

Fachinformationen Landwirtschaft

Untersuchungen zum Einsatz von tierischen Proteinen in der Ferkelaufzucht

Einleitung

Mit der Etablierung einer Nachweismethodik für tierisches, von Geflügel oder Schweinen stammendes Protein (WIMMER, 2021) wurde das Fütterungsverbot aus dem Jahr 2003 (EG Nr. 1234/2003, 2003; (EG) Nr. 999/2001; (EG) Nr. 1326/2001, 2001) im September 2021 für Schweine, unter Beibehalt des strikten Intraspezies-Verfütterungsverbot, wieder aufgehoben (Verordnung (EU) 2021/1372, 2021). Voraussetzung dafür ist die Eignung und Zulassung des Betriebs für die damit verbundenen Anforderungen an die Mischfutterherstellung.

Die Bedeutung einer omnivoren Proteinversorgung für die Gesundheit, Leistung und Tierverhalten wurde vom Verbot bis zur Wiedezulassung diskutiert (ZIER et al., 2004; ARAUJO et al., 2010; BERROCOSO et al., 2012; ZHANG et al., 2016; REINER et al., 2019 und 2021; ŽIVKOVIĆ et al., 2021). Theoretisch ermöglichen Proteine tierischen Ursprungs eine Reduktion des Rohproteingehalts der Ration und Entlastung des Leberstoffwechsels. Erwartet wird auch eine Verbesserung der Darmgesundheit (KIRCHGEßNER, 1987; STEIN und KIL, 2006; NYACHOTI und LEE, 2020). Für die Ferkelaufzucht besonders geeignet sind neben Milchproteinen und Blutprodukten auch Fischmehl (MANU und BAIDOO, 2020) und Geflügelmehl (OCKERMAN und BASU, 2014). Während gesundheitsfördernde Effekte bedarfsgerechter Rationen unstrittig sind, gab es bislang wenig direkte Nachweise von Zusammenhängen zwischen der Proteinquelle und dem Tierverhalten (ARAUJO et al., 2010). In einer Untersuchung sollte geklärt werden, wie sich der vollständige Austausch von Sojaextraktionsschrot gegen Geflügel- oder Fischmehl auf die Leistung, Gesundheit und unerwünschtes Tierverhalten auswirkt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Lehrwerkstatt Schwein (LWS) des Lehr- und Versuchsgutes (LVG) Köllitsch durchgeführt. Dazu wurden insgesamt 592 Ferkel in 4 aufeinander folgenden Versuchsdurchgängen in zwei verschiedenen Aufzuchtteilen untersucht. In der ersten Lebenswoche wurden die Schwänze der für den Versuch vorgesehenen Ferkel in unterschiedlichen Stufen kupiert (1/3) oder unkupiert gelassen. 78 % der Ferkel wurden kupiert und 22 % der Ferkel wurden unkupiert eingestallt. Es wurden überwiegend männlich intakte und weibliche Ferkel, nur vereinzelt männlich kastrierte Ferkel aufgezogen. Die Ferkel wurden vor dem Absetzen einzeln gewogen und anschließend nach dem wissenschaftlichen Standard für Fütterungsversuche randomisiert auf die Behandlungsgruppen unter Berücksichtigung des Wurfs sowie des Einzeltiergewichtes verteilt. Die zweite Wägung erfolgte nach einer Anfütterungsphase aller Ferkel mit dem gleichen Ferkelaufzuchtfutter 1 (FA 1) nach 7 Tagen sowie

zum Versuchsende nach 35 Tagen. Während des Versuchszeitraumes erfolgte mindestens zweimal wöchentlich eine subjektive Bonitur des Tierverhaltens sowie von Schwanzverletzungen durch Nekrosen oder Schwanzbeißen auf einer Skala von 1 – 4.

Bei der Verrechnung der biologischen Leistungen mithilfe einer Varianzanalyse wurde eine Korrektur auf das individuelle Einstallgewicht sowie die Durchgangseffekte mit nachfolgendem Modell vorgenommen:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} = Messwert des untersuchten Merkmals für das ij-te Tier

μ = Mittelwert für das untersuchte Merkmal

α_i = Effekt des Proteinträgers

β_j = Durchgangseffekt

ε_{ijk} = Restfehler.

