

ABSCHLUSSBERICHT

Projekt:

INSECT4WEL

Insects for animal welfare

*Larven und Larvenprodukte der Schwarzen Soldatenfliege (Hermetia illucens)
in der Geflügel-, Ferkel- und Kälberfütterung in Rheinland-Pfalz –
Förderung von Tierwohl und Tiergesundheit*

Projektdauer	01.10.2023 bis 31.12.2024
--------------	---------------------------

Kontaktdaten:

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel
Westpark 11
54634 Bitburg

Technische Hochschule Bingen
FB1, Agrarwirtschaft, AG Tierernährung
Berlinstr. 109
55411 Bingen am Rhein

Dr. Thomas Priesmann
Thomas.Priesmann@dlr.rlp.de
Tel.: 06561-9480-435

Prof. Dr. Georg Dusel
g.dusel@th-bingen.de
Tel.: 06721 409 180

Johannes Blang
Johannes.Blang@dlr.rlp.de
Tel.: 06561-9480-408

Nathalie Stöhr
n.stoehr@th-bingen.de
Tel.: 06721 409 495

*Das Projekt wurde finanziert vom Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau*

30. April 2025

Inhalt

Überblick	4
1. Einleitung	4
1.1. Hintergrund	4
1.2. Kreislaufwirtschaft.....	5
1.3. Ernährungsphysiologische Eignung	5
1.4. Gesetzeslage	6
2. Zielsetzung	7
3. Ergebnisse der Arbeitspakete.....	9
3.1. AP 1: Legehennen	9
3.2. AP 2: Masthühner	20
3.3. AP 3: Ferkel	26
3.4. AP 4: Kälber	32
4. Handlungsempfehlungen für die Praxis	38
5. Publikationen	42
5.1. Beiträge auf wissenschaftlichen Konferenzen	42
5.2. Beiträge in Fachzeitschriften	42
5.3. Projekt- und Abschlussarbeiten	43
Literatur	44

Tabellen

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsdetails.....	10
Tabelle 2: Futtermittelzusammensetzung der Varianten	12
Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung (kalkuliert) der Futtervarianten.....	12
Tabelle 4: Futtermittelanalysen der Versuchsvarianten auf Trockenmassebasis.	13
Tabelle 5: Ergebnisse der Leistungsparameter	14
Tabelle 6: Ergebnisse der Eiquantitätsparameter	15
Tabelle 7: Fettsäurezusammensetzung Dotter	16
Tabelle 8: Trockenmassegehalt in %	17
Tabelle 9: Ergebnisse der Erhebung der allgemeinen Tierschutzindikatoren	17
Tabelle 10: Ergebnisse der Leistungsparameter und Ganzkörperzusammensetzung	21
Tabelle 11: Fettsäurezusammensetzung	23
Tabelle 12: Versuchsdetail Ferkel	27
Tabelle 13: Leistungsparameter Ferkel.....	29
Tabelle 14: MAT-Zusammensetzung und Nährstoffzusammensetzung.....	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über die regulatorischen Möglichkeiten für die Verwendung von Insektenprodukten als Futtermittel auf EU-Ebene.....	7
Abbildung 2: Mobilstall.....	11
Abbildung 3: Aufstallung der Mobilställe, Verteilung der Varianten.....	11
Abbildung 4: Ferkel bei der Fütterung.....	28
Abbildung 5: Versuchsstall für Kälber, Hofgut Neumühle	33
Abbildung 6: Fettsäurezusammensetzung der verwendeten Fettquellen	34
Abbildung 7: Ergebnisse der Wachstumsleistung.....	35
Abbildung 8: Ergebnisse der Bewertung der Kotkonsistenz.....	35
Abbildung 9: Ergebnisse der Trockenmasse- und Nährstoffaufnahmen	36

Überblick

Weltweit steigt die Nachfrage nach tierischem Protein. Die Fütterung und Haltung der Nutztiere haben jedoch diverse ökologische Folgen und aus der Sicht deutscher Verbraucher steigt die Sorge um das Wohlergehen der Tiere. Um die Lebensmittelproduktion in Verbindung mit der Tierhaltung nachhaltiger zu gestalten, treten vermehrt Insekten als alternative und nachhaltige Proteinquelle für die Human- und Tierernährung in den Vordergrund. Insekten und Insektenprotein werden große Chancen als alternative Eiweißquelle in der Tierernährung eingeräumt. Können Insekten doch anders als z.B. Schweine oder Geflügel Substrate verwerten, die in keiner Konkurrenz zur menschlichen Ernährung stehen.

Eine der vielversprechendsten Insektenarten für die industrielle Produktion sind die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (Black Soldier Fly Larvae, BSFL). Neben der ernährungsphysiologischen Eignung der Larven, aufgrund ihrer hohen Protein- und Fettgehalte, könnten die Larven ein vielversprechendes Beschäftigungsmaterial für Geflügel und Ferkel darstellen. Insekten sind in der freien Natur ein natürlicher Bestandteil der Geflügel- und Schweineernährung. Durch die Fütterung der Larven könnte das natürliche Futtersuchverhalten der Tiere befriedigt und Verhaltensstörungen und -anomalien in kommerziellen Tierhaltungssystemen reduziert werden.

Im Bereich der nachhaltigen Tierproduktion wurde daher das Ziel formuliert, die Tiergesundheit und das Tierwohl in der Geflügel- und Ferkelhaltung in Rheinland-Pfalz deutlich zu verbessern. Ziel des Projekts war es, den Einsatz von BSFL in der Tierhaltung in Rheinland-Pfalz auf seine praxisnahe Anwendung zu untersuchen. In Zusammenarbeit mit den beteiligten Organisationen wurde die Datengrundlage über die Möglichkeiten und Auswirkungen der BSFL-Fütterung verbessert. Anhand praxisnaher Forschung wurden Ergebnisse erarbeitet, woraus Handlungsempfehlungen für die Praxis resultierten.

1. Einleitung

1.1. Hintergrund

Geflügel ist das häufigste Nutztier in Deutschland. Über 173 Millionen Tiere wurden im Jahr 2020 in Deutschlands Geflügelhöfen gehalten. Die Geflügelfleischerzeugung hat sich in den vergangenen 20 Jahren fast verdoppelt. Im Jahr 2021 lag der Pro-Kopf-Verbrauch von Geflügelfleisch in Deutschland bei 21,9 Kilogramm (davon Hühner 15,6 kg, Truthühner 5,3 kg). Neben dem Fleisch sind auch die Eier von Hühnern von besonderem Interesse. So lag der Pro-Kopf-Verbrauch 2021 bei 238 Eiern pro Jahr. Deutschland zählt zu den führenden Produzenten für Eier in der Europäischen Union (EU). Die jährliche Legeleistung lag im Jahr 2021 bei knapp 300 Konsumeiern. Die Freiland- und ökologische Haltung ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen (BLE, 2023).

Während allgemein ein Rückgang in der Tierhaltung in Rheinland-Pfalz (RLP) zu beobachten ist, ist die Anzahl an Legehennen in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Nachdem der Bestand in RLP 2010, mit 750.000 Legehennen relativ klein war, wurden 2020 rund 1,2 Millionen Legehennen erfasst. Dies entspricht einem Anstieg von ca. 54 % (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2020)

Global betrachtet wächst die Produktion von tierischem Protein mit der Bevölkerung in vielen Teilen der Welt, wobei die Nachfrage nach Geflügelfleisch aufgrund seines begehrten Nährwertes dominiert. Derzeit zählen Geflügel- und Schweinefleisch zu den am meisten konsumierten tierischen Proteinen weltweit. Es wird erwartet, dass in den nächsten zehn Jahren die Geflügelproduktion um 16 % zunehmen und 45 % des weltweiten Wachstums der Fleischproduktion ausmachen wird (OECD/FAO, 2022). Aufgrund dieses enormen Anstiegs wächst die Sorge, ob die endlichen Ressourcen des Planeten, wie landwirtschaftliche Flächen und Süßwasser, den Nahrungsmittelbedarf decken können (FAO & WHO, 2019). Der steigende Bedarf an Eiweiß erfordert dringend eine nachhaltige Viehzucht.

Die derzeit wichtigsten Proteinbestandteile in der Geflügel- und Schweineernährung sind Sojaextraktionsschrot (SES) und Fischmehl (FM). Die weltweite Produktion von Soja, der wichtigsten Quelle für pflanzliches Eiweiß in der EU, ist von 30 Mio. Tonnen im Jahr 1960 auf mehr als 350 Mio. Tonnen im Jahr 2017 gestiegen (USDA, 2017). Etwa ein Viertel der globalen Meeresfischerzeugnisse (ca. 18 Mio. Tonnen) wird für die Nutztierfütterung zu Fischmehl und -öl verarbeitet (Schweiger, 2020; EU, 2021). Die Überfischung der Meere hat den Bestand an kleinen pelagischen Fischen verringert und weltweit sind die für den Sojaanbau zur Verfügung stehenden Flächen begrenzt. Darüber hinaus hat die Produktion des meist aus Lateinamerika importierten Sojas weitreichende negative ökologische und soziale Effekte (Schweiger, 2020).

