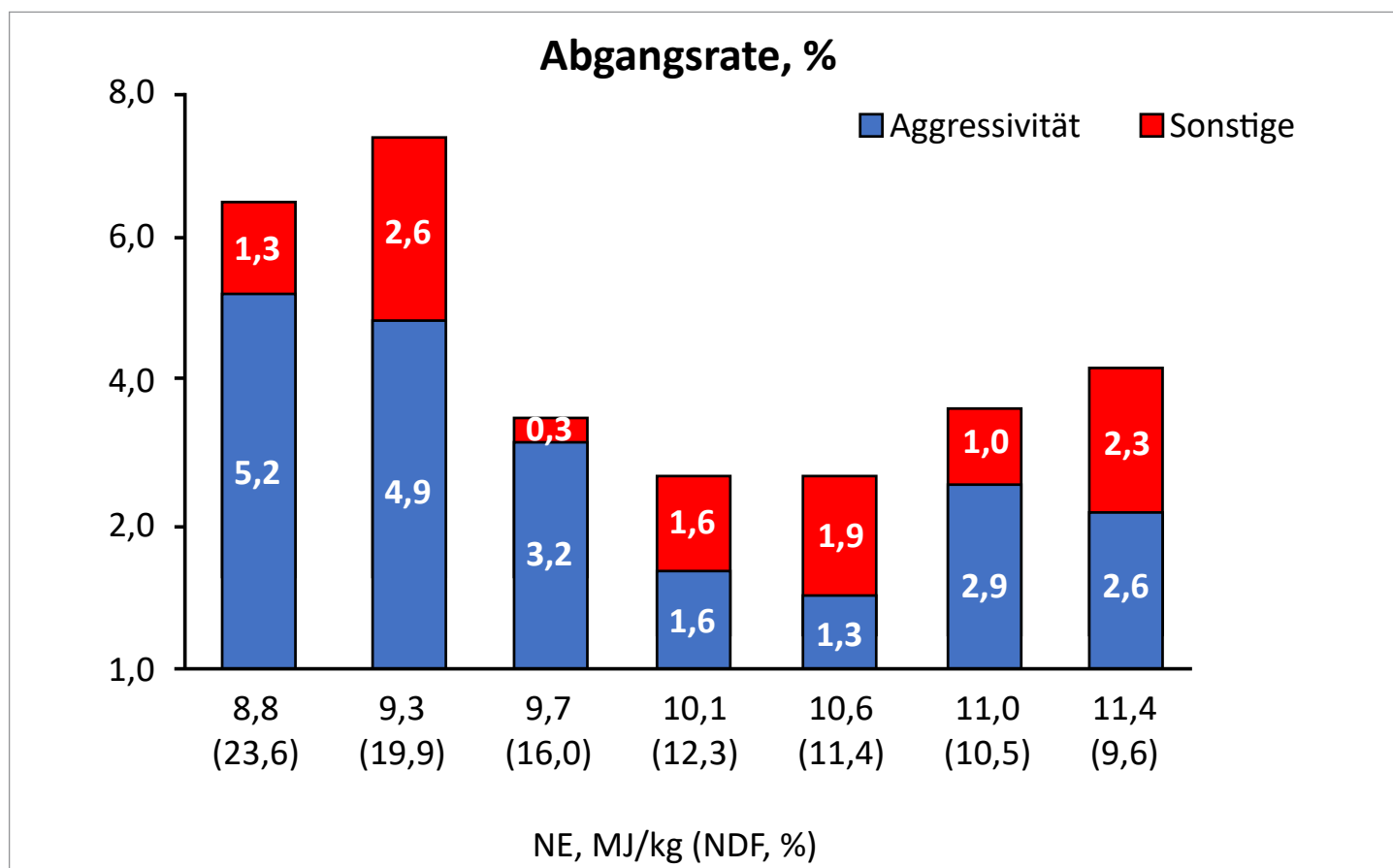


Abb. B4. Auswirkungen von Energie- und Faserkonzentrationen auf die Abgangsrate und Prävalenz abnormaler Verhaltensweisen

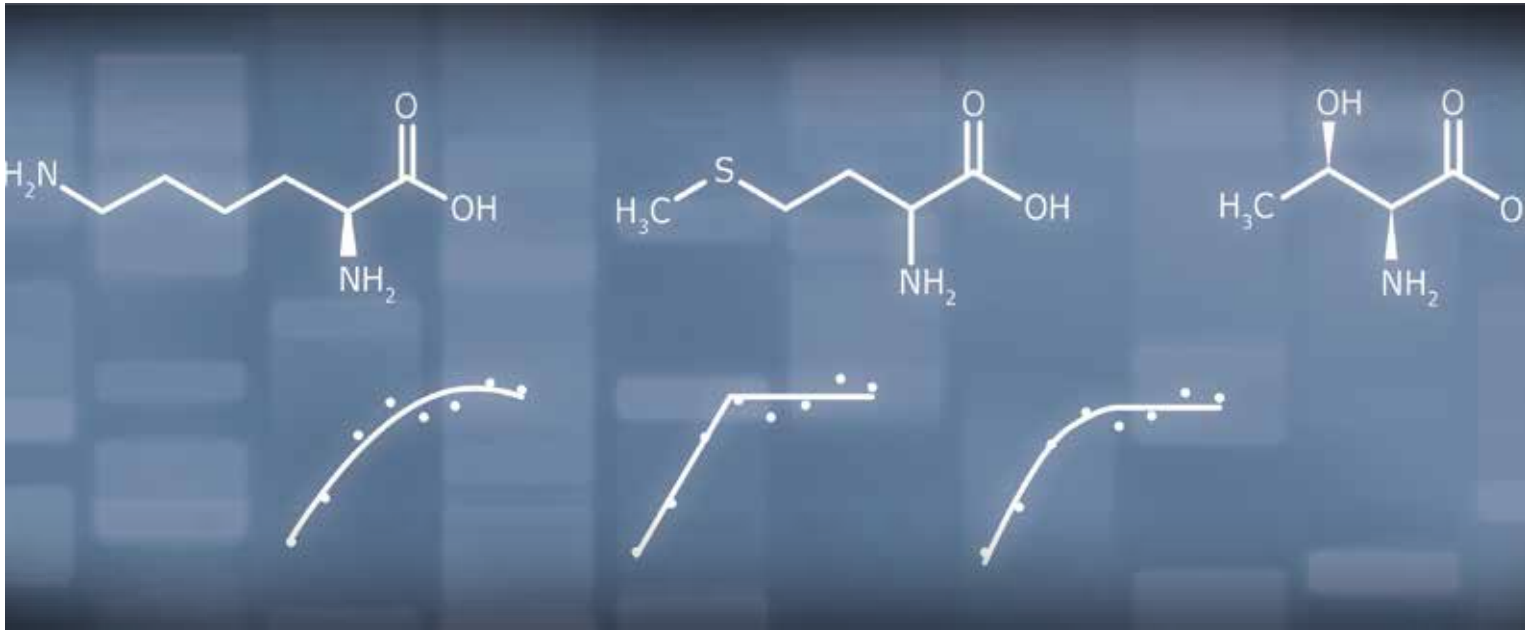
### Wirtschaftsmodell für optimale Energiekonzentration

Zur Vorhersage von Wachstumsrate und Futtereffizienz von Mastschweinen (Nitikanjana et al., 2015) sowie der Auswirkungen auf die Schlachtleistung (Soto et al., 2019a) in Abhängigkeit von der NE-Fütterung wurden Regressionsgleichungen entwickelt und validiert. Diese Gleichungen wurden verwendet, um den optimalen NE-Gehalt im Futter zu ermitteln, der den höchsten Ertrag nach Gesamtkosten je Schwein auf Basis des Lebend- oder des Schlachtkörpergewichts ergibt. PIC® und die Kansas State University haben gemeinsam ein Tool entwickelt, das auf diesem Modell sowie auf betriebspezifischen Eingaben basiert. Damit kann die Energiekonzentration im Futter ermittelt werden, die unter Berücksichtigung wechselnder Produktions- und Wirtschaftlichkeitsszenarien den höchsten wirtschaftlichen Nutzen bringt. [Hier](#) gelangen Sie zu dem Tool und den Anweisungen.



## Abschnitt C

# Proteine und Aminosäuren



Proteine setzen sich aus Aminosäuren zusammen. Aminosäuren sind entscheidend für ein effizientes Wachstum und die Fortpflanzung. Schweine haben in verschiedenen Lebensphasen einen spezifischen Bedarf an Aminosäuren.

- Aminosäuren im Schweinefutter lassen sich auf verschiedene Weisen beschreiben.
- In diesem Handbuch verwenden wir standardisierte ileal verdauliche Aminosäuren.
- Bei einem idealen Proteinkonzept werden andere essentielle Aminosäuren in der Regel in einem Mindestverhältnis zum Gehalt an SID Lysin dem Futter zugeführt.
- Dieses Mindestverhältnis ändert sich in den verschiedenen Produktionsphasen.
- Schweine benötigen ~20 g SID Lysin, um 1 kg Zuwachs zu realisieren.
- Da die Futtereffizienz von Schweinen durch den Zuchtfortschritt zunimmt, muss die Konzentration von Aminosäuren im Futter steigen.
- Mehrere Versuche deuten darauf hin, dass sich die Wachstumsleistung von Mastschweinen verringert, wenn die Konzentration von Rohprotein im Futter unter 13 % liegt.
- Eine Aminosäurekonzentration, die die Wachstumsleistung maximiert, ist allerdings nicht unbedingt die kostengünstigste. Bei dieser Entscheidung kann der SID-Lysin-Wirtschaftlichkeitsrechner helfen.

## Essentielle und nicht essentielle Aminosäuren

Es gibt 20 Aminosäuren, aus denen Proteine gebildet werden. Aminosäuren werden in essentielle und nicht essentielle Aminosäuren eingeteilt (Tabelle C1). Futter wird in der Regel so zusammengestellt, dass es den Bedarf des Schweins an essentiellen Aminosäuren deckt, da Schweine essentielle Aminosäuren nicht in der erforderlichen Menge synthetisieren können. Nicht essentielle Aminosäuren können von Schweinen synthetisiert werden, sofern ihr Futter genügend Stickstoff enthält. Einige Aminosäuren können als bedingt essentiell eingestuft werden, da sie eventuell nur unter bestimmten Futter- und physiologischen Bedingungen benötigt werden.

Tabelle C1. Essentielle, nicht essentielle und bedingt essentielle Aminosäuren (nach NRC, 2012)

Essentiell	Nicht essentiell	Bedingt essentiell
Histidin	Alanin	Arginin
Isoleucin	Asparagin	Cystein
Leucin	Aspartat	Glutamin
Lysin	Glutamat	Prolin
Methionin	Glycin	Tyrosin
Phenylalanin	Serin	
Threonin		
Tryptophan		
Valin		

Energie macht zwar den Hauptteil der Kosten jedes Futters aus, aber die Umsetzung der Energie in Leistung hängt größtenteils von einer ausreichenden Versorgung mit Aminosäuren ab. Bevor der wirtschaftlichste Energiewert ermittelt werden kann, muss der Aminosäurebedarf bestimmt werden. Um die gewünschte Leistung zu erzielen, muss die Versorgung mit allen essentiellen Aminosäuren auf den Bedarf der Schweine zugeschnitten sein.

## Darstellung des Aminosäurebedarfs

Aminosäuren können auf verschiedene Weise dargestellt werden:

- **Gesamt:** Gesamtheit aller im Inhaltsstoff enthaltenen Aminosäuren, die in einer Aminosäuren-Analyse nachgewiesen werden. Nachteil ist, dass die erheblichen Unterschiede in der Verdaulichkeit der Aminosäuren zwischen den einzelnen Futtermitteln nicht berücksichtigt werden. Deshalb wurden andere Methoden entwickelt, um die Unterschiede in der Verdaulichkeit zu berücksichtigen:
  - **Bioverfügbarkeit** wird anhand des sogenannten Slope-Ratio-Assay geschätzt; sie bezieht sich auf die verdauliche und die postabsorptive Verwertung der Aminosäuren im Gewebe. Diese Methode ist jedoch die teuerste, und die ermittelten Aminosäureverfügbarkeiten sind wahrscheinlich in Mischungen von Futtermittel-Inhaltsstoffen nicht anwendbar (Gabert et al., 2001).
  - **Verdaulichkeit** kann als Verdaulichkeit im gesamten Verdauungstrakt oder als ileale Verdaulichkeit ausgedrückt werden. Die Schätzung der Verdaulichkeit im gesamten Verdauungstrakt basiert auf der Differenz zwischen den aufgenommenen und den in Fäkalien vorgefundenen Aminosäuremengen. Damit kann die Verdaulichkeit allerdings aufgrund der mikrobiellen Fermentation im Dickdarm überschätzt werden. Im Gegensatz dazu basiert die Schätzung der ilealen Verdaulichkeit auf der Differenz zwischen der Menge der aufgenommenen und der im ilealen Verdauungsbrei vorgefundenen Menge an Aminosäuren; sie ist somit genauer. Die ileale Verdaulichkeit kann weiter unterteilt werden:
    - **Scheinbare ileale Verdaulichkeit (AID):** Diese berücksichtigt nicht die endogenen Aminosäurenverluste.
    - **Standardisierte ileale Verdaulichkeit (SID):** Diese berücksichtigt die basalen endogenen Aminosäurenverluste.
    - **Wahre ileale Verdaulichkeit (TID):** Diese berücksichtigt die basalen und spezifischen endogenen Aminosäurenverluste.

In der Regel sinkt die tägliche Futtermittelaufnahme mit steigendem Energiegehalt der Ration, während die aufgenommene Energie nahezu gleich bleibt. Wenn Aminosäuren im Verhältnis zum Energiegehalt im Futter ausgedrückt werden (d. h. Lysin-Joule-Verhältnis), werden Aminosäurekonzentrationen an unterschiedliche Energiekonzentrationen angepasst (Chiba et al., 1991; De La Lata et al., 2001). Lysin steigt mit zunehmender und fällt mit abnehmender Energie; das Verhältnis von Lysin zu Energie bleibt jedoch unabhängig vom Energiegehalt des Futters gleich. Dadurch wird sichergestellt, dass Aminosäuren an Veränderungen der Futtermittelaufnahme und Wachstumsrate infolge einer veränderten Energiedichte des Futters angepasst werden.

## Aminosäuren-Verhältnisse

Das NRC (2012) definiert den Bedarf an essentiellen Aminosäuren für jede Produktionsphase. Spätere Anpassungen wurden auf der Grundlage neuerer Untersuchungen an PIC®-Schweinen vorgenommen. Dieses Handbuch gibt den Aminosäurebedarf auf SID-Basis an. Der Lysin-Bedarf wird als Verhältnis von SID Lysin zu Energie ausgedrückt. Der Bedarf an anderen essentiellen Aminosäuren wird in der Regel als Mindestbedarf im Verhältnis zu SID Lysin angegeben, da Lysin mit der größten Wahrscheinlichkeit der erstlimitierende Faktor im Futter ist. Der von uns empfohlene Aminosäurebedarf wurde außerdem anhand der Nährstoffkonzentrationen der Inhaltsstoffe gemäß NRC (2012) ermittelt, einschließlich der umsetzbaren und der Nettoenergie. Das empfohlene Mindestverhältnis der Aminosäuren im Futter für die einzelnen Phasen ist in den PIC®-Nährstoffspezifikationstabellen beschrieben.

## Aminosäurebedarf von Mastschweinen – neueste Erkenntnisse

In Produktionssystemen in aller Welt werden bei PIC®-Schweinen Zunahmen an Muskelfleisch und höhere Effizienz festgestellt. Eine ausreichende Versorgung mit Aminosäuren ist für eine erfolgreiche Schweineproduktion wichtig. Futtermittel, die den Aminosäurebedarf nicht decken, führen zu einer geringeren Magerfleisch- und höheren Fettbildung (Main et al., 2008). Schweine benötigen ca. 20 g SID Lysin, um 1 kg Gewicht zuzunehmen (Goodband et al., 2014; Orlando et al., 2021). Angesichts zunehmender Wachstumsraten und verbesserter Futtereffizienz ist zu erwarten, dass die Empfehlung für den Lysin-Gehalt im Futter erhöht werden muss, um den Bedarf der Schweine zu decken.

Die Meta-Analyse, aus der 2016 die PIC®-Empfehlungen für SID Lysin hervorgingen, wurde anhand von 29 Versuchen aktualisiert, die zwischen 2013 und 2020 unter kommerziellen Bedingungen mit 48.338 Schweinen durchgeführt wurden (Orlando et al., 2021). Die beiden jüngsten Versuche in dieser Meta-Analyse wurden mit den Nachkommen der 15 % index-besten Eber aus einem PIC®-Elitebetrieb durchgeführt. Die Modelle wurden für gemischtgeschlechtliche Schweine entwickelt und basieren auf der PIC®337-Wachstumskurve, um so die Empfehlungen für Jungsauen und Kastraten abschätzen zu können. Die Kurven für das Verhältnis SID Lysin:Energie wurden sowohl auf ME- als auch auf NE-Basis gemäß der Zusammensetzung der Futterinhaltsstoffe aus NRC (2012) erstellt. Das in den Daten der Meta-Analyse beobachtete NE-ME-Verhältnis lag zwischen etwa 0,72 und 0,74. Die PIC®-Empfehlungen für SID Lysin aus dem Jahr 2020 basieren auf dem Durchschnittswert für LTZ und Futtereffizienz (LTZ:FVW), bei dem etwa 100 % der maximalen LTZ und 99,4 % der maximalen FVW erreicht werden. Die aktualisierten biologischen Anforderungen sind ähnlich wie bei den PIC®-Empfehlungen von 2016; die Bedarfsschätzungen wurden jedoch für die späte Aufzuchtphase und die späte Mast angepasst (Abb. C1).

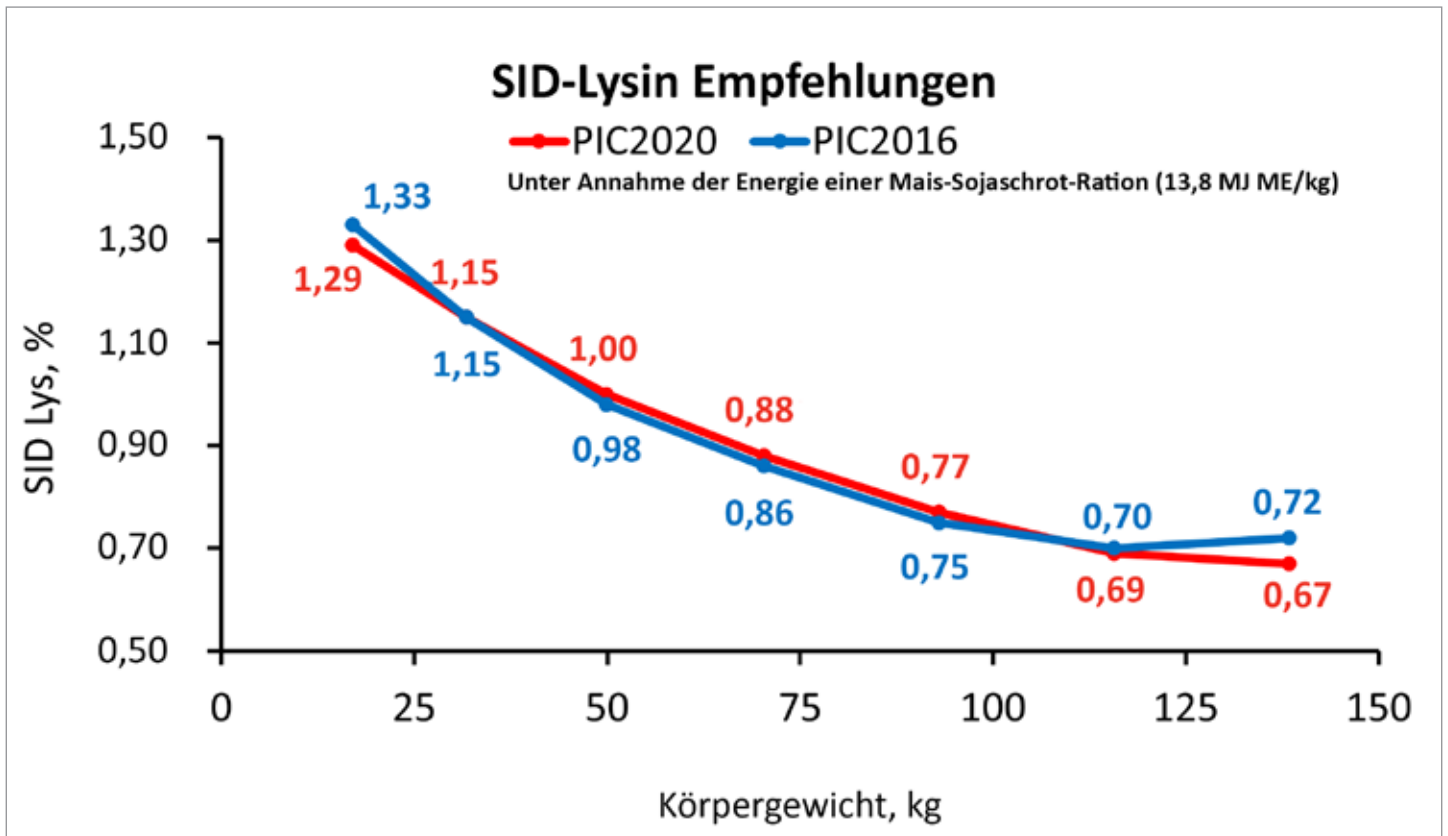


Abb. C1. Empfehlungen für den prozentualen Anteil von SID Lysin im Futter für PIC®-Schweine aus den Jahren 2016 und 2020 auf Basis des Energieäquivalents von Mais-Sojaschrot-Rationen

Nachstehend sind die Regressionsgleichungen aufgeführt, die zur Schätzung des PIC®-Verhältnisses von SID Lysin zu Energie auf der Grundlage von Geschlecht und Körpergewicht verwendet wurden:

**SID Lysin für gemischtgeschlechtliche Schweine (Jungsauen und Kastraten), g/MJ NE** =  $[0,0000327185 \times (\text{Gewicht, kg} \times 2,204622)^2 - 0,0214484253 \times (\text{Gewicht, kg} \times 2,204622) + 6,0773690201] / 4,184$ .

**SID Lysin für gemischtgeschlechtliche Schweine (Jungsauen und Kastraten), g/MJ ME** =  $[0,0000255654 \times (\text{Gewicht, kg} \times 2,204622)^2 - 0,0157978368 \times (\text{Gewicht, kg} \times 2,204622) + 4,4555073859] / 4,184$ .

**SID Lysin für Kastrate mit einem Gewicht von < 40 kg** = derselbe Wert für SID Lysin: MJ wie für gemischtgeschlechtliche Schweine;

**SID Lysin für Kastrate mit einem Gewicht von > 40 kg** = g SID Lysin: MJ wie für gemischtgeschlechtliche Schweine -  $(-0,0000000031 \times \text{Gewicht, kg}^4 + 0,0000013234 \times \text{Gewicht, kg}^3 - 0,0002087068 \times \text{Gewicht, kg}^2 + 0,0142221655 \times \text{Gewicht, kg} - 0,3126825057) \times \text{g SID Lysin: MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine}$

**SID Lysin für Jungsauen mit einem Gewicht von < 40 kg** = derselbe Wert für SID Lysin: MJ wie für gemischtgeschlechtliche Schweine;

**SID Lysin für Jungsauen mit einem Gewicht von > 40 kg** = g SID Lysin: MJ wie für gemischtgeschlechtliche Schweine -  $(-0,0000000031 \times \text{Gewicht, kg}^4 + 0,0000013234 \times \text{Gewicht, kg}^3 - 0,0002087068 \times \text{Gewicht, kg}^2 + 0,0142221655 \times \text{Gewicht, kg} - 0,3126825057) \times \text{g SID Lysin: MJ wie für gemischtgeschlechtliche Schweine}$

**SID Lysin für Eber, wenn SID Lysin für Kastrate  $\times [0,0023 \times \text{Gewicht, kg} + 0,9644]$  ist < SID Lysin für Jungsauen** = derselbe Wert für SID Lysin: MJ wie für Jungsauen.

**SID Lysin für Eber, wenn SID Lysin für Kastrate  $\times [0,0023 \times \text{Gewicht, kg} + 0,9644]$  ist > SID Lysin für Jungsauen** = SID Lysin wie für Jungsauen  $\times [0,0023 \times \text{Gewicht, kg} + 0,9644]$



Da die Mastendgewichte weltweit zunehmen sind bessere Erkenntnisse über den Nährstoffbedarf von schwereren Schweinen notwendig. Bei einer kommerziellen Studie mit 990 Schweinen (PIC® 337 x Camborough®), die in gemischtgeschlechtlichen Buchten gehalten wurden, sollte der SID-Lysin-Bedarf von Schweinen mit einem Gewicht von 130 bis 150 kg ermittelt werden (Orlando et al., 2018). Die Ergebnisse zeigten, dass der Breakpoint für eine optimale Futtereffizienz von Schweinen in der Endmast bei 0,53 g SID Lysin : MJ ME liegt. Der Lysin-Bedarf nimmt ab 150 kg Körpergewicht nicht dramatisch ab, und die Daten dieser Studie wurden in die PIC®-2020-Metaanalyse aufgenommen, die jetzt eine genauere Lysin-Empfehlungen für höhere Mastendgewichte enthält.

Aufgrund wirtschaftlicher und ökologischer Bedenken wird der Rohproteinanteil (XP) weltweit häufig reduziert, indem die Aminosäuren aus Proteinquellen teilweise durch synthetische Aminosäuren ersetzt werden. Obwohl Schweine keinen spezifischen Proteinbedarf haben, zeigen neuere Studien, dass ein niedriger Rohproteingehalt ihre Leistung verringern kann. Dies ist bei Schweinen in der Endmast, die Futter mit weniger als 13 % Rohprotein erhalten, deutlicher zu erkennen, selbst wenn ein angemessenes Aminosäureverhältnis eingehalten wird (Tous et al., 2014; Soto et al., 2019b). Hierfür wurden mehrere mögliche Erklärungen geprüft, wie z. B. ein Mangel an nicht essentiellen Aminosäuren oder anderen Nährstoffen, die durch die Proteinquelle verfügbar sind, die Rohproteinquelle, die Sojaschrotkonzentration, die Sojaisoflavonkonzentration sowie der Elektrolythaushalt, Cholin und Kalium im Futter (Rojo, 2011; Ball et al., 2013; Rochell et al., 2015; Mansilla et al., 2017; Thomas et al., 2018). Um die Ursache für die Leistungsminderung bei Schweinen mit einem Körpergewicht von über 100 kg, wenn diese Futter mit weniger als 13 % Rohprotein aber scheinbar ausreichenden Aminosäurekonzentrationen erhalten, zu verstehen, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

### **Biologische und wirtschaftliche Modelle für die optimale SID-Lysin-Konzentration**

Die genetische Selektion für mehr Wachstum und verbesserte Futtereffizienz im letzten Jahrzehnt hat dazu geführt, dass die Nährstoffempfehlungen überarbeitet werden mussten, um das genetische Potenzial moderner Schweine auszuschöpfen. Die Ergebnisse der oben erwähnten Meta-Analyse dienten als Grundlage für die Entwicklung eines Tools zur Schätzung des biologischen SID-Lysin-Bedarfs für PIC®-Schweine in verschiedenen Gewichtsgruppen.

Die Lysin-Konzentration hat großen Einfluss auf die Futterkosten. Je nach wirtschaftlichem Szenario führt die biologische SID-Lysin-Konzentration für eine maximale Wachstumsrate möglicherweise nicht zu maximaler Rentabilität. PIC® hat ein Excel-basiertes Tool entwickelt, das Nutzern hilft, die Wirtschaftlichkeit der aktuell gefütterten SID-Lysin-Konzentrationen im Vergleich zum biologischen Lysin-Bedarf unter verschiedenen finanziellen Bedingungen zu bestimmen. Über diesen [LINK](#) gelangen Sie zur Webseite mit den Rechen- und Optimierungstools.



# Makromineralien



Makromineralien sind an vielen Prozessen beteiligt: Von Bildung des strukturellen Gerüsts von DNA und RNA bis hin zu Knochenentwicklung, Elektrolythaushalt und Wachstumsleistung. Die Feinabstimmung der Konzentration von Makromineralien in der Futterrezeptur ist der Schlüssel zu gut formulierten Rationen. Zu den Makromineralien, die in Schweinefutter meistens ergänzt werden, gehören Kalzium (Ca), Phosphor (P), Natrium und Chlorid.

- Phosphor wird in der Schweinefütterung häufig als verfügbarer Phosphor oder standardisierter, im gesamten Trakt verdaulicher Phosphor ausgedrückt.
- Die Phosphorempfehlungen wurden auf der Grundlage neuerer Forschung unter kommerziellen Bedingungen für die Phasen Ferkel- und Jungsauenaufzucht sowie Mast aktualisiert.
- Ca aus dem Futter kann als Analyse- (Immediatanalyse) oder als Gesamtwert beschrieben werden, der sich aus der Summe des analysierten Ca und des durch Phytase freigesetzten Ca zusammensetzt.
- Die Konzentration von P im Futter ist für eine maximale Knochenmineralisierung höher als für maximales Wachstum.
- Überschüssiges Ca wirkt sich negativ auf die P-Verwertung aus, insbesondere, wenn P limitierend ist; daher sollte das Verhältnis von Ca zu P beachtet werden.
- Die P-Konzentrationen, die das Wachstum von Mastschweinen maximieren, sind allerdings nicht unbedingt die kostengünstigsten. PIC® und die Kansas State University haben ein Tool entwickelt, das die Entscheidung erleichtert.
- Der Natriumbedarf ist bei Aufzuchtferkeln höher als in anderen Produktionsphasen.

## Kalzium und Phosphor

Kalzium (Ca) und Phosphor (P) sind für die Bildung von Muskelfleisch, die Entwicklung und den Erhalt des Skeletts sowie für viele Stoffwechselfunktionen unerlässlich.

Kalzium und Phosphor lassen sich auf viele Arten ausdrücken:

- **Analysiert:** Analysiertes Ca und P stehen jeweils für das gesamte Ca bzw. P in einem Futtermittel. Diesen Wert würde man mit einer Futtermittelanalyse erhalten.
- **Gesamt:** Gesamt-Ca ist die Summe des analysierten Ca und des durch Phytase freigesetzten Ca.
  - **Bioverfügbarkeit**
    - Verfügbarer P wird mit dem sogenannten Slope-Ratio-Assay geschätzt. Diese Methode schätzt die verdauliche und postabsorptive Verwertung der Mineralien im Gewebe im Vergleich zu einer anorganischen Standardquelle; sie ist jedoch teurer und setzt voraus, dass ein anorganischer Standard zu 100 % verfügbar ist.
  - **Verdaulichkeit**
    - **Scheinbare Gesamtverdaulichkeit (ATTD):** Dieser Wert schätzt die Verdaulichkeit von Ca und P im gesamten Verdauungstrakt auf der Grundlage der Differenz zwischen der aufgenommenen Menge und der über den Kot wieder ausgeschiedenen Menge ohne Korrektur für basale endogene Verluste.
    - **Standardisierte Gesamtverdaulichkeit (STTD):** Dieser Wert schätzt die Verdaulichkeit von Ca und P im gesamten Verdauungstrakt auf der Grundlage der Differenz zwischen der aufgenommenen Menge und der über den Kot wieder ausgeschiedenen Menge mit Korrektur für basale endogene Verluste.
    - **Wahre Gesamtverdaulichkeit (TTTD):** Dieser Wert schätzt die Verdaulichkeit von Ca und P im gesamten Verdauungstrakt auf der Grundlage der Differenz zwischen der aufgenommenen und ausgeschiedenen Menge mit Korrektur für basale wie auch spezifische endogene Verluste.

NRC (2012) gibt den P-Bedarf auf STTD-, ATTD- und Gesamtbasis an. Forscher und Ernährungswissenschaftler in aller Welt drücken P immer häufiger in Form von STTD P aus. Die Bestimmung der optimalen P-Konzentration auf STTD-Basis bleibt ein wichtiges Thema. Das NRC (2012) gibt die P-Bedarfsschätzungen auf STTD-Basis für Aufzuchtferkel auf der Grundlage eines mathematischen Regressionsmodells und für Mastschweine auf der Grundlage eines faktoriellen Ansatzes an. Zwei aktuelle Studien mit 1.080 bzw. 2.140 PIC®-Mastschweinen (Kreuzungstieren) haben ergeben, dass das NRC (2012) den STTD-P-Bedarf von 11 bis 23 kg schweren Schweinen auf g/Tag-Basis präzise schätzt (Vier et al., 2019a). Als Prozentsatz des Futters lag der STTD-P-Bedarf für Rationen ohne oder mit 1.000 FYT zugesetzter Phytase für eine Optimierung von Futtereffizienz und Wachstumsrate zwischen 0,34 und 0,42 %. Ein kürzlich durchgeführter Versuch mit 1.130 PIC®-Mastschweinen (Kreuzungstieren) ergab, dass die geschätzten STTD-P-Konzentrationen zur Maximierung des Wachstums und der Knochenmineralisierung bei Schweinen mit einem Gewicht von 24 bis 130 kg 122 % bzw. 131 % des geschätzten Bedarfs gemäß NRC (2012) betragen, wenn sie in Prozent der Ration für gemischtgeschlechtliche Schweine mit einem durchschnittlichen Proteinaufbau von 135 g/Tag ausgedrückt werden (Vier et al., 2019b). Die Menge an STTD P in g je kg Zuwachs in der Aufzucht- und Mastphase betragen 5,77 bzw. 7,50.

Nachstehend sind die Regressionsgleichungen aufgeführt, die zur Schätzung des PIC®-Verhältnisses zwischen STTD P und Energie auf der Grundlage von Geschlecht und Körpergewicht verwendet wurden:

**STTD P für gemischtgeschlechtliche Schweine (Jungsauen und Kastrate), g/MJ NE** =  $(0,000047 \times \text{Gewicht, kg}^2 - 0,014391 \times \text{Gewicht, kg} + 2,027515) / 4,184$ .

**STTD P für gemischtgeschlechtliche Schweine (Jungsauen und Kastrate), g/MJ ME** =  $(0,000031 \times \text{Gewicht, kg}^2 - 0,009664 \times \text{Gewicht, kg} + 1,476751) / 4,184$ .

**STTD P für Kastrate mit einem Gewicht von < 40 kg** = derselbe Wert für STTD P:MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine;

**STTD P für Kastrate mit einem Gewicht von > 40 kg** =  $g \text{ STTD P:MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine} - (-0,0000000031 \times \text{Gewicht, kg}^4 + 0,0000013234 \times \text{Gewicht, kg}^3 - 0,0002087068 \times \text{Gewicht, kg}^2 + 0,0142221655 \times \text{Gewicht, kg} - 0,3126825057) \times g \text{ STTD P:MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine}$

**STTD P für Jungsauen mit einem Gewicht von < 40 kg** = derselbe Wert für STTD P:MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine

**STTD P für Jungsauen mit einem Gewicht von > 40 kg** =  $g \text{ STTD P:MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine} + (-0,0000000031 \times \text{Gewicht, kg}^4 + 0,0000013234 \times \text{Gewicht, kg}^3 - 0,0002087068 \times \text{Gewicht, kg}^2 + 0,0142221655 \times \text{Gewicht, kg} - 0,3126825057) \times g \text{ STTD P:MJ für gemischtgeschlechtliche Schweine}$

**STTD P für Eber mit einem Gewicht von < 30 kg** = derselbe Wert für STTD P:MJ für Jungsauen.

**STTD P für Eber mit einem Gewicht von > 30 kg** =  $g \text{ STTD P:MJ für Jungsauen} + (-0,0000000019 \times \text{Gewicht, kg}^4 + 0,0000007208 \times \text{Gewicht, kg}^3 - 0,0000963713 \times \text{Gewicht, kg}^2 + 0,0050363106 \times \text{Gewicht, kg} - 0,0486016916) \times g \text{ STTD P:MJ für Jungsauen}$

**STTD P für Jungsauen in der Aufzucht** =  $1,08 \times \text{STTD P:MJ für Jungsauen}$

Die P-Anforderungen auf verfügbarer und STTD-Basis finden Sie in den PIC®-Nährstoffspezifikationstabellen. Die Empfehlungen für verfügbaren P werden auf 86 % der STTD-P-Empfehlungen für Mais-Sojaschrot-Rationen geschätzt, wobei der STTD-P-Koeffizient und die P-Bioverfügbarkeit aus der NRC-Datenbank (1998 und 2012) verwendet werden.