Die kategorischen und subjektiv erfassten Boniturdaten wurden mithilfe eines Chi-Quadrat-testes (χ^2 -Test) geprüft und ausgewertet.

Die Haltung der durchschnittlich 19 Ferkel (min.:15, max.: 22 Ferkel/Bucht; Abstammung: BHZP: 77-er Eber * Viktoria) je Haltungsguppe erfolgte gemischtgeschlechtlich in Doppelbuchten von 2*8 m² Grundfläche und einem mittleren Platzangebot von 0,37 m² je Ferkel. Jede der 4 Doppelbuchten eines Abteils wurde mithilfe eines in die Buchtentrennwand integrierten Rohrbreiautomaten mit Futter versorgt. In den ersten 7 Tagen erhielten alle Ferkel ein zugekauftes Futtermittel (FA 1). Ab dem 8. Haltungstag erfolgte die Umstellung auf das betriebseigene FA 2. Dieses wurde auf der Basis gleicher Rohstoffe (Gerste, Weizen) bzw. zugekaufter Komponenten (Mineralfutter, Hersteller Vilofoss) mit Sojaextraktionsschrot (48 % Rohprotein) oder Geflügelmehl (65 % Rohprotein) bzw. Fischmehl (70 % Rohprotein) ergänzt. Dabei wurden etwa 14 % HP Soja gegen 10 % Geflügel- oder Fischmehl und 4 % Getreide (Weizen/Gerste, jeweils 2 %) ausgetauscht. Das Ziel der Futteroptimierung waren gleiche Energie- und Lysingehalte der Versuchs- und Kontrollmischungen. Die folgende Tabelle fasst die analytisch ermittelten Inhaltsstoffe der eingesetzten Versuchsfuttermittel zusammen.

Tabelle 1: Futteranalysewerte bei 88 % TS (jeweils 10 Analysen je Mischfuttermittel)

Futtermittel	TS [%]	MJ ME	RP [%]	Rfa [%]	Rfe [%]	Stärke [%]	Lysin [%]	Threonin [%]	Ca [%]	P [%]	NDF [%]	ADF [%]
Geflügelmehl	88	13,7	59,6		11,6		3,3	2,0	5,0	2,4		
Fischmehl	88	14,4	65,4		8,9		5,0	2,6	3,0	2,2		
FA 2 Versuch Geflügelmehl	88	13,2	18,9	4,3	3,3	43,8	1,2	0,64	0,97	0,65	14,1	5,0
FA 2 Versuch Fischmehl	88	13,6	18,3	3,5	3,5	46,1	1,2	0,65	0,80	0,63	15,5	4,2
FA 2 Kontrolle	88	13,3	18,3	3,9	2,5	45,4	1,1	0,64	0,63	0,51	12,5	5,1

Ergänzend zur Hauptfütterung wurde den Versuchs- und Kontrollgruppen ab Versuchsbeginn ein Beschäftigungsfutter ohne wesentlichen Nährstoffgehalt (BEG Wühlerde; MEYER, 2022) zur freien Aufnahme drei- bis viermal täglich angeboten.