Steigende Preise, Nachhaltigkeitsaspekte sowie die Sorge um die Ernährungssicherheit und über die Umweltauswirkungen der Lebensmittelproduktion treiben die Forschung nach alternativen und nachhaltigen Futtermitteln für Geflügel und Schweine voran, die ernährungsphysiologisch unbedenklich sind und nachhaltig gewonnen werden können (Veldkamp et al., 2012; FAO & WHO, 2019; FAO, 2021). Eine der vielversprechendsten Insektenarten für die industrielle Produktion sind die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (BSFL, *Hermetia illucens*).

1.2. Kreislaufwirtschaft

Die Larven der BSF sind Allesfresser, welche in der Natur häufig in Kompost- (Green und Popa, 2012) oder Misthaufen (Lalander et al., 2013) zu finden sind. Aufgrund ihres breiten Nahrungsspektrums können die Larven auf regionalen Reststoffen (z. B. Erntereste/Traubentrester) oder Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie (z. B. Altbrot, Gemüse) gemästet werden (Veldkamp et al., 2012). Dabei wandeln sie geringwertige Nebenströme in hochwertige Rohstoffe, wie z.B. Biomasse (Protein, Fette), Biokraftstoffe und Dünger um (Zheng et al., 2012; Ravi et al., 2020). Das Proteinmehl aus den BSFL stellt eine hervorragende Futterquelle für Nutztiere dar (Schiavone et al., 2019; de Souza Vilela et al., 2021; Facey et al., 2023). Die Nebenprodukte/Reste der Insektenzucht, der sog. Insektentorf, bestehend aus dem Futtersubstrat und Larvenausscheidungen, können als wertvoller organischer Dünger (3-7 % N und 2-5 % P) im Acker- und Gemüsebau genutzt werden (Zahn und Quilliam 2017; Houben et al. 2020; Quilliam et al. 2020).

Eine effiziente Nutzung von Insekten kann eine nachhaltige, regionale Kreislaufwirtschaft schaffen. Durch die regionale Produktion entstehen sichere Lieferketten und eine Unabhängigkeit vom Weltmarkt. Insekten haben darüber hinaus eine höhere Futterverwertungseffizienz und können die Nährstoffe der Nahrung besser verwerten als andere Nutztiere (Oonincx et al., 2019). Dabei erzeugen sie weniger Ammoniakemissionen und Treibhausgase als herkömmliche Nutztiere und haben somit einen geringeren ökologischen Fußabdruck (Oonincx et al., 2010; Van Huis, 2013). Die Produktion der Larven benötigt weniger Energie, eine geringere Flächennutzung und bedingt dadurch eine geringere Umweltbelastung als der Anbau und die Produktion von z. B. Sojabohnen (Rumpold und Schlüter, 2013; Makkar et al., 2014).

1.3. Ernährungsphysiologische Eignung

Die BSFL enthalten 35-50 % Rohprotein, 35-40 % Rohfett und ein Aminosäureprofil, welches dem von SES und FM ähnelt (Makkar et al., 2014). Der Nährstoffgehalt weist jedoch deutliche Schwankungen in Abhängigkeit der Erntezeitpunkte bzw. Entwicklungsstadien (Aniebo et al., 2008), der Futtersubstrate der Larven (Wang und Shelomi, 2017) sowie den unterschiedlichen Verarbeitungsgraden (Makkar et al., 2014) auf.

Die vorherrschende Fettsäure in den BSFL ist Laurinsäure (C12:0). In der Tierernährung soll Laurinsäure potenzielle gesundheitliche Vorteile mit sich bringen. Einige Autoren beschreiben, dass hohe Mengen an Laurinsäure im Broilermastfutter eine hemmende Wirkung auf das Wachstum von grampositiven

Bakterien, wie z.B. *Clostridium perfringens* und *Escherichia coli* besitzen (Dierick et al., 2002; Skrivanova et al., 2005). Dadurch könnte die Fütterung von BSFL einen positiven Einfluss auf die Darmgesundheit und die Leistung der Tiere haben (Spranghers et al., 2017).

Kokosnussöl wird häufig in Milchaustauschern (MAT) für Kälber eingesetzt. Aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Lebensmitteln und der Konkurrenz zwischen Mensch und Tier wird intensiv nach alternativen Ölquellen für MAT gesucht. Heimische Ölquellen wie z.B. Rapsöl haben sich bisher nicht bewährt (Fischer et al., 2023). Insektenöl hat eine ähnliche Zusammensetzung wie Kokosnussöl. In einer Studie an 400 männlichen Kälbern konnte festgestellt werden, dass ein Austausch von Kokosnuss- durch Insektenöl problemlos möglich ist. Weder bei den Tageszunahmen noch bei der Tiergesundheit zeigten sich signifikante Unterschiede (De Carvalho et al., 2023).

Außerdem enthalten die BSFL immunitätsfördernde bioaktive Inhaltsstoffe wie antimikrobielle Peptide (AMP's). AMP's wirken als natürliche Antibiotika, die keine bakteriellen Resistenzen erzeugen (Jeinsen und Diekmann, 2020). Der Verzehr von Insekten und damit AMP's könnte somit positive Einflüsse auf die Tiergesundheit der Nutztiere haben und zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes beitragen (Wang et al., 2016).

Ein weiterer Bestandteil der Larven ist Chitin. Durch die Produktion von Chitosan im Darm des Geflügel, werden Chitin, durch antioxidative und antimikrobielle Eigenschaften, eine stimulierende Wirkung auf das Immunsystem zugeschrieben (Józefiak et al., 2016).

Die ernährungsphysiologische Zusammensetzung der BSFL in Verbindung mit der effizienten Nutzung natürlicher Ressourcen und einem geringen ökologischen Fußabdruck machen Insekten zu einer nachhaltigen Proteinquelle für die Geflügel- und Schweineernährung (van Huis und Oonincx, 2017; Dicke, 2018; Vauterin et al., 2021). Daher könnte die Nutzung von BSFL dazu beitragen, Nebenprodukte der Lebensmittelindustrie wiederzuverwenden, die Eiweißlücke in der EU zu schließen und zu einer Kreislaufwirtschaft beizutragen (Barrera und Hertel, 2021; FAO, 2021).

1.4. Gesetzeslage

Insekten sind in der freien Natur ein natürlicher Bestandteil der Geflügel- und Schweinernährung (Jeroch et al., 2019). Seit der Verordnung (EU) 2017/893 der Kommission vom 24. Mai 2017 sind sieben Insektenarten in der EU als Nutztiere zugelassen, darunter die Schwarze Soldatenfliege. Insektenmehl war zu diesem Zeitpunkt nur in der Aquakultur zugelassen. Unverarbeitete und lebende Insekten waren für alle Nutztiere außer Wiederkäuer erlaubt. Nach der Verordnung (EU) 2021/1372 der Kommission vom 17. August 2021 dürfen nun auch Geflügel und Schweine mit verarbeitetem Insektenprotein gefüttert werden. Laut der Bundesregierung kann verarbeitetes tierisches Protein (VTP) aus Nutzinsekten, welches in der gesamten Produktionskette gemäß den geltenden Bestimmungen erzeugt wurde, als sicheres Futtermittel für Tiere in Aquakultur, Schweine und Geflügel angesehen werden, sofern es mit der strikten und vollumfänglichen Einhaltung der Anforderungen nach dem europäischen Recht mit geeigneten Systemen und Anlagen in der gesamten Produktionskette einhergeht. Nach Stellungnahme der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA, 2015) wird erwartet, dass die möglicherweise auftretenden mikrobiologischen Risiken mit der Auftretenswahrscheinlichkeit anderer nicht verarbeiteten Proteinquellen tierischer Herkunft vergleichbar sind (Deutscher Bundestag, 2023).

							
Insects as feed - Regulation (EU) No 609/2013 on the Catalogue of feed materials and in accordance with Regulation (EC) No 999/2001 and Regulation (EC) No 1069/2009	Ruminant animals 	Aquaculture 	Poultry 	Pigs 	Pets 	Fur and other animals (e.g. zoo) 	Technical uses (e.g. cosmetic industry, bio-based fuels, production of other bio-based materials such as bioplastics) 
Insect proteins (under entry 9.4.1. 'Processed animal protein')		 **	 **	 **			
Insect fats (under entry 9.2.1 'animal fat')							
Whole insects (untreated) (under entry 9.16.2. 'terrestrial invertebrates, dead')					 ***	 ***	
Whole insects (treated- e.g. Freeze drying) (under entry 9.16.2. 'terrestrial invertebrates, dead')					 ***	 ***	
Live insects (under entry 9.16.1 'terrestrial invertebrates, live')		 *	 *	 *	 ***	 ***	
Hydrolysed insect proteins (under entry 9.6.1. 'Hydrolysed animal proteins')							

* If authorised by the national competent authority of the Member State where the product is being commercialised

** Limited to Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*), Common Housefly (*Musca domestica*), Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*), Lesser Mealworm (*Alphitobius diaperinus*), House cricket (*Acheta domestica*), Banded cricket (*Grylodes sigillatus*), Field Cricket (*Gryllus assimilis*) and Silkworm (*Bombyx mori*).