Nachdem die minimalen P-Konzentrationen im Futter festgelegt sind, werden die Ca-Konzentrationen als Verhältnis zu P definiert. Mehrere Studien haben gezeigt, dass ein breites Ca/P-Verhältnis für die Wachstumsleistung von Schweinen nachteilig ist, was umso deutlicher wird, wenn P nicht ausreichend oder marginal verfügbar ist (Gonzalez-Vega et al., 2016a,b; Merriman et al., 2017; Wu et al., 2018). Das optimale Verhältnis von Ca und P kann jedoch durch Futterbestandteile wie Phytase, beeinflusst werden. Vier et al. (2019c) berichteten, dass ein Verhältnis von 1,38:1 von analysiertem Ca zu analysiertem P die LTZ bei 26 bis 127 kg schweren PIC®-Schweinen maximierte, deren Futter mehr P enthielt als vom NRC (2012) empfohlen und dem keine Phytase zugesetzt war. Das optimale Verhältnis von analysiertem Ca zu analysiertem P stieg auf 1,63:1, wenn dem Futter Phytase in einer Menge von 1000 FYT/kg zugesetzt wurde.

Neuere Arbeiten konzentrieren sich auf die Bestimmung der verdaulichen Ca-Konzentrationen verschiedener Futterinhaltsstoffe, die in Zukunft bei der Futterrezeptur verwendet werden können (Stein et al., 2016). Ein kürzlich durchgeführter Versuch ergab, dass das Verhältnis von Ca zu P, ausgedrückt auf der Basis von STTD Ca zu STTD P, für Rationen mit oder ohne Phytase einheitlicher war, als das Verhältnis auf der Basis von analysiertem Ca zu analysiertem P (Vier et al., 2019c).

Dieses Handbuch konzentriert sich auf analysiertes Ca. Einige Inhaltsstoffe und Futtermittelzusatzstoffe können Ca-Quellen als Trägerstoff enthalten. Das in diesen Quellen enthaltene Ca wird bei der Futterrezeptur oft nicht berücksichtigt und kann erheblichen Einfluss auf das Ca/P-Verhältnis haben; daher können die tatsächlich analysierten Ca-Werte von den formulierten Werten abweichen.

## Biologische und wirtschaftliche Modelle für die optimale Phosphorkonzentration

P im Futter kann die Wachstumsleistung von Schweinen stark beeinflussen. Phosphor gilt als der drittteuerste Nährstoff in der Schweinefütterung und hat durch seine Ausscheidung Auswirkungen auf die Umwelt. Eine Praxisstudie hat gezeigt, dass der STTD-P-Bedarf moderner Genotypen als prozentualer Anteil am Futter für Mastschweine mit einem durchschnittlichen Proteinaufbau von 135 g/Tag über den NRC-Schätzungen liegt. Für Schweine mit einem höheren mittleren Proteinaufbau von 155 g/Tag ist der Bedarf noch mit den NRC-Werten vergleichbar (Vier et al., 2019b). Eine STTD-P-Konzentration, die maximales Wachstum fördert, führt jedoch nicht unbedingt zu maximalem wirtschaftlichen Ertrag.

Die Kansas State University und PIC® haben ein Excel-basiertes Tool entwickelt, um die aktuellen STTD-P-Konzentrationen mit den Konzentrationen zu vergleichen, die für eine maximale Wachstumsleistung erforderlich sind. Dabei werden gleichzeitig die finanziellen Aufwendungen und Auswirkungen berücksichtigt. Über diesen [LINK](#) gelangen Sie zur Webseite mit den Rechen- und Optimierungstools.

## Natrium- und Chloridbedarf

Natrium (Na) und Chlorid (Cl) sind wichtig für die Aufrechterhaltung der Wasser- und Elektrolythomöostase, die pH-Regulierung und die Nährstoffaufnahme. Der Bedarf an Na und Cl ist bei Aufzuchtferkeln höher und bei Mastschweinen, tragenden und laktierenden Sauen deutlich geringer (NRC, 2012; Shawk et al., 2018; Shawk et al., 2019). Die häufigste Quelle dieser Ionen ist zugesetztes Salz (NaCl). Speisesalz enthält etwa 39,5 % Na und 59 % Cl. Beachten Sie, dass Steinsalz, das oft eine graue Farbe hat, eher niedrigere Na- und Cl-Konzentrationen aufweist. Ein Na- oder Cl-Mangel kann die Futtermittelaufnahme und die durchschnittliche Lebensstageszunahme verringern und die Futtereffizienz verschlechtern. Salzangel kann zu Schwanzbeißen führen (Fraser et al., 1987). Schweine vertragen hohe Salzkonzentrationen, sofern sie ausreichend Zugang zu Trinkwasser haben. Eine unzureichende Wasserversorgung in Verbindung mit hohen Salzkonzentrationen kann zu „Salzvergiftungen“ führen. Schließlich müssen die Na-Konzentrationen in Futterinhaltsstoffen überwacht werden, damit in der Rezeptur die erwarteten Konzentrationen erreicht werden.

# Spurenelemente und Vitamine



Dieses Kapitel behandelt den Zusatz von Mineralstoffen und Vitaminen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf optimaler Leistung. Ausreichende Mengen an Spurenelementen und Vitaminen in der Ernährung sind aufgrund ihrer unterschiedlichen Aufgaben bei der Regulierung von Funktionen wichtig. Diese Aufgaben reichen von der Erhaltung der Klauenstruktur bis zur Maximierung der Reproduktionsleistung.

- Die Vitaminempfehlungen wurden auf der Grundlage von zwei kürzlich unter Praxisbedingungen durchgeführten Studien aktualisiert.
- Die Empfehlungen für Spurenelemente wurden im Hinblick auf eine einfachere Umsetzung angepasst.
- Die Fütterung von zu vielen Mineralstoffen oder Vitaminen kann zu Toxizität und erhöhten Futterkosten führen, während unzureichende Konzentrationen zu Mangelerscheinungen und Leistungseinbußen führen können (NRC, 2012; Dritz et al., 2019).

## Spurenelemente

Zu den Spurenelementen, die in der Schweinefütterung häufig ergänzt werden, gehören Zink, Mangan, Eisen, Kupfer, Jod und Selen. Diese spezifischen Spurenelemente sind in anorganischer und organischer Form erhältlich (anorganische Formen: Sulfate, Oxide, Chloride usw., organische Formen: Chelate, Proteinate usw.). Die anorganischen Formen werden am häufigsten verwendet, um den Bedarf von Schweinen zu decken.

Über die für den biologischen Bedarf erforderlichen Konzentrationen hinaus werden pharmakologische Konzentrationen von anorganischem Zink (Zinkoxid) bei Aufzuchtferkeln eingesetzt, um die Darmgesundheit und das Wachstum zu fördern. Hohe Kupferkonzentrationen (Kupfersulfat und dreibasisches Kupferchlorid) werden in der Aufzucht- und Mastfütterung zur Leistungssteigerung eingesetzt. Aktuelle Studien haben gezeigt, dass Ferkel von Sauen, die über mehrere Trächtigkeiten hinweg mit hohem Kupfergehalt (220 gegenüber 20 ppm) gefüttert wurden, besser an Gewicht zunahmen. Eine nachfolgende Aufzuchtstudie mit den Nachkommen zeigte, dass die wachstumsfördernde Wirkung von Kupfer vom Kupferstatus des gesamten Körpers abhängen könnte (Lu und Lindemann, 2017; Lu et al., 2018). Ein Futterzusatz von Chromtrypicolinat verbesserte die Wurfgröße mit lebend geborenen Ferkeln in Langzeit-Reproduktionsstudien mit Sauen über mindestens zwei Trächtigkeiten, wobei das Ausmaß der Reaktion vom Zeitpunkt und der Dosis des Chromzusatzes abhängig war (Lindemann und Lu, 2019). Der Zusatz von Spurenelementen in Tierfutter ist in einigen Ländern aufgrund von Umweltbedenken streng geregelt (Underwood und Suttle, 1999). Vergewissern Sie sich, dass der Zusatz von Spurenelementen den Vorschriften vor Ort entspricht.

Im Vergleich zu anorganischen Quellen sind organische Spurenelemente in Umgebungen mit niedrigem pH-Wert stabiler, da sie organische Liganden bilden. Sie weisen vermutlich weniger Antagonismen auf und können im Dünndarm besser aufgenommen werden (Leeson und Summers, 2001). Die bessere Verdaulichkeit und Bioverfügbarkeit von organischen Spurenelementen ermöglicht es Erzeugern, mit geringeren Zugabequoten ähnliche oder bessere Leistungen zu erzielen (Richards et al., 2010; Liu et al., 2014). Einige Studien haben gezeigt, dass organische Spurenelemente eventuell die Immunreaktion stärken, oxidativen Stress lindern, die Knochenentwicklung und -festigkeit verbessern und die Reproduktionsleistung von Sauen steigern können (Peters und Mahan, 2008; Richards et al., 2010; She et al., 2017; Liao et al., 2018). Diese Reaktionen waren jedoch uneinheitlich, da die Mehrheit der Schweine in Nordamerika mit anorganischen Spurenelementen gefüttert wird (Flohr et al., 2016). Eine Ausnahme ist organisches Selen, das vor allem in der Sauen- und Eberfütterung eine breitere Akzeptanz findet.



## Vitamine

Vitamine spielen (als Coenzyme) für verschiedene Stoffwechselforgänge des normalen Wachstums und der Reproduktion eine entscheidende Rolle. Die richtige Konzentration von Vitaminzusätzen ist zur Leistungsoptimierung und zur Vermeidung unnötiger Kosten wichtig. Vitamine werden handelsüblichen Rationen häufig in Konzentrationen zugesetzt, die über den vom NRC (2012) geschätzten Bedarf hinausgehen. In einer Untersuchung wurden die aktuellen Empfehlungen für den Vitaminzusatz in der US-amerikanischen Schweineindustrie mit den NRC-Bedarfsschätzungen verglichen (Flohr et al., 2016). Die Ergebnisse zeigten, dass fettlösliche Vitamine im Aufzuchtfutter in 4,0- bis 11,6-facher und im Mastfutter in 1,8- bis 6,7-facher Konzentration zugesetzt wurden. Andere Vitamine wurden im Aufzuchtfutter in der 0,4- bis 7,1-fachen Menge und im Mastfutter in der 0,7- bis 3,8-fachen Menge zugesetzt. In einer kürzlich durchgeführten Studie wurden die Vitaminkonzentrationen bewertet, die in einem kommerziellen Mastprogramm mit 1.200 PIC®-Schweinen (PIC® 337 × Camborough®; Thompson et al., 2020) zugesetzt wurden.

Die Behandlungen bestanden aus zugesetzten Vitaminen aus der Vormischung ohne Berücksichtigung der Vitamine in den Inhaltsstoffen (Tabelle E1):

1. NRC 2012: Die zugesetzten Vitaminkonzentrationen entsprachen den NRC-Empfehlungen (2012).
2. PIC® 2016: Die zugesetzten Vitaminkonzentrationen entsprachen den PIC®-Empfehlungen (2016).
3. Unter PIC® 2016: Die zugesetzten Vitaminkonzentrationen lagen unterhalb der PIC®-Empfehlungen (2016).

**Tabelle E1. Zugesetzte Vitaminkonzentrationen (je kg Alleinfuttermittel) für Schweine von 5 bis 130 kg für die drei Behandlungsgruppen (Thompson et al., 2020).**

Behandlung	NRC 2012		PIC® 2016			Unter PIC® 2016		
	5-25	25-130	5-25	25-80	80-130	5-25	25-80	80-130
Körpergewichtsbereich, kg								
Vitamin A, IU	2.200	1.300	11.025	6.615	5.510	4.200	2.800	2.800
Vitamin D3, IU	220	150	1.765	1.215	1.015	1.600	800	640
Vitamin E, IU	16	11	85	33	28	16	11	11
Vitamin K, mg	0,5	0,5	5,5	3,3	2,8	3,0	1,5	1,2
Thiamin, mg	1,0	1,0	3,5	---	---	---	---	---
Riboflavin, mg	3,5	2,0	13,0	5,7	4,9	8,0	4,0	3,0
Pyridoxin, mg	7,0	1,0	3,5	---	---	---	---	---
Vitamin B12, µg	17,5	5,0	55,0	26,0	22,0	39,0	19,0	15,0
Niacin, mg	30	30	70	40	31	50	25	20
D-Pantothersäure, mg	10	7	40	20	17	28	14	11
Folsäure, mg	0,30	0,30	1,05	---	---	---	---	---
Biotin, mg	0,050	0,050	0,275	---	---	---	---	---

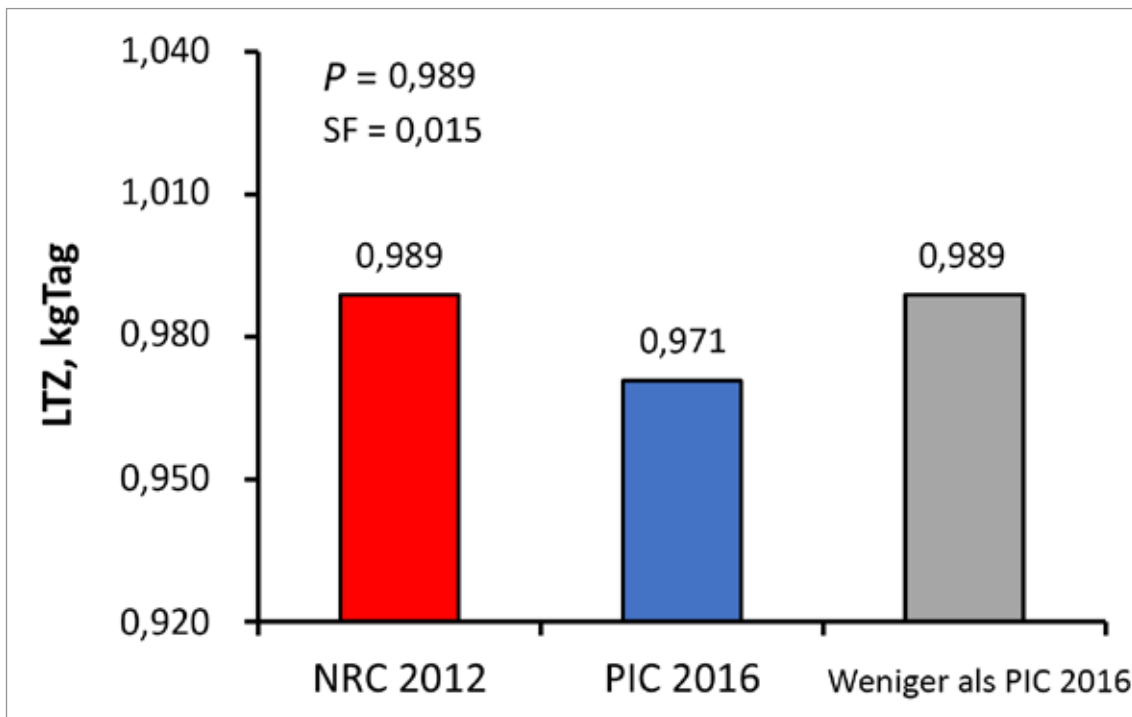
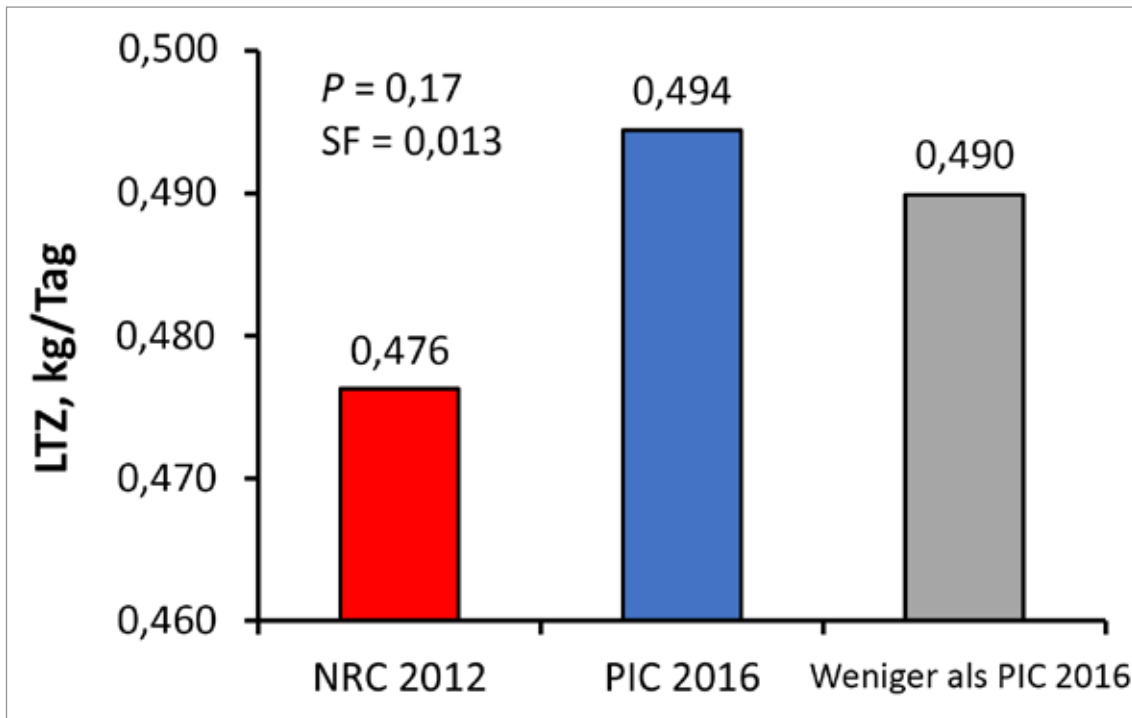


Abb. E1. Auswirkungen verschiedener zugesetzter Vitaminkonzentrationen auf die Wachstumsleistung von Aufzuchtferkeln (oben) und in der Mast (unten) (Thompson et al., 2020)

In der Aufzucht- und Mastphase (5 bis 128 kg) gab es zwischen den Behandlungsgruppen keine Anzeichen für Unterschiede bei Wachstumsrate, Futtermittelaufnahme und Futtermittelfeffizienz (Abb. E1). Tuffo et al. (2019) berichteten über ähnliche Ergebnisse und fanden keine Hinweise auf Unterschiede in der Gesamtwachstumsleistung von Mastschweinen (16 bis 125 kg), die Futter mit niedrigem oder hohem Vitamingehalt erhielten. Darüber hinaus waren die zugesetzten Vitaminkonzentrationen in Tuffos vitaminarmen Rezepturen denen in den Rezepturen „Unter PIC® 2016“ ähnlich. PIC® hat daher die empfohlenen Konzentrationen von Vitaminzusätzen auf der Grundlage dieser beiden neuen Studien reduziert und die Empfehlungen für Spurenelemente im Hinblick auf eine einfachere Umsetzung angepasst. Obwohl kein Unterschied zu den NRC-Konzentrationen festgestellt werden konnte, empfehlen wir die Verwendung einer Sicherheitsmarge, um Verluste unter verschiedensten Bedingungen zu berücksichtigen.

## Ausgewachsene Eber



Fütterungsprogramme für Eber zielen darauf ab, ein angemessenes Wachstum zu fördern, die Reproduktionsleistung zu maximieren, die Gesundheit zu erhalten und die Lebensdauer zu verlängern.

- Die Fütterungsrichtlinien basieren auf dem Körpergewicht, wobei Anpassungen an die Kondition und die Umgebung vorgenommen werden.
- Das PIC<sup>®</sup>-Tool Optimum Boar Feeding für optimale Eberfütterung berechnet die empfohlenen Nährstoffmengen für Eber in Quarantäne und Produktion.
- Das Fütterungsmanagement ist für den Erfolg eines Eberfütterungsprogramms wichtig.

## Eberfütterung

Eber sind nicht nur eine Basis für Zuchtfortschritt, sondern beeinflussen auch die Abferkelrate und die Wurfgröße. Sie machen nur einen kleinen Teil der Bestände aus, und es gibt nur wenige Forschungsarbeiten, die spezifische Empfehlungen für den Nährstoffgehalt von Eberfutter geben. Eberfutter macht nur einen geringen Prozentsatz des gesamten Futtermittelbedarfs in einem Produktionssystem aus. Über den genauen Nährstoffbedarf von Ebern ist wenig bekannt. So werden viele Vitamine und Spurenelemente mit großen Sicherheitsmargen angegeben. Seien Sie vorsichtig, denn ein Übermaß kann die Leistung beeinträchtigen. Die Nährstoffempfehlungen für Eber sind in den Nährstoff-Spezifikationstabellen aufgeführt. Diese Empfehlungen werden von den PIC®-Zuchtbetrieben verwendet und als Referenz angegeben.

Der Einfluss des Ernährungszustands eines Ebers auf die Reproduktionsleistung wird anhand der Libido, der Spermienproduktion sowie der Lebensfähigkeit und Befruchtungsfähigkeit der Spermien (Spermaqualität) gemessen. Die empfohlene Energie- und Aminosäureausstattung basiert auf begrenzten Forschungsergebnissen. Die Auswirkungen von Energie- und Aminosäureausstattung im Futter auf die Reproduktionsleistung von Ebern wurden von Stevermer (1961), Kemp et al. (1989), Close und Roberts (1993), Louis et al. (1994a,b) gemessen.

## Fütterung während der Quarantäne

Vor der Spermagewinnung werden die Eber etwa 30 bis 35 Tage lang in einen Quarantänestall verbracht und dort in der Regel in Einzelboxen oder -buchten gehalten. Schätzen Sie die Futtermenge anhand des Energiebedarfs für Erhaltung und Zuwachs (ARC, 1981; Close und Roberts, 1993). Tabelle F1 zeigt die Futtermenge für Eber während der Quarantäne. Diese wurden mithilfe des PIC®-Tools Optimum Boar Feeding geschätzt (bitte [hier klicken](#)). In den ersten Tagen in der Quarantäne ist die Futtermenge aufgrund des Transportstresses geringer. Füttern Sie in den ersten Tagen nach der Einstallung nicht mehr als 2,3 kg, und erhöhen Sie dann bis zum Ende der Quarantäne allmählich auf die gewünschte Futtermenge.

## Fütterung in der Produktion

Die Futtermenge bei ausgewachsenen Ebern hängt sowohl vom Körpergewicht als auch von der Körperkondition ab. Erhaltungsbedarf, Zuwachs, Spermagewinnung und -produktion bestimmen den Energiebedarf des Ebers, der wiederum die benötigte Futtermenge bestimmt (ARC, 1981; Close und Roberts, 1993; Kemp et al., 1990). Tabelle F1 zeigt eine empfohlene Grundfütterung für Eber auf der Grundlage von Körpergewicht und in Abhängigkeit von der Jahreszeit. Passen Sie die in Tabelle F1 angegebenen Werte an, um den gewünschten Body-Condition-Score zu erreichen (Levis, 1997). Füttern Sie dünnen Ebern ein halbes Kilogramm mehr als die angegebene Menge und fetten Ebern ein viertel Kilogramm weniger als in Tabelle F1 angegeben. Die thermoneutrale Temperatur eines ausgewachsenen Ebers liegt bei 17 °C (Stähr et al., 2009). Passen Sie für Eber, die unter der thermoneutralen Temperatur gehalten werden, das Futter entsprechend an. Weitere Informationen über das Body Condition Scoring finden Sie in den PIC®-Richtlinien für das Management von Zuchtebern ([LINK zur Webseite](#)).

Tabelle F1. Futterzufuhr für Eber in Quarantäne und Produktion<sup>a</sup>

Körpergewicht, kg	Warme Jahreszeit			Kalte Jahreszeit		
	ME, MJ/Tag <sup>b</sup>	NE, MJ/Tag <sup>c</sup>	Futtermenge, kg/Tag	ME, MJ/Tag <sup>b</sup>	NE, MJ/Tag <sup>c</sup>	Futtermenge, kg/Tag
Quarantäne <sup>d</sup>	34,6	25,9	2,6	35,9	26,9	2,7
180	33,3	24,9	2,5	34,6	25,9	2,6
212	33,3	24,9	2,5	35,9	26,9	2,7
244	34,6	25,9	2,6	35,9	26,9	2,7
276	35,9	26,9	2,7	37,2	27,9	2,8
308	37,2	27,9	2,8	39,9	29,9	3,0
340	39,9	29,9	3,0	42,6	31,9	3,2

<sup>a</sup>Unter der Annahme, dass die Umgebungstemperatur in der warmen Jahreszeit 17 °C und mehr und in der kalten Jahreszeit 15 °C beträgt. Basierend auf einer Energiedichte im Futter von 13,3 MJ ME/kg.

ME = umsetzbare Energie; NE = Nettoenergie.

<sup>b</sup>Der tägliche ME-Bedarf wird anhand der folgenden Modelle geschätzt:

ME zur Erhaltung =  $(0,0438 \times (\text{Körpergewicht, kg})^{0,665})$ , MJ/Tag

ME für Wachstum =  $(1,168 \times (\text{Zunahmen pro Tag, kg}))$ , MJ/Tag

ME für die Spermienproduktion = 0,42 MJ/Tag

ME für jedes Grad unter 17 °C bei einzeln gehaltenen Ebern auf Spaltenböden =  $(0,0009 \times (\text{Körpergewicht, kg})^{0,75})$  MJ/Grad/Tag

ME für Paarungsaktivität =  $(0,001 \times (\text{Körpergewicht, kg})^{0,75})$  MJ/Tag

<sup>c</sup>Für ein angenommenes NE-ME-Verhältnis von 0,75.

<sup>d</sup>Der ME-Bedarf während der Quarantäne berücksichtigt nur ME für Erhaltung und Wachstum.

Die Reproduktionsleistung von Ebern kann leiden, wenn sie Futter fressen, das mit Mykotoxinen kontaminiert ist. Das Ejakulatvolumen und die Spermienbeweglichkeit waren bei Ebern, die älter als 10 Monate waren und Futter erhielten, das mit 0,57 ppm Zearalenon kontaminiert war, im Vergleich zu Ebern, die mykotoxinfreies Futter erhielten, reduziert (Sutkevičienė et al., 2009). Darüber hinaus ist die Libido von jungen und ausgewachsenen Ebern aufgrund eines geringeren Testosteronspiegels reduziert, wenn sie mit Zearalenon kontaminiertes Futter erhalten (Berger et al., 1981; Ruhr et al., 1983).

Für die Proteinzufuhr wurde kein Einfluss auf die Spermienqualität nachgewiesen. Eine niedrige Proteinzufuhr kann zu einer Verringerung der Libido und des Spermavolumens führen, wie Louis et al. (1994a, b) zeigen konnten. Nach Kemp et al. (1988) wirkte sich eine Erhöhung des Proteingehalts im Futter über den Gehalt, der an trächtige Sauen verfüttert wird (14,5 % XP mit 0,68 % Lysin), nicht positiv auf die Spermienproduktion aus. Im Allgemeinen scheint die Fütterung von 0,62 % SID Lysin auszureichen, um die Reproduktionsleistung von ausgewachsenen Ebern zu unterstützen. Bei jüngeren Ebern (< 11 Monate) kann ein höherer Lysin-Gehalt die Reproduktionsleistung verbessern. Die empfohlene Zinkkonzentration im Futter liegt zwischen 100 und 150 ppm. Der Zusatz einer organischen Form von Zink über die empfohlenen Mengen hinaus verbesserte weder die Spermienzahl noch die Spermienqualität (Althouse et al., 2000). Obwohl keine experimentellen Daten vorliegen, wird Biotin häufig in einer Menge von 200-300 mg/Tonne zugesetzt (Tokach und Goodband, 2007). Es gibt einige Hinweise darauf, dass 0,3 ppm organisches Selen dazu beitragen können, die Spermienmotilität nach aufeinanderfolgenden Entnahmen aufrechtzuerhalten, die negativen Auswirkungen der Lagerung auf die Spermienmotilität zu verringern und die In-vitro-Fertilisationsraten zu verbessern (Speight et al., 2012).

Die Auswirkungen einer Überdosierung von Phytase sind unklar. In einer Studie von Stewart et al. (2016) berichteten die Autoren, dass eine Überdosierung von Phytase (2000 FTU/kg Futter; Quantum® Blue) zu einem Anstieg der je Eber und Jahr produzierten Spermadosen um 11 % führte. In einem anderen Versuch mit Phytase in Überdosierung (500, 2000 und 3000 FTU/kg Futter; Quantum® Blue) ergaben sich jedoch keine Hinweise auf Unterschiede in der Gesamtspermienzahl und den produzierten Spermadosen (Moreira et al., 2016). Weitere Untersuchungen sind hier erforderlich.

Omega-3-Fettsäuren, darunter Linolensäure, Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure, scheinen sich positiv auf die Spermaqualität von Ebern auszuwirken. Ausreichende Mengen an Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure können aus Linolensäure verstoffwechselt werden. Die Gesamtzahl der Spermien je Ejakulat erhöhte sich bei Ebern, die 16 Wochen lang mit 0,29 kg/Tag eines Ergänzungsfuttermittels mit 31 % Omega-3-Fettsäuren gefüttert wurden, um 11 % (Estienne et al., 2008). In einer kürzlich durchgeführten Studie wurde bei Ebern, die während der Sommermonate mit 16,3 g eines Produkts mit 96 % Betain gefüttert wurden, ein geringfügig signifikanter Anstieg der Gesamtspermienproduktion um 6 % festgestellt (Cabezón et al., 2016). Eine weitere aktuelle Studie legt nahe, dass eine Supplementierung von 0,8 bis 1,0 % L-Arginin die Spermaqualität und die Libido in heißen Sommermonaten verbessert (Chen et al., 2018).

Darüber hinaus wiesen Eber, deren Futter 500 mg (Baumgartner, 1998) bzw. 230 mg (Wähner et al., 2004) L-Carnitin zugesetzt wurden, ein höheres Spermavolumen und eine höhere Spermienkonzentration auf. Die Daten von Kozink et al. (2004) stützen diese Effekte bei jungen Ebern nicht. Jacyno et al. (2007) ergänzten 500 mg L-Carnitin pro Tag und beobachteten Verbesserungen der Spermaqualität in Bezug auf Ejakulatvolumen, Konzentration, morphologische Anomalien der Spermien und Aspartataminotransferase-Aktivität. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um diese Ergebnisse zu bestätigen.

### Optimale Futtermenge für PIC®-Eber

Eber geben nicht nur den Zuchtfortschritt weiter, sie beeinflussen auch Abferkelrate und Wurfgröße. Die Fütterung von Ebern entsprechend ihrer Körperkondition ist für optimale Leistung und Langlebigkeit entscheidend. Das PIC®-Tool Optimum Boar Feeding schätzt die optimale Futterzufuhr für Eber in Quarantäne und Produktion, wobei der Energiegehalt des Futters, das Gewicht der Eber, ihr Wachstum, die Entnahmeintensität und die Umgebungstemperatur berücksichtigt werden. Das Tool unterstützt Produktionsleiter und Tierernährer darin, ein maßgeschneidertes Eberfütterungsprogramm zu erstellen, das der Produktionsrealität entspricht. [Hier klicken](#), um das Tool auf einem Computer, Smartphone oder Tablet aufzurufen.

# Jungsauen in der Aufzucht



In der Jungsauenaufzucht wird bereits der Grundstein für die spätere maximale Lebensleistung gelegt. Deshalb muss die Fütterung während der Aufzuchtphase eine angemessene Wachstumsrate, ausreichende Mineralstoffspeicher- und Knochenentwicklung, die Reifung des Fortpflanzungstrakts sowie eine gesunde Klauen- und Fundamentstruktur zum Ziel haben.

- Kriterien für die Zuchtreife von Jungsauen sind:
  - Alter bei Eintritt der Pubertät: weniger als 195 Tage
  - Alter: 200 bis 225 Tage
  - Körpergewicht: 135 bis 160 kg
  - Rausche: 2. Rausche (3. nur wenn <135 kg)
  - Durchschnittliche Lebensstageszunahme von 600 bis 800 g/Tag mit erhöhter Mineralisierung und reproduktionsspezifischer Vitaminanreicherung
- Unterschiede zwischen Rezepturen für Jungsauen in der Aufzucht und Jungsauen für die Mast
- Diese Zielvorgaben für Jungsauen sind wichtig, um über die gesamte Lebensdauer die Produktivität zu verbessern und die Gesamtfutterkosten zu senken.

## Ziele für die Aufzucht von Jungsauen

Die Aufzucht und das Management von Jungsauen beginnen in den frühen Lebensphasen und enden, wenn die Jungsau ihre erste Laktation abgeschlossen hat (Boyd et al., 2002). Für eine erfolgreiche Jungsauenaufzucht sind mehrere Faktoren relevant. Das Alter bei Eintritt der Pubertät, das Alter, das Gewicht und die Anzahl der Rauschen vor der ersten Belegung sind Schlüsselemente für den langfristigen Erfolg des Jungsauenpools und der Sauenherde (Tabelle G1).

Jungsauen sollten im Alter von weniger als 195 Tagen in die Pubertät kommen. Die ideale Altersspanne für die Belegung liegt zwischen 200 und 225 Tagen, bei einem Körpergewicht von 135 bis 160 kg und in der 2. Rausche (3. Rausche nur dann, wenn die Jungsau leicht ist). Jungsauen unter 135 kg sind zu leicht und sollten nicht belegt werden, da sie zu verminderter Fruchtbarkeit neigen. Vermeiden Sie es, Jungsauen mit einem Gewicht von über 160 kg zu belegen, da dies mit höherem Erhaltungsbedarf (Futterkosten), größerem Gewichtsverlust während der Laktation, einem höheren Risiko von Problemen mit dem Bewegungsapparat und einer größeren Wahrscheinlichkeit eines frühzeitigen Ausfalls verbunden ist. Um sowohl die Alters- als auch die Gewichtsziele für Jungsauen bei der ersten Belegung zu erreichen, sollte die durchschnittliche Lebensstageszunahme von der Geburt bis zur ersten Belegung zwischen 600 und 800 g/Tag liegen. Detaillierte Informationen finden Sie in den PIC®-Managementempfehlungen für Jungsauen und Sauen ([LINK zur Webseite \(Englisch\)](#)).