Ergebnisse und Diskussion

Verarbeitetes Protein tierischen Ursprungs (Fischmehl, Geflügelmehl, Blutprodukte, Milchprotein) hat eine hohe biologische Wertigkeit und wird in der Literatur als gute Proteinquelle in Rationen für Aufzuchtferkel gesehen (MANU und BAIDOO, 2020; OCKERMAN und BASU, 2014). Es weist eine höhere Nährstoffdichte und biologische Wertigkeit auf als pflanzliches Protein (KIRCHGEBNER, 1987). In der vorliegenden Untersuchung wurde versucht die Rationen bedarfsgerecht und so zu konzipieren, dass der Austausch des Proteinträgers zu Rationen mit möglichst gleichem Energie- und Lysingehalt führt. Das ist unter den Erschwernissen praktischer Gegebenheiten nicht vollständig gelungen (Tabelle 1). Das Versuchsfutter mit Fischmehl enthielt im Rahmen der Analysetoleranzen etwas mehr Energie (0,3 MJ ME) während das Versuchsfutter mit Geflügelmehl analytisch 0,6 % mehr Rohprotein als das Kontrollfutter mit Sojaextraktionsschrot enthielt. Während Unterschiede im Rohfasergehalt zwischen Versuchs- und Kontrollfuttern durch das Angebot von Wühlerde weitgehend ausgeglichen wurden, besteht der wesentliche Unterschied in einem etwa 0,2 % bis 0,3 % höheren Kalziumgehalt der Versuchsfutter. Das Ca-P-Verhältnis der Versuchsgruppe mit Geflügelmehl beträgt 1,5:1 und ist damit höher und für die Versuchsfragestellung ungünstiger als in der Kontrollgruppe (1,2:1).

Bei gemeinsamer Verrechnung von Versuchs- (tierisches Protein) und Kontrollgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede in den Tageszunahmen sowohl im gesamten Haltungsalter als auch im Versuchszeitraum festgestellt. Der direkte Vergleich der einzelnen Proteinträger belegt jedoch einen etwa 35 g höheren Futtermittelverzehr der Versuchsgruppen mit Geflügelmehl gegenüber der Kontrolle. Das ist beim Einsatz von Fischmehl nur in der 3. Versuchs- und 4. Haltungswoche der Fall. Insgesamt fressen die Ferkel beim Einsatz von Fischmehl eher etwas weniger als die Ferkel in den Kontrollgruppen.

Tabelle 2: Biologische Leistungen der Ferkel bei unterschiedlicher Fütterung

	Geflügelmehl				Fischmehl			
	Ver- such Mittel	Kontrolle Mittel	SE	p < .05	Versuch Mittel	Kontrolle Mittel	SE	p < .05
Einst. Gewicht (kg)	8,5	8,4	0,14	n. s.	8,4	8,4	0,15	n. s.
Gewicht 7. HT (kg)	10,4	10,3	0,20	n. s.	10,3	10,0	0,21	n. s.
Ausst. Gewicht (kg)	25,1	24,7	0,42	.06	24,0	23,9	0,45	n. s.
tägliche Zunahmen 7. – 35. HT (g/d)	525	514	10,5	.03	491	499	11,5	n. s.
Futtermittelverbrauch(g/d)	801	766	6,24	n. s.	830	844	6,8	n. s.
Futtermittelaufwand (1:)	1,5	1,5			1,7	1,7		

Analog zur beschriebenen Futteraufnahme erreichen die mit Geflügelmehl gefütterten Ferkel eine signifikant bessere körperliche Entwicklung, was der positiven Literaturbewertung von tierischem Protein anhand der gefundenen Leistungen in der Ferkelaufzucht entspricht (ZIER et al., 2004; KEEGAN et al.; 2004, ARAUJO et al., 2010). Im Vergleich von Geflügel- und Fischmehl werden anders als in der Literatur keine signifikanten Unterschiede gefunden (ZIER et al., 2004). Letztere Autoren sehen Geflügelmehl als die preisgünstige Alternative zu anderen tierischen Proteinträgern. Das kann hier ebenfalls bestätigt werden. Auf der Basis der Preise zum Zeitpunkt des Versuches war die Mischung mit Geflügelmehl mit 39,61 € je dt etwa 16 € günstiger als die Versuchsmischung mit Fischmehl und nur etwa 3 € je dt teurer als die Kontrollmischung mit Sojaextraktionsschrot. Nach subjektivem Empfinden wurde das Futter mit Geflügelmehl-Supplementierung von den Ferkeln aufgrund des Futtergeschmacks besser akzeptiert. Die Vorliebe der Schweine für Fleischgeschmack („Umami“) ist in Untersuchungen belegt (DANILOVA et al., 1999; HELLEKANT und DANILOVA, 1999; GLASER et al., 2000; TINTI et al., 2000) und wird auch indirekt durch die stärkere Beschäftigung mit dem Futter bei Geflügelmehl Supplementierung bestätigt (ARAUJO et al., 2010). Dieser Effekt ist in den darauffolgenden Versuchsdurchgängen mit Fischmehl aufgrund der stark steigenden Temperaturen im Frühjahr möglicherweise nicht zum Tragen gekommen.

