

## Einfluss von Insekten- (*Hermetia illucens*) und Mikroalgenmehl (*Spirulina platensis*) als alternative Proteinquellen auf Wachstumsparameter und Schleimhautoberfläche des Dünndarms von Absatzferkeln

S. Velten<sup>1</sup>, C. Neumann<sup>1</sup>, J. Mast<sup>1</sup>, E. Gruber-Dujardin<sup>2</sup> und F. Liebert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Georg-August-Universität Göttingen, Tierernährungsphysiologie, Lehrstuhl für Tierernährung, Kellnerweg 6, 37077 Göttingen, <sup>2</sup>Deutsches Primatenzentrum GmbH, Abteilung Infektionspathologie, Kellnerweg 4, 37077 Göttingen

### Einleitung

Um Importproteinträger wie Sojaextraktionsschrot (SES) zu ersetzen, erlangen alternative Proteinquellen zunehmend an Bedeutung in der Tierernährung. Als Teil des interdisziplinären Projektes „Sustainability Transitions“ wurden die Effekte eines 50%-igen Austausches von SES mit teilentfettetem Larvenmehl (HM) der schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) oder dem Mehl der blau-grünen Mikroalge (SM) (*Spirulina platensis*) in Ferkelfuttern untersucht.

### Material und Methoden

Die Haltung der Versuchstiere erfolgte in der Versuchsanlage des Departments für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Insgesamt wurden 40 männliche, kastrierte Absatzferkel (PIC 408 x (Large White x Landrasse)) in Einzelflatdecks auf 5 Fütterungsgruppen á 8 Tiere verteilt. Die Tiere waren bei Versuchsstart durchschnittlich 37 Tage alt mit einer Lebendmasse von ungefähr 9 kg. Der Versuchsphase ging eine Eingewöhnungszeit von etwa 14 Tagen voraus, in denen die Ferkel zunächst zu zweit eingestallt waren. Etwa eine Woche vor Versuchsstart wurden die Ferkel separiert und der Prästarter schrittweise mit dem Versuchsfutter verschnitten. In dem 25-tägigen Wachstumstest wurden die Ferkel dreimal täglich gefüttert. Die Futtermenge wurde so bemessen, dass möglichst alle Tiere vollständig gesättigt waren (*semi ad libitum*) während ihnen Wasser *ad libitum* zur Verfügung stand. Das mehlartige Futter wurde trocken verfüttert. Vereinzelt auftretende Futterreste wurden zurückgewogen. Die Kontrollmischung basierte auf Weizen, Gerste und SES als Hauptkomponenten die an die Bedarfsanforderungen der Tiere hinsichtlich ihrer Energie- und Nährstoffgehalte (DLG, 2008) angepasst wurde. Zusätzlich wurden kristalline Aminosäuren (AS) (L-Lys-HCL, DL-Met und L-Thr) entsprechend der empfohlenen AS-Verhältnisse (GfE, 2006) bis zur Bedarfsdeckung ergänzt. In den Versuchsmischungen wurde das SES zu 50% durch HM bzw. SM ersetzt. Für zwei Versuchsgruppen entsprach die AS-Supplementierung der Kontrollmischung (Gruppen: HM und SM). Für zwei weitere Gruppen (Gruppen: HM+AS und SM+AS) wurde die AS-Ergänzung auf jeweils ca. 100 % der Kontrolle angehoben (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Rezeptur und ausgewählte Gehaltsangaben zu den Futtermischungen (g/kg Endfutter)

Komponenten	Kontrolle	[HM]	[HM+AS]	[SM]	[SM+AS]
Weizen	325,5	331,8	331	346,8	346,5
Gerste	325,5	331,8	331	346,8	346,5
Sojaextraktionsschrot	280	140	140	140	140
Hermetia-Mehl	-	104,4	104,4	-	-
Spirulina-Mehl	-	-	-	84,9	84,9
Sojaöl	30	55	53	45	42
Prämix <sup>1</sup>	33	31	31	31	31
Lysin	4,4	4,4	6,2	4,4	7
Methionin	0,5	0,5	1,4	0,5	0,9
Threonin	1,1	1,1	2	0,6	1,3
ME (MJ/kg)	13,4	14,4	14,3	14,0	13,9
Rohprotein	191,4	192,5	195,2	183,4	186,5

<sup>1</sup>Mengen- und Spurenelemente, Vitamine, Markersubstanz (TiO<sub>2</sub>)

Die zootechnischen Parameter (Wachstum, Futteraufnahme, Futter- und Proteinverwertung) wurden wöchentlich erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte mittels einfaktorieller ANOVA (Paket IBM

SPSS, Vers. 24). Je nach Varianzverteilung wurde der Tukey (homogene Verteilung) oder Games-Howell Test (heterogene Verteilung) verwendet.

Am Versuchsende wurden jeweils 4 Tiere der Kontrolle sowie der HM- und SM-Gruppe euthanasiert. Aus den Blinddärmen entnommene Chymusproben wurden unverzüglich auf Bakterienwachstum (Gesamtkeimzahl, *Enterococcus*, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*., Coliforme Bakterien, Milchsäurebakterien, *Clostridium*, Salmonellen und *Campylobacter*) sowie Parasiten untersucht.