Tabelle G1. Ziele für Jungsauen bei der ersten Belegung

Merkmal	Ziel
<b>Rausche bei der ersten Belegung</b>	
Minimum	2
<b>Körpergewicht</b>	
Zu leicht, nicht belegen	< 135 kg
Für die Belegung geeignet	135-160 kg
Zu schwer	> 160 kg
<b>LTZ von der Geburt bis zur ersten Belegung, g/Tag</b>	
Minimum	600
Maximum	800
<b>Alter bei der ersten Belegung, Tage</b>	
Minimum	200
Maximum	225
<b>Alter bei Eintritt der Pubertät, Tage</b>	
Jünger als	195

## Fütterungsempfehlungen für Jungsauen

Um die Ziele für Jungsauen bei der ersten Belegung zu erreichen, empfiehlt PIC® eine *Ad-libitum-Fütterung* von der Geburt bis zur ersten Belegung. Das Lysin-Energie-Verhältnis für Jungsauen in der Aufzucht wurde von den PIC®-Empfehlungen für Jungsauen für die Mast übernommen. Die Wachstumsrate kann anhand des Energiegehalts im Futter gesteuert werden. Maximale Knochenmineralisierung ist bei der Aufzucht von Jungsauen eines der wichtigsten Ziele. Geben Sie Jungsauen Futter mit höherem Ca- und P-Gehalt als Mastschweinen (Whitney und Masker, 2010). Auf der Grundlage eines kürzlich durchgeführten Versuchs mit PIC®-Mastschweinen (Vier et al., 2019b) liegen die empfohlenen Phosphorkonzentrationen für Jungsauen in der Aufzucht etwa 8 % über den kommerziellen Empfehlungen für Jungsauen, um die Knochenmineralisierung zu maximieren.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen Rationen für Jungsauen in der Aufzucht und Jungsauen für die Mast lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Höhere Ca- und P-Werte
2. Erhöhter Gehalt an Vitaminen und Spurenelementen
3. Zusatz von Vitaminen, die speziell für die Fortpflanzung benötigt werden (Pyridoxin, Folsäure, Biotin)

Ausführlichere Nährstoffspezifikationen für Jungsauen in der Aufzucht sind in Abschnitt N zu finden: PIC®-Nährstoffspezifikationen für Jungsauen in der Aufzucht.



Produzenten ohne die Möglichkeit spezielle Rezepturen für die Jungsauenaufzucht zu füttern, können vorhandene Futtermittel nutzen, um die Zahl der verschiedenen Futtersorten zu reduzieren. Tabelle G2 zeigt Beispiele für Fütterungsprogramme für Jungsauen in der Aufzucht.

**Tabelle G2. Beispiele für Fütterungsprogramme für Jungsauen in der Aufzucht**

Körpergewicht von Jungsauen in der Aufzucht, kg		
23 bis 60	60 bis 90	90 bis zur Belegung
Spezielles JSA-Futter oder Vormastfutter oder Laktationsfutter	Spezielles JSA-Futter: Innerhalb dieser Gewichtsspanne können eine oder mehrere Rezepturen verwendet werden.	Spezielles JSA-Futter oder das in vielen Betrieben häufig eingesetzte Futter für tragende Sauen

JSA = Jungsauenaufzucht

Weitere Informationen über das Management von Jungsauen in der Aufzucht finden Sie in den PIC®-Managementempfehlungen für Jungsauen und Sauen ([LINK zur Webseite \(Englisch\)](#)).

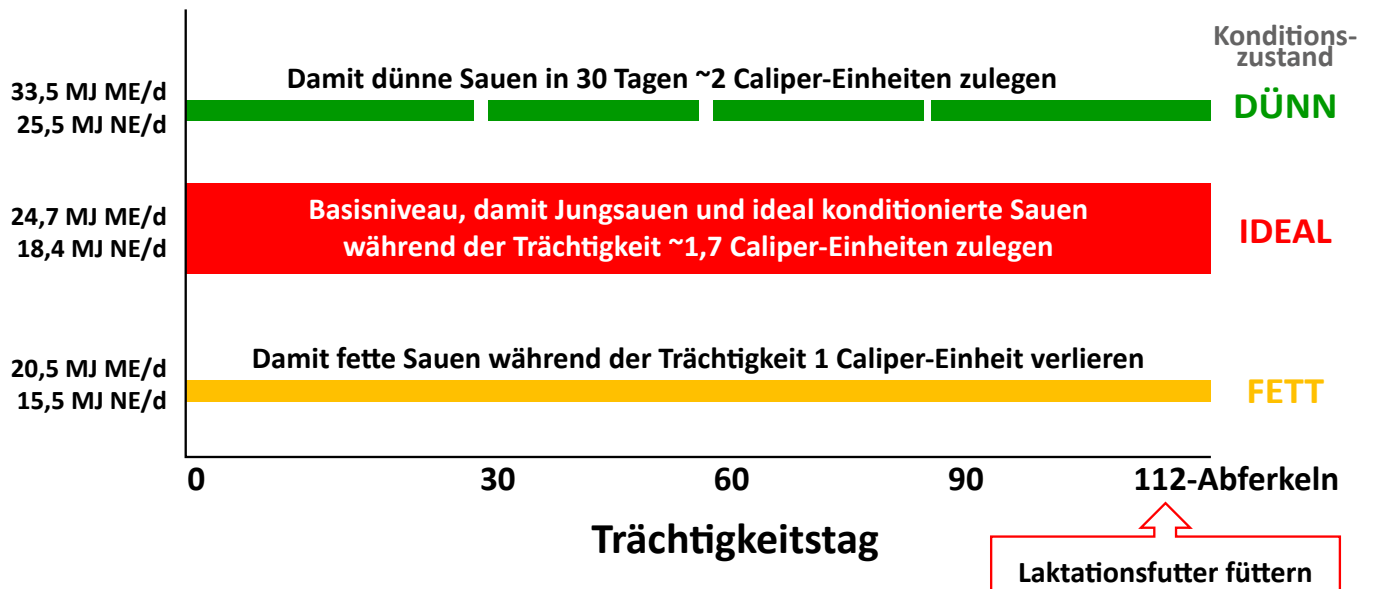


# Tragende Jungsauen und Sauen



Ziel der Fütterung während der Trächtigkeit ist das Management der Körperkondition und eine angemessene Nährstoffversorgung für die Erhaltung des Muttertiers sowie das Wachstum und die Entwicklung der Plazenta, des Eutergewebes, der Gebärmutter und des Fötus sicherzustellen.

- Management der Körperkondition:
  - Die benötigte Futtermenge während der Trächtigkeit wird von der Körperkondition bestimmt.
  - Verwenden Sie den Caliper, um den Anteil Sauen in idealer Körperkondition beim Abferkeln zu bestimmen und zu maximieren.
- Frühträchtigkeit:
  - Füttern Sie nicht unter dem Erhaltungsbedarf und nicht mehr als das Zweifache des Erhaltungsbedarfs bzw. nicht mehr als 41,8 MJ ME.
  - Überprüfen Sie die individuelle Futteraufnahme, vor allem bei Jungsauen und Sauen in der 2. Trächtigkeit, in den ersten Tagen nach der Umstallung in die Gruppenhaltung und Fütterung über elektronische Sauenfütterungssysteme.
  - Wird unmittelbar nach dem Umstallung in die Gruppenhaltung aggressives Verhalten beobachtet, kann eine erhöhte Futtermenge je Sau oder Jungsau auf maximal 3 kg/Tag für höchstens fünf Tage in Betracht gezogen werden.
- Hochträchtigkeit:
  - Messen Sie mit dem Caliper und füttern Sie entsprechend der Körperkondition wie empfohlen. Falls eine Messung nicht möglich ist, behalten Sie die Futterzufuhr der vorangegangenen Phasen bei.
- Peripartum:
  - Füttern Sie Laktationsfutter in derselben Menge, wie es die Sauen während der Trächtigkeit erhalten haben.
  - Eine erhöhte Fütterungsfrequenz verringert nachweislich die Totgeburtenrate, wenn beim Abferkeln nur begrenzt Geburtshilfe verfügbar ist.



Die geschätzte Veränderung des Caliper-Score basiert auf einer Sauenherde mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 200 kg. Die Regressionsgleichung wurde von Knauer et al. (2020) angegeben: Änderung des Caliper-Score je Tag =  $0,3224 \times (\text{ME-Aufnahme, MJ/Tag}) \div (\text{Körpergewicht, kg})^{0,75} - 0,1332$ .

Abb. H1. PIC®-Fütterungsempfehlungen für Jungsaunen und Saunen während der Trächtigkeit

### Management der Saunencondition

- Die Saunencondition wirkt sich auf die spätere Reproduktionsleistung der Tiere aus.
- Minimieren Sie die Anzahl dünner Saunen beim Abferkeln und fetter Saunen beim Absetzen, und maximieren Sie die Anzahl idealer Saunen beim Abferkeln so weit wie möglich.
- Die Condition sollte als Richtlinie für die Fütterung während der Trächtigkeit dienen.

Ein Schlüsselaspekt für einen leistungsstarken Saunenbetrieb ist das richtige Management der Saunencondition. Ziel ist es, gut konditionierte Saunen zu erhalten und dünne Saunen beim Abferkeln sowie fette Saunen beim Absetzen zu vermeiden (Abb. H2). Für die Bewertung der Saunencondition sind verschiedene Methoden verfügbar, darunter die visuelle Bewertung, die Rückenspeckmessung und die Messung mit dem Caliper. PIC® empfiehlt, die Saunencondition mithilfe des Caliper zu messen. Über diesen [LINK](#) gelangen Sie zur Webseite mit den Rechen- und Optimierungstools.

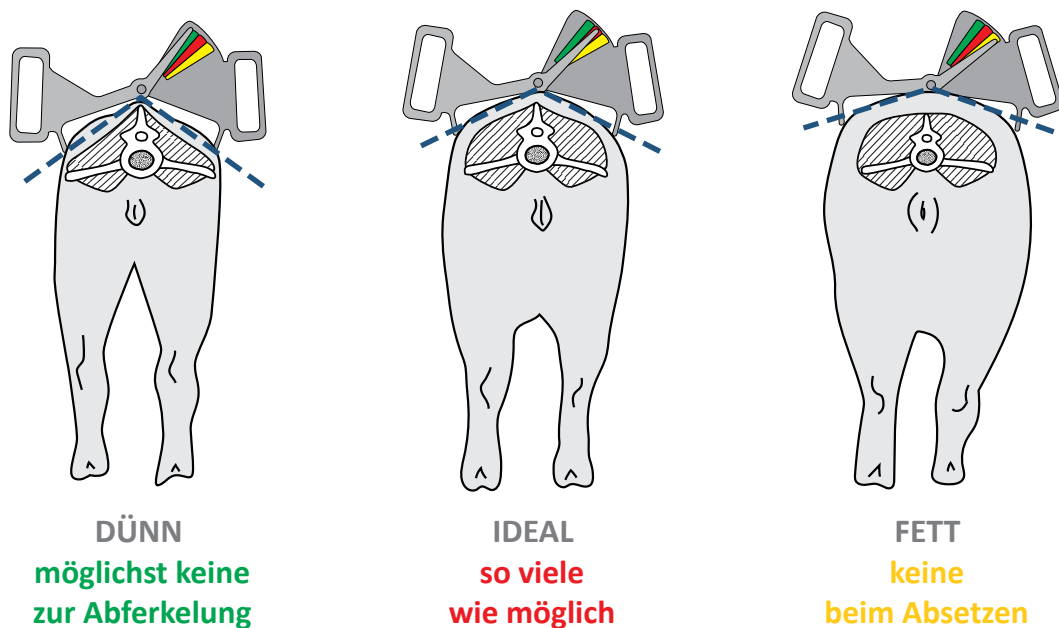
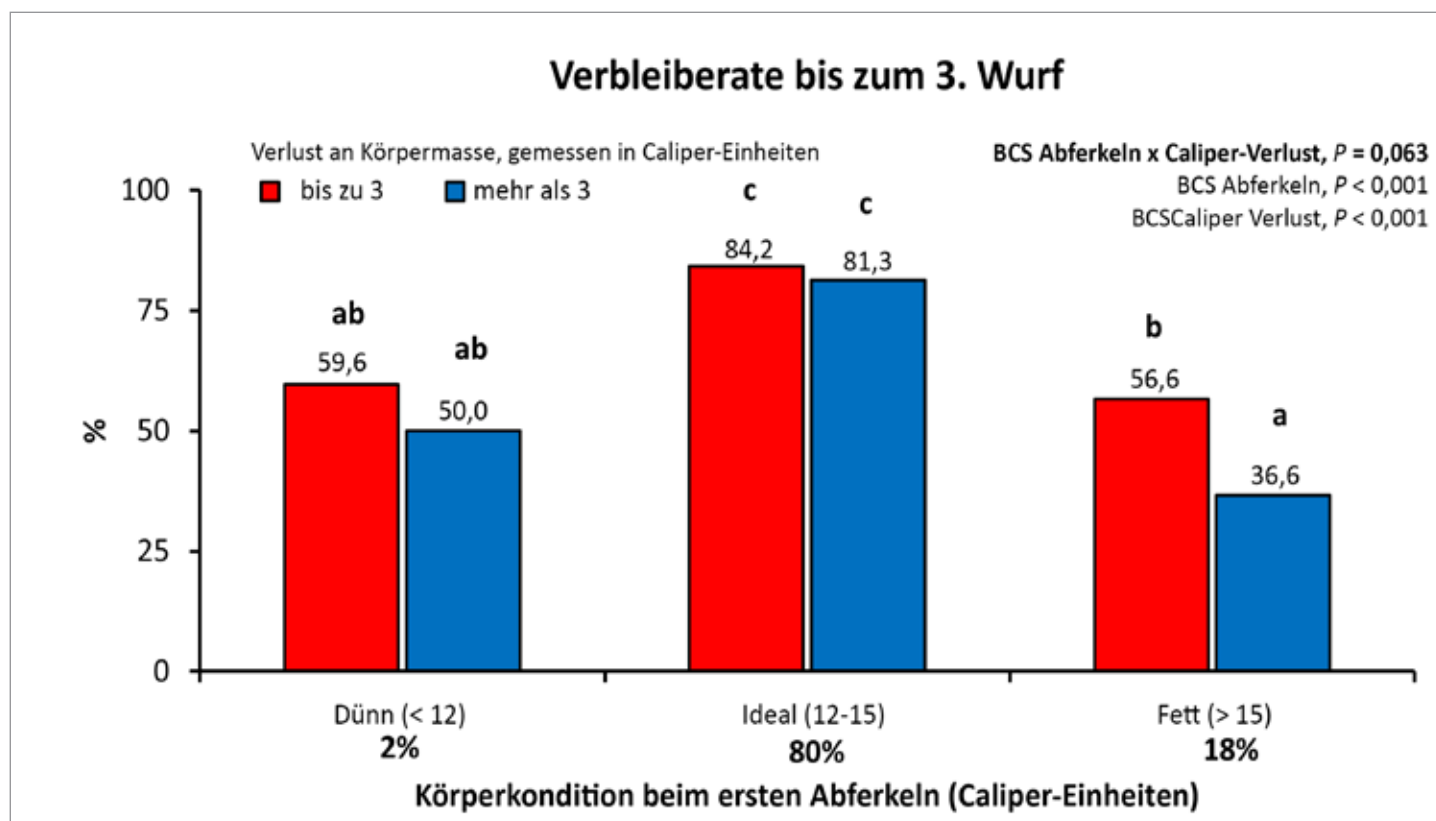


Abb. H2. Messung der Saunencondition mithilfe eines Saunen-Caliper

Weltweit beobachten unsere Produktionsberater häufig überkonditionierte Sauen beim Abferkeln. Fette Sauen sind nicht nur in fütterungstechnischer Hinsicht kostspielig, sondern sie erbringen auch eine schlechtere Laktationsleistung und schlechtere Leistungen in den nachfolgenden Würfen. Die freiwillige Futtermittelaufnahme während der Laktation ist geringer, wenn die Sauen beim Abferkeln überkonditioniert sind, was zu einem größeren Verlust an Körpergewicht, einer geringeren Milchproduktion und einem potenziell geringeren Gewicht der Ferkel beim Absetzen führt. Diese negative Energiebilanz während der Laktation führt bei der nächsten Trächtigkeit wahrscheinlich zu einem kleineren Wurf. Darüber hinaus hat eine Studie mit etwa 4.500 Jungsauen gezeigt, dass die Körperkondition beim ersten Abferkeln und die Veränderung der Körperkondition während der ersten Laktation mit der Lebensdauer in Verbindung stehen (Huerta et al., 2021, Abb. H3). Jungsauen, die beim ersten Abferkeln ideal konditioniert waren, hatten bis zum dritten Abferkeln im Vergleich zu dünnen und fetten Jungsauen eine bessere Verbleiberate. Die Verbleiberate für fette Jungsauen sank weiter, je mehr Gewicht sie während der Laktation verloren (gemessen als Caliper-Einheiten), wobei etwa 60 % der Jungsauen in der Datenbank mehr als 3 Caliper-Einheiten verloren. Dies unterstreicht, wie wichtig es ist, Jungsauen und Sauen in ihrer idealen Körperkondition zu halten, um Futtereinsparungen zu erzielen und die Reproduktionsleistung zu maximieren.



a, b, c - unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede ( $P < 0,10$ ).

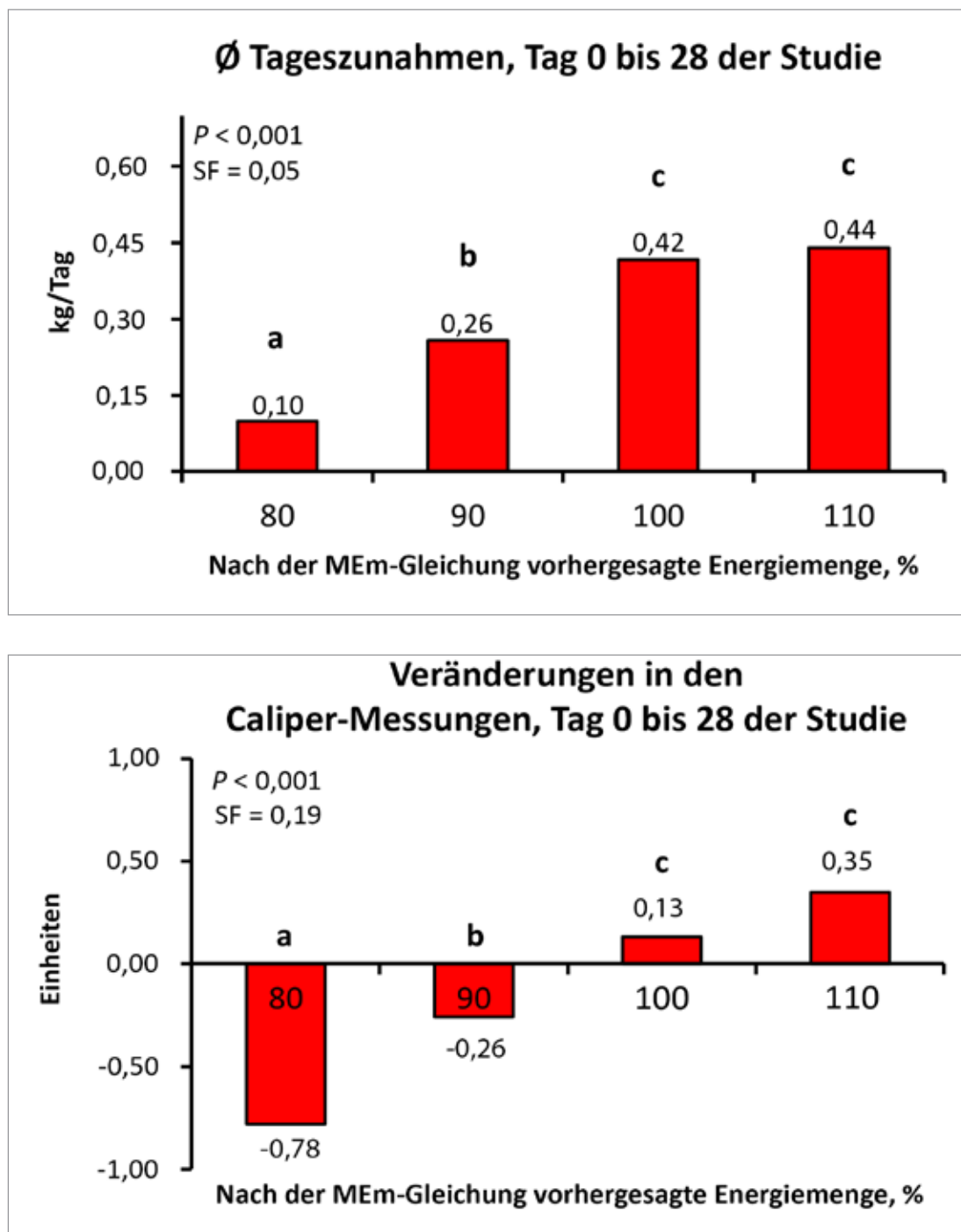
Abb. H3. Verbleiberate bis zum dritten Wurf in Abhängigkeit von der Kondition von Jungsauen beim ersten Abferkeln und der Veränderung der Kondition während der Laktation (Huerta et al., 2021)

Die Zuchtziele für PIC®-Mutterlinien haben sich im Laufe der Zeit verändert. Neben den Reproduktionsmerkmalen sind etwa 40 % der Merkmale, die spezifisch für Endstufeneber sind, wie Verluste und Robustheit in der Mast, Wachstumseffizienz und Schlachtkörpermerkmale, auch in den Zuchtzielen der Mutterlinien enthalten. Dadurch ist die moderne PIC®-Camborough®-Sau heute effizienter als früher.

Eine aktuelle Studie bewertete das NRC-Modell (2012) zur Vorhersage des Standard-Erhaltungsbedarfs an umsetzbarer Energie ( $ME_m$ ) von PIC®-Sauen während der mittleren Trächtigkeit (Knauer et al., 2020). In dieser Studie wurden 200 Camborough®-Sauen mit 80, 90, 100 oder 110 %  $ME_m$  gemäß der NRC-Gleichung (2012)  $ME_m, MJ/Tag = 100 \times (\text{Körpergewicht, kg})^{0,75/239}$  gefüttert.

Der Versuch begann zwischen dem 36. und 46. Tag nach der Belegung und die Sauen erhielten 28 Tage lang ein Futter auf der Basis von Mais-Sojaschrot-Rationen mit 13,8 MJ ME/kg und 0,61 % SID Lysin.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die  $ME_m$  zur Erhaltung des Körpergewichts und des mit dem Caliper gemessenen Body-Condition-Score der Sauen unter 80 % bzw. 98,7 % des geschätzten  $ME_m$ -Bedarfs gemäß NRC (2012) lag (Abb. H4). Obwohl die Sauen in allen Versuchsgruppen während dieses Zeitraums eine positive durchschnittliche Lebensstageszunahme aufwiesen, kam es zwischen dem 40. und 60. Trächtigkeitstag zu einer vermehrten Ansammlung von Embryonalflüssigkeit, was die Zunahme beeinflussen könnte (Bazer et al., 2012). Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das NRC-Modell (2012) den  $ME_m$ -Bedarf von Camborough®-Sauen in der mittleren Trächtigkeit nur leicht überschätzt. Die in diesem Versuch gewonnenen Erkenntnisse wurden verwendet, um die aktuellen Fütterungsempfehlungen für Jungsauen und Sauen während der Trächtigkeit zu erstellen.



a, b, c - unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede ( $P < 0,10$ ).

Abb. H4. Durchschnittliche Lebensstageszunahme (oben) und Veränderung des Caliper-Score (unten) von Sauen, die 80, 90, 100 oder 110 % der umsetzbaren Erhaltungsenergie (MEM) erhielten. Gemäß der NRC-Gleichung (2012) gilt:  $ME_m$ , MJ/Tag =  $(100 \times (\text{Körpergewicht, kg})^{0,75}) / 239$ , für 28 Tage beginnend zwischen Tag 36 und 46 der Trächtigkeit (nach Knauer et al., 2020).

## Fütterung in der Frühträchtigkeit

- Füttern Sie nicht unter dem Erhaltungsenergiebedarf.
- Füttern Sie nicht mehr als das Doppelte des Erhaltungsenergiebedarfs oder mehr als 41,8 MJ ME/Tag.

Die Auswirkungen verschiedener Futtermengen in der Frühträchtigkeit auf das Überleben der Embryonen, das Plasmalogesteron und die spätere Gesamtzahl der geborenen Ferkel von Jungsaugen und Sauen aus verschiedenen Studien sind in Tabelle H1 zusammengefasst. In der Vergangenheit wurde eine hohe Futterraufnahme nach der Belegung mit einer geringeren Überlebensrate der Embryonen in Verbindung gebracht, weshalb die Futterraufnahme von Sauen begrenzt wurde (Jindal et al., 1996). Im Gegensatz dazu haben neuere Studien eine geringere Überlebensrate der Embryonen und eine geringere Wurfgröße bei Sauen gezeigt, die restriktiv gefüttert wurden (Athorn et al., 2013; Langendijk et al., 2017). In einer aktuellen Studie kamen Mallmann et al. (2020) zu der Erkenntnis, dass dünne Sauen der Parität 1 von Tag 6 bis Tag 30 der Trächtigkeit auf eine mittlere Futterzufuhr (23,8 vgl. mit 32,6 MJ ME/Tag; 108 vgl. mit 150 % des Erhaltungswerts) ansprachen, was sich an einer höheren Gesamtzahl der geborenen Ferkel zeigte. Die Autoren beobachteten bei Jungsaugen und Sauen, die mehr als 41,8 MJ ME/Tag erhielten, eine geringere Ferkelleistung.

Überwachen Sie in der Gruppenhaltung mit elektronischen Sauenfütterungssystemen die Futterraufnahme der einzelnen Tiere, insbesondere für Jungsaugen und Sauen der Parität 1 in den ersten Tagen nach dem Transfer in die Gruppe. Wird unmittelbar nach dem Transfer in die Gruppenhaltung aggressives Verhalten beobachtet, kann eine erhöhte Futtermenge je Sau oder Jungsau von maximal 3 kg/Tag in Betracht gezogen werden. Untersuchungen legen nahe, dass aggressives Verhalten in den ersten Tagen nach dem Transfer in die Gruppe abnimmt. Die erhöhte Futtermenge sollte daher nicht länger als fünf Tage angeboten werden, um eine übermäßige Gewichtszunahme der Sauen zu verhindern.

**Tabelle H1. Beschreibende Zusammenfassung von Versuchen zur Auswertung der Effekte unterschiedlicher Futterzufuhren während der Frühträchtigkeit auf die Überlebensfähigkeit der Embryonen, das Plasmalogesteron und die spätere Gesamtzahl der geborenen Ferkel von Jungsaugen und Sauen**

Quelle	Trächtigkeitstag	Gewicht bei Belegung, kg	ME <sub>m</sub> <sup>a</sup> , MJ/Tag	Futterzufuhr, kg/Tag		% ME <sub>m</sub>		Wirkungskriterien		
				Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Überlebensfähigkeit der Embryos	Plasmalogesteron	Gesamt geborene Ferkel
Jindal et al., 1996 <sup>a</sup>	1–15	116	14,7	1,91	2,59	146 %	200 %	-22 %	-57 %	---
De et al., 2008 <sup>a</sup>	1–35	---	---	---	---	120 %	200 %	-20 %	-14 %	---
Athorn et al., 2013 <sup>a</sup>	0–10	126	15,7	1,50	2,82	115 %	215 %	19 %	26 %	---
Langendijk et al., 2015 <sup>a</sup>	10–11	103	13,5	0,00	2,50	0 %	223 %	---	-8 %	24 %
Virolainen et al., 2005 <sup>b</sup>	1–35	252	26,4	2,00	4,00	89 %	179 %	-35 %	-25 %	---
Hoving, 2012 <sup>b</sup>	3–35	170	19,7	2,50	3,32	165 %	215 %	2 %	ns	---
Mallmann et al., 2020 <sup>b</sup>	6–30	197	22,0	1,82	2,50	108 %	150 %	---	---	0 %
Mallmann et al., 2020 <sup>b</sup>	6–30	197	22,0	1,82	3,23	108 %	192 %	---	---	-8 %
<b>Gewichteter Mittelwert</b>	---	<b>185</b>	<b>20,9</b>	<b>1,82</b>	<b>2,91</b>	<b>111 %</b>	<b>180 %</b>	<b>-12 %</b>	<b>-24 %</b>	<b>-2 %</b>

<sup>a</sup>Der Versuch wurde nur mit Jungsaugen durchgeführt.

<sup>b</sup>Der Versuch wurde nur mit Sauen durchgeführt.

## Fütterung in der Hochträchtigkeit

- Füttern Sie weiter entsprechend der Körperkondition.
- Behalten Sie die Futterzufuhr der vorangegangenen Phase bei, wenn Sie keinen Caliper-Messwert ermitteln können.

Gemäß NRC (2012) führt jedes zusätzliche Ferkel zu einem Anstieg von etwa 0,10 bzw. 0,35 g SID Lysin pro Tag von Tag 1 bis 90 bzw. Tag 90 bis 114 der Trächtigkeit. Der Nährstoffbedarf hat sich also nicht so stark verändert, dass eine drastische Aktualisierung erforderlich wäre. In mehreren Studien konnte die Reproduktionsleistung von Jungsauen und Sauen durch eine erhöhte Futteraufnahme nicht gesteigert werden (Ampaire und Levesque, 2016; Buis et al., 2016; Gonçalves et al., 2016b; Greiner et al., 2016; Mallmann et al., 2019). Dies deutet darauf hin, dass Sauen in der Lage sind, Körpergewebe in einem relativ breiten Bereich der Nährstoffaufnahme zu mobilisieren, selbst wenn sich der Bedarf im Laufe der Trächtigkeit ändert. In Anbetracht der praktischen Gegebenheiten in den meisten Produktionssystemen hat die Fütterung eines einheitlichen Futters für tragende Sauen und einer gleichbleibenden Futtermenge für Sauen in idealer Körperkondition den Vorteil, dass sie im Betrieb einfacher zu handhaben ist.

Studien, bei denen eine erhöhte Futteraufnahme in der Hochträchtigkeit von Jungsauen oder Sauen untersucht wurde, sind in Tabelle H2 und H3 zusammengefasst. Die Daten zeigen, dass das Körpergewicht (KG) um etwa 7,7 bzw. 8,9 kg zunimmt, wenn Jungsauen und Sauen in der Hochträchtigkeit eine Futterzulage von 1 kg/Tag erhalten. Diese Futterzulagen hatten bei Jungsauen eine mittlere (12,0 g) und bei Sauen eine minimale (-1,3 g) Wirkung auf das Geburtsgewicht der Ferkel.

**Tabelle H2. Beschreibende Zusammenfassung von Versuchen zur Auswertung der Effekte einer erhöhten Futteraufnahme während der Hochträchtigkeit auf die Körpergewichtszunahme von Jungsauen und das Geburtsgewicht von Ferkeln**

Quelle	Beginn, Trächtigkeitstag	Würfe je Behandlung, n	Insgesamt geborene Ferkel, n	Kontrolle, MJ	Kontrolle, g SID Lysin/Tag	Erhöhte Futteraufnahme, MJ	Erhöhte Futteraufnahme, g SID Lysin/Tag	Erhöhung infolge Behandlung	
								Gewichtszunahme, kg/kg zusätzliches Futter/Tag	Geburtsgewicht der Ferkel, g
Shelton et al., 2009	90	21	14,3	28,5	11,9	41,0	17,1	6,6	86
Soto et al., 2011	100	24	12,5	29,3	9,87	54,0	18,2	NR	126
Goncalves et al., 2016	90	371	14,2	24,7	10,7	37,2	10,7	5,6	24
Goncalves et al., 2016	90	371	14,2	24,7	20,0	37,2	20,0	9,1	28
Greiner et al., 2016	100	65	13,4	24,7	9,0	36,8	14,0	NR	-120
Ampaire und Levesque, 2016	90	17	13,4	30,1	12,3	36,0	14,5	24	-10
Mallmann et al., 2018	90	50	14,4	24,7	11,7	30,1	14,3	6,5	6
Mallmann et al., 2019	90	243	14,1	24,7	11,5	31,8	14,7	6,4	26
Mallmann et al., 2019	90	242	14,3	24,7	11,5	38,5	17,9	8,8	-1
Mallmann et al., 2019	90	246	14,3	24,7	11,5	45,6	21,1	7,9	-11
<b>Gewichteter Mittelwert<sup>a</sup></b>	---	---	<b>13,9</b>	<b>25,1</b>	<b>12,0</b>	<b>38,9</b>	<b>16,3</b>	<b>7,7 ± 2,4</b>	<b>12 ± 36,1</b>



Tabelle H3. Beschreibende Zusammenfassung von Versuchen zur Auswertung der Effekte einer erhöhten Futtermittelaufnahme während der Hochträchtigkeit auf die Körpergewichtszunahme von Sauen und das Geburtsgewicht von Ferkeln

Quelle	Beginn, Trächtigkeitstag	Würfe je Behandlung, n	Insgesamt geborene Ferkel, n	Kontrolle, MJ	Kontrolle, g SID Lysin/Tag	Erhöhte Futtermittelaufnahme, MJ	Erhöhte Futtermittelaufnahme, g SID Lysin/Tag	Erhöhung infolge Behandlung	
								Gewichtszunahme, kg/kg zusätzliches Futter/Tag	Geburtsgewicht der Ferkel, g
Shelton et al., 2009	90	32	12,4	33,1	11,9	47,7	19,9	4,9	-109
Soto et al., 2011	100	51	12,9	33,1	11,2	58,2	19,5	NR	-69
Goncalves et al., 2016	90	181	15,1	24,7	10,7	37,2	10,7	9,0	47
Goncalves et al., 2016	90	181	15,3	24,7	20,0	37,2	20,0	10,8	19
Greiner et al., 2016	95	128	14,7	24,7	9,0	36,8	14,0	7,1	-40
Mallmann et al., 2018	90	221	15,4	24,7	11,7	30,1	14,3	9,0	-4
<b>Gewichteter Mittelwert<sup>a</sup></b>	---	---	<b>14,3</b>	27,6	<b>12,4</b>	<b>41,4</b>	<b>16,4</b>	<b>8,9 ± 1,6</b>	<b>-1,3 ± 44,2</b>

<sup>a</sup>Gewichtet nach der Anzahl der Würfe in den einzelnen Studien.

PIC® empfiehlt für Sauen seit 2016 keine Futterzulagen mehr; dies gilt jedoch nicht für Jungsauen. Nach Goncalves et al. (2016) führte die Futterzulage bei Sauen nur zu minimalen Verbesserungen des Geburtsgewichts von Ferkeln sowie zu einer um 2,1 % höheren Totgeburtenrate im Vergleich zu Sauen ohne Futterzulage. Die erhöhte Totgeburtenrate wurde jedoch bei Jungsauen nicht beobachtet (Abb. H5). Darüber hinaus war die Energie und nicht die Aminosäureaufnahme die treibende Kraft für den bescheidenen Anstieg beim Geburtsgewicht der PIC®-Ferkel (Goncalves et al., 2016).