Gleichwohl wird durch den Einsatz von tierischem Protein auch die Tiergesundheit beeinflusst. In der vorliegenden Untersuchung führt der Einsatz von tierischem Protein zu signifikant weniger an Durchfall erkrankten Ferkeln je Bucht. Durchschnittlich werden in den Versuchsgruppen 0,2 Ferkel/Bucht und damit signifikant weniger Ferkel mit Durchfallgeschehen als in den Kontrollbuchten (0,6 Ferkel/Bucht) beobachtet. Statistisch gesehen ist die positiv gerichtete Beziehung zum Durchfallgeschehen beim Einsatz von Fischmehl ($\chi^2 < .01$) enger als beim Einsatz von Geflügelmehl ($\chi^2 < .05$).

Negative gesundheitliche Effekte von pflanzlichem Protein im Vergleich zu tierischem werden in der Literatur im Zusammenhang mit der noch nicht vollständig entwickelten Verdauungsfähigkeit der Ferkel (QIAO et al., 2003) oder einer mehr allergenen Wirkung von Sojaproteinen gesehen (HEPPELL et al., 1989; LI et al., 1990 und 1991; FRIESEN et al., 1993; DRÉAU et al., 1994; MAXWELL und CARTER, 2001).

Offensichtlich überträgt sich im vorliegenden Versuch die von der Fütterung beeinflusste Darmgesundheit auch auf das Tierverhalten und bestätigt damit die Ergebnisse von KJELDAGER-KOBEK et al. (2022). Durchfallerkrankungen führen bei den betroffenen Tieren zu einem Nährstoffverlust über den Darm. Die Ferkel zeigen folglich ein stärker ausgeprägtes Nährstoffsuchverhalten und neigen aufgrund des Nährstoffverlustes zu anormalem Verhalten wie gegenseitigem Bewühlen, Belecken und Caudophagie (PELZ, 2021; LAMMERS, 2021; NIENHOFF, 2021; WESSELMANN, 2021; LAMMERT et al., 2021; BOYLE et al., 2022). Dementsprechend zeigen die Tiere der Versuchsgruppen im Vergleich zu den Kontrolltieren signifikant mehr Ruhe- und Normalverhalten. Unruhiges Verhalten trat fast doppelt so häufig bei den Kontrolltieren auf. Das bestätigt auch die subjektive Bonitur bezogen auf die gesamte Bucht. Im Versuch wurden bis zu 9 von durchschnittlich 19 Ferkeln pro Bucht (Geflügelmehl, Kontrolle) als aggressiv mit hoher Grundspannung eingestuft. So werden gegenüber den Buchten der rein pflanzlich ernährten Kontrolle weniger Buchten mit hoher Grundspannung (Boniturnote 3 = unruhiges, manipulierendes Verhalten) und mehr Buchten gefunden, in denen kein Ferkel als aggressiv eingestuft wird. Der absolut höchste Anteil an Ruheverhalten bei Fischmehl-Supplementierung

ist mit den höheren, jahreszeitlich bedingten Umgebungstemperaturen (Frühsommertrockenheit) zu sehen.