Darüber hinaus wurden in Anlehnung an Makanya et al. (1995) systematisch zufällig einheitlich ausgewählte (systematic uniform random sampling, SURS) Gewebeproben des Dünndarms zur stereologischen Bestimmung der primären Schleimhautoberfläche (Spm) gewonnen. Dazu wurde der Darm in drei Abschnitte (Duodenum, Jejunum und Ileum) eingeteilt und jeweils in Länge und Breite vermessen. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software GraphPad PRISM Version 6.05. Die Signifikanzen wurden mittels ANOVA unter Zuhilfenahme des Kruskal-Wallis-Tests bestimmt.

## Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die Leistungs- und Aufwandsparameter des Ferkelversuches zusammengefasst. Bei den Lebendmassen sowie dem Futtermittelverzehr zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen, wobei die Kontrolle und die Versuchsgruppen HM+AS und SM+AS tendenziell höhere Werte aufwiesen. Diese gute Akzeptanz von *Hermetia*- und Spirulinamehl in der Ferkelfütterung konnten bereits von Newton et al. (1977) und Grinstead et al. (2000) gezeigt werden. Kontrolle und HM+AS zeigten den signifikant höchsten Lebendmassezuwachs (LMZ), wobei die Gruppe SM mit nur 411,0 g/d den signifikant niedrigsten Wert erreichte. Ähnliche Ergebnisse konnten beim Einsatz von Algen in den Fütterungsversuchen von Saeid et al. (2013) beobachtet werden, bei denen sich 2,5-4 % *Spirulina maxima* in der Schweinemast nicht positiv auf die LMZ auswirkten. Im Gegensatz dazu berichteten Grinstead et al. (2000) von einer durchgehend höheren LMZ nach Zulage von allerdings nur max. 2% *Spirulina platensis* in der Ration, was deutlich unter der Einsatzmenge von 8,5 % im vorliegenden Versuch lag. Die Gruppe SM zeigte, verglichen mit Kontroll- sowie HM+AS-Gruppe, den höchsten Futteraufwand ( $p < 0,05$ ). Im Proteinaufwand fielen die Unterschiede zwar nicht signifikant aus, aber auch hier zeigte die Gruppe HM+AS numerisch die niedrigsten Werte. Die Ergebnisse der mit *Hermetia illucens* gefütterten Ferkel entsprechen den Versuchen von Ji et al. (2016) mit früh abgesetzten Ferkeln (14±2 Tage), bei denen 5% Mischungsanteil von Plasmaproteinen durch verschiedene Insektenmehle (*Tenebrio molitor*, *Musca domestica*, *Zophobas morio*) ohne signifikante Defizite bei Futtermittelverzehr und Wachstum ersetzt werden konnten.

**Tabelle 2:** Zootechnische Daten nach 25 Tagen Fütterungsversuch (Mittelwerte ± Standardabweichung)

	Kontrolle n=8	[HM] n=8	[HM+AS] n=7	[SM] n=8	[SM+AS] n=8
LM* Versuchsstart (kg)	8,8 ± 0,7	8,7 ± 1,1	9,2 ± 1,2	9,0 ± 0,9	8,9 ± 1,2
LM* Versuchsende (kg)	21,9 ± 1,5	19,7 ± 2,0	21,9 ± 1,9	19,3 ± 2,2	20,0 ± 2,1
Futtermittelverzehr (g/d)	732,6 ± 49,6	646,1 ± 85,1	704,4 ± 36,8	653,3 ± 74,0	670,9 ± 57,6
LMZ**(g/d)	521,0 <sup>c</sup> ± 36,1	439,0 <sup>ab</sup> ± 54,3	508,6 <sup>bc</sup> ± 32,0	411,0 <sup>a</sup> ± 59,9	442,0 <sup>ab</sup> ± 48,3
Futteraufwand (g/g)	1,41 <sup>a</sup> ± 0,1	1,47 <sup>ab</sup> ± 0,1	1,39 <sup>a</sup> ± 0,1	1,60 <sup>b</sup> ± 0,1	1,53 <sup>ab</sup> ± 0,2
Proteinaufwand (g/g)	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,32 ± 0,03

\*Lebendmasse, \*\*Lebendmassezuwachs, <sup>a,b,c</sup> kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen ( $p < 0,05$ )

Die mikrobiologischen Untersuchungen (Bakterien, Parasiten) ergaben keine relevanten Hinweise auf mögliche diätabhängige Veränderungen zwischen den Gruppen.