*** If authorised by the national competent authority of the Member State where the product is being commercialised, under the specific conditions applicable to processed pet food (in case the product is intended for use as processed pet food)

Restriction to insect species (insect PAPs for aqua feed) - Regulation (EU) No 142/2011; Annex X Chapter 2 Section 1, A.(2). - Insect PAPs must be produced in processing plants approved in accordance with Article 24(1)(a) of Regulation (EC) No 1069/2009 and dedicated exclusively to the production of products derived from farmed insects Regulation (EC) No 999/2001; annex IV, chapter IV, Section F, 1 (a). - Insect PAPs must be produced according to processing methods 1 to 5 or processing method 7 (Regulation (EU) No 142/2011, Annex X, Chapter II, Section 1, B.(2).	
No restriction as to the insect species (provided that these are not pathogenic to humans and animals)	

Abbildung 1: Überblick über die regulatorischen Möglichkeiten für die Verwendung von Insektenprodukten als Futtermittel auf EU-Ebene (IPIFF-Leitfaden für gute Hygienepraktiken für EU-Erzeuger von Insekten als Lebens- und Futtermittel – November 2022)

2. Zielsetzung

Im Bereich der nachhaltigen Tierproduktion wurde das Ziel formuliert, die Lebensmittelsysteme den Ansprüchen der heutigen Bevölkerung gerecht zu werden und nachhaltiger zu gestalten. Neben der Notwendigkeit, die Tierhaltungssysteme aus ökologischer Sicht nachhaltiger zu gestalten, wächst auch die gesellschaftliche Sorge über das Wohlergehen der Tiere.

Ziel des Projekts war es, die Tiergesundheit und das Tierwohl in der Tierhaltung in Rheinland-Pfalz deutlich zu verbessern. Dies soll mit der Fütterung von Larven der Schwarzen Soldatenfliege geschehen. Aufgrund der unzureichenden Datengrundlage über den Einsatz und die Auswirkungen von BSFL auf das Tierwohl und die Tiergesundheit, gibt es derzeit noch keine Handlungsempfehlungen für die Praxis. Im Laufe dieses Projekts wurden anhand repräsentativer Ergebnisse aus praxisnaher Forschung Handlungsempfehlungen für die praktische Landwirtschaft erarbeitet. Dabei wurde der Fokus in erster Linie auf Insekten als Futtermittel für Geflügel und Ferkel gelegt. Insektenfett wurde im MAT für Kälber erforscht.

Das Projekt wurde in vier Arbeitspakete unterteilt:

AP 1 Legehennen, **AP 2** Masthühner, **AP 3** Ferkel, **AP 4** Kälber.



Lebende Larven in der Fütterung von
LEGEHENNEN

3. Ergebnisse der Arbeitspakete

3.1. AP 1: Legehennen

Lebende Larven der Schwarzen Soldatenfliege als Alternative zu Sojaextraktionsschrot und Sojaöl in der Legehennen-Fütterung – Auswirkungen auf die Leistungs- und Eiqualitätsparameter

Einleitung

Das Potential von Insekten als alternative, nachhaltige Proteinquelle in der Tierernährung ist groß. Denn um Geflügel ausreichend mit Eiweiß zu versorgen, müssen deutsche Tierhaltungsbetriebe zum Teil auf importierte Futtermittel zurückgreifen. Diese stammen meist aus Nord- und Südamerika. Der dortige Anbau sowie der Transport in die EU stehen u.a. aufgrund der hohen Umweltbelastung in starker Kritik. Dies löst eine intensive Suche nach Soja-Alternativen aus. Bevorzugt werden solche, die mit geringem Ressourceneinsatz und einem geringen Bedarf an Anbauflächen produziert werden können und gleichzeitig eine geringe Konkurrenz zur menschlichen Ernährung darstellen. Mit Blick auf die begrenzte Verfügbarkeit des fruchtbaren Ackerlandes für die Pflanzenproduktion wird der zunehmende Konflikt zwischen der Verwertungsmöglichkeit von Pflanzen als Lebens- oder Futtermittel deutlich. Der Einsatz innovativer Proteinquellen in der Nutztierfütterung, beispielsweise durch Insekten, könnte diesen Konflikt entschärfen.

Insekten sind ein natürliches Futtermittel für Geflügel. In der Natur verbringen Hühner einen Großteil ihrer aktiven Zeit mit Scharren und Picken am Boden auf der Suche nach Futter, wobei auch Insekten und andere tierische Proteine Teil der Nahrung sind. Eine der vielversprechendsten Insektenart sind die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens* L., **BSFL**). Diese können nachhaltig auf regional anfallenden Nebenströmen der Agrar- und Lebensmittelproduktion produziert werden und konkurrieren zudem nicht mit der menschlichen Ernährung. Die BSFL sind reich an Protein (z. B. 47 % i.d.TM) und Fett (z. B. 23 % i.d.TM) und ihr Aminosäuremuster ist vergleichbar mit den Gehalten in herkömmlich eingesetzten Proteinquellen. Die vorherrschende Fettsäure ist Laurinsäure (C12:0), welche in der Tierernährung als mittelkettige Fettsäure einen positiven Einfluss auf die Darmgesundheit der Tiere mit sich bringt (Spranghers et al., 2017; Wu et al., 2021). Dies macht die BSF-Larven zu einem ernährungsphysiologisch idealen Futtermittel für die Geflügelernährung.

Material & Methoden

Der Versuch fand auf dem Lehr- und Demonstrationsbetrieb der Technischen Hochschule Bingen, *St. Wendelinhof*, statt. Für die Studie standen insgesamt 144 Lohmann Braun Legehennen zur Verfügung. Die Hennen wurden im Alter von 18 Wochen gleichmäßig auf acht Gruppen à 18 Hennen/Stall aufgeteilt und einer der beiden Fütterungsvarianten (CON und LAR) zugeteilt. Die Hennen der Kontrollgruppe erhielten ein handelsübliches Legehennen-Alleinfutter mit Sojaextraktionsschrot (SES) und Sojaöl (SO). SES+SO wurden in der LAR-Variante vollständig durch frische Larven ersetzt (Tabelle 2). Die Futterrationen wurden auf Basis von 88 % Trockenmasse (TM) errechnet und waren weitestgehend isonitrogen und isoenergetisch ausgeglichen (Tabelle 3 und 4). Die frischen Larven wurden anhand der erwarteten täglichen Futteraufnahme separat zugefüttert und auf zwei Portionen pro Tag aufgeteilt. Zunächst wurden die Larven im Langtrog (1:1 Fressplatzverhältnis) angeboten. Nachdem sichergestellt war, dass die Larven vollständig von den Hennen verzehrt wurden, wurden die Larven auf der Weide verstreut (händisch). Die Hennen wurden bis zur 50. Lebenswoche (LW) im Mobilstall mit Freilandhaltung gehalten und hatten jeweils min. 4m²/Henne Auslauf zur Verfügung. Die Fütterung erfolgt in zwei Phasen: Phase 1: LW18-39, Phase 2: LW40-50. Die Wachstumsleistung und Futteraufnahme wurden wöchentlich er-

fasst. Zur Kalkulation der Legeleistung (%) wurden alle gelegten Eier je Gruppe täglich gezählt und gewogen. Die Analyse der inneren und äußeren Eiquantitätsparameter erfolgte wöchentlich in Phase 1 sowie alle zwei Wochen in Phase 2.