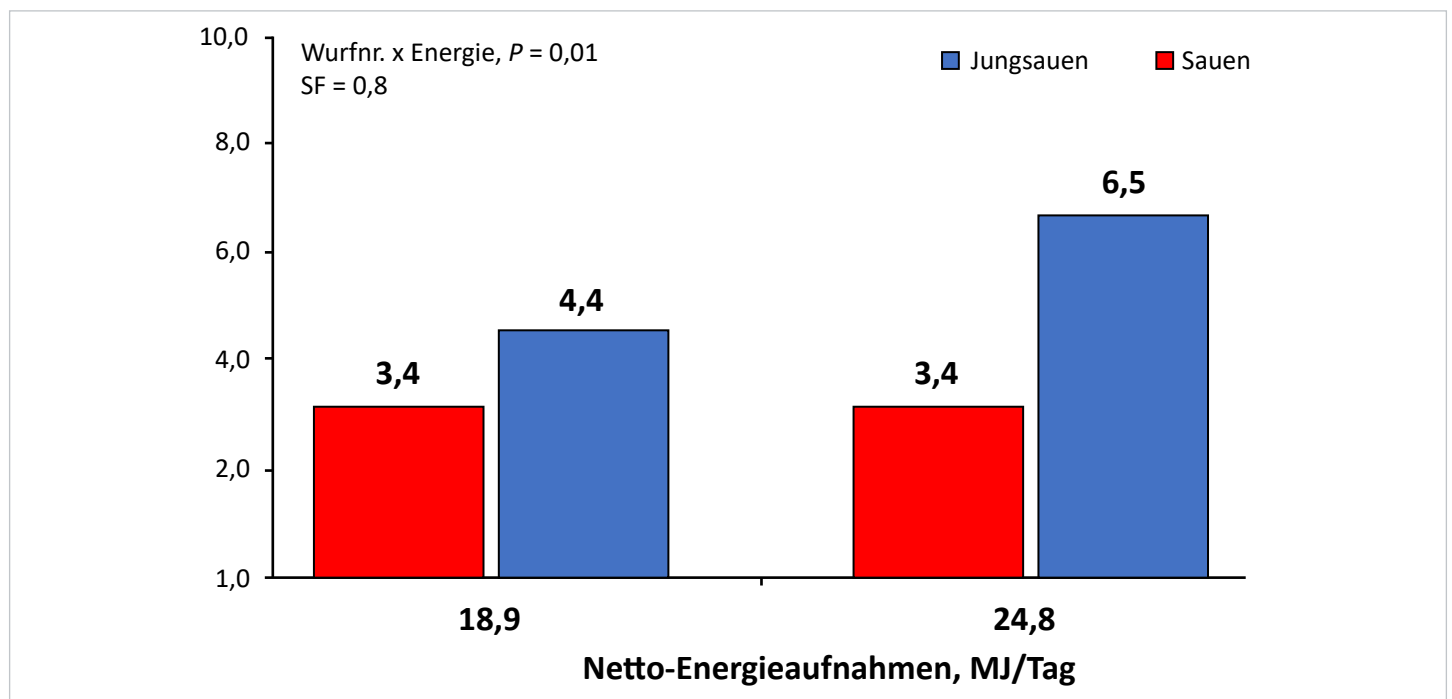


Abb. H5. Eine Futterzulage kann bei Sauen zu einem Anstieg der Totgeburten um 2,1 % führen, nicht aber bei Jungsauen (Goncalves et al., 2016).

Ein kürzlich durchgeführter Versuch mit 977 Jungsauen mit einem Body-Condition-Score zwischen 2,5 und 4,5 zeigte, dass eine erhöhte tägliche Futtermittelaufnahme (1,8, 2,3, 2,8 und 3,3 kg/Tag, 10,5 MJ NE/kg und 0,64 % SID Lysin) ab dem 90. Tag der Trächtigkeit bis zum Abferkeln das Geburtsgewicht der lebend geborenen Ferkel geringfügig erhöhte (Mallmann et al., 2019). Eine Erhöhung der täglichen Futtermittelaufnahme von über 1,8 kg/Tag in der Hochträchtigkeit führte jedoch zu einer signifikant höheren Totgeburtenrate (Tabelle H4). Derselbe Versuch zeigte bei steigender Futtermittelaufnahme auch einen Rückgang (linear, P < 0,05) der Produktion von Kolostrum und der freiwilligen Futtermittelaufnahme in der Laktation sowie einen zunehmenden (linear, P < 0,05) Gewichtsverlust in der Laktation.

Tabelle H4. Auswirkungen einer erhöhten Futteraufnahme im letzten Trächtigkeitsdrittel auf die Leistung von Jungsau<sup>1</sup> während der Laktation unter kommerziellen Bedingungen<sup>1</sup>

Merkmal	Futteraufnahme, kg/Tag				SEM	Wahrscheinlichkeit, P =	
	1,8	2,3	2,8	3,3		Linear	Quadratisch
Totgeburtenrate, % <sup>2</sup>	3,4 <sup>a</sup>	4,6 <sup>b</sup>	5,5 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	0,52	--	--
Produktion von Kolostrum, kg <sup>3</sup>	3,6	3,5	3,3	3,2	0,26	0,016	0,703
Freiwillige Futteraufnahme, kg/Tag <sup>3</sup>	4,2	4,1	3,8	3,9	0,23	0,001	0,165
Gewichtsveränderung in der Laktation, % <sup>3</sup>	-8,1	-9,3	-11,3	-10,4	0,75	< 0,001	0,169

<sup>1</sup>Insgesamt wurden 977 Sauen (Landrace × Large White) in dem Versuch einbezogen, mit jeweils 244, 242, 241 bzw. 250 weiblichen Tieren in den Behandlungsgruppen 1,8 - 2,3 - 2,8 und 3,3 kg/Tag. Tabelle nach Mallmann et al., 2019.

<sup>2</sup> nichtparametrische Analyse

<sup>3</sup>Insgesamt wurden 245 Sauen (Landrace × Large White) in den Versuch einbezogen, mit jeweils 61, 66, 55 bzw. 63 weiblichen Tieren in den Behandlungsgruppen 1,8 - 2,3 - 2,8 und 3,3 kg/Tag.

<sup>a,b</sup>Unterschiedliche Hochstellungen innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede (P < 0,05).

Diese Sauen wurden bis zu ihrem vierten Abferkeln verfolgt (Abb. H6). Eine erhöhte Futteraufnahme nach dem 90. Trächtigkeitstag führte bei Jungsau<sup>1</sup> zu einer geringeren Verbleiberate bis zum vierten Abferkeln sowie einer Verringerung der Tage in der Herde. Futterzulagen für Jungsau<sup>1</sup> können daher die Wahrscheinlichkeit eines vorzeitigen Abgangs erhöhen und sich somit negativ auf die Langlebigkeit von Sauen auswirken (nach Mallmann et al., 2019).

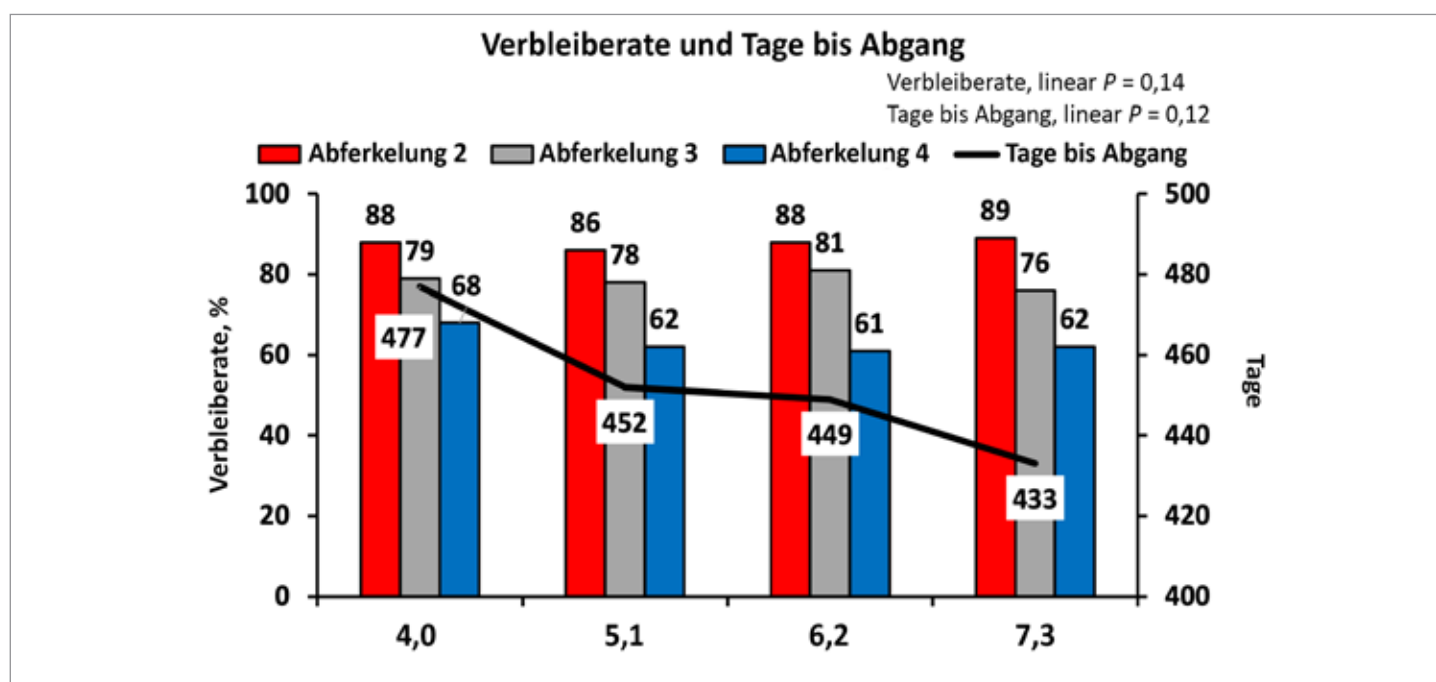


Abb. H6. Auswirkungen einer erhöhten Futteraufnahme im letzten Trächtigkeitsdrittel der ersten Parität auf die Verbleiberate bei nachfolgenden Paritäten und die Tage bis zum Abgang

PIC® empfiehlt aktuell weder für Jungsau<sup>1</sup> noch für Sauen eine Futterzulage, es sei denn, sie werden am 90. Trächtigkeitstag bei einer Messung mit dem Caliper als dünn eingestuft, da eine erhöhte Futteraufnahme in der späten Trächtigkeit nur zu einer marginalen Verbesserung des Geburtsgewichts der Ferkel führte. Aus praktischer Sicht ist dieser Unterschied im Vergleich zu den negativen Auswirkungen einer Futterzulage auf die Totgeburtenrate, die Futteraufnahme in der Laktation und den Verbleib in der Herde geringfügig (Gonçalves et al., 2016; Mallmann et al., 2018, 2019).

PIC®, Universitäten und Produktionssysteme auf der ganzen Welt werden weiterhin die Veränderungen der Anforderungen in Bezug auf Wurfgröße und Wurfgewicht beobachten und die Empfehlungen ggf. anpassen.

## Peripartale Fütterung

- Füttern Sie die gleiche Menge an Laktationsfutter, wie sie die Sauen zuvor während der Trächtigkeit erhalten haben.
- Füttern Sie während des Peripartums häufiger:
  - Dies kann die Totgeburtenrate verringern, wenn beim Abferkeln nur begrenzt Hilfe verfügbar ist.
  - Die Überlebensrate der Saugferkel bis zum Absetzen kann sich dadurch verbessern.

Das Fütterungsmanagement in der Zeit vor dem Abferkeln (drei bis fünf Tage vor dem Abferkeln/nach dem Transfer in die Abferkelbucht) ist für die Forschung von wachsendem Interesse (Cools et al., 2014; Decaluwé et al., 2014). Während dieser Phase wurde traditionell wenig gefüttert. Cools et al. (2014) zeigten, dass eine *Ad-libitum-Fütterung* vor dem Abferkeln das Absetzgewicht und die Wachstumsrate der Ferkel bei gut konditionierten Sauen verbesserte, während bei fetten Sauen negative Auswirkungen beobachtet wurden. Das Angebot von mehr Futter in dieser Phase führte zu einer erhöhten Futteraufnahme und einer geringeren Mobilisierung von Körperreserven während der Laktation (Cools et al. 2014, Decaluwé et al., 2014). Eine höhere Futtermenge in der Zeit vor dem Abferkeln wirkt sich auch positiv auf die Produktion und Nährstoffzusammensetzung von Kolostrum aus (Decaluwé et al., 2014).

Feyera et al. (2018) beobachteten, dass sich die Abferkeldauer verkürzt, wenn Sauen Zugang zu Futter haben und beim Abferkeln innerhalb von 3 Stunden fressen. Sie nahmen an, dass dies auf eine höhere Energieverfügbarkeit zurückzuführen ist. Diese Autoren stellten außerdem fest, dass die Wahrscheinlichkeit von Totgeburten sinkt, wenn Sauen innerhalb von 3 Stunden vor Beginn des Abferkelns Zugang zu Futter haben. Gourley et al. (2020a) konnten zeigen, dass ein Futter mit höherem SID-Lysin- und Energiegehalt, das 3 bis 8 Tage vor dem Abferkeln gegeben wurde, sowohl bei Sauen als auch bei Jungsauen zu mehr Zuwachs und bei Jungsauen zu einem höheren Geburtsgewicht der lebend geborenen Ferkel führte. Der Wurfzuwachs vom 2. Lebenstag bis zum Absetzen war jedoch bei Würfen von Jungsauen geringer, wenn sie über einen längeren Zeitraum (> 8 Tage) vor dem Abferkeln mit mehr Lysin und Energie gefüttert wurden. Eine neuere Studie zeigte keinen Unterschied in der Totgeburtenrate bei Sauen, die ab dem 112. Tag der Trächtigkeit bis zum Abferkeln mit 1,8 kg/Tag, 2,7 kg/Tag oder *ad libitum* gefüttert wurden (Harper et al., 2021). Einige Tierärzte und Ernährungswissenschaftler vermuten, dass insbesondere in Herden mit zu vielen fetten Sauen und in Herden, in denen das Abferkeln eingeleitet wird, das Angebot von *Ad-libitum-Futter* vor dem Abferkeln das Risiko von Uterus- und Rektumprolapsen erhöhen kann. Almond et al. (2006) stellten die Theorie auf, dass in fetten Sauen der Uterusmuskeltonus schwächer ist und vermehrt Dystokien auftreten können. Dies ist ein weiterer Grund, warum wir vor einer zu frühen *Ad-libitum-Fütterung* oder vor überkonditionierten Herden warnen.

Nicht nur für eine höhere Futterzufuhr, sondern auch für eine häufigere Fütterung während des Peripartums wurde berichtet, dass sie die Lebensfähigkeit vor dem Absetzen verbessert (Gourley et al., 2020b) und die Totgeburtenrate verringert, wenn nur begrenzt Geburtshilfe verfügbar ist (Miller und Kellner, 2020).

## Dynamisches Fütterungsprogramm für PIC®-Sauen

PIC®-Sauen sind produktiv und leistungsfähig – sowohl eine Unter- als auch eine Überfütterung führt zu einer verminderten Sauen- und Wurfleistung. Das Management der Körperkondition ist der Schlüssel für eine erfolgreiche Sauenherde. Die Kondition einer Sau sollte die Grundlage für das Fütterungsprogramm bilden. Die PIC®-Empfehlungen für die Ernährung und Fütterung während der Trächtigkeit, des Peripartums, der Laktation und des Absetz-Beleg-Intervalls basieren auf Forschungsergebnissen aus großen, kommerziell angelegten Versuchen. Das Tool Dynamic Feeding Program (dynamisches Fütterungsprogramm) für PIC®-Sauen bietet Empfehlungen für die Fütterung von modernen, hochproduktiven Jungsauen und Sauen, um die Produktivität während ihrer gesamten Lebensdauer zu maximieren und die Herdenrentabilität zu optimieren. Dieses benutzerfreundliche Tool nutzt einfache Eingaben zu Parametern der Reproduktionsleistung, der aktuellen Futterrationen und der Energie- und Lysinkonzentration im Futter. Das Tool wurde entwickelt, um Produktionsleiter, Produktionsberater und Tierernährer dabei zu unterstützen:

1. maßgeschneiderte Fütterungsprogramme für Jungsauen und Sauen auf der Basis vorhandener Rationen zu erstellen,
2. die PIC®-Nährstoffempfehlungen zu prüfen und
3. die Möglichkeiten für Futtereinsparungen je Sau und Jahr und die Reproduktionsleistung zu vergleichen.

[Hier klicken](#), um das Tool auf einem Computer, Smartphone oder Tablet aufzurufen.



# Laktierende Jungsauen und Sauen

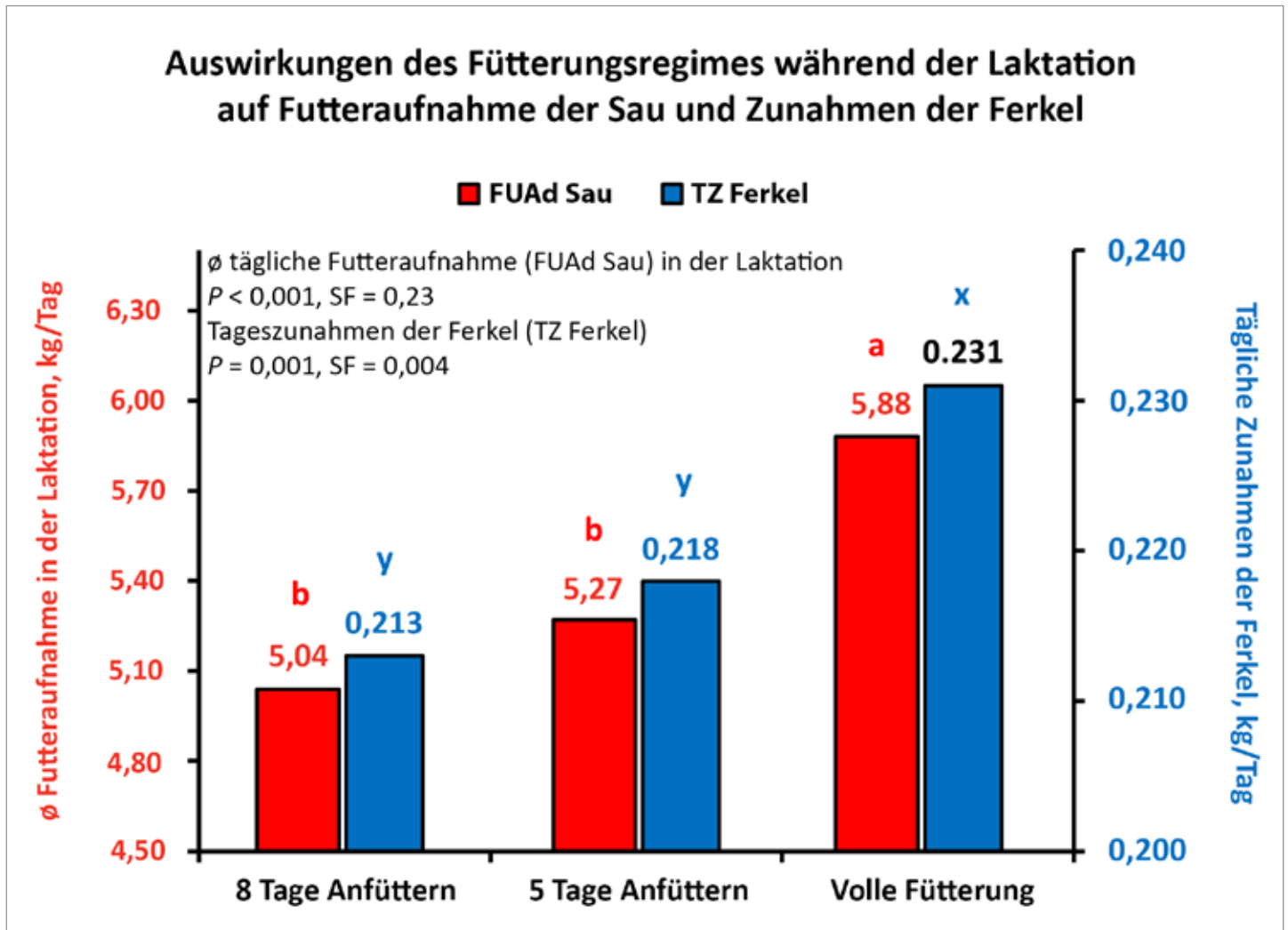


Mit der Ernährung und Fütterung in der Laktation soll erreicht werden, dass die Sauen täglich ausreichend Energie und Nährstoffe für eine optimale Wurfleistung zu sich nehmen. Eine angemessene Nährstoffaufnahme sollte den Gewichtsverlust der Sauen minimieren und ihre spätere Reproduktionsleistung verbessern.

- Es ist entscheidend, die Futteraufnahme laktierender Sauen zu maximieren.
- Wenn Sauen in guter Kondition sind und in einer komfortablen Bucht mit Zugang zu reichlich Futter und Wasser abferkeln, trägt dies wesentlich zur Maximierung der Reproduktionsleistung bei.
- Die Aminosäurekonzentrationen im Laktationsfutter hängen von der Zuwachsrate des Wurfs und der durchschnittlichen Futteraufnahme der Herde ab.

## Fütterungsprogramm

*Ad-libitum-Fütterung* von laktierenden PIC®-Sauen ab dem Tag des Abferkelns verbessert nicht nur die Futtermittelaufnahme und die Milchleistung sowie das Absetzgewicht der Ferkel (Abb. I1), sondern reduziert gleichzeitig auch den Gewichtsverlust der Sauen im Vergleich zu Anfütterungsprogrammen. Eine restriktive Fütterung in den ersten 5 bis 8 Tagen nach dem Abferkeln reduziert die Gesamtfuttermittelaufnahme während der Laktation (PIC®-interne Daten; Sulabo et al., 2010).



<sup>a,b</sup>Mittelwerte der durchschnittlichen täglichen Futtermittelaufnahme (FUAdTag) während der Laktation ohne gemeinsame hochgestellte Buchstaben bedeuten Unterschiede ( $P < 0,05$ ).

<sup>a,b,c</sup>Mittelwerte des täglichen Ferkelzuwachses ohne gemeinsame hochgestellte Buchstaben bedeuten Unterschiede ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Anfüttern über 8 Tage: schrittweise Erhöhung der täglichen Futtermenge von 1,8 kg am Tag des Abferkelns auf *Ad-libitum-Fütterung* am 8. Tag nach dem Abferkeln; Anfüttern über 5 Tage: schrittweise Erhöhung der täglichen Futtermenge von 1,8 kg am Tag des Abferkelns auf *Ad-libitum-Fütterung* am 5. Tag nach dem Abferkeln; volle Fütterung: *Ad-libitum-Fütterung* vom Tag des Abferkelns bis zum Absetzen.

Abb. I1. Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien während der Laktation auf die Futtermittelaufnahme von Sauen in der Laktation und den täglichen Ferkelzuwachs (PIC®-interne Daten)<sup>1</sup>

Eine hohe Futteraufnahme während der Laktation verringert den Gewichtsverlust der Sauen, erhöht die LTZ der Ferkel und verkürzt das Absetz-Beleg-Intervall (ABI) (Tabelle I1).

**Tabelle I1. Auswirkungen der Futteraufnahme während der Laktation auf das Absetz-Beleg-Intervall, den Körpergewichtsverlust und den durchschnittlichen täglichen Ferkelzuwachs (PIC®-interne Daten)**

FUATag <sup>1</sup> , kg	SID <sup>1</sup> Lysin, g/Tag	Sauen-KG <sup>1</sup> Differenz, kg	Sauen-KG <sup>1</sup> Differenz, %	Ferkel-LTZ <sup>1</sup> , kg	ABI <sup>1</sup> , Tage
3,18	31,5	-26,30	-5,10	0,222	6,3
4,08	42,0	-22,90	-4,81	0,231	5,0
4,99	52,5	-5,80	-1,04	0,249	4,4
5,90	63,0	8,80	2,06	0,249	4,4
6,80	73,5	24,90	5,41	0,249	4,2
8,16	84,0	29,70	6,57	0,259	4,4
9,07	94,5	26,70	5,57	0,272	4,3

<sup>1</sup>FUATag = durchschnittliche tägliche Futteraufnahme, SID = standardisiertes ileal verdauliches Lysin; KG = Körpergewicht; LTZ = durchschnittliche Lebenstageszunahme; ABI = Absetz-Beleg-Intervall.

## Faktoren mit Einfluss auf die Futteraufnahme während der Laktation

Die folgenden Faktoren können sich auf die Futteraufnahme während der Laktation auswirken:

- Umgebung
  - **Umgebungstemperatur**
  - Luftgeschwindigkeit
  - Verdunstungskühlung
  - Luftfeuchtigkeit
  - Belüftungsraten
- Ausstattung im Stall
  - **Wasserfluss**
  - Konstruktion der Futterautomaten
  - Automatisierte vs. manuelle Fütterung
  - Bodenoberfläche
  - Konstruktion der Buchten
- Futteraufnahme während der Trächtigkeit
  - **Körperkondition beim Abferkeln**
- Sauenfaktoren
  - Dauer der Laktation
  - Wurfgröße
  - Genetik
  - **Parität**
  - Krankheit
- Management
  - **Verfügbarkeit von Wasser**
  - Fütterungshäufigkeit
  - Futtermenge
  - Frische des Futters
  - Einstellung der Futterautomaten

Wenn Sauen in guter Kondition sind und in einer komfortablen Bucht mit Zugang zu reichlich Futter und Wasser abferkeln, trägt dies wesentlich zur Maximierung der Reproduktionsleistung bei.

## Aminosäurebedarf

Die genetische Verbesserung von PIC®-Tieren hat die Wurfgröße und die Milchleistung erhöht, was sich auf den Aminosäurebedarf der laktierenden Sauen auswirkt. Ein Versuch mit 1.000 PIC®-Jungsauen zeigte, dass eine Erhöhung der täglichen SID-Lysin-Aufnahme den täglichen Wurfzuwachs bei Jungsauen verbesserte (linear,  $P = 0,06$ ), wobei die größte Verbesserung zwischen 42 und 59 g täglicher SID-Lysin-Aufnahme beobachtet wurde (Bruder et al., 2018; Abb. I2). Eine Erhöhung der täglichen SID-Lysin-Aufnahme verbesserte den täglichen Ferkelzuwachs bei laktierenden Jungsauen und Sauen geringfügig (linear,  $P = 0,10$ ), wobei die größte Verbesserung zwischen 43 und 57 g täglicher SID-Lysin-Aufnahme beobachtet wurde (Graham et al., 2018; Abb. I9). Eine kürzlich durchgeführte Studie (Silva et al., 2020) mit 600 multiparen laktierenden Sauen (PIC® Camborough®) ergab, dass eine Erhöhung des SID-Lysin-Gehalts von 0,75 auf 1,00 % das Gewicht des Wurfs beim Absetzen und den täglichen Ferkelzuwachs verbesserte (linear,  $P < 0,05$ ); dies war unabhängig vom Energiegehalt des Futters (13,4 oder 14,2 MJ ME/kg) der Fall. Auf der Grundlage der verfügbaren Daten aus den oben genannten Versuchen empfiehlt PIC® derzeit eine Aufnahme von 56,5 g SID Lysin je Tag für Sauen, 59,0 g SID Lysin je Tag für Jungsauen (mindestens 50 g SID Lysin je Tag bei Verwendung von nur einem Laktationsfutter) und 57,0 g SID Lysin je Tag für die Herde.

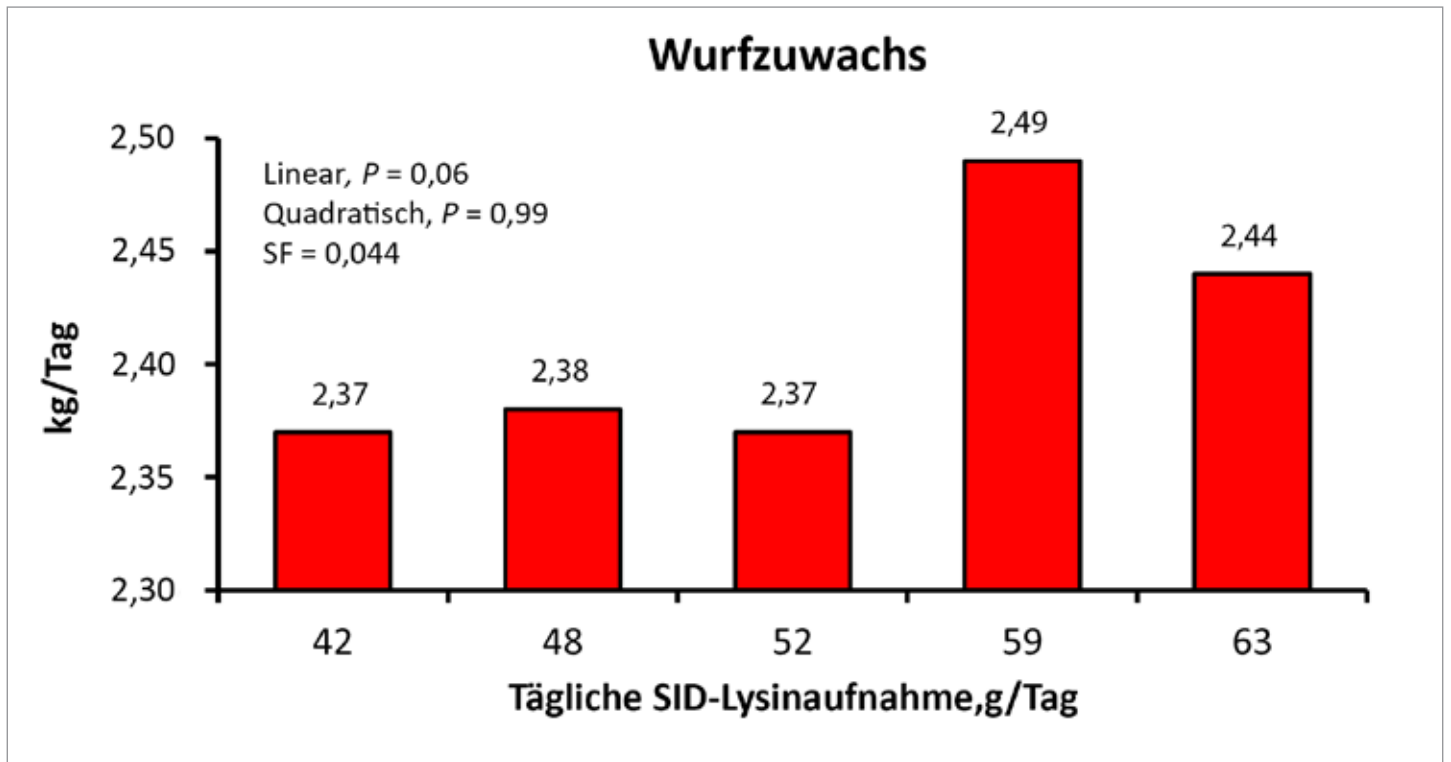


Abb. 12. Auswirkungen der täglichen SID-Lysin-Zufuhr auf den Wurfzuwachs bei laktierenden Jungsaunen (Bruder et al., 2018)

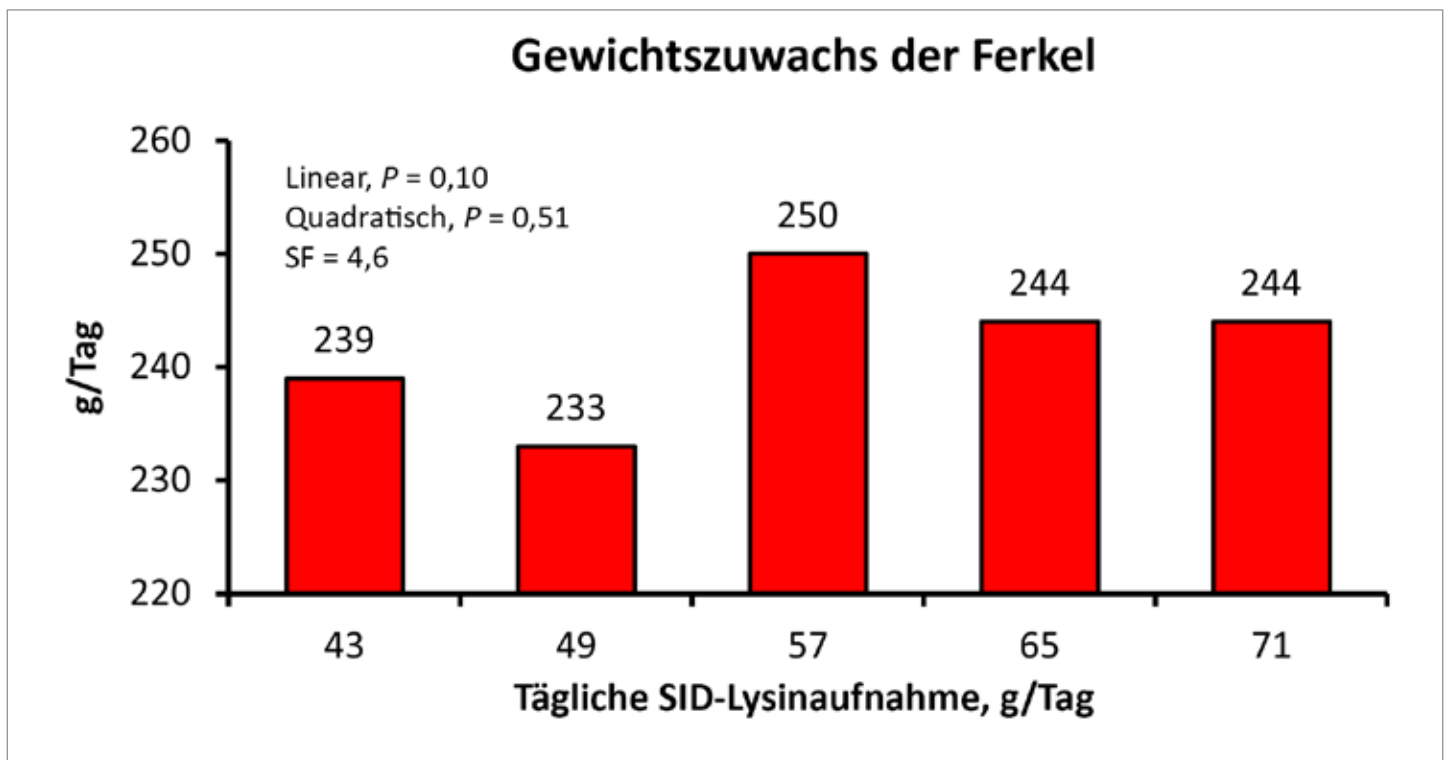


Abb. 13. Auswirkungen der täglichen SID-Lysin-Zufuhr auf den Ferkelzuwachs bei laktierenden Jungsaunen und Saunen (Bruder et al., 2018)



Der Lysin-Gehalt im Laktationsfutter hängt von der Zuwachsrate des Wurfs und der durchschnittlichen Futteraufnahme der Herde ab. Tabelle I2 veranschaulicht, wie der Wurfzuwachs und die Futteraufnahme der Sauen verwendet werden können, um die betriebspezifische SID-Lysin-Konzentration im Futter zu ermitteln. PIC® empfiehlt aus praktischer Sicht einen maximalen SID-Lysin-Gehalt von 1,30 % im Laktationsfutter. Laktationsfutter mit mehr als 30 % Sojaschrot reduziert die Futteraufnahme (Gourley et al., 2020c).

Tabelle I2. Lysin-Konzentrationen im Futter (%) auf Basis vom Wurfzuwachs und Futteraufnahme der laktierenden Sauen<sup>a</sup>

Wurfzuwachs, kg/Tag	Durchschnittliche Futteraufnahme, kg/Tag					SID Lysin, g/Tag
	4,5	5,0	5,4	5,9	6,4	
2,0	0,96	0,87	0,80	0,74	0,68	43,3
2,3	1,09	0,99	0,91	0,84	0,78	49,6
2,5	1,23	1,12	1,03	0,95	0,88	55,9
2,7	1,37 <sup>b</sup>	1,25	1,14	1,05	0,98	62,1

<sup>a</sup>Nach Tokach et al., (2019). Die Beziehung zwischen Wurfzuwachs und Lysin-Bedarf (g/Tag) wurde auf der Grundlage von zwischen 1998 und 2017 durchgeführten, veröffentlichten Studien an primiparen und multiparen Sauen (Sauber et al., 1998; Yang et al., 2000; Xue et al., 2012; Gourley et al., 2017) erarbeitet, wobei von einer 21-tägigen Laktation ausgegangen und kein strenger Zusammenhang zwischen Lysin-Bedarf und Energiezufuhr angenommen wurde.