Um herauszufinden, ob die Fütterung der alternativen Proteinquellen *Hermetia illucens* und *Spirulina platensis* Veränderungen der Dünndarmmorphologie bewirkt, wurde bei ausgewählten Tieren (Kontrolle, HM, SM) die Schleimhautoberfläche stereologisch bestimmt. Die auf die Lebendmasse bezogenen Ergebnisse (Spm<sub>relativ</sub>) sind für die einzelnen Dünndarmabschnitte sowie für den gesamten Dünndarm in Tabelle 3 dargestellt. Es zeigten sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen. Numerisch wiesen jedoch die Tiere nach Algenfütterung im Vergleich zu den anderen

Gruppen eine deutlich größere relative Schleimhautoberfläche von Duodenum, Jejunum und Dünndarm insgesamt auf. Da das Längenwachstum des Darmes u. a. durch die enterale Enzymaktivität beeinflusst werden kann (Ahlfänger, 2016), war die Nährstoffabsorption bzw. die Enzymaktivität der Darmschleimhaut durch Inhaltsstoffe von Spirulinamehl möglicherweise herabgesetzt. Kompensatorisch wäre eine größere Oberfläche nötig, um die erforderliche Nährstoffabsorption zu gewährleisten. Der vergleichsweise hohe FA in dieser Gruppe würde eine solche Hypothese grundsätzlich stützen, allerdings wären zu deren Erhärtung umfangreichere Studien erforderlich. Nach *Hermetia*-Fütterung war dagegen die relative Schleimhautoberfläche im Duodenum durchschnittlich am kleinsten, was für eine effizientere Nährstoffaufnahme in diesem Dünndarmabschnitt sprechen könnte. Allerdings bestehen damit gegenwärtig nur Interpretationsansätze.

**Tabelle 3:** Mittlere Lebendmasse am Schlachttag sowie die relative primäre Schleimhautoberfläche des gesamten Dünndarms und der drei Darmabschnitte (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung)

	Kontrolle n=4	[HM] n=4	[SM] n=4
Lebendmasse (kg)	24,8 $\pm$ 2,2	20,7 $\pm$ 2,4	21,6 $\pm$ 2,1
Spm <sub>relativ</sub> * (cm <sup>2</sup> /kgLM) gesamter Dünndarm	228,5 $\pm$ 26,4	224,5 $\pm$ 14,3	273,1 $\pm$ 42,7
Spm <sub>relativ</sub> * (cm <sup>2</sup> /kgLM) Duodenum	7,1 $\pm$ 0,4	5,2 $\pm$ 1,7	8,7 $\pm$ 2,7
Spm <sub>relativ</sub> * (cm <sup>2</sup> /kgLM) Jejunum	218,2 $\pm$ 25,8	215,7 $\pm$ 15,4	261,0 $\pm$ 39,7
Spm <sub>relativ</sub> * (cm <sup>2</sup> /kgLM) Ileum	3,2 $\pm$ 1,1	3,6 $\pm$ 0,9	3,5 $\pm$ 0,6

\*relative primäre Schleimhautoberfläche=Länge [cm] (Darmabschnitt) x Breite [cm] (Untersegment), bezogen auf die Lebendmasse

### Schlussfolgerung

Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass *Hermetia illucens* und *Spirulina platensis* grundsätzlich das Potential haben, bei bedarfsangepasster Supplementation von Aminosäuren 50% des Sojaextraktionsschrotes in den Futtermischungen von Absatzferkeln zu ersetzen. Jedoch weisen der erhöhte Futteraufwand und die Vergrößerung der relativen primären Schleimhautoberfläche des Dünndarms in der SM Gruppe auf möglicherweise veränderte Verdauungsvorgänge mit Auswirkungen auf die Mikrostruktur des Dünndarmes nach Gabe des Algenproteins hin. Weiterführende klärende Untersuchungen dazu befinden sich in Bearbeitung.

### Literatur

- Ahlfänger B. (2016) Untersuchungen zu den Effekten einer exokrinen Pankreasinsuffizienz auf das Längenwachstum und den histologischen Aufbau des Dünndarmes junger Schweine. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2008) Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (hrsg). 1. Aufl. Frankfurt am Main:DLG Verlag.
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (2006) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen 2006. Frankfurt a. M.: DLG-Verlag, 10, 48.
- Grinstead G. S., Tokach M. D., Dritz S. S., Goodband R. D., Nelssen J. L. (2000) Effects of *Spirulina platensis* on growth performance of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology* 83, 237-247.
- Ji Y. J., Liu H. N., Kong X.F., Blachier F., Geng M. M., Liu Y. Y., Yin, Y.L. (2016) Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets. *American Society of Animal Science* 94, 111-116.
- Makanya A. N., Mayhew T. M., Maina J. N. (1995) Stereological methods for estimating the functional surfaces of the chiropteran small intestine. *Journal of Anatomy* 187, 361-368.
- Newton G. L., Booram C. V., Barker R. W., Hale O. M. (1977) Dried Larvae Meal as a Supplement for Swine. *Journal of Animal Science* 44, 395-400.
- Saeid A., Chojnacka K., Korczyński M., Korniewicz D., Dobrzański Z. (2013) Effect on supplementation of *Spirulina maxima* enriched with Cu on production performance, metabolic and physiological parameters in fattening pigs. *Journal of Applied Phycology* 25, 1607-1617.