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsdetails

Versuchsnummer	IWEL-4-24_LH
Datum	18.03.2024 – 26.11.2024
Versuchsdauer	18. bis 54. Lebenswoche (LW)
Genetik	Lohmann Brown Classic
Wiederholungen	4 Buchten/Variante 18 Hennen/Bucht
Futtermitteln	CON = Standard Legehennen-Alleinfutter (siehe Tabelle 2) LAR = Legehennen-Alleinfutter (Sojafrei) + Zufütterung lebender Larven weitestgehend isonitrogen und isoenergetisch ausgeglichen
Larven	Larven der Schwarzen Soldatenfliege (<i>Hermetia illucens</i>), frisch/lebend Quelle: FarmInsect GmbH, Bergkirchen, DE
Datenerhebung	
Tierwiegung	Wöchentlich
Wiegen Futter	Einwaage täglich, Futterrückwaage wöchentlich
Larvenfütterung	2 x täglich 8 Wochen in separatem Trog; anschließend im Auslauf verstreut → LAR: Frische Larven → CON: Legemehl, pelletiert; gleiche Menge wie Larven auf TM-Basis
Anzahl Eier	Täglich
Eimasse insgesamt	Täglich
Eiquantitätsparameter	Phase 1: wöchentlich Phase 2: jede 2. Woche Alle gelegten Eier einer Bucht, nach 24h Lagerung bei Raumtemperatur
Gesundheit und Mortalität	Täglich
Gemessene Parameter	
Leistungsparameter	Körpergewicht, Futteraufnahme, Larvenaufnahme
Ei Parameter	Individuelles Eigewicht (g(Ei)) Eimasse (g/Tag) Legeleistung (%) Futteraufwand (g Futter/g Eimasse)
Eiquantitätsparameter	Shape Index Eigewicht (g) Haugh-Einheiten pH-Wert Schalendicke (µm) Zusammensetzung, Anteile Dotter, Eiklar, Schale am Gesamt-Ei (%) Fettsäurezusammensetzung Dotter
Sonstige Parameter	Trockenmasse Kot und Einstreu Allgemeine Tierschutzindikatoren (Federkleid, Fußballen) <i>Verhalten (in der Auswertung; wird nachgereicht)</i>

**Maße:**

Scharrraum: (LxBxH)	182x136x54 cm
Zweite Ebene:	136x80 cm
Sitzstangen (2x), je:	135,5 cm
Auslaufklappe:	45x40 cm

Kerkstroer Mobilstall (D-33397 Rietberg)

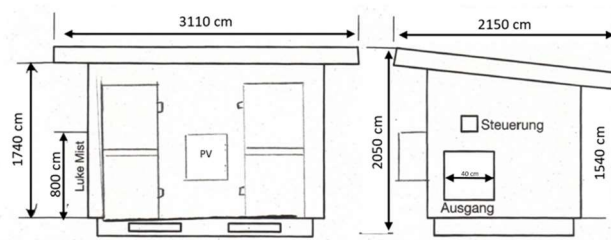


Abbildung 2: Versuchseinrichtung für Legehennen, St. Wendelinhof, TH-Bingen

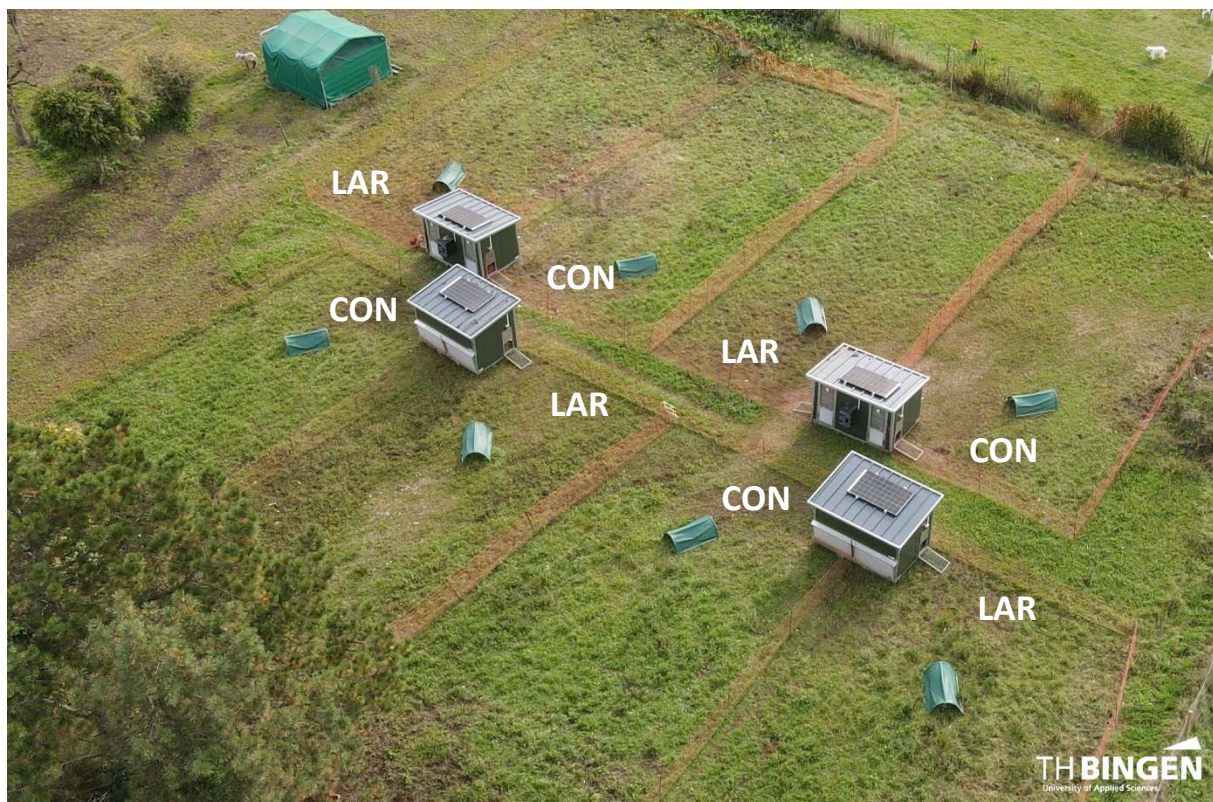
Abbildung 3: Aufstellung der Mobilställe, Verteilung der Futtermittelvarianten CON: Kontrolle, nur Legehennenalleinfutter; LAR: Legehennenalleinfutter (Sojafrei) + frische Larven (*Hermetia illucens*)

Tabelle 2: Futtermittelzusammensetzung der Varianten

Anteil in %	Phase 1 <i>Lebenswoche 18-39</i>		Phase 2 <i>Lebenswoche 40-50</i>	
	CON	LAR	CON	LAR
Weizen	37,13	37,13	35,96	35,96
Mais, grob	21,55	21,55	20,00	20,00
Soja54 (Non GMO)	13,50	-	9,20	-
Larven, frisch	-	15,00	-	10,00
Sonnenblumenschrot 40%	9,65	9,65	10,00	10,00
Kalk, grob	8,75	8,75	8,76	8,76
Weizenkleie	3,10	3,10	4,80	4,80
Protigrain	-	-	3,85	3,85
Sojaöl (Non GMO)	1,50	-	0,65	-
Pflanzliches Mischöl (Non GMO)	1,55	1,55	2,35	2,35
Gerstenproteink	2,00	2,00	3,15	3,00
L Chanta 2024	0,42	0,42	0,42	0,42
Viehsalz (NaCl)	0,25	0,25	0,22	0,22
Methionin-Ha	0,18	0,18	0,17	0,17
MCP lose	0,15	0,15	0,15	0,15
Lysin 78	0,14	0,14	0,23	0,23
VM Natur Gelb	0,06	0,06	0,07	0,07
Cholinchlorid70	0,05	0,05	-	-
L-Threonin	0,02	0,02	0,02	0,02
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung (kalkuliert) der Futtervarianten

Anteil in %	Phase 1		Phase 2	
	CON	LAR	CON	LAR
Trockensubstanz	90,19	89,69	77,95	69,42
Rohprotein	16,51	16,75	16,49	16,56
Rohfett	6,07	6,43	6,15	6,57
Rohfaser	4,02	4,16	4,23	4,31
Stärke	38,31	37,73	36,89	36,50
Zucker	3,38	2,22	3,32	2,53
Asche	12,07	12,88	12,12	12,65
Calcium	3,70	4,04	3,70	3,93
Phosphor	0,44	0,51	0,47	0,51
Natrium	0,16	0,18	0,15	0,17
Lysin	0,79	0,73	0,80	0,75
Methionin	0,42	0,42	0,42	0,42
Methionin + Cystein	0,73	0,68	0,73	0,70
Threonin	0,60	0,55	0,58	0,55
Tryptophan	0,20	0,20	0,19	0,19
Linolsäure	1,80	1,20	1,79	1,45
ME-Geflügel (MJ/kg)	11,5	11,4	11,3	11,3

Tabelle 4: Futtermittelanalysen der Versuchsvarianten auf Trockenmassebasis.