<sup>b</sup>PIC® empfiehlt kein Laktationsfutter, das mehr als 300 kg Sojaschrot je Tonne oder SID-Lysin-Konzentrationen von über 1,30 % enthält.

Threonin und Valin gelten als zweit- bzw. drittlimitierende Aminosäure für die Laktation (Kim et al., 2001). Greiner et al. (2017) berichteten, dass eine Erhöhung des Verhältnisses von Threonin zu Lysin im Futter (52, 60, 68, 76 bzw. 84 %; n = 291, PIC® Camborough®) den täglichen Wurfzuwachs verbesserte (quadratisch, P = 0,001; Abb. I4). Anhand eines quadratischen Modells der Broken-Line-Regression wurde das optimale Verhältnis von SID Threonin zu Lysin für den Wurfzuwachs bei 65 % bestimmt. Das optimale Verhältnis von SID Valin zu Lysin wurde anhand von 990 PIC®-Camborough®-Sauen bewertet (Touchette et al., 2018). Die Erhöhung des Verhältnisses von SID Valin zu Lysin von 58 auf 93 % verbesserte das Absetzgewicht der Ferkel quadratisch (P = 0,06; Abb. I5). Daraus wurde geschlossen, dass ein Verhältnis von SID Valin zu Lysin im Futter von nur 65 % vorgesehen werden kann, ohne dass die Leistung von Sauen oder Ferkeln beeinträchtigt wird.

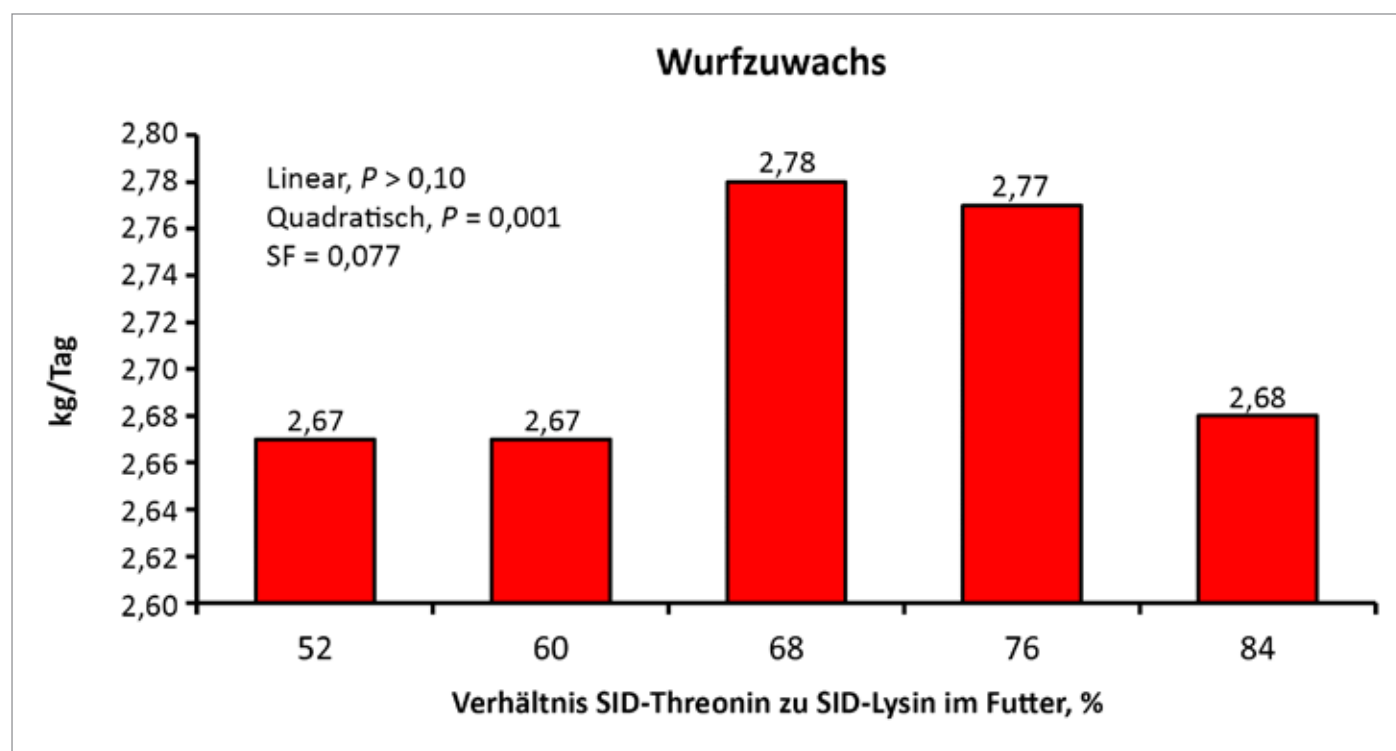


Abb. I4. Auswirkungen des Verhältnisses von SID Threonin zu Lysin im Futter auf den Wurfzuwachs bei laktierenden Sauen (Greiner et al., 2017)

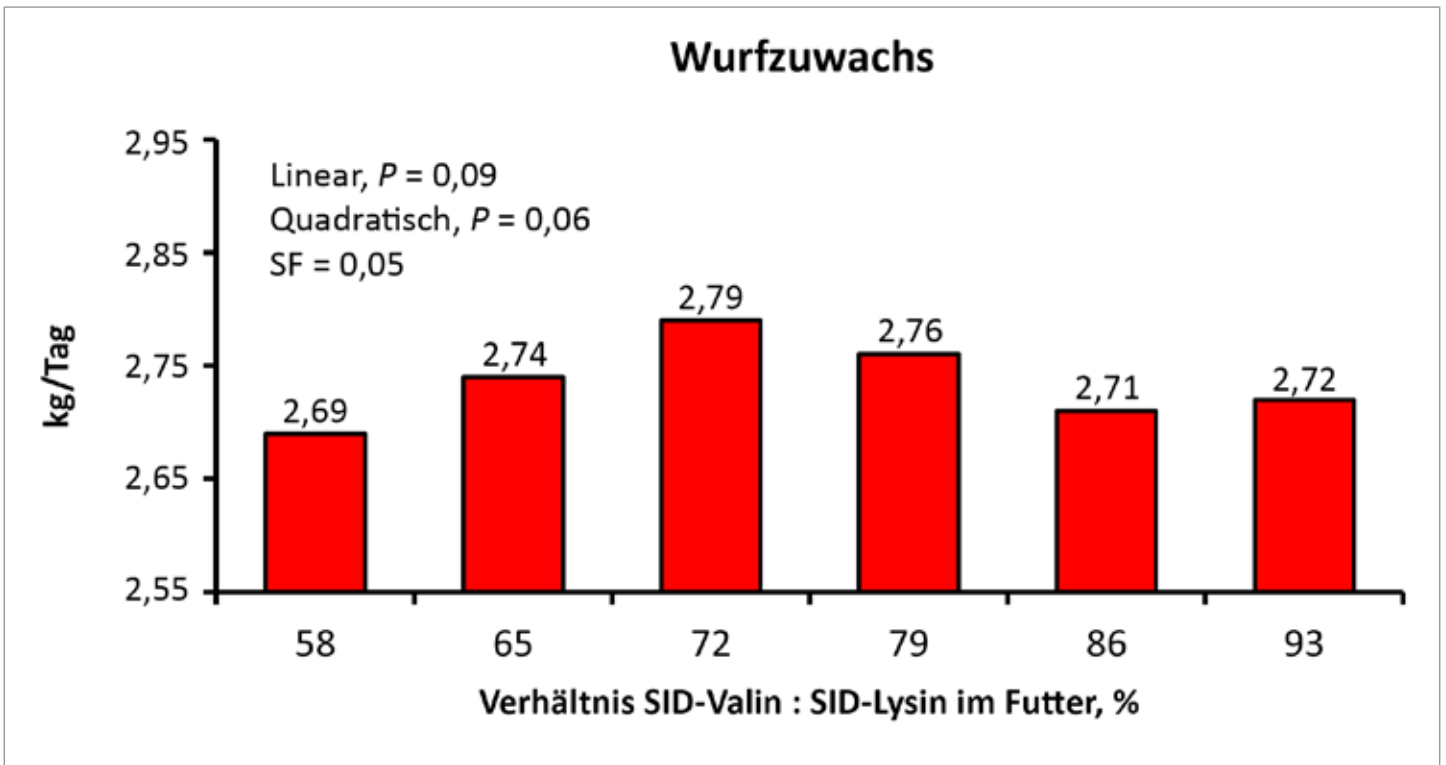
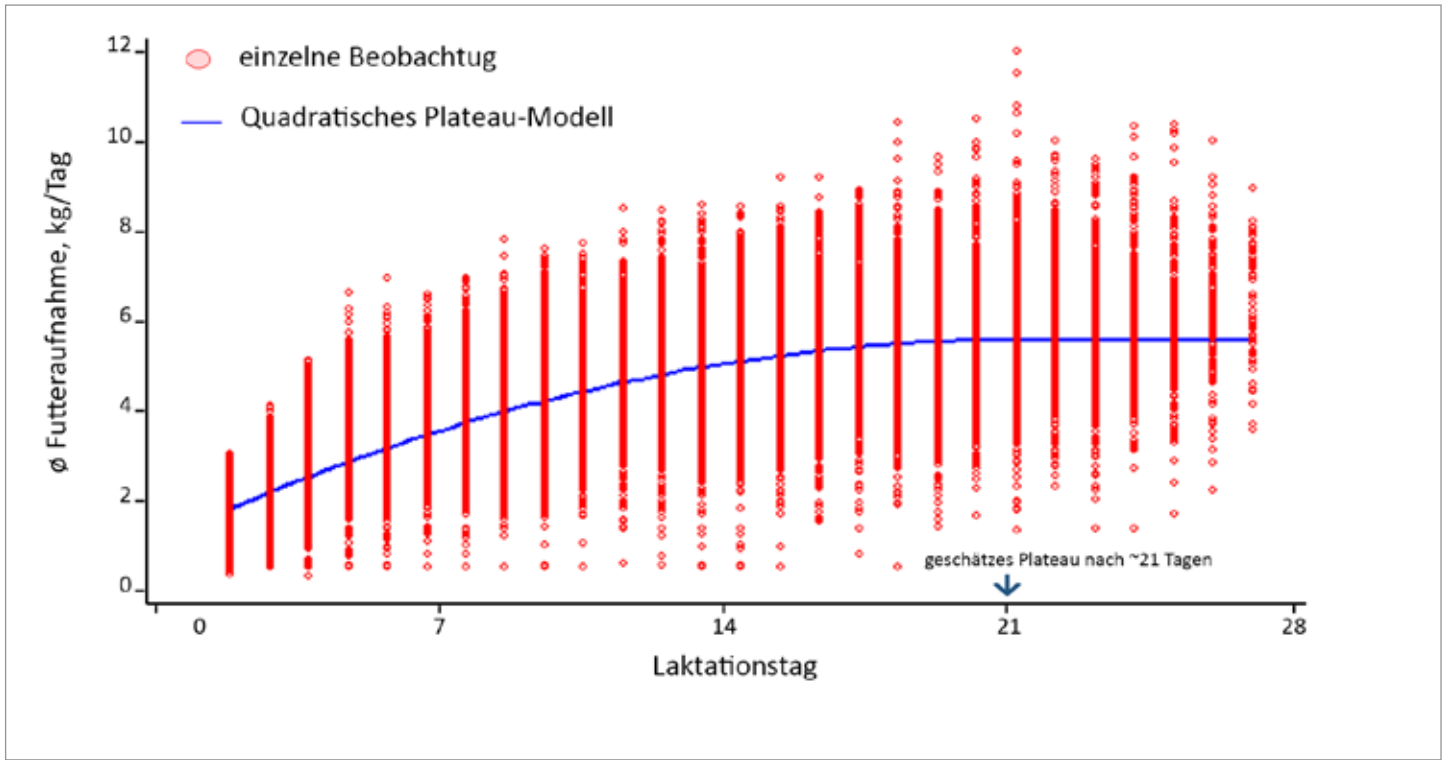


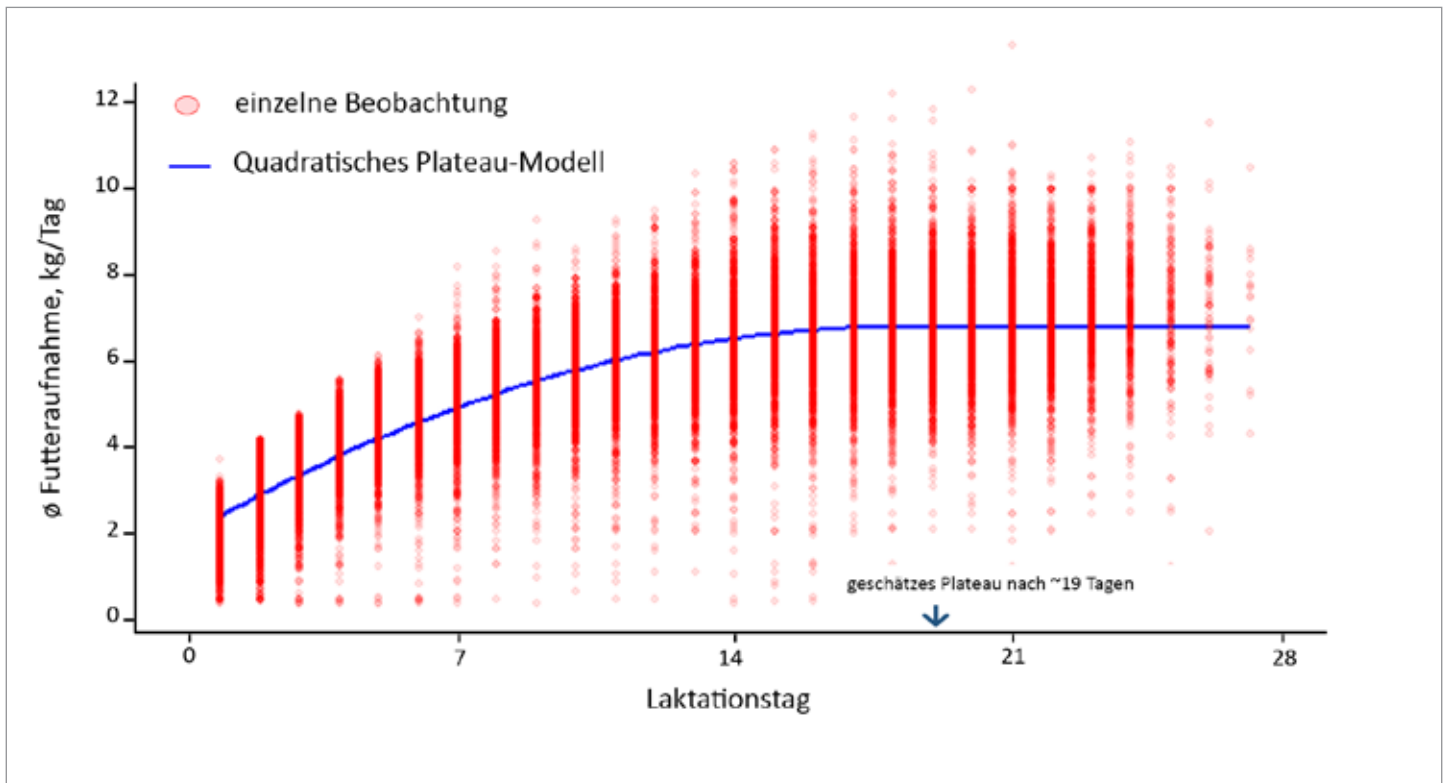
Abb. 15. Auswirkungen des Verhältnisses von SID Valin zu Lysin im Futter auf den Wurfzuwachs bei laktierenden Sauen (Greiner et al., 2018)

Insgesamt wurden 37.402 Beobachtungen der Futtermittelaufnahme von 405 PIC®-Camborough®- und 1.665 PIC®-L03-Sauen in zwei kommerziellen Sauenbetrieben über einen Zeitraum von 10 Monaten bzw. 3 Jahren ausgewertet, um die tägliche Futtermittelaufnahme während der Laktation für Sauen der Parität 1 und 2+ zu quantifizieren und zu modellieren (Abb. 16 und 17). Das Modell für die Futtermittelaufnahme von laktierenden Jungsaugen zeigt, dass die Futtermittelaufnahme um den 21. Tag der Laktation ein Plateau erreicht und die aufgenommene Futtermittelmenge in der Laktation insgesamt für jeden Tag über 21 Tage um ~47 g ansteigt. Das Modell für die Futtermittelaufnahme von laktierenden Sauen in den Wurfnummern 2 und höher zeigt, dass die Futtermittelaufnahme um den 19. Tag der Laktation ein Plateau erreicht und aufgenommene Futtermittelmenge in der Laktation insgesamt für jeden Tag über 19 Tage um ~57 g ansteigt.



\*Die tägliche Futteraufnahme wird in Abhängigkeit vom Tag der Laktation geschätzt. Tägliche Futteraufnahme für Sauen der Parität 1 =  $(3,234049 + 0,949148 \times \text{Tag} - 0,022863 \times \text{Tag}^2) \div 2,204622$  (kg/Tag,  $R^2 = 0,53$ )

Abb. I6. Tägliche Futteraufnahme während der Laktation bei PIC®-Sauen der Parität 1 (Jerez et al., 2021)a



\*Die tägliche Futteraufnahme wird in Abhängigkeit vom Tag der Laktation geschätzt. Tägliche Futteraufnahme für Sauen der Parität 2+ =  $(4,104837 + 1,201068 \times \text{Tag} - 0,031364 \times \text{Tag}^2) \div 2,204622$  (kg/Tag,  $R^2 = 0,60$ )

Abb. I7. Tägliche Futteraufnahme während der Laktation bei PIC®-Sauen der Parität 2+ (Jerez et al., 2021)a

Sorgen Sie für frisches Futter und stellen Sie die Futterautomaten während der Laktation richtig ein, um so die Futterraufnahme anzuregen (Abb. 18 und 19).



Abb. 18. Korrekt eingestellter Futterautomat für die Laktation mit frischem Futter



Abb. 19. Falsch eingestellter Futterautomat für die Laktation mit schimmeligem Futter

### Dynamisches Fütterungsprogramm für PIC®-Sauen

Eine adäquate Nährstoffaufnahme während der Laktation ist einer der wichtigsten Aspekte für die Ausschöpfung des genetischen Potenzials von PIC®-Sauen. Die interaktive, webbasierte Anwendung Dynamic Feeding Program (Dynamisches Fütterungsprogramm) für PIC®-Sauen wertet die Ernährungs- und Produktionsdaten von Benutzern aus und liefert maßgeschneiderte Empfehlungen für die Deckung des täglichen Nährstoffbedarfs laktierender Sauen. [Hier klicken](#), um das Tool auf einem Computer, Smartphone oder Tablet aufzurufen.

# Abgesetzte Sau



Das Fütterungsmanagement für abgesetzte Sauen konzentriert sich auf die Wiederherstellung der während der Laktation verlorenen Körpersubstanz und die Förderung der Ovulationsrate, um einen großen Folgewurf zu gewährleisten.

- Die Ernährung und Fütterung während des Absetz-Beleg-Intervalls können zurückliegende Fehler wie Überkonditionierung in der Trächtigkeit oder schlechte Futteraufnahme in der Laktation nicht ausgleichen.
- Die Fütterung von 3,0 kg/Tag Futter für tragende Sauen mit 36,4 MJ ME und 16,0 g SID Lysin pro Tag ist für eine Maximierung der späteren Reproduktionsleistung ausreichend.
- Füttern Sie nur Sauen *ad libitum*, die sich bei der Caliper-Messung als dünn erweisen.
- Lassen Sie keine Fütterungen aus (bedenken Sie die praktischen Auswirkungen am Tag des Absetzens).
- Gruppieren Sie Sauen nach Körperkondition.
- Stellen Sie sicher, dass das Futter frisch ist, um Abfall und Verderb zu minimieren.

## Fütterung während des Absetz-Beleg-Intervalls

Menegat et al. (2018) konnten zeigen, dass 2,5 kg/Tag eines Futters für tragende Sauen mit 13,5 MJ und 0,60 % SID Lysin offenbar ausreichen, um den Bedarf abgesetzter Sauen an SID Lysin und Energie zu decken (Abb. J1). Die Körperkondition der abgesetzten Sau sollte die Futterzufuhr bestimmen.

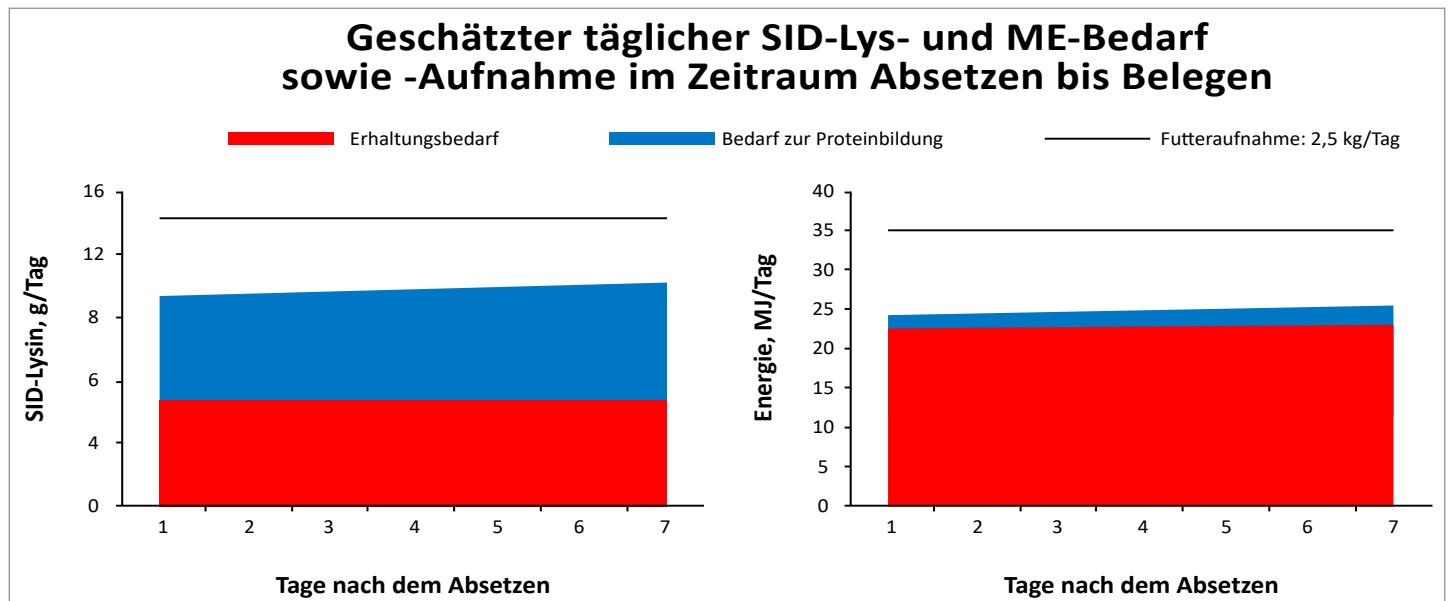


Abb. J1. Geschätzter täglicher SID-Lysin- (g/Tag) und ME-Bedarf (MJ/Tag) und Aufnahme von multiparen Sauen während des Absetz-Beleg-Intervalls (nach Menegat et al., 2018). Es wird von einer Zunahme von 1,0 kg/Tag und einer Futterzufuhr von 2,5 kg/Tag eines Futters für tragende Sauen mit 13,5 MJ und 0,60 % SID Lysin von Tag 1 bis 7 nach dem Absetzen ausgegangen.

Mehrere neuere kommerzielle Großversuche haben gezeigt, dass Sauen in guter Körperkondition während des Absetz-Beleg-Intervalls (ABI) nicht von hohen Futtergaben (Tabelle J1) profitieren. Graham et al. (2015) fanden keinen Nachweis für Unterschiede bei ABI, Abferkelrate (AFR), Gesamtgeborene (GG) und Lebendgeborene (LG), wenn Sauen mit einem Body-Condition-Score von über 2,75 mit 2,7, 3,6 oder 5,5 kg/Tag gefüttert wurden. Almeida et al. (2017) beobachteten Verbesserungen bei AFR und der Anzahl der lebend geborenen Ferkel je 100 belegte Sauen (Ferkelrate), wenn Sauen 3,7 kg/Tag anstatt 2,7 kg/Tag vorgelegt wurden. Drei nachfolgende Studien konnten jedoch keine Verbesserungen der Reproduktionsleistung bei einer Erhöhung der Futtermenge über 2,7 kg/Tag während des ABI nachweisen (Almeida et al., 2018; Gianluppi et al., 2019; Lu et al., 2021). Es wurde gezeigt, dass eine erhöhte Futteraufnahme während des ABI die Reproduktionsleistung unterkonditionierter Sauen verbessert (Baidoo et al., 1992).

Tabelle J1. Zusammenfassung von Versuchen zu den Auswirkungen der Futterzufuhr während des Absetz-Beleg-Intervalls auf die Leistung von Sauen und Ferkeln

Versuch	Futtermenge, kg/Tag	Absetz-Beleg-Intervall, Tage	Abferkelrate, %	Gesamtzahl der geborenen Ferkel, n	Lebendgeburten (LG), n	LG-Index <sup>1</sup> , n
Graham et al., 2015	2,7	5,1	85,4	14,3	13,1	1.119
	3,6	5,0	87,0	13,9	12,9	1.122
	5,5	5,0	82,3	13,9	12,9	1.062
Almeida et al., 2017	2,7	NR	88,3 <sup>b</sup>	14,6	13,4	1.144 <sup>b</sup>
	3,7	NR	93,3 <sup>a</sup>	15,0	13,7	1.262 <sup>a</sup>
Almeida et al., 2018	2,6	4,2	88,1	15,1	13,8	1.219
	3,5	4,2	88,2	15,3	13,8	1.220
Gianluppi et al., 2019 – P1	2,7	5,0	92,0	14,0	13,3	1.227
	4,3	5,7	86,1	13,8	13,2	1.135
Gianluppi et al., 2019 – P2+	2,7	4,5	93,4	15,2	14,3	1.340
	4,3	4,6	92,6	15,5	14,5	1.340
Lu et al., 2021 <sup>2</sup>	3,0	4,7	97,4	15,3	14,0	1.372
	4,5	4,7	95,7	15,6	14,3	1.362

<sup>a,b</sup>Mittelwerte mit unterschiedlichen Hochstellungen innerhalb einer Spalte/eines Versuchs bedeuten Unterschiede ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Anzahl der lebend geborenen Ferkel je 100 belegte Sauen, berechnet als LG-Index = Abferkelrate, % × lebend geborene Ferkel, n × 100.

<sup>2</sup>Die Sauen in der Kontrollgruppe erhielten 3 kg Trächtigkeitstutter/Tag; die Sauen in der Behandlungsgruppe erhielten 4,5 kg Trächtigkeitstutter/Tag sowie 200 g Glukose/Tag.

Neuere Studien zeigen keinen Nutzen, wenn Sauen während des ABI mit Laktationsfutter gefüttert werden (Abb. J2. Almeida et al., 2018; Gianluppi et al., 2019).

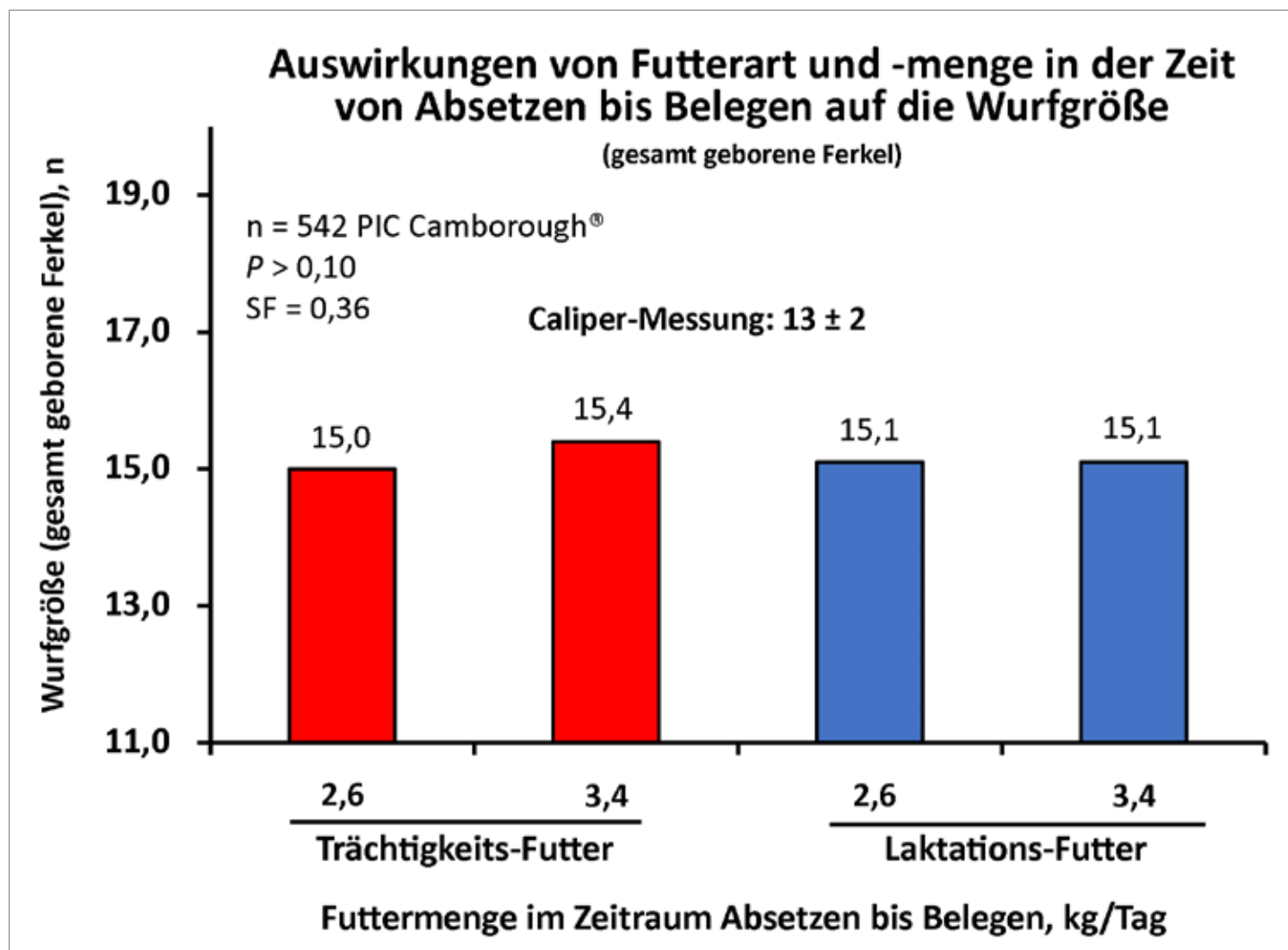


Abb. J2. Gesamtzahl der geborenen Ferkel von Sauen in guter Körperkondition, die während des Absetz-Beleg-Intervalls mit Trächtigkeits- oder Laktationsfutter gefüttert wurden (Almeida et al., 2018)

PIC® empfiehlt für Sauen mit einem idealen Caliper-Score die Fütterung von 3,0 kg pro Tag (36,4 MJ ME/Tag) eines konventionellen Trächtigkeitsfutters. Füttern Sie nur Sauen *ad libitum*, die sich in der Caliper-Messung als dünn erweisen. Lassen Sie am Tag des Absetzens keine Fütterungen aus, da dies die Ausschüttung von lutenisierendem Hormon und die Fruchtbarkeit der Sauen beeinträchtigt. Im Deckstall sollten die Sauen entsprechend ihrer Körperkondition gruppiert werden. Beim Fütterungsmanagement für abgesetzte Sauen ist auf ein Gleichgewicht zwischen der Bereitstellung von ausreichend frischem Futter und der Vermeidung von Abfall und Verderb zu achten. Teilen Sie die tägliche Futtermenge für abgesetzte Sauen auf 2 bis 3 Mahlzeiten auf.



## Aufzuchtferkel



Das Ernährungsprogramm für Aufzuchtferkel konzentriert sich auf die Maximierung der Futteraufnahme in der ersten Woche nach dem Absetzen, vorzugsweise unter Verwendung hochverdaulicher Rationen. Ziel ist es, die Ferkel so schnell wie möglich auf ein einfacheres Futter umzustellen.

- Das Alter beim Absetzen und eine hohe Futteraufnahme nach dem Absetzen sind für die Leistungsmaximierung in der Ferkelaufzucht entscheidend.
- Füttern Sie Milchprodukte und spezielle Proteinquellen nicht über das Alter von 42 Tagen hinaus.
- Decken Sie den Lysin-Bedarf in der letzten Phase der Ferkelaufzucht, da die Ferkel während dieser Zeit am meisten wachsen.
- Ein ausreichendes Aminosäurenverhältnis ist besonders wichtig, wenn Rationen gemäß dem SID-Lysin-Bedarf oder darunter formuliert sind.
- Der vom NRC 2012 angegebene Natriumbedarf von Aufzuchtferkeln ist verlässlich. Modernen Rationen muss oft mehr Salz zugesetzt werden, um die NRC-Werte zu erreichen, da alternative Laktosequellen und weniger tierische Proteine verwendet werden.

## Absetzferkel

Das Absetzalter ist ein wichtiger Faktor, da es sich direkt auf das Absetzgewicht, die Wachstumsleistung nach dem Absetzen und die Lebensfähigkeit auswirkt. Studien zum Absetzalter haben gezeigt, dass ein höheres Alter die spätere Wachstumsleistung, die Überlebensrate, die Funktion der Darmbarriere und die Immunreaktion verbessert (Main et al., 2004; Moeser et al., 2007). Wenn Ferkel erst später abgesetzt werden, sind sie physiologisch reifer und besser in der Lage, sich auf Trockenfutter umzustellen. Aufgrund des Drucks, den Antibiotikaeinsatz in der Schweineindustrie zu reduzieren, wird das Absetzalter weiter an Bedeutung gewinnen.

Faccin et al. (2020) bewerteten kürzlich die Auswirkungen eines höheren Absetzalters (18,5, 21,5, 24,5 Tage) und des Einsatzes von Antibiotika im Futter auf die Leistung von Schweinen in einem kommerziellen Produktionssystem. Die Autoren konnten keine Wechselwirkungen zwischen den beiden Faktoren feststellen, und beide trugen zur Verbesserung der Leistung und des Verkaufsgewichts je abgesetztem Schwein bei. Jeder Tag, um den das Absetzalter erhöht wurde, führte zu einem zusätzlichen Gewicht von 0,70 kg je verkauftem Schwein.

Es ist entscheidend, die Futterraufnahme von Absetzferkeln zu maximieren, da die Tiere in hohem Maße von ihrer Energieaufnahme abhängig sind. Eine erhöhte Futterraufnahme in der ersten Woche nach dem Absetzen erhöht den Digestafluss, verringert die Vermehrung von Bakterien im Darm und reduziert die Häufigkeit von Durchfall.

Es ist äußerst wichtig, dass die Tiere sofort nach ihrer Einstellung *ad libitum* Zugang zu Futter und Wasser haben. Eine umfangreiche epidemiologische Studie konnte zeigen, dass eine geringe Futterraufnahme nach dem Absetzen im Vergleich zu einer hohen Futterraufnahme die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass Ferkel Durchfall bekommen (Madec et al., 1998). Daher sind das Alter zum Zeitpunkt des Absetzens und eine hohe Futterraufnahme nach dem Absetzen für die Leistungsmaximierung in der Ferkelaufzucht entscheidend. Wenn Sie weitere Informationen zu Aspekten des Managements für eine bessere Futterraufnahme nach dem Absetzen, z. B. Boden- oder Breifütterung, wünschen, [klicken Sie hier](#), um das PIC®-Handbuch „Wean to Finish“ (Absetzen bis Mast) aufzurufen.