Tabelle 3: Grundspannung und Hyperaktivität der Haltungsgruppen in % untersuchter Buchten

	Geflügelmehl		Fischmehl	
	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
Ruheverhalten	3	3	21	11
Normalverhalten	76	62	74	80
Unruhe	21	35	6	9

Die positiven Einflüsse auf den Darm und das Immunsystem lassen möglicherweise auf eine Verminderung von Entzündungsprozessen schließen, was tendenziell zu einer Reduzierung des Nekrose- und Beißgeschehens führt. Während etwa 98 % der kupiert eingestellten Ferkel unversehrt, also ohne Verletzung durch nekrotische Veränderung oder durch Schwanzbeißen, das Versuchsende erreichen, sind das bei den unkupierten Ferkeln nur 37 %. Bezogen auf alle Probanden (kupierte und unkupierte Ferkel) ist die Höhe dieses Fütterungseffektes deshalb relativ gering, kann aber aufgrund der hohen Anzahl an z.T. wiederholten Beobachtungen (> 10.000) als gerichtet bewertet werden. Viel deutlicher fällt die Bewertung aus, wenn nur die Gruppe der unkupierten und damit von Schwanzverletzungen betroffenen Tiere betrachtet wird (Abbildung). Dabei ist der Gesamteffekt der Fütterung auf die Unversehrtheit der Ringelschwänze beim Einsatz von Fischmehl noch etwas größer (5%).

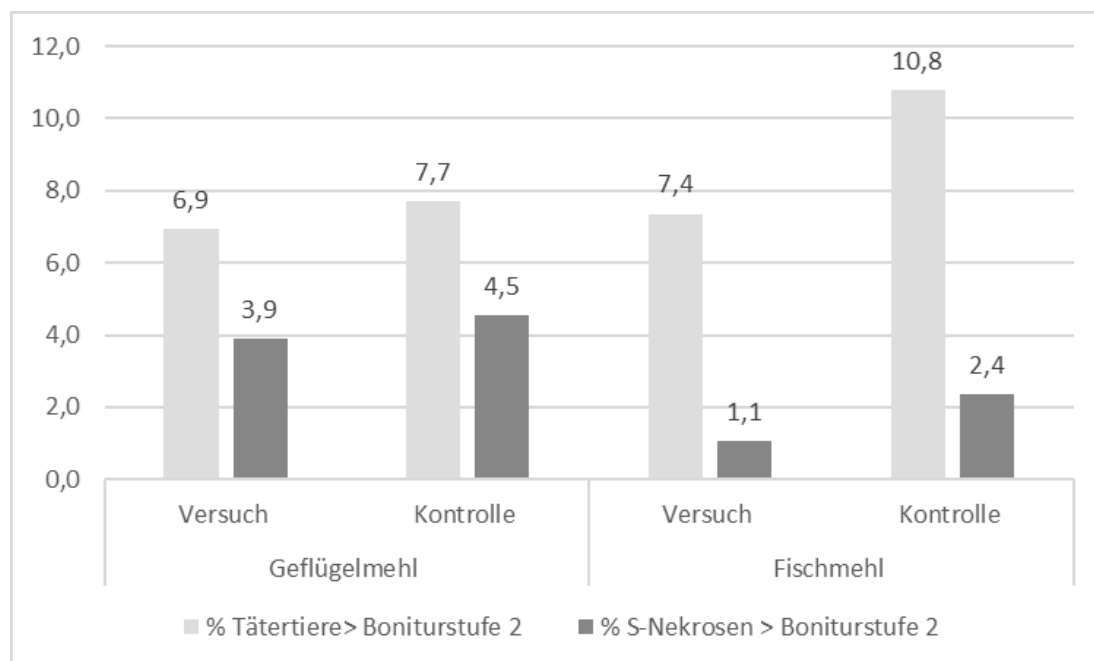


Abbildung: Relativer Anteil verhaltensauffälliger Ferkel und Tiere mit nekrotisch veränderten Schwänzen

In der Literatur wird die Verhaltensstörung mit dem Mikrobiom der Tiere in Verbindung gebracht (RABHI et al., 2020). Der Darm beeinflusst demnach Stimmung und Verhalten der Tiere. Störungen und Belastungen des Intestinaltraktes und sozialer Stress, verursacht durch Fütterungsaspekte (Unter- und Überversorgung mit Protein, Mangel an Sättigung, feine Futterpartikel, niedriger Ballaststoffgehalt, begrenzte Anzahl von Fressplätzen), rufen eine erhöhte Stresssensitivität bei den Tieren hervor und führen zu anormalem Verhalten, wie dem Schwanzbeißen (KJELDAGER-KOBEK et al., 2022). Davon zu trennen ist aber der Beschäftigungsaspekt über das Futter (ARAUJO et al., 2010; MEYER und HENKE, 2019). Eine direkte Kopplung der Futterraufnahme mit dem Erkundungs- und Beschäftigungsverhalten ist keine neue Erkenntnis. Sie wird schon in älteren Versuchen belegt (VAN PUTTEN, 1978; STOLBA und WOOD-GUSH, 1989; SAMBRAUS, 1981; SAMBRAUS und STEIGER, 1997).