Parameter (%)	Phase 1		Phase 2	
	CON	LAR ¹	CON	LAR ¹
Rohasche	14,4	14,7	12,7	9,4
Rohprotein (N x 6,25)	18,8	19,3	18,9	19,3
Rohfaser	4,3	5,2	5,9	5,4
Rohfett	6,6	6,6	7,0	6,1
Stärke	40,1	39,8	39,4	45,6
Zucker	4,1	3,3	4,1	2,7
Calcium	4,27	4,71	4,05	2,57
Phosphor	0,52	0,58	0,50	0,57
Natrium	0,17	0,20	0,18	0,15
Lysin	0,96	0,86	1,10	0,90
Methionin	0,30	0,31	0,34	0,33
Methionin + Cystein	0,60	0,57	0,69	0,65
Threonin	0,68	0,64	0,71	0,68
Tryptophan	0,26	0,25	0,22	0,23

¹LAR = kalkuliert aus Legemehl inkl. Larven

Ergebnisse und Diskussion

Leistungsparameter

Die Ergebnisse der Leistungsparameter sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Fütterung von lebenden Larven hatte keinen Effekt auf die Wachstumsleistung oder Legeleistung der Hennen ($P > 0,05$). Die angebotene Menge an Larven wurde zu jeder Zeit vollständig von den Hennen verzehrt. Die Aufnahme von Legemehl war in der LAR-Gruppe signifikant verringert im Vergleich zu CON ($P < 0,001$). In Kombination mit der Larvenfütterung hatten die LAR-Hennen zudem eine signifikant verringerte Gesamt-TM-Aufnahme über den gesamten Versuchszeitraum ($P < 0,05$). Dies hatte in Verbindung mit einem höheren individuellen Eigewicht der LAR-Variante, einen tendenziell verbesserten Futteraufwand durch die Larvenfütterung zur Folge ($P < 0,1$). Die Ergebnisse decken sich mit der Broilerstudie dieses Projekts, bei der die Fütterung von BSFL an Masthühner zu einer signifikant verringerten Futteraufnahme der Basisration, bei vergleichbaren TM-Aufnahmen (Basisration inkl. BSFL) führte. Es wurde ebenfalls ein tendenziell verbesserter Futteraufwand durch die BSFL-Fütterung, im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne BSFL festgestellt (Stöhr et al., 2024).

Tabelle 5: Ergebnisse der Leistungsparameter

		CON	LAR	P-Wert
Lebendmasse, LW 18	g/Tier	1409 ±116	1402 ±106	0,694
Lebendmasse, LW 30	g/Tier	1862 ±160	1899 ±176	0,192
Lebendmasse, LW 50	g/Tier	1963 ±150	1964 ±155	0,982
Futteraufnahme				
Legemehl, Phase 1	g FM/Tier/Tag	117 ±0,6	97 ±3,1	0,001
Legemehl, Phase 2	g FM/Tier/Tag	119 ±2,7	100 ±1,3	<0,001
Legemehl, Phase 1+2	g FM/Tier/Tag	118 ±0,8	98 ±2,4	<0,001
Larven, Phase 1	g FM/Tier/Tag	- -	64 ±0,2	-
Larven, Phase 2	g FM/Tier/Tag	- -	45 ±0,8	-
Larven, Phase 1+2	g FM/Tier/Tag	- -	58 ±0,3	-
Gesamt-TM, Phase 1	g TM/Tier/Tag	104 ±0,5	102 ±2,8	0,174
Gesamt-TM, Phase 2	g TM/Tier/Tag	106 ±2,4	99 ±1,2	0,005
Gesamt-TM, Phase 1+2	g TM/Tier/Tag	105 ±0,7	101 ±2,2	0,015
Leistungsparameter				
Legeleistung, Phase 1	%	85 ±1,2	86 ±2,3	0,545
Legeleistung, Phase 2	%	94 ±3,2	95 ±3,2	0,847
Legeleistung, Phase 1+2	%	88 ±1,2	89 ±2,2	0,592
Eigewicht, Phase 1	g/Ei	59 ±0,6	60 ±0,7	0,042
Eigewicht, Phase 2	g/Ei	62 ±0,8	63 ±0,5	0,083
Eigewicht, Phase 1+2	g/Ei	60 ±0,6	61 ±0,6	0,029
Futteraufwand, Phase 1	g Futter/g Ei	2,74 ±0,29	2,49 ±0,17	0,206
Futteraufwand, Phase 2	g Futter/g Ei	2,06 ±0,05	1,89 ±0,05	0,004
Futteraufwand, Phase 1+2	g Futter/g Ei	2,52 ±0,18	2,30 ±0,11	0,097

¹P-Wert nach ANOVA (GLM); Mittelwert ± Standardabweichung, p-Wert nach ANOVA (GLM), $P < 0,05$, CON, Kontrollgruppe, Legemehl mit Sojaextraktionsschrot (SES) und Sojaöl (SO); LAR, SES+SO vollständig durch frische Larven (*Hermetia illucens*) ersetzt; n=72 Legehennen (Lohman Brown Classic); Phase 1, 18-39 Lebenswoche; Phase 2, 40-50 Lebenswoche; LW, Lebenswoche; TM, Trockenmasse; FM, Frischmasse

Eiqualitätsparameter

Die Ergebnisse der Eiqualitätsparameter sind in Tabelle 6 dargestellt. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden keine signifikanten Unterschiede für Haugh-Einheiten, Dottergewicht, pH-Wert im Dotter und Eiklar sowie dem Dotterindex festgestellt ($P > 0,05$). Das individuelle Eigewicht und die Dotterfarbe wurden durch die LAR-Fütterung erhöht, während Schalendicke, Schalengewicht und Bruchfestigkeit verringert wurden ($P < 0,05$). Ein möglicher Grund für die geringere Schalendicke könnte ein geringerer Ca-Gehalt im Verhältnis zur Eigröße sein. Allgemein ist zu erwähnen, dass die Werte über den vom Hersteller angegebenen Daten von >40 N Schalenbruchfestigkeit liegen (Lohmann, 2024).

Tabelle 6: Ergebnisse der Eiqualitätsparameter

		SOY	LAR	P-Wert ¹
Eigewicht, Phase 1	g	59,7 $\pm$ 7,2	60,6 $\pm$ 7,0	0,004
Eigewicht, Phase 2	g	62,7 $\pm$ 4,8	63,6 $\pm$ 4,7	0,022
Eigewicht, Phase 1+2	g	60,3 $\pm$ 6,9	61,2 $\pm$ 6,8	0,001
Bruchfestigkeit, Phase 1	N	47,8 $\pm$ 10,2	45,6 $\pm$ 10,7	<0,001
Bruchfestigkeit, Phase 2	N	42,4 $\pm$ 9,1	40,8 $\pm$ 9,4	0,049
Bruchfestigkeit, Phase 1+2	N	46,7 $\pm$ 10,2	44,7 $\pm$ 10,6	<0,001
Haugh Einheiten, Phase 1		88,9 $\pm$ 8,2	89,0 $\pm$ 8,9	0,846
Haugh Einheiten, Phase 2		84,2 $\pm$ 6,5	84,7 $\pm$ 7,1	0,462
Haugh Einheiten, Phase 1+2		88,0 $\pm$ 8,1	88,1 $\pm$ 8,7	0,622
Dotterfarbe, Phase 1	nach Roche	10,3 $\pm$ 1,1	10,7 $\pm$ 1,1	<0,001
Dotterfarbe, Phase 2	nach Roche	11,0 $\pm$ 1,1	10,7 $\pm$ 0,9	0,012
Dotterfarbe, Phase 1+2	nach Roche	10,5 $\pm$ 1,2	10,7 $\pm$ 1,1	<0,001
Anteil Eischale, Phase 1	%	13,7 $\pm$ 1,4	13,2 $\pm$ 1,3	<0,001
Anteil Eischale, Phase 2	%	13,5 $\pm$ 1,3	13,0 $\pm$ 1,1	<0,001
Anteil Eischale, Phase 1+2	%	13,6 $\pm$ 1,4	13,1 $\pm$ 1,3	<0,001
Anteil Dotter, Phase 1	%	25,0 $\pm$ 2,8	25,0 $\pm$ 2,6	0,844
Anteil Dotter, Phase 2	%	25,9 $\pm$ 1,7	26,1 $\pm$ 1,8	0,129
Anteil Dotter, Phase 1+2	%	25,2 $\pm$ 2,6	25,2 $\pm$ 2,5	0,797
Anteil Eiklar, Phase 1	%	61,3 $\pm$ 2,8	61,8 $\pm$ 2,7	<0,001
Anteil Eiklar, Phase 2	%	60,6 $\pm$ 2,2	60,9 $\pm$ 2,1	0,258
Anteil Eiklar, Phase 1+2	%	61,2 $\pm$ 2,7	61,7 $\pm$ 2,6	<0,001
Schalendicke, Phase 1	μ m	387 $\pm$ 35	376 $\pm$ 38	<0,001
Schalendicke, Phase 2	μ m	393 $\pm$ 33	379 $\pm$ 53	<0,001
Schalendicke, Phase 1+2	μ m	388 $\pm$ 35	377 $\pm$ 41	<0,001
Dotterindex, Phase 1		0,40 $\pm$ 0,03	0,41 $\pm$ 0,03	<0,001
Dotterindex, Phase 2		0,41 $\pm$ 0,03	0,40 $\pm$ 0,03	0,040
Dotterindex, Phase 1+2		0,41 $\pm$ 0,03	0,41 $\pm$ 0,03	0,182
PH-Wert Eiklar, Phase 1		8,5 $\pm$ 0,3	8,5 $\pm$ 0,4	0,349
PH-Wert Eiklar, Phase 2		8,4 $\pm$ 1,2	8,6 $\pm$ 0,3	0,240
PH-Wert Eiklar, Phase 1+2		8,4 $\pm$ 0,6	8,5 $\pm$ 0,3	0,130
PH-Wert Dotter, Phase 1		6,2 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,2	0,432
PH-Wert Dotter, Phase 2		6,2 $\pm$ 0,1	6,2 $\pm$ 0,2	0,524
PH-Wert Dotter, Phase 1+2		6,2 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,2	0,343