## Phasenfütterung

Aufgrund der Entwicklung des Verdauungssystems von Absetzferkeln werden in der Ferkelaufzucht in der Regel drei verschiedene Rationen gefüttert. Die Fütterungsdauer für jede Ration/Phase ist je nach Absetzalter unterschiedlich (Tabelle K1). PIC® empfiehlt im Allgemeinen die Fütterung der Phasen 1 und 2 an Schweine bis zu einem maximalen Alter von 42 Tagen. Der Grund hierfür sind die hohen Kosten von Milchprodukten und speziellen Proteinen in der frühen Ferkelaufzucht. Das Fütterungsprogramm für die Ferkelaufzucht macht etwa 10 bis 15 % der gesamten Futterkosten für die Produktion eines Schweins aus.

Tabelle K1. Empfehlungen für die Fütterungsdauer verschiedener Absetzfutter in Abhängigkeit vom Absetzalter<sup>1</sup>

Absetzalter, Tage	Phase 1 Absetzen bis ~7,5 kg		Phase 2 ~7,5 bis 11,5 kg		Phase 3 11,5 bis 22,5 kg	
	Dauer, Tage	Ausstallalter, Tage	Dauer, Tage	Ausstallalter, Tage	Dauer, Tage	Ausstallalter, Tage
18 bis 20	8	26 bis 28	14 bis 16	42	21	63
21 bis 22	7	28 bis 29	13 bis 14	42	21	63
23 bis 24	6	29 bis 30	12 bis 13	42	21	63
25 bis 28	5	30 bis 33	9 bis 12	42	21	63

<sup>1</sup>Das Futterbudget hängt von der Futterraufnahme ab, die je nach Management, Lieferlogistik, Konstruktion der Futterautomaten, Gesundheitszustand usw. variieren kann.

## Phase 1 – Absetzen bis ~7,5 kg

Die Fütterung von frisch abgesetzten Ferkeln erfordert eine Ernährung mit einem höheren Anteil an hochverdaulichen Kohlenhydraten und Eiweißquellen, um die Futterraufnahme zu maximieren und gleichzeitig das Verdauungssystem der Tiere zu fördern. Diese Fütterung ist in der Regel mit höheren Kosten je Tonne verbunden als in den nachfolgenden Phasen.

Die am häufigsten verwendeten hochverdaulichen Kohlenhydrate sind Laktosequellen wie kristalline Laktose, Molkepulver und Molkepermeat. Hohe Laktosegehalte von 14 % oder mehr sind erwünscht, müssen aber aufgrund ihrer hohen Kosten auf kurze Zeit begrenzt werden. Molkepulver wird in der Regel wegen der gleichmäßigeren Qualität gegenüber Molkepermeat bevorzugt; hochwertiges Molkepermeat kann jedoch als alleinige Laktosequelle eingesetzt werden. Weitere hochverdauliche Kohlenhydratquellen können einen Teil der Laktose ersetzen, wenn Wirtschaftlichkeit und Qualität gewährleistet sind (z. B. Maltose, Dextrose, Maltodextrin, mikronisierter Mais, mikronisierter Reis, Hafergrütze usw., Guo et al., 2015). Bei der Wahl der Laktosequelle ist Vorsicht geboten, und im Allgemeinen sind Laktosequellen von Lebensmittelqualität die bevorzugte Option (Bergstrom et al., 2007).

Absetzferkel reagieren vorübergehend überempfindlich auf Sojaschrot (Engle, 1994). Ein praktischer Höchstwert für diese Phase ist 20 % Sojaschrot, um die Anpassung an einfachere Rationen mit einem höheren Anteil an Sojaschrot in den nachfolgenden Phasen zu erleichtern. Pflanzliche Eiweißquellen liefern in der Regel den größten Teil des Proteins in der Ferkelaufzucht, aber Aminosäuren in Futtermittelqualität und tierische Eiweißquellen können den Anteil von Sojaschrot in der Ernährung von Aufzuchtferkeln verringern. Anteile von bis zu 14 % Sojaproteinkonzentrat und 6 bis 15 % fermentiertes Sojaschrot sind möglich, ohne dass Wachstum oder Futterraufnahme beeinträchtigt werden (Cho et al., 2007; Jones et al., 2010; Kim et al., 2010). Eine Studie deutete jedoch auf eine geringfügig niedrigere Gesamtfutterraufnahme von Aufzuchtferkeln hin, wenn ihnen fermentiertes Sojaschrot mit einer Beimischungsrate von 8 % gefüttert wurde. Fischmehl kann mit einem Anteil von etwa 3 bis 6 % zugesetzt werden, um die Futterraufnahme in der frühen Absetzphase anzuregen (Jones et al., 2018). Beachten Sie jedoch, dass die Qualität von Fischmehl je nach Quelle sehr stark variieren kann (Kim und Easter, 2001), wobei der Mineral- und Fettgehalt einen Anhaltspunkt für den Futterwert von Fischmehl bietet (z. B. maximal 20 % Asche und mindestens 7,5 % Fett).

## Phase 2 – ~7,5 bis 11,5 kg

Reduzieren Sie in Phase 2 die Komplexität der Rationen, indem Sie eine Getreidequelle, Sojaschrot und einen geringeren Anteil an Laktose und speziellen Proteinquellen füttern. Laktose wird in der Regel auf etwa 7 % reduziert, während der Gehalt an Sojaschrot in der Regel auf maximal 28 % der Ration erhöht wird (Jang et al., 2019). Da Tryptophan, Valin und Isoleucin in Futtermittelqualität weithin verfügbar und kostengünstiger sind, können spezielle Proteine in den Rationen für diese Phase wirtschaftlich reduziert oder eliminiert werden.

## Phase 3 – ~11,5 bis 22,5 kg

Die Rationen für Phase 3 bestehen in erster Linie aus einer Getreidequelle und Sojaschrot ohne Zusatz von Laktose oder speziellen Proteinquellen. Sie enthalten ähnliche Inhaltsstoffe wie die Rationen für Mastschweine. Das Wachstumspotenzial von Aufzuchtferkeln ist in dieser Phase am größten, und es ist von entscheidender Bedeutung, dass ihr Nährstoffbedarf, insbesondere an Lysin, gedeckt wird.

## Weitere Überlegungen

Häufig wird davon ausgegangen, dass sich eine zusätzliche Gewichtszunahme in der Ferkelaufzucht während der Mast multipliziert. Die zusätzliche Gewichtszunahme, die bei Aufzuchtferkeln durch Fütterungsmaßnahmen erzielt wird, kann während der gesamten Mastdauer beibehalten werden, lässt sich aber wahrscheinlich nicht steigern. Mehrere Studien haben gezeigt, dass der Einsatz komplexer Rationen die Futterraufnahme und die Wachstumsrate bei jungen Schweinen erhöht (Wolter et al., 2003; Skinner et al., 2014; Lunedo et al., 2020). Der in der Ferkelaufzucht gewonnene Nutzen stieg jedoch bis zur Mast nicht an (Whang et al., 2000; Wolter et al., 2003; Skinner et al., 2014).

Eine Steigerung des Lysin-Gehalts und anderer Aminosäuren in den Rationen von Aufzuchtferkeln führt zu einer Verbesserung der Wachstumsrate und der Futtereffizienz (Kendall et al., 2008; Jones et al., 2014). Jüngste Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass Aufzuchtferkel nach kurzfristigem Aminosäurenmangel kompensatorisches Wachstum aufweisen können (Nemcheck et al., 2018; Totafurno et al., 2019). In der Praxis bedeutet dies, dass Lysin im Futter in den ersten zwei bis drei Wochen nach dem Absetzen reduziert werden kann, wodurch die Futterkosten und der Rohproteingehalt des Futters gesenkt werden. Letzteres könnte sich positiv auf die Darmgesundheit auswirken (Heo et al., 2009).

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zugabe von Aminosäuren in Futtermittelqualität als teilweiser Ersatz für spezielle Proteine verwendet werden kann, solange das Verhältnis von SID Lysin zu Rohprotein unter 6,40 gehalten wird (Millet et al., 2018). Ein adäquates Aminosäurenverhältnis ist besonders wichtig, wenn Rationen gemäß dem SID-Lysin-Bedarf oder darunter formuliert sind (Clark et al., 2017a).

Das Verhältnis von Tryptophan (Trp) zu Lysin kann sich erheblich auf die Futterraufnahme und Wachstumsrate auswirken. Je nach dem spezifischen Szenario eines Systems mit fester Mastdauer oder festem Endgewicht kann ein unterschiedliches Trp-Lysin-Verhältnis die Rentabilität maßgeblich beeinflussen. Ausführliche Informationen über das optimale Verhältnis von SID Trp zu Lysin finden Sie in Abschnitt A. Threonin ist nicht nur an der Proteinsynthese beteiligt, sondern spielt auch eine Rolle für die Darmgesundheit und die Immunität (Ruth und Field, 2013). Hygienemängel und Gesundheitsprobleme können den Threoninbedarf beeinflussen. PIC® hat das Verhältnis von Threonin zu Lysin in den Rationen für Aufzuchtferkel auf der Grundlage einer kürzlich unter kommerziellen Bedingungen durchgeführten Studie aktualisiert (De Jong et al., 2018). Auch mehrere andere Dosis-Wirkungs-Studien haben den Aminosäurebedarf von Aufzuchtferkeln untersucht (Gonçalves et al., 2015; Jayaraman et al., 2015; Clark et al., 2017b; Kahindi et al., 2017; Cemin et al., 2018) und können als Referenz für die Festlegung der Empfehlungen für das Aminosäurenverhältnis herangezogen werden. Weitere Einzelheiten zu Aminosäuren finden Sie in den Abschnitten A und C.

Der Natriumbedarf (Na-Bedarf) von Aufzuchtferkeln von 5,5 bis 6,8, 6,8 bis 11,5 und 11,5 bis 22,5 kg liegt bei 0,40, 0,35 bzw. 0,28 % (NRC, 2012; Shawk et al., 2018). Modernen Rationen muss oft mehr Salz zugesetzt werden, um den Na-Bedarf von Schweinen zu decken, da weniger Fisch und tierische Proteine verwendet werden. Die Laktosequelle liefert nur selten den gesamten Na-Bedarf. Es ist auch wichtig, den Kalziumüberschuss im Futter junger Schweine zu minimieren, um eine Leistungsminderung zu vermeiden, insbesondere wenn der Phosphorgehalt dem Bedarf entspricht oder darunter liegt (González-Vega et al., 2016a,b; Merriman et al., 2017; Wu et al., 2018). Weitere Einzelheiten zum Kalzium- und Phosphorbedarf finden Sie in Abschnitt D.

## Mastschwein



Das Ziel bei der Zusammenstellung von Futterrationen für Mastschweine ist es, die Wirtschaftlichkeit zu maximieren.

- Die PIC<sup>®</sup>-Empfehlungen für Lysin und Phosphor zur Maximierung der biologischen Leistung wurden auf der Grundlage neuester Forschungsergebnisse aktualisiert.
- Es sind neue Tools sind verfügbar, um die kosteneffizientesten Mengen an Energie, Lysin, Tryptophan und Phosphor zu bestimmen. [Hier klicken](#), um die Tools aufzurufen.
- Neuere Studien haben gezeigt, dass bei einem Leucinüberschuss eventuell das Verhältnis von Isoleucin, Valin und Tryptophan angepasst werden muss.
- Nutzen Sie das PIC<sup>®</sup>-Tool Seasonal Diet Formulation (saisonale Futterrezepturen) und wenden Sie proaktiv Strategien an, um das Marktgewicht in Zeiten zu steigern, in denen Sie hohe Rentabilität erwarten.

## Futterrezeptur für Mastschweine

Die Schritte bei der Ermittlung der Futterrezeptur für Mastschweine entsprechen den in Abschnitt A dieses Handbuchs beschriebenen Grundsätzen:

### 1. Bestimmung des optimalen Lysin-Energie-Verhältnisses.

Mithilfe des Tools *SID-Lysin-Bedarf für maximale biologische Leistung* können Nutzer den SID-Lysin-Gehalt bestimmen, der die Wachstumsrate von Schweinen innerhalb eines bestimmten Gewichtsbereichs maximiert. Dieses PIC®-Tool wurde aktualisiert und kann jetzt im Bereich von 11 bis 150 kg angewendet werden. Der *SID-Lysin-Wirtschaftlichkeitsrechner* hilft Nutzern, die Wirtschaftlichkeit ihrer aktuellen Lysin-Gehalte mit den Lysin-Anforderungen für maximale biologische Leistung zu vergleichen. Ausführliche Informationen zu diesen beiden Tools finden Sie in Abschnitt C.

### 2. Bestimmung des wirtschaftlichsten Energiegehalts.

Energie ist in jedem Mastfutter der größte Kostenfaktor und beeinflusst die Wachstumsleistung erheblich. Mit dem Tool *Optimaler NE-Gehalt* können Nutzer den NE-Gehalt im Futter ermitteln, der das höchste Einkommen nach Gesamtkosten je Schwein auf Lebend- oder Schlachtkörperbasis ergibt. Ausführliche Informationen zu diesem Tool finden Sie in Abschnitt B.

### 3. Bestimmung der Verhältnisse für die anderen Aminosäuren.

Das Verhältnis von Tryptophan (Trp) zu Lysin kann sich erheblich auf die Futtermittelaufnahme und Wachstumsrate auswirken. Je nach dem spezifischen Szenario eines Systems mit fester Mastdauer oder festem Endgewicht kann ein unterschiedliches Trp-Lysin-Verhältnis die Rentabilität maßgeblich beeinflussen. Ausführliche Informationen über das optimale Verhältnis von SID Trp zu Lysin finden Sie in Abschnitt A.

Die Verwendung von faserigen Nebenprodukten aus der Mais- oder Weizenverarbeitung im Mastfutter ist eine gängige Praxis, um Futterkosten zu senken. Allerdings kann ein höherer Fasergehalt im Futter den optimalen Threoninegehalt beeinflussen. Mathai et al. (2016) berichteten, dass das Verhältnis von Threonin zu Lysin für eine maximale LTZ von 66 auf 71 % anstieg, wenn der NDF-Gehalt im Futter von Schweinen mit einem Gewicht von 25 bis 50 kg von 8,3 auf 16,6 % erhöht wurde.

Valin gilt bei Mastschwein-Rationen auf der Basis von Mais und Sojaschrot gemeinhin als fünftlimitierende Aminosäure (Figueroa et al., 2003). In einer aktuellen Studie wurde berichtet, dass mit Verhältnissen von SID Valin:Lysin von 68 % bzw. 63 % bei Schweinen mit einem Gewicht von 25 bis 45 kg 99 % der maximalen mittleren LTZ und LTZ:FVW erreicht wurden (Gonçalves et al., 2018).

Eine Steigerung des Verhältnisses von SID Leucin zu Lysin im Futter von 100 auf 300 % führte zu einer linearen Verringerung der Wachstumsrate und der Futtermittelaufnahme und verschlechterte die Futtereffizienz (Kwon und Stein, 2019; Kwon et al., 2019). Leucin ist in Rationen auf der Basis von Mais in der Regel im Überschuss vorhanden, da es in Mais oder Maisnebenprodukten in hoher Konzentration enthalten ist. Eine Metaanalyse von 44 Versuchen kam zu dem Schluss, dass der Zusatz von Valin, Isoleucin und Tryptophan, allein oder in Kombination, das Potenzial hat, die nachteiligen Auswirkungen eines Leucinüberschusses auf die Wachstumsleistung abzuschwächen (Cemin et al., 2019). Eine alleinige Erhöhung des Verhältnisses von SID Trp zu Lysin im Futter konnte die negativen Auswirkungen eines Leucinüberschusses im Futter nur teilweise abmildern. Ein Beispiel für die Anpassung des Verhältnisses der verzweigtkettigen Aminosäuren an den Leucinegehalt ist in Abschnitt R dargestellt.

Die empfohlenen Verhältnisse von Aminosäuren im Futter zu Lysin sind in den Nährstoffspezifikationstabellen am Ende dieses Handbuchs aufgeführt.

### 4. Bestimmung des Phosphorgehalts.

Phosphor ist der drittteuerste Nährstoff in der Schweinefütterung. Phosphor wird für das Wachstum, die Bildung von Muskelgewebe und die Knochenmineralisierung benötigt (Berndt und Kumar, 2009). Das Tool *Berechnung des optimalen STTD P* bestimmt den Phosphor-Bedarf für maximale biologische Leistung und hilft Nutzern, die Wirtschaftlichkeit ihrer aktuellen STTD-P-Gehalte mit den biologischen Anforderungen zu vergleichen. Ausführliche Informationen über dieses Tool finden Sie in Abschnitt D.

## 5. Bestimmung der Gehalte an Kalzium, Vitaminen, Spurenelementen, Salz und anderen Inhaltsstoffen.

Das Verhältnis zwischen Kalzium und Phosphor bestimmt im Allgemeinen den Kalziumgehalt im Futter. Vier et al. (2019b) berichteten, dass das Verhältnis von analysiertem Ca zu analysiertem P, das die LTZ bei Schweinen mit einem Gewicht von 26 bis 127 kg maximierte, bei 1,63:1 bzw. 1,38:1 lag, wenn Futter mit oder ohne 1000 FYT/kg Phytase verabreicht wurde.

Der Zusatz von Vitaminen zu Rationen in Mengen, die über den geschätzten Bedarf gemäß NRC (2012) hinausgehen, ist branchenweit gängige Praxis. Neuere Studien haben die für die Leistung erforderlichen Vitaminmengen präzisiert (Tuffo et al., 2019; Thompson et al., 2020). Der Vitaminbedarf in der Nährstoffspezifikationstabelle in diesem Handbuch basiert auf den Ergebnissen dieser Versuche.

Zusätzlich zu den oben genannten fünf Schritten bei der Ermittlung der Futterrezeptur für die Mast könnte eine Anpassung der Futterrezeptur auf der Grundlage saisonaler Leistungsschwankungen und Marktpreise zur Maximierung der Rentabilität beitragen. Ausführliche Informationen über das PIC®-Tool für eine saisonale Futterrezeptur finden Sie in Abschnitt A.

### Phasenfütterung

Die Phasenfütterung ist eine in der Schweineindustrie weit verbreitete Strategie, um den Nährstoffbedarf von Mastschweinen innerhalb eines bestimmten Gewichtsbereichs möglichst gut zu decken. Es besteht großes Interesse an vereinfachten Phasenfütterungsprogrammen, da sie bei der Herstellung, Lieferung und Lagerlogistik von Rationen Vorteile bieten. Eine Vereinfachung kann zu einer verbesserten Effizienz von Futtermühlen führen (Moore et al., 2013).

Menegat et al. (2020a) berichteten, dass ein einphasiges Fütterungsprogramm die Leistung von Mastschweinen im Vergleich zu mehrphasigen Fütterungsprogrammen (4, 3 oder 2 Phasen) beeinträchtigt. Die Gesamtwachstumsleistung, die Schlachtkörpermerkmale und das Einkommen nach Futterkosten (IOFC) blieben jedoch gleich, wenn die Futterphasen von vier auf drei bis zwei reduziert wurden und 100 % des von PIC® empfohlenen SID-Lysin-Gehalts vorgelegt wurden.

Die Leistung kann beeinträchtigt werden, wenn das anfängliche Körpergewicht und die Futtermenge niedriger sind als erwartet. Weitere Überlegungen betreffen den Grad der SID-Lysin-Restriktion, die Dauer der Restriktion, das Verhältnis zwischen der Zeit der Restriktion und der Zeit des Wiederaufbaus sowie eine ausreichende SID-Lysin-Ausstattung im Wiederaufbaufutter (Menegat et al., 2020b). Die Anwendung von weniger Phasen sollte von den finanziellen Auswirkungen unter unterschiedlichen Produktions- und Wirtschaftssituationen abhängen.

Ein Futterbudget dient dazu, den Bedarf des Schweins angemessen zu decken, indem das richtige Futter zur richtigen Zeit verabreicht wird, unabhängig von der Anzahl der Fütterungsphasen. Daher ist ein Futterbudget ein wichtiges Instrument zur Minimierung der Gefahr einer Unter- oder Überversorgung mit Nährstoffen. Nutzen Sie das PIC® Feed Budget Tool, um die korrekte Menge jedes Futters je Schwein entsprechend dem Energiegehalt im Futter und den Fütterungsphasen, dem angestrebten Marktgewicht und der kundenspezifischen Leistung zu bestimmen. Über diesen [LINK](#) gelangen Sie zur Webseite mit den Rechen- und Optimierungstools.

### PIC®-Rechner für die angepasste kalorische Effizienz

Die Futtereffizienz von Mastschweinen wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Die vier wichtigsten Faktoren, die sich auf die Futtereffizienz auswirken, sind: Energiegehalt des Futters, genetische Veranlagung, Anfangs- und Endgewicht sowie Verlustrate.

Der Energiegehalt des Futters kann sich im Lauf der Zeit ändern, da die Preise für Inhaltsstoffe schwanken. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Änderung des Energiegehalts im Futter um 1 % auch die Futtereffizienz um 1 % verändert (Euken, 2012). Die Anpassung gemäß dem Energiegehalt des Futters ist wichtig, um die Abschlussleistung vergleichen zu können. Nachkommen aus verschiedenen genetischen Vaterlinien weisen unterschiedliche Wachstumsraten und Futtereffizienzen auf. Wenn für verschiedene Vatertiere spezifische Koeffizienten verwendet werden, um Anpassungen für Anfangs- und Endgewichte vorzunehmen, lässt sich eine höhere Genauigkeit erzielen. Die Anpassung der Futtereffizienz gemäß dem Endgewicht in der Ferkelaufzucht sowie dem Anfangs- und Endgewicht in der Mastphase ist üblich, um Unterschiede in der Futtereffizienz aufgrund von Unterschieden im Körpergewicht zu berücksichtigen. Wenn man davon ausgeht, dass in der Mitte der Mastphase Verluste auftreten, verschlechtert sich die Futtereffizienz um 0,5 bis 0,8 % je 1 % Anstieg der Sterblichkeit (Tokach et al., 2014). Über diesen [LINK](#) gelangen Sie zur Webseite mit den Rechen- und Optimierungstools. Weitere Faktoren, die sich auf die Futtereffizienz auswirken können, z. B. die Futterform, saisonale Faktoren und die Temperatur, finden Sie im KSU-Futtereffizienzrechner.

## Abschnitt M

# PIC Nährstoff-Spezifikationen für Zuchteber (88% Trockensubstanz)

Nährstoff	Einheit	Menge
<b>Verdauliche Aminosäuren (standardized ileal digestible)</b>		
Lysin : MJ NE	g/MJ	0,63
Lysin : MJ ME	g/MJ	0,47
Methionin + Cystein : Lysin	Verhältnis	70
Threonin : Lysin	Verhältnis	74
Tryptophan : Lysin	Verhältnis	20
Valin : Lysin	Verhältnis	67
Isoleucin : Lysin	Verhältnis	58
Leucin : Lysin	Verhältnis	65
Histidin : Lysin	Verhältnis	30
Phenylalanin + Tyrosin : Lysin	Verhältnis	114
L-Lysine-HCl, max.b	%	0,25
<b>Mineralstoffe</b>		
Verdaulicher (STTD) P : MJ NE <sup>c</sup>	g/MJ	0,45
Verdaulicher (STTD) P : MJ ME <sup>c</sup>	g/MJ	0,33
Verfügbare P : MJ NE <sup>c,d</sup>	g/MJ	0,43
Verfügbare P : MJ ME <sup>c,d</sup>	g/MJ	0,31
Analysiertes Ca : analysiertem P <sup>e</sup>	Verhältnis	1,50
Natrium <sup>f</sup>	%	0,22
Chlorid	%	0,22
<b>Spurenelemente, zusätzlich</b>		
Zink	ppm	125
Eisen	ppm	100
Mangan	ppm	50
Kupfer	ppm	15
Jod	ppm	0,35
Selen <sup>h</sup>	ppm	0,30
<b>Vitamine, zusätzlich<sup>i</sup></b>		
Vitamin A	IE/kg	9.920
Vitamin D	IE/kg	1.985
Vitamin E	IE/kg	66
Vitamin K	mg/kg	4,4
Cholin <sup>l</sup>	mg/kg	660
Niacin	mg/kg	44
Riboflavin	mg/kg	10
Pantothensäure	mg/kg	33
Vitamin B <sub>12</sub>	mcg/kg	37
Folsäure	mcg/kg	1.325
Biotin	mcg/kg	220
Thiamin	mg/kg	2,2
Pyridoxin	mg/kg	3,3
<b>Empfohlene Spezifikationen</b>		
Neutral Detergent Fibre (NDF), min.	%	11
Linolsäure	%	1,9



- a Diese Spezifikationen basieren auf der täglichen Nährstoffaufnahme und sollten als Richtlinie dienen. Erforderlich sind gegebenenfalls Anpassung an Futteraufnahme, örtliche Gegebenheiten, Rechtsvorschriften und Marktkonditionen.
- b Die maximale Zulage von L-Lysin-HCl wird auf Grundlage von Mais- und Soja-basierenden Rationen vorgeschlagen und ist als Richtlinie zu verwenden. Über den vorgeschlagenen Höchstwerten liegende Zulagen können verwendet werden, solange alle anderen Aminosäuren im richtigen Verhältnis zu Lysin stehen.
- c Bei den Phosphorwerten wurde eine Freisetzung durch Phytase unterstellt. Diese Werte müssen jedoch auf der Empfehlung der Lieferanten basieren, die aus wissenschaftlichen Forschungsergebnissen von Experten erstellt wurden. STTD P = Standardized total tract digestible Phosphor.
- d Der Bedarf an verfügbarem P wird auf 95 % der STTD-P-Empfehlungen in einer Mais-Soja-Ration unter Einsatz von Phytase geschätzt, wobei der STTD-P-Koeffizient und die P-Bioverfügbarkeit nach NRC (1998 und 2012) verwendet werden.
- e Ist die Ration für Zuchteber ohne die Berücksichtigung von Phytase formuliert, beträgt das empfohlene Verhältnis von analysiertem Ca : analysiertem P 1,25.
- f Sind die Natriumgehalte wichtigsten Rohstoffe nicht bekannt, verwenden Sie Natrium, welches mindestens zu 80 % aus Natriumchlorid stammt.
- g Die Werte entsprechen den zuzusetzenden Mengen an Mikronährstoffen, ohne den Gehalt der Rohstoffe zu berücksichtigen.
- h Organisches Selen wird häufig für Zuchteber-Rationen verwendet. Der Nachweis für Vorteile im Vergleich zu einer anorganischen Supplementierung ist jedoch begrenzt.
- i Pelletierung und (oder) Expansion verringert die Vitaminstabilität um 10-12% bzw. 15-20%. Konsultieren Sie den Vitaminhersteller, um ihre spezifische Vitaminstabilität zu überprüfen, damit bei Bedarf eine zusätzliche Anreicherung erfolgen kann.
- j Die empfohlene Menge an Cholin basiert auf Mais-Soja-Rationen. Der gesamte Cholin-Bedarf beträgt 1.325 mg pro kg Futter.

## Abschnitt N

# PIC Nährstoff-Spezifikationen für die Aufzucht von Jungsauern (88% Trockensubstanz)

Nährstoff	Einheit	Gewicht, kg		
		23 bis 60	60 bis 90	90 bis Belegung <sup>b</sup>
<b>Verdauliche Aminosäuren (standardized ileal digestible)</b>				
Lysin : MJ NE <sup>c</sup>	g/MJ	1,03	0,83	0,60
Lysin : MJ ME <sup>c</sup>	g/MJ	0,75	0,61	0,44
Methionin + Cystein : Lysin	Verhältnis	58	58	58
Threonin : Lysin	Verhältnis	65	65	66
Tryptophan : Lysin	Verhältnis	18	18	18
Valin : Lysin	Verhältnis	68	68	68
Isoleucin : Lysin	Verhältnis	56	56	56
Leucin : Lysin	Verhältnis	101	101	102
Histidin : Lysin	Verhältnis	34	34	34
Phenylalanin + Tyrosin : Lysin	Verhältnis	94	95	96
L-Lysine-HCl, max. <sup>d</sup>	%	0,40	0,32	0,27
<b>Mineralstoffe</b>				
Verdaulicher (STTD) P : MJ NE <sup>e</sup>	g/MJ	0,39	0,33	0,26
Verdaulicher (STTD) P : MJ ME <sup>e</sup>	g/MJ	0,29	0,25	0,20
Verfügbare P : MJ NE <sup>e,f</sup>	g/MJ	0,34	0,28	0,22
Verfügbare P : MJ ME <sup>e,f</sup>	g/MJ	0,25	0,21	0,17
Analysiertes Ca : analysiertem P, Bereich <sup>g</sup>	Verhältnis	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50
Natrium <sup>h</sup>	%	0,25	0,25	0,25
Chlorid	%	0,25	0,25	0,25
<b>Spurenelemente, zusätzlich<sup>i</sup></b>				
Zink	ppm	125	125	125
Eisen	ppm	100	100	100
Mangan	ppm	50	50	50
Kupfer	ppm	15	15	15
Jod	ppm	0,35	0,35	0,35
Selen <sup>h</sup>	ppm	0,30	0,30	0,30
<b>Vitamine, zusätzlich<sup>i,j</sup></b>				
Vitamin A	IE/kg	9.920	9.920	9.920
Vitamin D	IE/kg	1.985	1.985	1.985
Vitamin E	IE/kg	66	66	66
Vitamin K	mg/kg	4	4	4
Cholin <sup>k</sup>	mg/kg	660	660	660
Niacin	mg/kg	44	44	44
Riboflavin	mg/kg	10	10	10
Pantothensäure	mg/kg	33	33	33
Vitamin B <sub>12</sub>	mcg/kg	37	37	37
Folsäure	mcg/kg	1.325	1.325	1.325
Biotin	mcg/kg	220	220	220
Thiamin	mg/kg	2	2	2
Pyridoxin	mg/kg	3	3	3

- a Diese Richtlinien basieren auf einem 3-phasigen-Fütterungsprogramm. Die Anzahl der Phasen und Gewichtsbereiche können angepasst werden. Diese Spezifikationen basieren auf der täglichen Nährstoffaufnahme und sollten als Richtschnur dienen. Erforderlich sind gegebenenfalls Anpassung an Futtermittelaufnahme, örtliche Gegebenheiten, Rechtsvorschriften und Marktkonditionen.
- b Ab ca. 90 kg Körpergewicht können Jungsauen alternativ mit einem Futter für tragende Sauen gefüttert werden, wenn der Einsatz eines weiteren Jungsauen-Aufzucht-Futters technisch nicht möglich ist.
- d Die maximale Zulage von L-Lysin-HCl wird auf Grundlage von Mais- und Soja-basierenden Rationen vorgeschlagen und ist als Richtlinie zu verwenden. Über den vorgeschlagenen Höchstwerten liegende Zulagen können verwendet werden, solange alle anderen Aminosäuren im richtigen Verhältnis zu Lysin stehen.
- e Bei den Phosphorwerten wurde eine Freisetzung durch Phytase unterstellt. Diese Werte müssen jedoch auf der Empfehlung der Lieferanten basieren, die aus wissenschaftlichen Forschungsergebnissen von Experten erstellt wurden. STTD P = Standardized total tract digestible Phosphor.
- d Der Bedarf an verfügbarem P wird auf 86 % der STTD-P-Empfehlungen in einer Mais-Soja-Ration unter Einsatz von Phytase geschätzt, wobei der STTD-P-Koeffizient und die P-Bioverfügbarkeit nach NRC (1998 und 2012) für die Jungsauen-Aufzucht verwendet werden.

Bitte nutzen Sie die PIC-Nährstoffempfehlungen für die Aufzucht von Jungsauen, um das empfohlene Verhältnis von verdaulichem P oder verfügbarem P : Energie in Ihrer spezifischen Situation zu erhalten.

- g Das empfohlene analysierte Ca : analysiertem P-Verhältnis beruht auf wissenschaftlichen Erkenntnissen (Vier et al., 2019c).
- h Sind die Natriumgehalte der wichtigsten Futterkomponenten nicht bekannt, verwenden Sie Natrium, das mindestens zu 80 % aus Natriumchlorid stammt.
- i Die Werte stellen die Supplementierung von Mikronährstoffen dar, ohne den Gehalt der Futterkomponenten zu berücksichtigen. Die Empfehlungen für den Zusatz von Vitaminen und Spurenelementen (VTM) sind identisch mit den Empfehlungen für Zuchtsauen. Ist kein geeignetes Futter verfügbar, können die empfohlenen VTM-Werte von Mastschweinen für die Aufzucht von Jungsauen bis 60 kg verwendet werden.
- i Pelletierung und (oder) Expansion verringert die Vitaminstabilität um 10-12% bzw. 15-20%. Konsultieren Sie den Vitaminhersteller, um ihre spezifische Vitaminstabilität zu überprüfen, damit bei Bedarf eine zusätzliche Anreicherung erfolgen kann.
- j Die empfohlene Menge an Cholin basiert auf Mais-Soja-Rationen. Der gesamte Cholin-Bedarf beträgt 1.325 mg pro kg Futter.