Schlussfolgerungen und Ausblick

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der Proteinquelle (tierisches oder pflanzliches Protein) auf die biologischen Leistungen, die Gesundheit und das Tierverhalten in der Ferkelaufzucht überprüft. Die Versuche unter Verwendung von Geflügelmehl, nicht aber von Fischmehl, führten gegenüber der Kontrolle zu etwas besserer Futterakzeptanz und Zunahme der Ferkel. Dennoch wurden in beiden Versuchsgruppen gegenüber den rein pflanzlich ernährten Kontrollen weniger durchfallkranke Ferkel beobachtet. Folglich kann offensichtlich auch das Tierverhalten bei Verfütterung von tierischem Protein analog zur Darmgesundheit etwas positiver bewertet werden. Die Tiere der Versuchsgruppen zeigten im Vergleich zu den Kontrolltieren signifikant mehr Ruhe- bzw. weniger Unruheverhalten. Es werden gleichzeitig weniger nekrotische Veränderungen, insbesondere bei den unkupierten Ferkeln, gewertet. Das generelle Auftreten von Schwanzverletzungen konnte zwar nicht vermieden, allerdings konnten schwerwiegende Schwanzverletzungen (Kategorie 3, 4) verhindert werden. Der Weg zum flächendeckenden Kupierverzicht ist trotzdem noch weit. Während etwa 98 % der kupierten Ferkel völlig unversehrt (keine Nekrose, keine Bissverletzung) das Versuchsziel erreichten, waren es bei den unkupierten weniger als 50 %. Die Wiedertzulassung von tierischem Protein ist also nicht die alleinige Lösung, kann aber als Baustein auf dem Weg zur Haltung von unkupierten Ferkeln gewertet werden. Dabei ist Geflügelmehl eine preiswerte Alternative zum Fischmehl.

Literatur

ARAUJO, W. F., RENAUDEAU, D. und BRUSTOLINI, P. (2010): Effects of diet protein source on the behavior of piglets after weaning. *Livestock Science*, Volume 132, Issues 1 – 3, 35 - 40. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.04.018>

BERROCOSO, J., SERRANO, M., CAMARA, L., REBOLLAR, P. und MATEOS, G. G. (2012): Influence of diet complexity on productive performance and nutrient digestibility of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 171, Issues 2 – 4, 214 - 222. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.10.013>.