¹P-Wert nach ANOVA (GLM); Mittelwert $\pm$ Standardabweichung, p-Wert nach ANOVA (GLM), $P < 0,05$, CON, Kontrollgruppe, Legemehl mit Sojaextraktionsschrot (SES) und Sojaöl (SO); LAR, SES+SO vollständig durch frische Larven (*Hermetia illucens*) ersetzt; n=72 Legehennen (Lohman Brown Classic); Phase 1, 18-39 Lebenswoche; Phase 2, 40-50 Lebenswoche; n=1133 (SOY), n=1163 (LAR)

Fettsäurezusammensetzung im Dotter

Die Ergebnisse der Fettsäurebestimmung im Dotter befinden sich in Tabelle 7. Die Analysen zeigen, dass die Fütterung von lebenden Larven einen signifikanten Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung im Dotter hat. Der Gehalt an gesättigten Fettsäuren (SCFA) wurde signifikant durch die Larvenfütterung erhöht, während die mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) verringert wurden. Auch das Fettsäuremuster der einzelnen Fettsäuren wurde signifikant verändert, wobei insbesondere Fettsäuren wie C12:0 (Laurinsäure) und C14:0 (Myristinsäure), welche die vorherrschenden Fettsäuren in den Larven sind, im Dotter erhöht/angereichert wurden.

Tabelle 7: Fettsäurezusammensetzung Dotter

	Phase 1		Phase 2			
g/100g	CON	LAR	CON	LAR	SEM	P-Wert¹
Gesamtfett	59,70 ^a	59,75 ^a	60,63 ^b	60,98 ^b	0,149	<0,001
SCFA	17,98 ^a	21,43 ^b	17,35 ^c	20,23 ^d	0,431	<0,001
MUFA	27,60	27,45	27,58	27,53	0,076	0,922
PUFA	14,13 ^a	10,85 ^b	15,70 ^c	13,25 ^d	0,458	<0,001
% d. ident. FAME						
SCFA	30,1 ^a	35,9 ^b	28,6 ^c	33,2 ^d	0,728	<0,001
MUFA	46,2	46,0	45,5	45,1	0,167	0,080
PUFA	23,7 ^a	18,2 ^b	25,9 ^c	21,7 ^d	0,740	<0,001
C12:0	0,05 ^a	0,39 ^b	0,05 ^a	0,35 ^b	0,042	<0,001
C14:0	0,29 ^a	2,79 ^b	0,32 ^a	2,59 ^b	0,309	<0,001
C14:1n5	0,06 ^a	0,75 ^b	0,05 ^a	0,63 ^c	0,083	<0,001
C15:0	0,06 ^a	0,09 ^b	0,08 ^b	0,11 ^c	0,005	<0,001
C16:0	24,17 ^a	27,29 ^b	22,60 ^c	24,69 ^a	0,443	<0,001
C16:1n7:Isomere	2,49 ^a	4,07 ^b	2,34 ^a	3,68 ^c	0,196	<0,001
C17:0	0,21 ^a	0,20 ^a	0,23 ^b	0,23 ^b	0,005	<0,001
C18:0	5,34 ^a	4,94 ^b	5,37 ^a	5,17 ^{ab}	0,058	0,013
C18:1:trans9	0,15 ^a	0,18 ^b	0,16 ^{ab}	0,16 ^{ab}	0,004	0,021
C18:1n9	41,65 ^a	38,68 ^{bc}	40,01 ^b	37,38 ^c	0,439	<0,001
C18:1n7	1,63 ^a	1,87 ^b	2,55 ^c	2,72 ^d	0,119	<0,001
C18:1	0,05 ^a	0,20 ^b	0,19 ^d	0,39 ^c	0,034	<0,001
C18:2n6:cis	20,71 ^a	15,87 ^b	22,36 ^c	18,51 ^d	0,639	<0,001
C18:3n6	0,08 ^a	0,06 ^b	0,12 ^c	0,11 ^c	0,006	<0,001
C18:3n3	1,23 ^a	0,82 ^b	1,52 ^c	1,33 ^a	0,067	<0,001
C20:0	0,06 ^a	0,18 ^b	0,05 ^c	0,05 ^c	0,014	<0,001
C20:1n9	0,22	0,22	0,21	0,19	0,005	0,160
C20:2n6	0,16 ^a	0,11 ^b	0,21 ^c	0,15 ^a	0,010	<0,001
C20:3n6	0,11 ^{ab}	0,09 ^{ab}	0,12 ^a	0,09 ^b	0,004	0,021
C20:4n6	0,80 ^a	0,72 ^b	0,86 ^c	0,77 ^{ab}	0,014	<0,001
C22:5n3	0,12 ^a	0,13 ^a	0,16 ^b	0,18 ^c	0,007	<0,001
C22:6n3	0,45 ^a	0,38 ^b	0,49 ^c	0,45 ^a	0,011	<0,001

¹P-Wert nach ANOVA (GLM), p<0,05; a,b, ... signifikante Unterschiede nach Post-hoc-Tukey (HSD)

Trockenmasse im Kot und Einstreu

Die Ergebnisse der Trockenmassebestimmung von Kot und Einstreu sind in Tabelle 8 dargestellt. Über den gesamten Versuchszeitraum konnte kein Einfluss der Larvenfütterung (LAR) auf den Trockenmassegehalt im Kot der Hennen festgestellt werden. Auch die TS-Bestimmung des Einstreus zum Versuchsende zeigte keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tabelle 8: Trockenmassegehalt in %

	CON	LAR	P-Wert
Kot Versuchsbeginn	33,0 $\pm$ 2,1	32,4 $\pm$ 1,5	0,431
Kot Versuchsmitte	31,6 $\pm$ 3,2	31,7 $\pm$ 2,1	0,942
Kot Versuchsende	35,4 $\pm$ 4,5	36,2 $\pm$ 2,2	0,581
Kot gesamt	33,5 $\pm$ 3,7	33,6 $\pm$ 2,7	0,894
Einstreu	88,4 $\pm$ 1,0	88,5 $\pm$ 0,7	0,846

Mittelwert $\pm$ Standardabweichung; Kot: Mittelwert aus Kotsammlung (gesamte Menge je Mobilstall) von je drei aufeinanderfolgenden Tagen; Einstreu: Gesamtmenge aus Scharraum zum Versuchsende, 3-fach Bestimmung; n=4 Buchten/Variante; TS-Bestimmung: 105°C, 24h, Heißluft

Federkleidbonitur

Die Ergebnisse der Bewertung der allgemeinen Tierschutzindikatoren nach KTBL und MTool sind in Tabelle 9 dargestellt. Allgemein konnten nur geringe Veränderungen im Federkleid und der Fußballengesundheit bei den Hennen festgestellt werden. Zwischen den Gruppen gab es zudem keine Unterschiede.