## Abschnitt O

# PIC Nährstoff-Spezifikationen für tragende Jungsauen und Sauen (88% Trockensubstanz)

Nährstoff <sup>a,b</sup>	Einheit	Jungsauen und Sauen	
Tägliche Energieaufnahme in Abhängigkeit vom Konditionszustand <sup>c</sup>		NE	ME
Fett	MJ/d	15,5	20,5
Ideal	MJ/d	18,4	24,7
Dünn	MJ/d	25,5	33,5
Angenommene Änderung der Körperkondition in Calipereinheiten <sup>d</sup>			
Fette Sauen, Änderung während der gesamten Trächtigkeit	Calipereinheit	-1,0	
Ideale Sauen, Änderung während der gesamten Trächtigkeit	Calipereinheit	1,7	
Dünne Sauen, Durchschnitt über 30 Tage	Calipereinheit	2,0	
Verdauliche Aminosäuren (standardized ileal digestible)			
Lysin, min	g/d	11	
Methionin + Cystein : Lysin	Verhältnis	70	
Threonin : Lysin	Verhältnis	76	
Tryptophan : Lysin	Verhältnis	19	
Valin : Lysin	Verhältnis	71	
Isoleucin : Lysin	Verhältnis	58	
Leucin : Lysin	Verhältnis	92	
Histidin : Lysin	Verhältnis	35	
Phenylalanin + Tyrosin : Lysin	Verhältnis	96	
L-Lysine-HCl, max. <sup>e</sup>	%	0,25	
Mineralstoffe			
STTDP : Kalorien NE <sup>f</sup>	g/MJ	0,44	
STTDP : Kalorien ME <sup>f</sup>	g/MJ	0,33	
Verf. P : Kalorien NE <sup>f</sup> , g	g/MJ	0,42	
Verf. P : Kalorien ME <sup>f</sup> , g	g/MJ	0,31	
Analysiertes Ca : Analysiertem P	Verhältnis	1,5	
Natrium <sup>l</sup>	%	0,24	
Chlorid	%	0,24	
Spurenelemente, zugesetzt <sup>j</sup>			
Zink	ppm	125	
Eisen	ppm	100	
Mangan	ppm	50	
Kupfer	ppm	15	
Jod	ppm	0,35	
Selen	ppm	0,3	
Vitamine, zugesetzt <sup>i,k</sup>			
Vitamin A	IE/kg	9.920	
Vitamin D	IE/kg	1.985	
Vitamin E	IE/kg	66	
Vitamin K	mg/kg	4,4	
Cholin <sup>l</sup>	mg/kg	660	
Niacin	mg/kg	44	
Riboflavin	mg/kg	10	
Pantothensäure	mg/kg	33	
Vitamin B <sub>12</sub>	mcg/kg	37	
Folsäure	mcg/kg	1.325	
Biotin	mcg/kg	220	
Thiamin	mg/kg	2,2	
Pyridoxin	mg/kg	3,3	

- a Beachten Sie, dass Sauen, die unterhalb ihrer thermoneutralen Temperatur untergebracht sind, mehr Energie benötigen. Futterverluste sind nicht berücksichtigt.
- b Diese Spezifikationen basieren auf der täglichen Nährstoffaufnahme und sollten als Richtschnur dienen. Erforderlich sind gegebenenfalls Anpassung an Futtermenge, örtliche Gegebenheiten, Rechtsvorschriften und Marktkonditionen.
- c Die Nettoenergie (NE) wurde mit einem Umrechnungsfaktor von 0,75 aus verdaulicher Energie (ME) geschätzt. Bei unterschiedlichen Rationen kann dies je nach verwendeten Inhaltsstoffen variieren (d.h. 0,73 bis 0,76). Wird das Futter für tragende Sauen pelletiert, sollten Sie eine Reduzierung der Futtermenge um 3 % in Betracht ziehen.
- d Die geschätzte Änderung der Körperkondition ausgedrückt in Calipereinheiten basiert auf Daten einer Sauenherde, mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 200 kg. Die Regressionsgleichung wurde von Knauer et al., (2020) berechnet:  

$$\text{Caliper-Score-Änderung pro Tag} = 1,35 \times (\text{ME-Aufnahme, Mcal/d}) \div (\text{Körpergewicht, kg})^{0,75} - 0,1332.$$
- e Die maximale Zugabe von L-Lysin-HCl wird auf der Grundlage von Mais- und Soja-Rationen vorgeschlagen und sollte als Richtschnur dienen. Inklusionsraten über den vorgeschlagenen Höchstwerten können verwendet werden, solange alle anderen Aminosäuren den PIC-Empfehlungen hinsichtlich ihres Verhältnisses zu Lysin entsprechen.
- f Phosphorwerte sind unter Anwesenheit von Phytase angegeben. Die Phytase-Aktivität muss auf der Empfehlung der Lieferanten basieren, die aus wissenschaftlichen Forschungsergebnissen von Experten erstellt wurde. STTD P = (standardized total tract digestible) verdaulicher Phosphor.
- g Der Bedarf an verfügbarem P wird auf 95 % der STTD P-Empfehlungen in einer Mais-Soja-Ration für tragende Sauen mit zusätzlicher Phytase geschätzt, wobei der STTD-P-Koeffizient und die P-Bioverfügbarkeit auf Basis der NRC (1998 und 2012) Empfehlungen verwendet werden.
- h Wird das Futter für tragende Sauen ohne Phytase formuliert, beträgt das empfohlene Verhältnis von analysiertem Ca : analysiertem P 1,25.
- i Wenn die Natriumgehalte der wichtigsten Inhaltsstoffe nicht bekannt sind, verwenden Sie mindestens 80% Natrium aus Natriumchlorid.
- j Die Werte stellen die zuzusetzende Menge der Spurenelemente dar, ohne den Gehalt der Hauptkomponente zu berücksichtigen.
- k Pelletierung und (oder) Expansion verringert die Vitaminstabilität um 10-12% bzw. 15-20%. Konsultieren Sie den Vitaminhersteller, um die spezifische Vitaminstabilität während der Pelletierung zu überprüfen, damit bei Bedarf eine zusätzliche Anreicherung erfolgen kann.
- l Die empfohlene Menge Cholin basiert auf Mais- und Soja-Rationen. Der gesamte Cholin-Bedarf beträgt 1.325 mg pro kg Futter.

## Abschnitt P

# PIC Nährstoff-Spezifikationen für laktierende Jungsauen und Sauen (88% Trockensubstanz)

Nährstoff <sup>a</sup>	Einheit	Jungsauen	Sauen	Herde
Netto Gewichtsverlust <sup>b</sup>	%	<10	<10	<10
Rückenspeckverlust, max. <sup>b</sup>	mm	0-2	0-2	0-2
Erwarteter Konditionsverlust (Caliper) <sup>c</sup>	Einheit	---	---	2,3
Wurfzuwachs <sup>d</sup>	kg/Tag	2,5	2,7	2,7
Täglicher Bedarf Netto-Energie (NE) <sup>e,f</sup>	MJ/Tag	52,3	64,9	62,3
Täglicher Bedarf umsetzbare Energie (ME) <sup>f</sup>	MJ/Tag	70,7	87,4	84,1
Durchschnittliche Futteraufnahme <sup>d,g</sup>	kg/Tag	5,0	6,2	6,0
<b>Verdauliche (standardisierte-dünndarm-verdauliche) Aminosäuren</b>				
Tägliche Lysin Zufuhr, ein Laktationsfutter	g/Tag	50	62	59,5
Tägliche Lysin Zufuhr, zwei Laktationsfutter <sup>h</sup>	g/Tag	59	56,5	---
Methionin + Cystein : Lysin	Verhältnis	53	53	53
Threonin : Lysin	Verhältnis	64	64	64
Tryptophan : Lysin	Verhältnis	19	19	19
Valin : Lysin	Verhältnis	64	64	64
Isoleucin : Lysin	Verhältnis	56	56	56
Leucin : Lysin	Verhältnis	114	114	114
Histidin : Lysin	Verhältnis	40	40	40
Phenylalanin + Tyrosin : Lysin	Verhältnis	113	113	113
L-Lysin-HCl, max. <sup>i</sup>	%	0,45	0,45	0,45
<b>Mineralstoffe</b>				
STTD P : MJ NE <sup>j</sup>	g/MJ	0,45	0,4	0,41
STTD P : MJ ME <sup>j</sup>	g/MJ	0,34	0,3	0,31
Verf. P : MJ NE <sup>j,k</sup>	g/MJ	1,73	1,52	1,56
Verf. P : MJ ME <sup>j,k</sup>	g/MJ	0,31	0,27	0,28
Brutto-Ca : Brutto-P <sup>l</sup>	Verhältnis	1,5	1,5	1,5
Natrium <sup>m</sup>	%	0,27	0,23	0,24
Chlorid	%	0,27	0,23	0,24
<b>Spurenelemente, zugesetzt<sup>n</sup></b>				
Zink	ppm	125	125	125
Eisen	ppm	100	100	100
Mangan	ppm	50	50	50
Kupfer	ppm	15	15	15
Jod	ppm	0,35	0,35	0,35
Selen	ppm	0,3	0,3	0,3
<b>Vitamine, zugesetzt<sup>n,o</sup></b>				
	<b>pro kg Futter</b>			
Vitamin A	IE/kg	9.920	9.920	9.920
Vitamin D	IE/kg	1.985	1.985	1.985
Vitamin E	IE/kg	66	66	66
Vitamin K	mg/kg	4,4	4,4	4,4
Cholin	mg/kg	660	660	660
Niacin	mg/kg	44	44	44
Riboflavin	mg/kg	10	10	10
Pantothensäure	mg/kg	33	33	33
Vitamin B <sub>12</sub>	mcg/kg	37	37	37
Folsäure	mcg/kg	1.325	1.325	1.325
Biotin	mcg/kg	220	220	220
Thiamin	mg/kg	2,2	2,2	2,2
Pyridoxin	mg/kg	3,3	3,3	3,3

- a Dies Spezifikationen basieren auf der täglichen Nährstoffaufnahme laktierender Sauen und sollen als Richtlinie dienen. Sie erfordern eine Anpassung an Futterraufnahme, betriebliche Gegebenheiten, Rechtsvorschriften und Märkte.
- b Annahmen:  
 Jungsau: 135 kg Körpergewicht (BW) bei Besamung und 35 kg netto Zuwachs während der Trächtigkeit.  
 Sau: 180 kg BW bei Besamung und 9 kg netto Zuwachs; Gewicht nach Ferkeln 175 kg; Gewichtsverlust während der Laktation von 10 kg.
- c Der erwartete Gewichtsverlust wird in Caliper-Einheiten geschätzt, basierend auf Daten, die in einem 4.500 Sauen-Betrieb in Spanien (Huerta et al., 2021), erhoben wurden.  
 Regressions Gleichung bei Nutzung der alten Caliper-Version:  
 Verlorene Caliper Einheiten =  
 $6,253704 + (-0,874766 \times \text{CaliperAbferkeln}) + (0,042414 \times \text{CaliperFerkeln}^2)$ .  
 Regressionsgleichung bei Verwendung der neuen Caliper-Version:  
 Verlorene Caliper-Einheiten =  
 $6,253704 + [-0,874766 \times (\text{CaliperAbferkeln} + 4)] + [0,042414 \times (\text{CaliperFerkeln} + 4)^2]$ .
- d Vorausgesetzte Altersstruktur der Herde: 20% Jungsaunen und 80% Sauen.
- e Nettoenergie wurde mit einem Umrechnungsfaktor von 0,74 aus umsetzbarer Energie geschätzt. Bei verschiedenen Futterzusammensetzungen kann dies je nach verwendeten Inhaltsstoffen variieren (d.h. 0,73 bis 0,76).
- f Die Energieaufnahme pro Tag ist nur eine Referenz und stellt keine Empfehlung dar.
- g Die durchschnittliche tägliche Futterraufnahme ist nur eine Referenz für eine 21-d-Laktation und stellt keine Empfehlung dar. Wir gehen davon aus, dass Jungsaunen im Durchschnitt 19 % weniger fressen als Sauen.
- h In Situationen, in denen ein spezielles Laktationsfutter für Jungsaunen verwendet wird, empfehlen wir 59,0 g SID Lys pro Tag für primipare Sauen und maximale Laktationsleistung; 56,5 g SID Lys pro Tag für multipare Sauen aus wirtschaftlichen Gründen.
- i Maximal-Gehalte an L-Lysin-HCL werden auf der Grundlage von Mais und Soja-Rationen empfohlen und sind als Richtwerte zu verstehen. Inklusionsraten über den vorgeschlagenen Empfehlungen können verwendet werden, solange alle anderen Aminosäuren-Lys-Verhältnisse den PIC-Empfehlungen entsprechen. Soja-Gehalte von über 30 % führten zu einer Reduzierung der Futterraufnahme während der Laktation (Gourley et al., 2020c).
- j Phosphorwerte beinhalten die Zugabe von Phytase; Die freigesetzte Menge muss jedoch auf der Empfehlung der Lieferanten basieren, die aus wissenschaftlichen Forschungsergebnissen von Experten erstellt wurde. STTD-P = Standardisierter gesamt-verdaulicher Phosphor. Av. P= verfügbarer Phosphor.
- k Die Anforderungen bezüglich verf. P werden als 90% der STTD-P-Empfehlungen in einer Mais-Soja-Ration mit zusätzlicher Phytase geschätzt, wobei der STTD-P-Koeffizient und die P-Bioverfügbarkeit des NRC (1998 und 2012) verwendet werden.
- l Wird das Laktationsfutter ohne die Einbeziehung von Phytase formuliert, beträgt das empfohlene Verhältnis von analysiertem Ca : analysiertem P 1,25.
- m Sind die Natriumgehalte der wichtigsten Inhaltsstoffe nicht bekannt, verwenden Sie mindestens 80% Natrium aus Natriumchlorid.
- n Die Werte stellen die empfohlene Ergänzung von Spurenelementen dar, ohne den Gehalt der Rohstoffe zu berücksichtigen.
- o Pelletierung und (oder) Expansion verringert die Vitaminstabilität um 10-12% bzw. 15-20%. Konsultieren Sie den Vitaminhersteller, um ihre spezifische Vitaminstabilität bei Pelletierung zu überprüfen, damit bei Bedarf eine zusätzliche Anreicherung erfolgen kann.
- p Zugesetzte Menge Cholin basiert auf Empfehlungen für Mais und Soja-Rationen. Der Cholin-Bedarf beträgt insgesamt 1.325 mg pro kg Futter. Cholin ist hoch bioverfügbar in Mais und Soja. Es gibt nur begrenzte Informationen über die Bioverfügbarkeit in anderen Rohstoffen. Möglicherweise ist die Verfügbarkeit in anderen Rohstoffen herabgesetzt.

## Abschnitt Q

# PIC Nährstoff-Spezifikationen für Absetzferkel (88% Trockensubstanz)

Nährstoff <sup>a</sup>	Einheit	Körpergewicht, kg	
		Absetzen bis ~7,5	~7,5 bis 11,5
<b>Energiegehalt im Futter (basierend auf den NRC 2012 Werten für Inhaltsstoffe)</b>			
Netto-Energie (NE) <sup>b,c</sup>	MJ/kg	10,6	10,6
Umsetzbare Energie (ME) <sup>b</sup>	MJ, kg	14,2	14,2
Lysin <sup>d</sup>	%	1,46	1,42
Methionin + Cystein : Lysin	Verhältnis	58	58
Threonin : Lysin	Verhältnis	65	65
Tryptophan : Lysin	Verhältnis	20	19
Valin : Lysin	Verhältnis	67	67
Isoleucin : Lysin	Verhältnis	55	55
Leucin : Lysin	Verhältnis	100	100
Histidin : Lysin	Verhältnis	32	32
Phenylalanin + Tyrosin : Lysin	Verhältnis	92	92
<b>Mineralstoffe</b>			
Verfügbare Phosphor <sup>f,g</sup>	%	0,45	0,4
Verdaulicher (STTD) Phosphor <sup>f,g</sup>	%	0,5	0,45
(Brutto-) Ca <sup>g</sup>	%	0,65	0,65
Natrium <sup>h</sup>	%	0,4	0,35
Chlorid	%	0,35 - 0,40	0,32
<b>Spurenelemente (zugefügt)</b>			
Zink <sup>j</sup>	ppm	130	130
Eisen <sup>k</sup>	ppm	130	130
Mangan	ppm	50	50
Kupfer <sup>l</sup>	ppm	18	18
Jod	ppm	0,65	0,65
Selen	ppm	0,3	0,3
<b>Vitamine (zugefügt)<sup>i,m</sup></b>		<b>je kg Futter</b>	
Vitamin A	IE/kg	5.000	5.000
Vitamin D	IE/kg	1.600	1.600
Vitamin E	IE/kg	50	50
Vitamin K	mg/kg	3	3
Cholin <sup>n</sup>	mg/kg	---	---
Niacin	mg/kg	50	50
Riboflavin	mg/kg	8	8
Pantothensäure	mg/kg	28	28
Vitamin B <sub>12</sub>	mcg/kg	38	38
<b>Maximal-Gehalte</b>			
Soja <sup>o</sup>	%	20	28
SID Lysin : Rohprotein, max. <sup>p</sup>	%	6,4	6,4
Leichtverdauliches Protein <sup>q</sup>	%	5-10	3-5
Leichtverdauliche Kohlenhydrate <sup>r</sup>	%	15	7,5



- a Diese Spezifikationen basieren auf der täglichen Nährstoffaufnahme und sollen als Richtlinie dienen. Sie erfordern eine Anpassung an Futtermittelaufnahme, betriebliche Gegebenheiten, Rechtsvorschriften und Märkte.
- b Das angegebene Energieniveau dient als Richtwert und sollte entsprechend dem Marktpreis und dem spezifischen Betriebsszenario angepasst werden.
- c Die Nettoenergie wurde mit einem Umrechnungsfaktor von 0,75 auf Basis der umsetzbaren Energie geschätzt in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Ration kann dies je nach verwendeten Inhaltsstoffen variieren (d.h. 0,73 bis 0,76).
- d Für Ferkel im Gewichtsabschnitt 5,5 bis 11,5 kg kann der SID Lysin-Gehalt auf 1,35% abgesenkt werden, wenn die Ration SID Lys in der letzten Phase der Ferkelaufzucht (FAZ-Futter II) den PIC-Empfehlungen entspricht.
- e Rationen mit < 2% Blutplasma. Wenn mehr als 2% Blutplasma eingesetzt wird, sollte das SID Isoleucin : Lysin-Verhältnis 60 : 100 betragen.
- f STTD-Phosphor = Standardisierter-gesamt-verdaulicher-Phosphor.
- g Kalzium- und Phosphor-Freisetzung durch Zugabe von Phytase sollten nur berücksichtigt werden, wenn auf der Grundlage der Futterzusammensetzung genügend Substrat zur Verfügung steht.
- H Sind die Natriumgehalte der wichtigsten Inhaltsstoffe nicht bekannt, verwenden Sie mindestens 80% Natrium aus Natriumchlorid.
- i Die Werte stellen ergänzte Spurenelemente dar, ohne den Gehalt der Einzelkomponenten zu berücksichtigen.
- j Empfohlene Menge vom Absetzen bis maximal 11,5 kg oder 42 Tage Alter. Pharmakologische Zinkgehalte zur Verbesserung der Wachstumsleistung wie folgt: < 7,5 kg = 3.000 ppm. Für 7,5-11,5 kg = 2.000 ppm. Verschiedene Länder haben unterschiedliche Vorschriften in Bezug auf die erlaubte Menge an Zink, bitte halten Sie sich immer an die Vorschriften Ihres Landes.
- k Die maximale empfohlene Eisenzulage beträgt 200 ppm auf Grund des erheblichen Eisengehalts von Di-Kalziumphosphat. Eine hohe Eisenaufnahme fördert die Vermehrung von E-Coli beim jungen Schwein.
- l Zusätzliche Kupfergaben von bis zu 250 ppm können eingesetzt werden, um die Wachstumsleistung zu verbessern, wenn pharmakologische Zn-Mengen nicht erlaubt sind. Anorganische Formen werden angenommen. Verschiedene Länder haben unterschiedliche Vorschriften in Bezug auf die Verwendung von Kupfer als Wachstumsförderer, bitte halten Sie sich immer an die Vorschriften Ihres Landes.
- m Pelletierung und (oder) Expansion verringert die Vitaminstabilität um 10-12% bzw. 15-20%. Konsultieren Sie den Vitaminhersteller, um ihre spezifische Vitaminstabilität bei Pelletierung zu überprüfen, damit bei Bedarf eine zusätzliche Anreicherung erfolgen kann.
- n Es sollte ein Gesamtgehalt von 1325 mg Cholin pro kg erreicht werden.
- o Vorgeschlagene Niveaus bei kommerzieller Produktion und gutem bis hohem Gesundheitsstatus. Hochgesunde Schweine vertragen höhere Sojagehalte (30% für 7,5-11,5 kg Ferkel).
- p Basierend auf den Ergebnissen von Millet et al. (2018).
- q Zum Beispiel hochwertiges Fischmehl, Tierplasma, Blutmehl, enzymatisch behandeltes Sojamehl usw.
- r Die häufigste hochverdauliche Kohlenhydratquelle ist essbare Laktose. Andere hochverdauliche Kohlenhydratquellen können einen Teil der Laktose ersetzen, wenn dies wirtschaftlich ist (z.B. Maltose, Dextrose, mikronisierter Mais, mikronisierter Reis, Maltodextrin usw.).

## Abschnitt R

# PIC Nährstoff-Spezifikationen für Ferkelaufzucht und Mast - Kastrate und Sauen (88% Trockensubstanz)

Nährstoff <sup>a</sup>	Einheit	Gewicht, kg					
		11 - 23	23 - 41	41 - 59	59 - 82	82 - 104	> 104
<b>Verdauliche Aminosäuren (SID)</b>							
Lysin : MJ NE <sup>b</sup>	g/MJ	1,27	1,13	0,98	0,85	0,73	0,65
Lysin : MJ ME <sup>b</sup>	g/MJ	0,93	0,83	0,72	0,63	0,55	0,5
Methionin + Cystein : Lysin	Verhältnis	58	58	58	58	58	58
Threonin : Lysin	Verhältnis	65	65	65	65	65	66
Tryptophan : Lysin <sup>c</sup>	Verhältnis	19	18	18	18	18	18
Valin : Lysin	Verhältnis	68	68	68	68	68	68
Isoleucin : Lysin	Verhältnis	55	56	56	56	56	56
Leucin : Lysin <sup>d</sup>	Verhältnis	100	101	101	101	101	102
Histidin : Lysin	Verhältnis	32	34	34	34	34	34
Phenylalanin + Tyrosin : Lysin	Verhältnis	92	94	94	94	95	96
L-Lysin-HCl, max. <sup>e</sup>	%	--- <sup>f</sup>	0,45	0,4	0,35	0,28	0,25
Max. SID Lysin : Rohprotein <sup>g</sup>	%	6,4	---	---	---	---	---
Min. Rohprotein <sup>h</sup>	%	---	---	---	---	---	13
<b>Mineralstoffe</b>							
STTD P : MJ NE <sup>i,j</sup>	g/MJ	0,43	0,39	0,34	0,3	0,26	0,24
STTD P : MJ ME <sup>i,j</sup>	g/MJ	0,32	0,29	0,26	0,23	0,2	0,18
Verf. P : MJ NE <sup>i,j,k</sup>	g/MJ	0,37	0,33	0,29	0,26	0,22	0,2
Verf. P : MJ ME <sup>i,j,k</sup>	g/MJ	0,27	0,25	0,22	0,2	0,17	0,16
(Brutto-) Ca : (Brutto-) P <sup>l</sup>	Verhältnis	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50	1,25 - 1,50
Natrium <sup>m</sup>	%	0,28	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Chlorid	%	0,32	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>Spurenelemente (zugefügt)<sup>n</sup></b>							
Zink	ppm	130	111	98	78	65	65
Eisen	ppm	130	111	98	78	65	65
Mangan	ppm	50	43	38	30	25	25
Kupfer <sup>o</sup>	ppm	18	15	14	11	9	9
Jod	ppm	0,65	0,55	0,49	0,39	0,33	0,33
Selen	ppm	0,30	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25
<b>Vitamine (zugefügt)<sup>n,p</sup></b>							
Vitamin A	IE/kg	5.000	4.250	3.750	3.000	2.500	2.500
Vitamin D	IE/kg	1.600	1.360	1.200	960	800	800
Vitamin E	IE/kg	51	44	37	31	26	26
Vitamin K	mg/kg	3,1	2,6	2,4	1,8	1,5	1,5
Niacin	mg/kg	51	44	37	31	26	26
Riboflavin	mg/kg	8	7	7	4	4	4
Pantothensäure	mg/kg	28	24	22	18	14	14
Vitamin B <sub>12</sub>	mcg/kg	38	33	29	22	20	20
Cholin <sup>q</sup>	mg/kg	---	---	---	---	---	---

- a Diese Spezifikationen basieren auf der täglichen Nährstoffaufnahme und sollen als Richtlinie dienen. Sie erfordern ggf. Anpassungen durch eine andere Futtermenge, regionale Gegebenheiten, Rechtsvorschriften und der Märkte.
- b Ausführlichere Informationen zu den Gleichungen zur Berechnung der Lysin-Empfehlungen finden Sie in Abschnitt C des PIC Nutrition Manuals. Die SID-Lysin : Energie-Verhältnisse erfüllen die biologischen Anforderungen von PIC327-, PIC337- und PIC359-Nachkommen. PIC empfiehlt, 99 % dieser Werte für PIC380, PIC408 und PIC410-Nachkommen und 97 % für PIC800-Nachkommen zu verwenden, um die biologischen Anforderungen der Nachkommen dieser Eberlinien zu erfüllen.
- d Ein zu weites SID-Leucin : Lysin-Verhältnis kann sich negativ auf die Wachstumsleistung von Schweinen auswirken. Bitte entnehmen Sie die Werte für angemessene Tryptophan, Valin und Isoleucin : Lysin Verhältnisse in Abhängigkeit vom Leucin : Lys-Verhältnis (angepasst nach Cemin et al., 2019) der Tabelle unten.
- e Die maximalen L-Lysin-HCl-Zulagen werden basieren auf Mais- und Soja-Rationen vorgeschlagen und sollen als Richtschnur dienen. Zulagen über den vorgeschlagenen Höchstwerten können verwendet werden, solange alle anderen Aminosäuren-Lysin-Verhältnisse den PIC-Empfehlungen entsprechen.
- f Schweine mit hohem Gesundheitsstatus vertragen im Gewichtsabschnitt 11-23 kg höhere Mengen an Soja (bis zu 35%).
- g Basierend auf den Ergebnissen von Millet et al. (2018).
- h Diese Empfehlungen basieren auf einer Reihe von Studien von Soto et al. (2019b), unter der Annahme, dass alle Aminosäuren ausreichend und im richtigen Verhältnis zueinander vorhanden sind.
- i Phosphorwerte beinhalten die Freisetzung durch Phytase. Die Werte für die Freisetzung aus Phytase müssen jedoch auf der Empfehlung der Lieferanten basieren, die aus wissenschaftlichen Forschungsergebnissen von Experten erstellt wurden. STTD P = Standardisierter-gesamt-verdaulicher Phosphor.
- j Ausführlichere Informationen zu den Gleichungen für die Phosphorempfehlungen finden Sie im Abschnitt D des PIC Nutrition Manuals.
- k Die Empfehlungen für verfügbaren P werden auf 86 % der STTD-P-Empfehlungen in einer Mais-Soja-Ration mit STTD-P-Koeffizient und P-Bioverfügbarkeit basierend auf den Empfehlungen der NRC geschätzt (1998 und 2012).
- l Das Ca : P-Verhältnis wird anhand von Vier et al. (2019c) unter Einhaltung der von PIC empfohlenen Werte bestimmt.
- M Sind die Natriumgehalte der wichtigsten Komponenten nicht bekannt, verwenden Sie mindestens 80% Natrium aus Natriumchlorid.
- N Die Werte geben die Höhe der Spurenelement-Zulage an, ohne den Gehalt in den Einzelkomponenten zu berücksichtigen.
- O Kupfergehalte zur Verbesserung der Wachstumsleistung betragen 250 ppm im Gewichtsabschnitt 11-23 kg. Anorganische Formen werden angenommen. Verschiedene Länder haben unterschiedliche Vorschriften in Bezug auf die Verwendung von Kupfer als Wachstumsförderer, befolgen Sie die Vorschriften Ihres Landes.
- p Die thermische Verarbeitung durch Pelletierung verringert die Vitaminstabilität um 10-12%. Konsultieren Sie Ihren Vitaminhersteller, um ihre spezifische Vitaminstabilität unter thermischen Verarbeitungsbedingungen zu überprüfen, damit bei Bedarf eine zusätzliche Anreicherung erfolgen kann.
- q Für Schweine im Gewichtsabschnitt 11-23 kg wird eine Gesamtkonzentration von 1.325 mg Cholin pro kg einschließlich des in den Komponenten enthaltenen Cholin empfohlen.

**Beispiel für die Anpassungen der Tryptophan-, Valin- und Isoleucin Verhältnisse bei unterschiedlichen Leucin-Spiegeln (angepasst nach Cemin et al., 2019)**

Aminosäure	Verhältnis Leucin : Lysin im Futter, kg								
	125,0	135,0	145,0	155,0	165,0	175,0	185,0	195,0	205,0
Tryptophan	18,0	18,2	18,5	18,7	19,0	19,2	19,4	19,7	19,9
Valin	68,0	68,4	69,7	71,1	72,4	73,8	75,1	76,5	77,8
Isoleucin	56,0	56,0	56,0	56,0	56,2	57,2	58,2	59,3	60,3

## Abschnitt 5

# Feeding PIC® Pigs within Special Topics

Die PIC®-Ernährungs- und Fütterungsempfehlungen können an spezielle Themen der Schweineproduktion angepasst werden, wie z. B. spezifische regionale Gesetzgebung, unterschiedliche Produktionsumgebungen oder unterschiedliche Anforderungen der Schlacht- und Verarbeitungsbetriebe.

Für Informationen über die Fütterung von PIC®-Schweinen im Rahmen bestimmter Programme wenden Sie sich bitte an Ihr PIC®-Kundenteam oder nutzen Sie diesen [LINK](#) zu unserer Webseite mit den Rechen- und Optimierungstools.

- Schlachtkörperausbeute und Fettqualität
- Eventuelle Überlegungen für Notfallsituationen
- Futtermittelzusatzstoffe
- Fütterung von Schweinen unter heißer Klimabedingungen
- Richtlinien zur Futtermittelherstellung für PIC®-Schweine
- Schinkenproduktion
- Immunokastrierte Schweine
- Anforderungen für die Ebermast
- Flüssigfütterung
- Ernährungsbedingte Faktoren im Zusammenhang mit unerwünschten Verhaltensweisen
- Outdoor-Haltung
- Geschlechtergetrennte Fütterung
- Obergrenzen für die Verwendung von Futtermittel
- Wasser

## Abschnitt T

# Literaturverzeichnis

- Almeida, L. M., M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and A. Maiorka. 2017. 162 Effects of feeding levels during wean-to-estrus interval and first week of gestation on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 95:76–77. doi:10.2527/asasmw.2017.12.162.
- Almeida, L. M., M. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and A. Maiorka. 2018. 174 Effects of Feeding Level and Diet Type during Wean-to-Estrus Interval on Reproductive Performance of Sows. *J. Anim. Sci.* 96:92–92. doi:10.1093/jas/sky073.171.
- Almond, G., W. L. Flowers, L. Batista, and S. D’Allaire. 2006. Disease of the reproductive system. In: B. E. Straw, J. J. Zimmerman, S. D’Allaire, and D. J. Taylor, editors. *Diseases of swine*. 9th ed. Blackwell Publishing, Ames, IA. p. 113–147.
- Althouse, B., M. E. Wilson, T. Gall, and R. L. Moser. 2000. Effects of supplemental dietary zinc on boar sperm production and testis size. In: 14th International Congress on Animal Reproduction. Stockholm, Sweden. p. 264.
- Ampaire, A., and C. L. Levesque. 2016. D Effect of altered lysine:energy ratio during gestation on wean pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 94:125. doi:10.2527/msasas2016-264.
- ARC (Agricultural Research Council). 1981. *The Nutrient Requirements of Pigs: Technical Review*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK.
- Athorn, R. Z., P. Stott, E. G. Bouwman, T. Y. Chen, D. J. Kennaway, and P. Langendijk. 2013. Effect of feeding level on luteal function and progesterone concentration in the vena cava during early pregnancy in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 25:531–538. doi:10.1071/RD11295.
- Baidoo, S. K., F. X. Aherne, R. N. Kirkwood, and G. R. Foxcroft. 1992. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 72:911–917. doi:10.4141/cjas92-103.
- Ball, M. E. E., E. Magowan, K. J. McCracken, V. E. Beattie, R. Bradford, F. J. Gordon, M. J. Robinson, S. Smyth, and W. Henry. 2013. The Effect of Level of Crude Protein and Available Lysine on Finishing Pig Performance, Nitrogen Balance and Nutrient Digestibility. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 26:564–572. doi:10.5713/ajas.2012.12177.
- Baumgartner, M. 1998. Boars react positively to L-carnitine supplements. *Int. Pig Top.* 13:22.
- Bazer, F. W., G. W. Song, J. Y. Kim, K. A. Dunlap, M. C. Satterfield, G. A. Johnson, R. C. Burghardt, and G. Wu. 2012. Uterine biology in sheep and pigs. *J Anim Sci Biotechnol.* 3:1–21. doi:10.1186/2049-1891-3-23.
- Berger, T., K. L. Esbenshade, M. A. Diekman, T. Hoagland, and J. Tuite. 1981. Influence of Prepubertal Consumption of Zearalenone on Sexual Development of Boars. *J. Anim. Sci.* 53:1559–1564. doi:10.2527/jas1982.5361559x.
- Bergstrom, J. R., C. N. Groesbeck, J. M. Benz, M. D. Tokach, J. L. Nelssen, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2007. An evaluation of dextrose, lactose, and whey sources in phase 2 starter diets for weanling pigs. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports.* 60–65. doi:10.4148/2378-5977.6962.
- Berndt, T., and R. Kumar. 2009. Novel Mechanisms in the Regulation of Phosphorus Homeostasis. *Physiology.* 24:17–25. doi:10.1152/physiol.00034.2008.
- Boyd, R. D., G. C. Castro, R. A. Cabrera, and B. Franklin. 2002. Nutrition and management of the sow to maximize lifetime productivity. *Advances in Pork Production.* 13:47–59.
- Bruder, E., G. Gourley, and M. Goncalves. 2018. 313 - Effects of Standardized Ileal Digestible Lysine Intake during Lactation on Litter and Reproductive Performance of Gilts. *J. Anim. Sci.* 96:168–168. doi:10.1093/jas/sky073.310.
- Buis, R. Q., D. Wey, and C. F. M. De Lange. 2016. 266 - Development of precision gestation feeding program using electronic sow feeders and effects on gilt performance. *J. Anim. Sci.* 94:125-126. doi:10.2527/msasas2016-266.
- Cabezón, F. A., K. R. Stewart, A. P. Schinckel, W. Barnes, R. D. Boyd, P. Wilcock, and J. Woodliff. 2016. Effect of natural betaine on estimates of semen quality in mature AI boars during summer heat stress. *Anim. Reprod. Sci.* 170:25–37. doi:10.1016/j.anireprosci.2016.03.009.
- Cemin, H. S., C. M. Vier, M. D. Tokach, S. S. Dritz, K. J. Touchette, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2018. Effects of standardized ileal digestible histidine to lysine ratio on growth performance of 7- to 11-kg nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 96:4713–4722. doi:10.1093/jas/sky319.
- Cemin, H. S., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2019. Meta-regression analysis to predict the influence of branched-chain and large neutral amino acids on growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.* 97:2505–2514. doi:10.1093/jas/skz118.
- Chen, J. Q., Y. S. Li, Z. J. Li, H. X. Lu, P. Q. Zhu, and C. M. Li. 2018. Dietary l-arginine supplementation improves semen quality and libido of boars under high ambient temperature. *Animal.* 12:1611–1620. doi:10.1017/S1751731117003147.
- Chiba, L. I., A. J. Lewis, and E. R. Peo. 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: I. Rate and efficiency of weight gain. *J. Anim. Sci.* 69:694–707. doi:10.2527/1991.692694x.
- Cho, J. H., B. J. Min, Y. J. Chen, J. S. Yoo, Q. Wang, J. D. Kim, and I. H. Kim. 2007. Evaluation of FSP (Fermented Soy Protein) to Replace Soybean Meal in Weaned Pigs: Growth Performance, Blood Urea Nitrogen and Total Protein Concentrations in Serum and Nutrient Digestibility.