- BOYLE, L., EDWARDS, S., BOLHUIS, J., POL, F., SEMROV, M., SCHÜTZE, S. und VALROS, A. (2022): The Evidence for a Causal Link Between Disease and Damaging Behavior in Pigs. *Frontiers in Veterinary Science* . [10.3389/fvets.2021.771682](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.771682).
- DANILOVA, V., ROBERTS, T. und HELLERKANT, G. (1999): Responses of single taste fibers and whole chorda tympani and glossopharyngeal nerve in the domestic pig, *Sus scrofa*. *Chemical Sense*, Volume 24, Issue 3 , 301 - 316. <https://doi.org/10.1093/chemse/24.3.301>.
- DRÉAU, D., LALLÈS, J., PHILOUZE-ROMÉ, V., TOULLEC, R. und SALMON, H. (1994): Local and systemic immune responses to soybean protein ingestion in early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, Volume 72, Issue 8, 2090 - 2098. [10.2527/1994.7282090x](https://doi.org/10.2527/1994.7282090x).
- FRIESEN, K., NELSEN, J., BLECHA, F., REDDY, D., REDDY, P. und KATS, L. (1993): The effect of pre- and postweaning exposure to soybean meal on growth performance and on the immune response in the early-weaned pig. *Journal of Animal Science*, Volume 71, Issue 8, 2089 - 2098. <https://doi.org/10.2527/1993.7182089x>.
- GLASER, D., WANNER, M., TINTI, J. M. und NOFRE, C. (2000): Gustatory responses of pigs to various natural and artificial compounds known to be sweet in man. *Food Chemistry*, Volume 68, Issue 4, 375 - 385. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00212-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00212-5).
- HELLEKANT, G. und DANILOVA, V. (1999): Taste in domestic pig, *sus scrofa*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 82, 8 - 24. [10.1046/j.1439-0396.1999.00206.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.1999.00206.x).
- HEPPELL, L., SISSONS, J. und BANKS, S. (1989): Sensitivation of preruminant calves and piglets to antigenic protein in early weaning diets: control of the systemic antibody responses. *Research in Veterinary Science*, 257 - 262. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)31216-5](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)31216-5).
- KEEGAN, T., DEROUCHÉY, J., NELSEN, J., TOKACH, M. und GOODBAND, R. (2004): The effects of poultry meal source and ash level on nursery pig performance. *Journal of Animal Science*, Volume 82, Issue 9, 2750 - 2756. <https://doi.org/10.2527/2004.8292750x>.
- KIRCHGEßNER, M. (1987): *Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung u. Praxis - 7. neubearbeitete Auflage*. Frankfurt (Main): DLG-Verlag.
- KJELDAGER-KOBEK, C., SCHÖNHERZ, A., CANIBE, N. und PEDERSEN, L. (2022): Diet and microbiota-gut-brain axis in relation to tail biting in pigs: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 246. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105514>.
- LI, D. F., NELSEN, J., REDDY, P., BLECHNA, F., KLEMM, R. und GOODBAND, R. (1991): Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, Volume 69, Issue 10, 4062 - 4069. <https://doi.org/10.2527/1991.69104062x>.
- LI, D. F., NELSEN, J., REDDY, P. G., BLECHA, F., HANCOCK, J. und KLEMM, R. (1990): Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *Journal of Animal Science*, Volume 68, Issue 6, 1790 - 1799. <https://doi.org/10.2527/1990.6861790x>.
- LAMMERS, J.-B., NIENHOFF, H., PELZ, G. und WESSELMANN (2021): abgerufen am 20.03.23 in Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, <https://www.ileitis.de/problem-schwanzbeisen.aspx>.