Tabelle 9: Ergebnisse der Erhebung der allgemeinen Tierschutzindikatoren

		Phase 1 (LW 30)				Phase 2 (LW 50)			
		CON		LAR		CON		LAR	
Kopf	Schnabelzustand	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Kammfarbe	0,5	$\pm$ 0,4	0,6	$\pm$ 0,5	0,4	$\pm$ 0,4	0,2	$\pm$ 0,3
	Verletzungen	0,6	$\pm$ 0,7	0,4	$\pm$ 0,5	0,9	$\pm$ 0,5	0,9	$\pm$ 0,5
Rücken oben	Gefiederzustand	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Verletzungen	0,0	$\pm$ 0,2	0,0	$\pm$ 0,2	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Schwungfedern	1,9	$\pm$ 0,2	2,0	$\pm$ 0,0	2,0	$\pm$ 0,0	2,0	$\pm$ 0,0
	Schwanzfedern	2,0	$\pm$ 0,0	1,9	$\pm$ 0,3	2,0	$\pm$ 0,0	2,0	$\pm$ 0,0
Legebauch/ Kloake	Gefiederzustand	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Hautverletzungen	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Kloake	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Brustbein	0,0	$\pm$ 0,0	0,1	$\pm$ 0,2	0,1	$\pm$ 0,3	0,3	$\pm$ 0,5
Füße	Zehenverletzungen	0,0	$\pm$ 0,2	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0	0,0	$\pm$ 0,0
	Fußballenveränderung	0,1	$\pm$ 0,2	0,0	$\pm$ 0,2	0,3	$\pm$ 0,4	0,3	$\pm$ 0,4
Gesamt		5,2	$\pm$ 1,2	5,1	$\pm$ 0,8	5,8	$\pm$ 1,1	5,7	$\pm$ 1,1

¹nach KTBL und ²MTool

Fazit

Die Larven wurden zu jeder Zeit vollständig von den Hennen verzehrt und dem Legemehl bevorzugt. Dies lässt auf eine hohe Akzeptanz der Larvenfütterung bei Legehennen schließen. Die Fütterung von lebenden Larven der Schwarzen Soldatenfliege hatte keinen Effekt auf die Körpermasseentwicklung oder Legeleistung der Hennen. Eine reduzierte Gesamttrockenmasseaufnahme in Verbindung mit einem höheren individuellen Eigewicht führte zu einem tendenziell verbesserten Futteraufwand der LAR-Hennen. Einige Eiquantitätsparameter, wie beispielsweise das individuelle Eigewicht oder die Dotterfarbe wurden durch die Larvenfütterung erhöht, während die Bruchfestigkeit der Eischale sich verringerte. Es konnten keine Unterschiede im Trockenmassegehalt von Kot und Einstreu zwischen CON und LAR festgestellt werden.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass der Ersatz von SES+SO durch lebende BSFL eine geeignete alternative Protein- und Energiequelle für Legehennen darstellt, ohne die Leistungs- und Qualitätsparameter zu beeinträchtigen.

Literatur

Lohmann 2024: Leistungsdaten Lohmann Braun Classic, <https://lohmman-deutschland.de/legehennen-rassen/oekologisch/lohmman-brown-classic/>, aufgerufen: 17.03.2025

Stöhr, N., Geisel, F., Brettschneider, J.G., Schneider, L., Weiss, C.K., Jha, R., und Dusel, G. (2024): Feeding live black soldier fly larvae affects growth performance and fatty acid profile in muscle and liver of broiler chickens; 22. BOKU-Symposium Tierernährung, 29. Februar 2024, Wien, Seite 43-46

Wu, Y., Zhang, H., Zhang, R., Cao, G., Li, Q., Zhang, B., Wang, Y. und Yang, C. (2021): Serum metabolome and gut microbiome alterations in broiler chickens supplemented with lauric acid. *Poultry Science* 100:101315

Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Oryn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P. und De Smet, S. (2017): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594–2600.

Danksagung

Wir bedanken uns bei FarmInsect GmbH für die Unterstützung der Studie, durch die Bereitstellung der frischen Larven.





Lebende Larven in der Fütterung von
MASTHÜHNERN

3.2. AP 2: Masthühner

Lebende Larven der Schwarzen Soldatenfliege in der Fütterung von Masthühnern

Auswirkungen auf die Leistungsparameter und Fettsäurezusammensetzung im Brustmuskel

Einleitung

Das Fett der Larven der Schwarzen Soldatenfliege ist reich an mittelkettigen Fettsäuren (medium chain fatty acids, MCFA), insbesondere Laurinsäure (LA, C12:0), welche bis zur Hälfte der Gesamtfettsäuren ausmachen kann. Wie in der Humanernährung, kann LA auch für Tiere, aufgrund ihrer antimikrobiellen Eigenschaften, gesundheitsfördernd wirken (Wu et al., 2021). LA ist bekannt durch ihr Vorkommen in Kokosnussöl, welches zahlreiche gesundheitliche positive Effekte mit sich bringt. Laurinsäure macht etwa die Hälfte der Fettsäuren (FA) im Kokosöl aus und ist für viele seiner Eigenschaften verantwortlich. Die Triglyzeridstruktur des Kokosöls ermöglicht eine schnellere Verdauung im Vergleich zu anderen Ölen, die überwiegend langkettige Fettsäuren (LCFA) enthalten. In der menschlichen Ernährung wird der Großteil der aufgenommenen Laurinsäure direkt über die Pfortader zur Leber transportiert. C12:0 kann in Ketonkörper umgewandelt werden, die wichtige Energiequellen für extrahepatische Organe wie das Gehirn, das Herz und die Muskeln darstellen. Unter allen Fettsäuren trägt Laurinsäure am wenigsten zur Fettansammlung bei. Darüber hinaus weist Laurinsäure unter allen gesättigten Fettsäuren (SFA) die stärkste antimikrobielle Aktivität gegen grampositive Bakterien sowie einige Viren und Pilze auf (Dayrit, 2014; Roopashree et al., 2021).

Die Fettsäurezusammensetzung von Hähnchenfleisch hängt vom Fettsäureprofil der Nahrung ab (Schivavone et al., 2019). Dalle Zotte et al. (2018) zeigten, dass die Zugabe von Schwarze-Soldatenfliegen-Larvenfett (BSFL-Fett) zur Ernährung wachsender Kaninchen den intramuskulären Fettgehalt (IMF) verringerte, aber den Gehalt an Laurinsäure (C12:0) und Myristinsäure (C14:0) im Fleisch erhöhte. Der hohe Fettgehalt von BSFL kann daher den IMF- und Fettsäuregehalt von Hähnchenfleisch verändern und somit auch die menschliche Ernährung beeinflussen (Ewald et al., 2020).

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen der Fütterung mit lebenden BSFL auf die Wachstumsleistung sowie die Fettsäurezusammensetzung der Muskulatur und Leber von Masthähnchen zu untersuchen. Wir stellten die Hypothese auf, dass die Fütterung mit lebenden BSFL die Wachstumsleistung der Hähnchen nicht beeinträchtigt und den Nährwert sowie die gesundheitsfördernden Eigenschaften des Fleisches durch eine vorteilhafte Veränderung des Fettsäureprofils beeinflusst.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 36 männliche, Eintagsküken (Ross 308) mit einem Anfangskörpergewicht (BW) von 51 g ($\pm$ 4 g) gleichmäßig auf zwei Futtermitteln aufgeteilt (3 Buchten/Variante à 6 Broiler): Kontrollgruppe (CON) und Larvengruppe (BSFL). Die Tiere wurden 42 Tage lang in AVIA-Boxen (2 m²/Box) mit Hobelspänen als Einstreu in der Forschungseinheit für Geflügel, der Hochschule Bingen, gehalten. Alle Tiere erhielten *ad libitum* ein kommerzielles Masthähnchenfutter (Basisration). Die Broiler der BSFL-Gruppe erhielten zusätzlich zur Basisration lebende Schwarze Soldatenfliegenlarven (BSFL). Zunächst wurden die BSFL einmal täglich in einer Menge von 5 % der erwarteten täglichen Futtermittelaufnahme (DFI, auf TM-Basis) gefüttert. Am Tag 21 wurde die Menge auf 10 % erhöht und zweimal täglich angeboten. Körpergewicht und Futtermittelaufnahme (FI) wurden wöchentlich erfasst, um die durchschnittliche tägliche Futtermittelaufnahme (ADFI), die durchschnittliche tägliche Zunahme (ADG) und den Futtermittelverbrauch (FCR) zu berechnen.

Am Ende des Versuchs (Tag 42) wurde das Schlachtgewicht von 12 Tieren pro Variante ermittelt, um die prozentuale Ausschachtung zu berechnen. Pro Tier wurden Proben des *M. pectoralis major* (Brustmuskel) und der Leber entnommen, um das Fettsäureprofil zu bestimmen. Die Proben von jeweils zwei

Tieren pro Bucht wurden gepoolt, um 6 Proben je Variante zu erhalten. Für jede Probe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Die verbleibenden 6 Tiere je Gruppe wurden für die Analyse der Ganzkörperzusammensetzung verwendet.