- Asian-Australasian J. Anim. Sci. 20:1874–1879. doi:10.5713/ajas.2007.1874.
- Clark, A. B., M. D. Tokach, J. M. DeRouche, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, R. D. Goodband, and K. J. Touchette. 2017a. Effects of Amino Acid Ratios and Lysine Level on Nursery Pig Growth Performance. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 3: Iss. 7. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7466>
- Clark, A. B., M. D. Tokach, J. M. DeRouche, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. C. Woodworth, K. J. Touchette, and N. M. Bello. 2017b. Modeling the effects of standardized ileal digestible isoleucine to lysine ratio on growth performance of nursery pigs. *Transl. Anim. Sci.* 1:437–447. doi:10.2527/tas2017.0048.
- Close, W. H., and F. G. Roberts. 1993. Nutrition of the working boar. In: D. J. Cole, A. Haresign, and P. C. Garnsworthy, editors. *Recent Developments in Pig Nutrition*. 2nd ed. University Press, Nottingham, UK. p. 347–368.
- Cools, A., D. Maes, R. Decaluwé, J. Buyse, T. A. T. G. van Kempen, A. Liesegang, and G. P. J. Janssens. 2014. *Ad libitum* feeding during the periparturient period affects body condition, reproduction results and metabolism of sows. *Anim. Reprod. Sci.* 145:130–140. doi:10.1016/j.anireprosci.2014.01.008.
- CVB. 2008. Central Bureau for Livestock Feeding. Lelystad, Netherlands.
- Decaluwé, R., D. Maes, A. Cools, B. Wuyts, S. De Smet, B. Marescau, P. P. De Deyn, and G. P. J. Janssens. 2014. Effect of periparturient feeding strategy on colostrum yield and composition in sows. *J. Anim. Sci.* 92:3557–3567. doi:10.2527/jas.2014-7612.
- Dritz, S. S., R. D. Goodband, J. M. DeRouche, M. D. Tokach, and J. C. Woodworth. 2019. Nutrient Deficiencies and Excesses. In: J. J. Zimmerman, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, J. Zhang, editors. *Diseases of Swine*. 11th ed. Wiley Blackwell. p. 1041–1054.
- Engle, M. J. 1994. The role of soybean meal hypersensitivity in postweaning lag and diarrhea in piglets. *Swine Heal. Prod.* 2:7–10.
- Estienne, M. J., A. F. Harper, and R. J. Crawford. 2008. Dietary supplementation with a source of omega-3 fatty acids increases sperm number and the duration of ejaculation in boars. *Theriogenology*. 70:70–76. doi:10.1016/j.theriogenology.2008.02.007.
- Euken, R. M. 2012. Swine Feed Efficiency: Effect of dietary energy on feed efficiency. Available from: <http://www.swinefeedefficiency.com/>
- Faccin, J. E. G., M. D. Tokach, M. W. Allerson, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, S. S. Dritz, F. P. Bortolozzo, and R. D. Goodband. 2020. Relationship between weaning age and antibiotic usage on pig growth performance and mortality. *J. Anim. Sci.* doi:10.1093/jas/skaa363.
- Feyera, T., T. F. Pedersen, U. Krogh, L. Foldager, and P. K. Theil. 2018. Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *J. Anim. Sci.* 96:2320–2331. doi:10.1093/jas/sky141.
- Figuerola, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, and R. M. Diedrichsen. 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81:1529–1537. doi:10.2527/2003.8161529x.
- Flohr, J. R., J. M. DeRouche, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2016. Original research peer reviewed a survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *J. Swine Heal. Prod.* 24:290–303.
- Fraser, D. 1987. Mineral-deficient diets and the pig's attraction to blood: implications for tail-biting. *Can. J. Anim. Sci.* 67:909–918. doi:10.4141/cjas87-096.
- Gabert, V. M., H. Jørgensen, and C. M. Nyachoti. 2001. Bioavailability of AA in feedstuffs for swine. In: A. J. Lewis and L. L. Southern, editors. *Swine Nutrition*, 2nd ed. CRC Press, New York, NY. p. 151–186.
- Gianluppi, R. D. F., M. S. Lucca, A. P. G. Mellagi, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, R. R. Ulguim, and F. P. Bortolozzo. 2020. Effects of different amounts and type of diet during weaning-to-estrus interval on reproductive performance of primiparous and multiparous sows. *animal*. 14:1906–1915. doi:10.1017/S175173112000049X.
- Gonçalves, M. A. D., S. Nitikanjana, M. D. Tokach, S. S. Dritz, N. M. Bello, R. D. Goodband, K. J. Touchette, J. L. Usry, J. M. DeRouche, and J. C. Woodworth. 2015. Effects of standardized ileal digestible tryptophan: lysine ratio on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 93:3909–3918. doi:10.2527/jas.2015-9083.
- Gonçalves, M. A. D., K. M. Gourley, S. S. Dritz, M. D. Tokach, N. M. Bello, J. M. DeRouche, J. C. Woodworth, and R. D. Goodband. 2016b. Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high-performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 94:1993–2003. doi:10.2527/jas.2015-0087.
- Gonçalves, M. A. D., M. D. Tokach, S. S. Dritz, N. M. Bello, K. J. Touchette, R. D. Goodband, J. M. DeRouche, and J. C. Woodworth. 2018. Standardized ileal digestible valine:Lysine dose response effects in 25- to 45-kg pigs under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 96:591–599. doi:10.1093/jas/skx059.
- González-Vega, J. C., Y. Liu, J. C. McCann, C. L. Walk, J. J. Looor, and H. H. Stein. 2016a. Requirement for digestible calcium by eleven- to twenty-five-kilogram pigs as determined by growth performance, bone ash concentration, calcium and phosphorus balances, and expression of genes involved in transport of calcium in intestinal and kidney cell. *J. Anim. Sci.* 94:3321–3334. doi:10.2527/jas.2016-0444.
- González-Vega, J. C., C. L. Walk, M. R. Murphy, and H. H. Stein. 2016b. Requirement for digestible calcium by 25 to 50 kg pigs at different dietary concentrations of phosphorus as indicated by growth performance, bone ash concentration, and calcium and phosphorus balances. *J. Anim. Sci.* 94:5272–5285. doi:10.2527/jas.2016-0751.
- Goodband, B., M. Tokach, S. Dritz, J. DeRouche, and J. Woodworth. 2014. Practical starter pig amino acid requirements in relation to

- immunity, gut health and growth performance. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5:12. doi:10.1186/2049-1891-5-12.
- Gourley, K. M., G. E. Nichols, J. A. Sonderman, Z. T. Spencer, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, S. J. Kitt, and E. W. Stephenson. 2017. Determining the impact of increasing standardized ileal digestible lysine for primiparous and multiparous sows during lactation. *Transl. Anim. Sci.* 1:426–436. doi:10.2527/tas2017.0043.
- Gourley, K. M., A. J. Swanson, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, and J. C. Woodworth. 2020a. Effects of increased lysine and energy feeding duration prior to parturition on sow and litter performance, piglet survival, and colostrum quality. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skaa105.
- Gourley, K. M., A. J. Swanson, R. Q. Royall, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, C. W. Hastad, and J. C. Woodworth. 2020b. Effects of timing and size of meals prior to farrowing on sow and litter performance. *Transl. Anim. Sci.* 4:724–736. doi:10.1093/tas/txaa066.
- Gourley, K. M., J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and R. D. Goodband. 2020c. Effects of soybean meal concentration in lactating sow diets on sow and litter performance and blood criteria. *Transl. Anim. Sci.* 4:594–601. doi:10.1093/tas/txaa037.
- Graham, A., K. J. Touchette, S. Jungst, M. Tegtmeyer, J. Connor, and L. Greiner. 2015. Impact of feeding level postweaning on wean to estrus interval, conception and farrowing rates, and subsequent farrowing performance. *J. Anim. Sci.* 93:65.
- Graham, A., L. Greiner, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and K. J. Touchette. 2018. Lysine Requirement of Lactating Sows - Revisited. *J. Anim. Sci.* 96:167–168. doi:10.1093/jas/sky073.309.
- Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, and C. R. Neill. 2016. The evaluation of increasing lysine or feed amounts in late gestation on piglet birth weights. *J. Anim. Sci.* 94:123–124. doi:10.2527/msasas2016-261.
- Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and J. Connor. 2017. Threonine:Lysine ratio requirement in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 95:115. doi:10.2527/asasmw.2017.12.240.
- Guo, J. Y., C. E. Phillips, M. T. Coffey, and S. W. Kim. 2015. Efficacy of a supplemental candy coproduct as an alternative carbohydrate source to lactose on growth performance of newly weaned pigs in a commercial farm condition. *J. Anim. Sci.* 93:5304–5312. doi:10.2527/jas.2015-9328.
- Harper, H., G. Silva, B. Peterson, A. Hanson, J. Soto, C. Vier, N. Lu, and U. Orlando. 2021. Effects of Different Feeding Levels Prior to Farrowing on Sow and Litter Performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings
- Heo, J. M., J. C. Kim, C. F. Hansen, B. P. Mullan, D. J. Hampson, and J. R. Pluske. 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *J. Anim. Sci.* 87:2833–2843. doi:10.2527/jas.2008-1274.
- Huerta, I., C. M. Vier, U. A. D. Orlando, N. Lu, R. Navales, and W. R. Cast. 2021. Association between gilts and sows body condition and reproductive performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Jacyno, E., A. Kołodziej, M. Kamyczek, M. Kawęcka, K. Dziadek, and A. Pietruszka. 2007. Effect of L-Carnitine Supplementation on Boar Semen Quality. *Acta Vet. Brno.* 76:595–600. doi:10.2754/avb200776040595.
- Jang, K. B., J. M. Purvis, and S. W. Kim. 2019. 143 Supplemental effects of whey permeate on growth performance and gut health of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 97:81–82. doi:10.1093/jas/skz122.148.
- Jayaraman, B., J. Htoo, and C. M. Nyachoti. 2015. Effects of dietary threonine:lysine ratios and sanitary conditions on performance, plasma urea nitrogen, plasma-free threonine and lysine of weaned pigs. *Anim. Nutr.* 1:283–288. doi:10.1016/j.aninu.2015.09.003.
- Jerez, K., C. Ramirez-Camba, C. Vier, N. Lu, W. Cast, S. Dritz, R. Navales, U. Orlando. 2021. A web application to establish customized feeding program and nutrient specifications for highly prolific sows. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Jindal, R., J. R. Cosgrove, F. X. Aherne, and G. R. Foxcroft. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: association with progesterone. *J. Anim. Sci.* 74:620–624. doi:10.2527/1996.743620x.
- Jones, C. K., J. M. DeRouchey, J. L. Nelssen, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and R. D. Goodband. 2010. Effects of fermented soybean meal and specialty animal protein sources on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.* 88:1725–1732. doi:10.2527/jas.2009-2110.
- Jones, C. K., M. D. Tokach, J. L. Usry, C. R. Neill, and J. F. Patience. 2014. Evaluating lysine requirements of nursery pigs fed low protein diets with different sources of nonessential amino acids. *J. Anim. Sci.* 92:3460–3470. doi:10.2527/jas.2014-7018.
- Jones, A. M., F. Wu, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and S. S. Dritz. 2018. Evaluating the effects of fish meal source and level on growth performance of nursery pigs. *Transl. Anim. Sci.* 2:144–155. doi:10.1093/tas/txy010.
- De Jong, J., C. R. Neill, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and M. Culbertson. 2018. 310 - Effects of Standardized Ileal Digestible (SID) Threonine: Lysine Ratio on Nursery Pig Performance. *J. Anim. Sci.* 96:166–167. doi:10.1093/jas/sky073.307.
- Kahindi, R., A. Regassa, J. Htoo, and M. Nyachoti. 2017. Optimal sulfur amino acid to lysine ratio for post weaning piglets reared under clean or unclean sanitary conditions. *Anim. Nutr.* 3:380–385. doi:10.1016/j.aninu.2017.08.004.
- Kemp, B., H. J. G. Grooten, L. A. Den Hartog, P. Luiting, and M. W. A. Verstegen. 1988. The effect of a high protein intake on sperm production in boars at two semen collection frequencies. *Anim. Reprod. Sci.* 17:103–113. doi:10.1016/0378-4320(88)90050-4.
- Kemp, B., L. A. Den Hartog, and H. J. G. Grooten. 1989. The effect of feeding level on semen quantity and quality of breeding boars. *Anim.*

- Reprod. Sci. 20:245–254. doi:10.1016/0378-4320(89)90073-0.
- Kemp, B., F. P. Vervoort, P. Bikker, J. Janmaat, M. W. A. Verstegen, and H. J. G. Grooten. 1990. Semen collection frequency and the energy metabolism of A.I. boars. *Anim. Reprod. Sci.* 22:87–98. doi:10.1016/0378-4320(90)90068-Q.
- Kendall, D. C., A. M. Gaines, G. L. Allee, and J. L. Usry. 2008. Commercial validation of the true ileal digestible lysine requirement for eleven- to twenty-seven-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 86:324–332. doi:10.2527/jas.2007-0086.
- Kim, S. W., D. H. Baker, and R. A. Easter. 2001. Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. *J. Anim. Sci.* 79:2356–2366. doi:10.2527/2001.7992356x.
- Kim, S. W., and R. A. Easter. 2001. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. *J. Anim. Sci.* 79:1829–1839. doi:10.2527/2001.7971829x.
- Kim, S. W., E. Van Heugten, F. Ji, C. H. Lee, and R. D. Mateo. 2010. Fermented soybean meal as a vegetable protein source for nursery pigs: I. Effects on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 88:214–224. doi:10.2527/jas.2009-1993.
- Knauer, M. T., J. Purvis, N. Lu, U. A. D. Orlando, C. M. Vier, and W. R. Cast. 2020. Evaluation of the NRC (2012) model in estimating standard maintenance metabolizable energy requirement of PIC® sows during mid-gestation. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Kozink, D. M., M. J. Estienne, A. F. Harper, and J. W. Knight. 2004. Effects of dietary l-carnitine supplementation on semen characteristics in boars. *Theriogenology*. 61:1247–1258. doi:10.1016/j.theriogenology.2003.07.022.
- Kwon, W. B., and H. H. Stein. 2019. Update on amino acids in high fiber diets: Threonine and branch chained amino acids. In: Midwest Swine Nutr. Conf. Indianapolis. p. 11–17.
- Kwon, W. B., K. J. Touchette, A. Simongiovanni, K. Syriopoulos, A. Wessels, and H. H. Stein. 2019. Excess dietary leucine in diets for growing pigs reduces growth performance, biological value of protein, protein retention, and serotonin synthesis. *J. Anim. Sci.* 97:4282–4292. doi:10.1093/jas/skz259.
- De La Lata, M., S. S. Dritz, M. R. Langemeier, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2001. Economics of increasing lysine:calorie ratio and adding dietary fat for growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Swine Heal. Prod.* 9:215–223.
- Langendijk, P., E. G. Bouwman, T. Y. Chen, R. E. Koopmanschap, and N. M. Soede. 2017. Temporary undernutrition during early gestation, corpora lutea morphometrics, ovarian progesterone secretion and embryo survival in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 29:1349–1355. doi:10.1071/RD15520.
- Laskoski, F., J. E. Faccin, C. M. Vier, M. A. Gonçalves, U. A. Orlando, R. Kummer, A. P. Mellagi, M. L. Bernardi, I. Wentz, and F. P. Bortolozzo. 2019. Effects of pigs per feeder hole and group size on feed intake onset, growth performance, and ear and tail lesions in nursery pigs with consistent space allowance. *J. Swine Heal. Prod.* 27:12–18.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2001. Minerals. In: *Nutrition of the Chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, ON. p. 331–428.
- Levis, D. G. 1997. Managing post pubertal boars for optimum fertility. *The Compendium's Food Animal Medicine and Management*.
- Liao, P., X. Shu, M. Tang, B. Tan, and Y. Yin. 2018. Effect of dietary copper source (inorganic vs. chelated) on immune response, mineral status, and fecal mineral excretion in nursery piglets. *Food Agric. Immunol.* 29:548–563. doi:10.1080/09540105.2017.1416068.
- Lindemann, M. D., and N. Lu. 2019. Use of chromium as an animal feed supplement. In: J. Vincent, editor. *The nutritional biochemistry of chromium*. 1st ed. Elsevier. p. 79–125.
- Liu, Y., Y. L. Ma, J. M. Zhao, M. Vazquez-Añón, and H. H. Stein. 2014. Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. *J. Anim. Sci.* 92:3407–3415. doi:10.2527/jas.2013-7080.
- Louis, G. F., A. J. Lewis, W. C. Weldon, P. M. Ermer, P. S. Miller, R. J. Kittok, and W. W. Stroup. 1994a. The effect of energy and protein intakes on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2051–2060. doi:10.2527/1994.7282051x.
- Louis, G. F., A. J. Lewis, W. C. Weldon, P. S. Miller, R. J. Kittok, and W. W. Stroup. 1994b. The effect of protein intake on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2038–2050. doi:10.2527/1994.7282038x.
- Lu, N., and M. D. Lindemann. 2017. Effects of dietary copper levels on growth performance and response to lipopolysaccharide challenge in nursery pigs from sows fed either high or low copper diets. *J. Anim. Sci.* 95:55. doi:10.2527/asasmw.2017.118.
- Lu, N., H. J. Monegue, and M. D. Lindemann. 2018. Long-Term Effects of Dietary Source and Level of Copper on Reproductive Performance, Nutrient Digestibility, Milk Composition, and Tissue Trace Mineral Concentrations of Sows. *J. Anim. Sci.* 96:132. doi:10.1093/jas/sky073.244.
- Lu, N., C. Vier, W. Cast, U. Orlando, M. Goncalves, and M. Young. 2020. Effects of dietary net energy and neutral detergent fiber levels on growth performance and carcass characteristics of growing finishing pigs. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Lu, N., R. Wang, G. Popa, C. Vier, and U. Orlando. 2021. Effects of different feeding regimes during wean-to-estrus interval on sow reproductive performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Lunedo, R., D. Perondi, C. M. Vier, U. A. D. Orlando, G. F. R. Lima, A. D. Junior, and R. Kummer. 2020. Determining the effects of diet complexity and body weight categories on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 98:92. doi:10.1093/jas/skaa054.160.
- Madec, F., N. Bridoux, S. Bounaix, and A. Jestin. 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors.



- Prev. Vet. Med. 35:53–72. doi:10.1016/S0167-5877(97)00057-3.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2004. Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system. *J. Anim. Sci.* 82:1499–1507. doi:10.2527/2004.8251499x.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and J. M. DeRouche. 2008. Effects of Feeding Growing Pigs Less or More Than Their Estimated Lysine Requirement in Early and Late Finishing on Overall Performance. *Prof. Anim. Sci.* 24:76–87. doi:10.15232/S1080-7446(15)30813-5.
- Mallmann, A. L., F. B. Betiolo, E. Camilloti, A. P. G. Mellagi, R. R. Ulguim, I. Wentz, M. L. Bernardi, M. A. D. Gonçalves, R. Kummer, and F. P. Bortolozzo. 2018. Two different feeding levels during late gestation in gilts and sows under commercial conditions: Impact on piglet birth weight and female reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 96:4209–4219. doi:10.1093/jas/sky297.
- Mallmann, A. L., E. Camilloti, D. P. Fagundes, C. E. Vier, A. P. G. Mellagi, R. R. Ulguim, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, M. A. D. Gonçalves, R. Kummer, and F. P. Bortolozzo. 2019. Impact of feed intake during late gestation on piglet birth weight and reproductive performance: A dose-response study performed in gilts. *J. Anim. Sci.* 97:1262–1272. doi:10.1093/jas/skz017.
- Mallmann, A. L., G. S. Oliveira, R. R. Ulguim, A. P. G. Mellagi, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, M. A. D. Gonçalves, R. J. Cogo, and F. P. Bortolozzo. 2020. Impact of feed intake in early gestation on maternal growth and litter size according to body reserves at weaning of young parity sows. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skaa075.
- Mansilla, W. D., J. K. Htoo, and C. F. M. de Lange. 2017. Replacing dietary nonessential amino acids with ammonia nitrogen does not alter amino acid profile of deposited protein in the carcass of growing pigs fed a diet deficient in nonessential amino acid nitrogen. *J. Anim. Sci.* 95:4481–4489. doi:10.2527/jas2017.1631.
- Mathai, J. K., J. K. Htoo, J. E. Thomson, K. J. Touchette, and H. H. Stein. 2016. Effects of dietary fiber on the ideal standardized ileal digestible threonine:lysine ratio for twenty-five to fifty kilogram growing gilts. *J. Anim. Sci.* 94:4217–4230. doi:10.2527/jas.2016-0680.
- Menegat, M. B., S. S. Dritz, C. M. Vier, M. D. Tokach, J. M. DeRouche, J. C. Woodworth, and R. D. Goodband. 2018. Update on feeding strategies for the highly prolific sow. In: 49th AASV Annual Meeting.
- Menegat, Mariana B, S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2020a. Phase-feeding strategies based on lysine specifications for grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skz366.
- Menegat, Mariana B., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. C. Woodworth, J. M. Derouche, and R. D. Goodband. 2020b. A review of compensatory growth following lysine restriction in grow-finish pigs. *Transl. Anim. Sci.* 4:531–547. doi:10.1093/tas/txaa014.
- Merriman, L. A., C. L. Walk, M. R. Murphy, C. M. Parsons, and H. H. Stein. 2017. Inclusion of excess dietary calcium in diets for 100- to 130-kg growing pigs reduces feed intake and daily gain if dietary phosphorus is at or below the requirement. *J. Anim. Sci.* 95:5439–5446. doi:10.2527/jas2017.1995.
- Miller, K., and T. A. Kellner. 2020. Impact of pre-farrow feeding amount and timing on stillborn rate of sows. *J. Anim. Sci.* 98:100. doi:10.1093/jas/skaa054.173.
- Millet, S., M. Aluwé, J. De Boever, B. De Witte, L. Doudah, A. Van den Broeke, F. Leen, C. De Cuyper, B. Ampe, and S. De Campeneere. 2018. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels. *J. Anim. Sci.* 96:3824–3836. doi:10.1093/jas/sky254.
- Moeser, A. J., K. A. Ryan, P. K. Nighot, and A. T. Blikslager. 2007. Gastrointestinal dysfunction induced by early weaning is attenuated by delayed weaning and mast cell blockade in pigs. *Am. J. Physiol. Liver Physiol.* 293:G413–G421. doi:10.1152/ajpgi.00304.2006.
- Moore, K. L., B. P. Mullan, and J. C. Kim. 2013. Blend-feeding or feeding a single diet to pigs has no impact on growth performance or carcass quality. *Anim. Prod. Sci.* 53:52–56. doi:10.1071/AN12053.
- Nemeček, J. E., F. Wu, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouche, and J. C. Woodworth. 2018. Effect of standardized ileal digestible lysine on growth and subsequent performance of weanling pigs. *Transl. Anim. Sci.* 2:156–161. doi:10.1093/tas/txy011.
- Nitikanchana, S., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, and B. J. White. 2015. Regression analysis to predict growth performance from dietary net energy in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:2826–2839. doi:10.2527/jas.2015-9005.
- Noblet, J. and J. Van Milgen. 2004. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. *J. Anim. Sci.* 82:229–238. doi:10.2527/2004.8213\_supplE229x.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Orlando, U. A. D., R. Hinson, M. Goncalves, A. D. Woodward, and N. R. Augspurger. 2018. Determination of SID Lysin:ME Requirements in 129 to 149 Kg Pigs. *J. Anim. Sci.* 96:165–166. doi:10.1093/jas/sky073.305.
- Orlando, U. A. D., C. M. Vier, W. R. Cast, N. Lu, R. Navales, and S. S. Dritz. 2021. Meta-analysis to determine the standardized ileal digestible lysine requirements of growing-finishing pigs from 11- to 150-kg. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Peters, J. C., and D. C. Mahan. 2008. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *J. Anim. Sci.* 86:2247–2260. doi:10.2527/jas.2007-0431.
- Richards, J. D., J. Zhao, R. J. Harrell, C. A. Atwell, and J. J. Dibner. 2010. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine. *Asian-Australasian J.*

Anim. Sci. 23:1527–1534. doi:10.5713/ajas.2010.r.07.

- Rijnen, M. M. J. A., M. W. A. Verstegen, M. J. W. Heetkamp, and J. W. Schrama. 2003. Effects of two different dietary fermentable carbohydrates on activity and heat production in group-housed growing pigs. *J. Anim. Sci.* 81:1210–1219. doi:10.2527/2003.8151210x.
- Rochell, S. J., L. S. Alexander, G. C. Rocha, W. G. Van Alstine, R. D. Boyd, J. E. Pettigrew, and R. N. Dilger. 2015. Effects of dietary soybean meal concentration on growth and immune response of pigs infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *J. Anim. Sci.* 93:2987–2997. doi:10.2527/jas.2014-8462.
- Rojo, G. A. 2011. Evaluation of the effects of branched chain amino acids and corn-distillers dried grains by-products on the growth performance, carcass and meat quality characteristics of pigs. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Ruhr, L. P., G. D. Osweiler, and C. W. Foley. 1983. Effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on reproductive potential in the boar. *Am. J. Vet. Res.* 44:483–485.
- Ruth, M. R., and C. J. Field. 2013. The immune modifying effects of amino acids on gut-associated lymphoid tissue. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 4:1–10. doi:10.1186/2049-1891-4-27.
- Sauber, T. E., T. S. Stahly, N. H. Williams, and R. C. Ewan. 1998. Effect of lean growth genotype and dietary amino acid regimen on the lactational performance of sows. *J. Anim. Sci.* 76:1098–1111. doi:10.2527/1998.7641098x.
- Schinckel, A. P., M. E. Einstein, S. Jungst, J. O. Matthews, C. Booher, T. Dreading, C. Fralick, E. Wilson, and R. D. Boyd. 2012. Daily feed intake, energy intake, growth rate and measures of dietary energy efficiency of pigs from four sire lines fed diets with high or low metabolizable and net energy concentrations. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 25:410–420. doi:10.5713/ajas.2011.11212.
- Shawk, D. J., R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, A. B. Lerner, and H. E. Williams. 2018. Effects of added dietary salt on pig growth performance. *Transl. Anim. Sci.* 2:396–406. doi:10.1093/tas/txy085.
- Shawk, D. J., M. D. Tokach, R. D. Goodband, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. Derouchey, A. B. Lerner, F. Wu, C. M. Vier, M. M. Moniz, and K. N. Nemechek. 2019. Effects of sodium and chloride source and concentration on nursery pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 97:745–755. doi:10.1093/jas/sky429.
- She, Y., Q. Huang, D. Li, and X. Piao. 2017. Effects of proteinate complex zinc on growth performance, hepatic and splenic trace elements concentrations, antioxidative function and immune functions in weaned piglets. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 30:1160–1167. doi:10.5713/ajas.16.0867.
- Shelton, N. W., C. R. Neill, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and S. S. Dritz. 2009. Effects of increasing feeding level during late gestation on sow and litter performance. *Kansas Agri. Exp. Stn. Res. Rep.* doi:10.4148/2378-5977.6780.
- Silva, G., R. Thompson, B. Knopf, L. Greiner, J. Soto, C. M. Vier, N. Lu, and U. A. D. Orlando. 2020. Effects of metabolizable energy and standardized ileal digestible lysine levels on lactating sow and litter performance. *J. Anim. Sci.* 98:95–96. doi:10.1093/jas/skaa054.166.
- Skinner, L. D., C. L. Levesque, D. Wey, M. Rudar, J. Zhu, S. Hooda, and C. F. M. de Lange. 2014. Impact of nursery feeding program on subsequent growth performance, carcass quality, meat quality, and physical and chemical body composition of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 92:1044–1054. doi:10.2527/jas.2013-6743.
- Soto, J., L. Greiner, J. Connor, and G. Allee. 2011. Effects increasing feeding levels in sows during late gestation on piglet birth weights. *J. Anim. Sci.* 89:86.
- Soto, J. A., M. D. Tokach, S. S. Dritz, M. A. D. Gonçalves, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. B. Menegat, and F. Wu. 2019a. Regression analysis to predict the impact of dietary neutral detergent fiber on carcass yield in swine. *Transl. Anim. Sci.* 3:1270–1274. doi:10.1093/tas/txz113.
- Soto, J. A., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, and F. Wu. 2019b. Optimal dietary standardized ileal digestible lysine and crude protein concentration for growth and carcass performance in finishing pigs weighing greater than 100 kg. *J. Anim. Sci.* 97:1701–1711. doi:10.1093/jas/skz052.
- Speight, S. M., M. J. Estienne, A. F. Harper, R. J. Crawford, J. W. Knight, and B. D. Whitaker. 2012. Effects of dietary supplementation with an organic source of selenium on characteristics of semen quality and in vitro fertility in boars. *J. Anim. Sci.* 90:761–770. doi:10.2527/jas.2011-3874.
- Stein, H. H., L. A. Merriman, and J. C. González-Vega. 2016. Establishing a digestible calcium requirement for pigs. In: C. L. Walk, I. Kühn, H. H. Stein, M. T. Kidd, and M. Rodehutschord, editors. *Phytate destruction - consequences for precision animal nutrition*. Wageningen Academic Publishers. p. 207–216. doi:10.3920/978-90-8686-836-0\_13.
- Stevermer, E. J., M. F. Kovacs, W. G. Hoekstra, and H. L. Self. 1961. Effect of Feed Intake on Semen Characteristics and Reproductive Performance of Mature Boars. *J. Anim. Sci.* 20:858–865. doi:10.2527/jas1961.204858x.
- Stähr, B., L. Rothe, and D. Waberski. 2009. *Empfehlungen zur Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung und Transport von Ebersperma Handbuch für Besamungsstationen*. Diss. med. vet. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
- Stewart, K. R., C. L. Bradley, P. Wilcock, F. Domingues, M. Kleve-Feld, and J. Hundley. 2016. Superdosing phytase fed to mature boars improves semen concentration and reproductive efficiency. *J. Anim. Sci.* 94:109. doi:10.2527/msas2016-231.
- Sulabo, R. C., J. Y. Jacela, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and J. L. Nelssen. 2010. Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 88:3145–3153. doi:10.2527/jas.2009-2131.

- Sutkevičienė, N., B. Bakutis, A. Banys, B. Karvelienė, A. Rutkauskas, J. Sabeckienė, and H. Žilinskas. 2009. The effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on boar reproductive potential and the dynamic of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase levels in the boar blood serum. *Vet. ir Zootech.* 46:73–77.
- Thomas, L. L., M. D. Tokach, J. C. Woodworth, R. D. Goodband, S. S. Dritz, and J. M. DeRouche. 2018. Effects of Added Soybean Isoflavones in Low Crude Protein Diets on Growth and Carcass Performance of Finishing Pigs from 260 to 320 lb. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports.* 4. doi:10.4148/2378-5977.7684.
- Thompson, R., B. Knopf, C. M. Vier, L. Ning, R. C. Wayne, and U.A.D. Orlando. 2020. Evaluation of Different Vitamin Concentrations in a Commercial Wean-to-Finish Program. *J. Anim. Sci.* 98:170-171. doi:10.1093/jas/skaa054.302.
- Tokach, M. D., and R. D. Goodband. 2007. Feeding Boars for Optimum Sperm Production. In: *Proceedings of Swine Reproduction Preconference Symposium at 2007 AASV Annual Meeting.*
- Tokach, M. D., and M. A. D. Gonçalves. 2014. Impact of nutrition and other production factors on carcass quality in pigs. In: *Proc. Latin America Pork Expo. Foz do Iguacu, Brazil.* p. 9.
- Tokach, M. D., M. B. Menegat, K. M. Gourley, and R. D. Goodband. 2019. Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal.* 13:2967–2977. doi:10.1017/S1751731119001253.
- Totafurno, A. D., L. A. Huber, W. D. Mansilla, D. Wey, I. B. Mandell, and C. F. M. De Lange. 2019. The effects of a temporary lysine restriction in newly weaned pigs on growth performance and body composition. *J. Anim. Sci.* 97:3859–3870. doi:10.1093/jas/skz196.
- Touchette, K., R. Hinson, and M. Goncalves. 2018. 49 Determination of Sid Val: Lysin Requirements in Lactating Sows. *J. Anim. Sci.* 96:26–27. doi:10.1093/jas/sky073.047.
- Tous, N., R. Lizardo, B. Vilà, M. Gispert, M. Font-i-Furnols, and E. Esteve-Garcia. 2014. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 92:129–140. doi:10.2527/jas.2012-6222.
- Tuffo, L. Del, M. D. Tokach, C. K. Jones, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2019. Evaluation of different vitamin concentrations on grow-finish pig growth and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 97:108–109. doi:10.1093/jas/skz122.192.
- Underwood, E. J., and F. Suttle. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock.* 3rd ed. CAB International, Wallingford, UK.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and J. C. Woodworth. 2019a. Effects of standardized total tract digestible phosphorus on growth performance of 11- to 23-kg pigs fed diets with or without phytase. *J. Anim. Sci.* 97:4032–4040. doi:10.1093/jas/skz255.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, K. Chitakasempornkul, and J. C. Woodworth. 2019b. Standardized total tract digestible phosphorus requirement of 24-to 130-kg pigs. *J. Anim. Sci.* 97:4023–4031. doi:10.1093/jas/skz256.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, J. R. Bergstrom, and J. C. Woodworth. 2019c. Calcium to phosphorus ratio requirement of 26-to 127-kg pigs fed diets with or without phytase. *J. Anim. Sci.* 97:4041–4052. doi:10.1093/jas/skz257.
- Wähner, M., M. Geyer, G. Hallfarth, and U. Hühn. 2004. Der einfluss von zulagen einer vitaminemulsion mit L-Carnitin auf die spermaeigenschaften von besamungsebern. *Zuchtungskunde.* 76:196–207.
- Whang, K. Y., F. K. McKeith, S. W. Kim, and R. A. Easter. 2000. Effect of starter feeding program on growth performance and gains of body components from weaning to market weight in swine. *J. Anim. Sci.* 78:2885–2895. doi:10.2527/2000.78112885x.
- Whitney, M. H., and C. Masker. 2010. Replacement gilt and boar nutrient recommendations and feeding management. *Pork Information Gateway.* Available from: <https://porkgateway.org/resource/replacement-gilt-and-boar-nutrient-recommendations-and-feeding-management/>.
- Wolter, B. F., M. Ellis, B. P. Corrigan, J. M. DeDecker, S. E. Curtis, E. N. Parr, and D. M. Webel. 2003. Impact of early postweaning growth rate as affected by diet complexity and space allocation on subsequent growth performance of pigs in a wean-to-finish production system. *J. Anim. Sci.* 81:353–359. doi:10.2527/2003.812353x.
- Wu, F., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, and J. R. Bergstrom. 2018. Effects of dietary calcium to phosphorus ratio and addition of phytase on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 96:1825–1837. doi:10.1093/jas/sky101.
- Xue, L., X. Piao, D. Li, P. Li, R. Zhang, S. Kim, and B. Dong. 2012. The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites and hormones of lactating sows. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 3:11. doi:10.1186/2049-1891-3-11.
- Yang, H., J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, G. C. Shurson, and R. D. Walker. 2000. Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration. *J. Anim. Sci.* 78:348–357. doi:10.2527/2000.782348x.

## Abschnitt U

# Danksagungen

Wir danken folgenden Personen für ihre Beiträge zu zahlreichen wissenschaftlichen Studien und ihre Zeit für die Prüfung der Ernährungs- und Fütterungsleitlinien von PIC®:

Alexandre Gomes Rocha (Aurora Alimentos, Brazil)  
Annie Clark (Schwartz farms, USA)  
Fangzhou Arkin Wu (Pipestone, USA/China)  
Carlos Kippert Jr. (BRF, Brazil)  
Fernando Bortolozzo (Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil)  
Gonzalo Castro (Consultant, Chile)  
Jose Soto (Ajinomoto, USA)  
Keysuke Muramatsu (JBS Foods, Brazil)  
Kyle Coble (JBS Foods, USA)  
Laura Greiner (Iowa State University, USA)  
Malachy Young (Gowans, Canada)  
Melissa Hannas (Federal University of Viçosa, Brazil)  
Merlin Lindemann (University of Kentucky, USA)  
Mick Hazzledine (AB Agri, UK)  
Mike Tokach (Kansas State University, USA)  
Pau Aymerich (Vall Companys, Spain)  
Rommel Sulabo (University of the Philippines, Philippines)  
Simon Turner (Roslin Institute, UK)  
Sung Woo Kim (North Carolina State University, USA)  
Tom Crenshaw (University of Wisconsin, USA)  
Wenye Zhang (Shiyang Group, China)

Außerdem danken wir Leopoldo Almeida (Doktorand an der Universität Paraná, Brasilien) für das Organisieren und Überprüfen aller Referenzen.





Never  
Stop  
Improving

**PIC Deutschland GmbH**

Jathostraße 11 A | 30163 Hannover | 0511 870 85 0 | [www.PICDeutschland.de](http://www.PICDeutschland.de) | [pic.deutschland@genusplc.com](mailto:pic.deutschland@genusplc.com)