- MANU, H. und BAIDOO, S. (2020): Nutrition and feeding of swine. In G. C. Fuller W. Bazer, Animal Agriculture, Sustainability, Challenges and Innovations (S. 299 - 213). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00017-3>.
- MAXWELL, C. und CARTER, S. (2001): Feeding the weaned pig. In A. J. Lewis, Swine Nutrition (S. 691 - 715). Boca Raton, Florida: CRC Press. [10.1201/9781420041842.ch31](https://doi.org/10.1201/9781420041842.ch31).
- MEYER, E. und HENKE S. (2019): Untersuchungen zum Einsatz von Beschäftigungsfutter bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren in der Ferkelaufzucht. Züchtungskunde, **91**, (5) S. 379 – 388, 2019, ISSN 0044-5401, © Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MEYER, E. (2022): Untersuchungen zum Einsatz von Wühlerde als kau- und fressbares Beschäftigungsmaterial in der Ferkelaufzucht. Züchtungskunde, **94**, (6) S. 449 – 456, 2022, ISSN 0044-5401, © Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- NYACHOTI, M. und LEE, J. (2020): 13 Opportunities for using low-protein diets for weanling pigs to improve intestinal health. Journal of Animal Science, Volume 98, Issue 3, 18 - 19. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.031>
- OCKERMAN, H. und BASU, L. (2014): BY-PRODUCTS. In M. Dikeman und C. Devine, Encyclopedia of Meat Sciences (S. 125 - 136). William Andrew Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00032-5>.
- QIAO, S., LI, D. F., JIANG, J., ZHOU, H., LI, J. und THACKER, P. (2003): Effects of moist extruded full-fat soybeans on gut morphology and mucosal cell turnover time of weanling pigs. Asian-Australian Journal of Animal Science, Volume 16, Issue 1 , 63 - 69. http://www.ajas.info/upload/pdf/16_12.pdf.
- RABHI, N., THIBODEAU, A., COTE, J.-C., DEVILLERS, N., LAPLANTE, B., FRAVALO, P. und QUESSY, S. (2020): Association Between Tail-Biting and Intestinal Microbiota Composition in Pigs. Frontiers in Veterinary Science, Volume 7 . <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.563762>.
- REINER, G. (2019): Entzündungs- und Nekrose Syndrom beim Schwein (SINS). Deutsches Tierärzteblatt **67** (3), 338 - 346. https://www.deutsches-tieraerzteblatt.de/fileadmin/resources/Bilder/DTBL_03_2019/PDFs/DTBL_03_2019_SINS.pdf.
- SAMBRAUS, H. (1981): Abnormal behavior as an indication of immaterial suffering. Journal for the Study of Animal Problems, 245 - 248. <https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/ijsap/vol2/iss5/11>.
- SAMBRAUS, H. H. und STEIGER, A. (1997): Das Buch vom Tierschutz. Enke Verlag.
- STEIN, H. und KIL, D. (2006): Reduced Use of Antibiotic Growth Promoters in Diets Fed to Weanling Pigs: Dietary Tools, Part 2. Animal Biotechnology, Volume 17, Issue 2, 217 - 231. <https://doi.org/10.1080/10495390600957191>.
- STOLBA, A. und WOOD-GUSH, D. (1989): The behaviour of pigs in a semi-natural environment. Animal Production , Volume 48 , Issue 2 , 419 - 425. <https://doi.org/10.1017/S0003356100040411>.

VAN PUTTEN, G. (1978): Schwein, in H. Sambras, Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere - Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis (S. 174 - 211). Berlin-Hamburg : Verlag Paul Parey. 1. Auflage.

VERORDNUNG (EG) NR. 999/2001 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. Mai 2001 mit Vorschriften zur Verhütung, Kontrolle und Tilgung bestimmter transmissibler spongiformer Enzephalopathien (2001): https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/05_Tierarzneimittel/Rechtsgrundlagen/01_EU/VO_999_2001.pdf?__blob=publication-File.

VERORDNUNG (EU) 2021/1372 DER KOMMISSION vom 17. August 2021 zur Änderung des Anhangs IV der Verordnung (EG) Nr. 999/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich des Verbots der Fütterung von anderen Nutztieren als Wiederkäuern, ausgenommen Pelztiere, mit tierischem Protein (Text von Bedeutung für den EWR). (2021): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32021R1372>.

WIMMER, S. (06. Oktober 2021): Tiermehl darf wieder verfüttert werden. Abgerufen am 09. November 2021 von tagesschau: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/tiermehl-verfuetterung-101.html>

ZHANG, Y., ZHENG, P., YU, B., HE, J., YU, J., MAO, X. und CHEN, D. (2016): Dietary spray-dried chicken plasma improves intestinal barrier function and modulates immune status in weaning piglets. Journal of Animal Science, Volume 94, Issue 1, 173 - 184. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9530>.

ZIER, C., JONES, R. und AZAIN, M. (2004): Use of pet food-grade poultry by-product meal as an alternate protein source in weanling pig diets. Journal of Animal Science, Volume 82, Issue 10, October 2004, Pages 3049 – 3057. <https://doi.org/10.2527/2004.82103049x>.

ŽIVKOVIĆ, V., RADOVIC, C., GOGIC, M., STOJILJKOVIC, N., OBRADOVIC, S., PETRICEVIC, M. und DELIC, N. (2021): The Effect of fish meal in the nutrition of weaned piglets. Biotechnology in Animal Husbandry 37 (3), 195 - 202, <https://doi.org/10.2298/BAH2103195Z>