Zur Bestimmung des Fettsäureprofils wurde das Fett aus gefriergetrockneten und pulverisierten Proben nach der Soxhlet-Methode mit n-Heptan als Lösungsmittel extrahiert, anschließend durch Rotationsverdampfung konzentriert und bei 103 °C für 1 Stunde getrocknet. Nach der Verseifung erfolgte die Umwandlung in die entsprechenden Methylester mit einem Bortrifluorid-Methanol-Komplex. Anschließend wurde eine Flüssigextraktion mit n-Heptan als Extraktionsmittel sowie eine Reinigung mit gesättigter Natriumchloridlösung und deionisiertem Wasser durchgeführt. Eine abschließende Zentrifugation der organischen Heptanphase ermöglichte die Isolierung des Überstandes für die GC-Analyse. Die Trennung der Fettsäuremethylester erfolgte mittels eines Gaschromatographen vom Typ Agilent GC 6890 N (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) mit Flammenionisationsdetektor (FID) und Kapillarsäule. Für die Analyse wurde 1 µL Probe im Splitverhältnis 1:50 injiziert. Der prozentuale Anteil jeder Fettsäuremethylester wurde anhand der Peakfläche im Verhältnis zur Gesamtfläche aller Fettsäuremethylester bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Wachstumsleistung

An Tag 21, als die Masthähnchen mit 5 % BSFL gefüttert wurden, gab es keinen Unterschied im Körpergewicht. Mit Erhöhung der BSFL-Fütterung auf 10 % stieg das Körpergewicht jedoch bis zum Tag 42 signifikant im Vergleich zur Kontrollgruppe an (+6,5 % vs. CON). Die Tiere der BSFL-Gruppe wiesen zudem ein höheres Schlachtgewicht auf (+6,7 %, $P > 0,05$), während es keinen Unterschied in der prozentualen Ausschlachtung zwischen den Varianten gab. Hähnchen, die mit BSFL gefüttert wurden, zeigten während der 42-tägigen Versuchsdauer eine um 7 % reduzierte durchschnittliche tägliche Futteraufnahme (ADFI) des Grundfutters ($P < 0,05$), während die ADFI (bezogen auf TM) des gesamten Futters einschließlich der BSFL keinen Unterschied aufwies ($P > 0,05$). Folglich war der Futteraufwand (FCR) der Basisration in der BSFL-Gruppe signifikant niedriger ($P < 0,05$). Die FCR des gesamten Futters inklusive lebender Larven zeigte eine Tendenz zur Verbesserung ($P < 0,1$). Die Analyse der Ganzkörperzusammensetzung zeigte einen signifikant höheren Proteingehalt, jedoch nur numerische Unterschiede im Rohfett- und Aschegehalt (Tabelle 10).

Tabelle 10: Ergebnisse der Leistungsparameter und Ganzkörperzusammensetzung

Leistungsparameter	n	CON	BSFL	P-Wert ¹
Körpergewicht Tag 21, g	18	1208 ±90	1225 ±72	0,519
Körpergewicht Tag 42, g	18	3159 ^a ±217	3363 ^b ±255	0,016
Tageszunahmen bis Tag 21, g	18	55,4 ±3,3	55,9 ±4,1	0,505
Tageszunahmen bis Tag 42, g	18	74,2 ^a ±5,2	78,9 ^b ±6,0	0,020
Tägliche Futteraufnahme BMF, g	3	102 ^a ±4,4	94 ^b ±1,0	0,040
Trockenmasseaufnahme BMF + BSFL, g	3	102 ±4,4	103 ±1,0	0,528
Futteraufwand BMF, g/g	3	1,30 ^a ±0,04	1,13 ^b ±0,03	0,002
Futteraufwand BMF + BSFL, g/g	3	1,30 ^a ±0,04	1,24 ^b ±0,03	0,080
Schlachtgewicht Tag 42, g	12	2505 ±222	2674 ±274	0,117
Ausschlachtung, %	12	79,0 ±1,4	79,4 ±1,5	0,516
Ganzkörperzusammensetzung				
Rohprotein, % TM	6	56,3 ±1,6	59,4 ±2,9	0,047
Rohfett, % TM	6	34,0 ±1,1	33,4 ±3,0	0,654
Asche, % TM	6	5,9 ±0,5	5,5 ±0,5	0,144

CON = Kontrolle, BSFL = CON + lebende Larven (BSFL, *Hermetia illucens*), 5-10% on top; Mittelwert ± Standardabweichung; BMF, Broilermastfutter; ¹P-Wert nach ANOVA (GLM) $P < 0,05$

Fettsäureprofil

BSFL sind reich an Laurinsäure (42 %) und Myristinsäure (8,7 %) und bestehen zu fast 70 % aus gesättigten Fettsäuren (SFA). Die Fütterung mit BSFL führte zu einem erhöhten Anteil an SFA in der Nahrung. Besonders C12:0 und C14:0 standen den Masthähnchen der BSFL-Gruppe zur Verfügung, während diese in der Kontrollgruppe nicht vorhanden waren. Durch die BSFL-Fütterung wurde ein Transfer von Fettsäuren, insbesondere C12:0 und C14:0, in das intramuskuläre Fett (IMF) des Brustmuskels beobachtet. Dieser Transfer konnte in der Leber nicht nachgewiesen werden. Der Anteil an SFA im IMF des Brustmuskels nahm durch die Fütterung mit Larven signifikant zu, während der Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) und ungesättigten Fettsäuren (UFA) im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant abnahm (Tabelle 11).

Masthähnchen, die mit lebenden Larven gefüttert wurden, zeigten eine höhere Wachstumsleistung bei gleichzeitig reduziertem Futterverbrauch. Das Fettsäureprofil der Nahrung wurde durch die Larven deutlich verändert, da zwischen dem Futter und dem Larvenprofil große Unterschiede bestehen. Von den 14 identifizierten Fettsäuren im intramuskulären Fett (IMF) des Brustmuskels wurden fünf durch die BSFL-Fütterung signifikant beeinflusst. Der Gesamtgehalt an Fettsäuren im IMF nahm ab, während der Anteil an gesättigten Fettsäuren (SFA) signifikant anstieg. Die Ergebnisse dieser Studie stimmen mit den Ergebnissen von Dalle Zotte et al. (2018) überein, die ebenfalls eine Reduktion des IMF-Gehalts durch BSFL-Fett, jedoch eine Zunahme des C12:0- und C14:0-Gehalts im Kaninchenfleisch beobachteten. Schiavone et al. (2019) stellten einen Anstieg von C12:0, C14:0 und C16:0 in den Muskel-Lipiden im Vergleich zur sojabasierten Fütterung fest, selbst bei Verwendung entfetteter BSFL-Mahlzeiten.

Tierisches Fett besteht hauptsächlich aus langkettigen Fettsäuren (LCFA), die als einer der Haupt-Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen gelten. Mittelkettige Fettsäuren (MCFA) unterscheiden sich von LCFA dadurch, dass sie zum Schutz vor Herzkrankheiten beitragen. Es wurde berichtet, dass MCFA das Risiko für Arteriosklerose und Herzkrankheiten senken können (Dayrit, 2014; Roopashree et al., 2021). Die Fütterung mit BSFL erhöhte den Anteil der „gesünderen“ MCFA und reduzierte die LCFA, was auf potenzielle gesundheitliche Vorteile für den Konsumenten hinweist.

Auf den ersten Blick könnte der Eindruck entstehen, dass die Fütterung mit BSFL das Hähnchenfleisch ungesünder macht, da der Anteil an gesättigten Fettsäuren steigt, die in der menschlichen Ernährung als eher unerwünscht gelten. Der Anstieg ist jedoch hauptsächlich auf Laurinsäure zurückzuführen, die – wie in der Einleitung beschrieben – auch gesundheitliche Vorteile bietet, leicht verdaulich ist und eine gute Energiequelle darstellt. Darüber hinaus sind gesättigte Fettsäuren im Allgemeinen weniger anfällig für Fettsäureoxidation als einfach oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA und PUFA), was die Haltbarkeit des Fleisches verlängert (Woods und Feron, 2009).

Folglich hatte die Fütterung mit lebenden BSFL einen positiven Einfluss auf das Fettsäureprofil im Brustmuskul von Masthähnchen.

Tabelle 11: Fettsäurezusammensetzung: Gehalte (in %) der individuellen Fettsäuren (FAs) im Gesamtfett des Futters, der Larven, der Leber (n=3) und dem intramuskulären Fett (IMF) des *pectoralis major* Muskels (n=6) von 42-Tage alten Broilern

	Futter		Larven	Leber		IMF Muskel	
	CON ¹	BSFL ²		CON	BSFL	CON	BSFL
Gesamtfett (%)	7,32	8,91	25,53	16,49	13,41	6,06 ^a	7,60 ^b
Gesättigte FAs (SFAs):							
C10:0	-	0,10	1,10	-	-	-	-
C12:0	-	3,67	42,01	-	-	- ^a	4,83 ^b
C14:0	-	0,76	8,74	0,56 ^a	0,78 ^b	0,60 ^a	2,28 ^b
C16:0	16,73	16,58	14,92	23,16	21,38	21,43 ^a	20,60 ^b
C17:0	-	-	-	0,19	0,25	-	-
C18:0	5,35	5,16	3,22	17,69 ^a	20,56 ^b	6,94	6,88
C20:0	-	-	-	0,37	0,21	0,14	0,21
C21:0	-	-	-	0,52	0,69	-	-
C22:0	-	-	-	0,74	0,76	0,31	0,16
Gesamt SFAs	22,09	26,27	69,98	43,11	44,50	29,43 ^a	34,92 ^b
Einfach ungesättigte FAs (MUFAs):							
C14:1; 9c	-	-	-	-	-	-	0,07
C16:1; 9c	-	0,18	2,11	2,20	1,31	3,76 ^a	3,06 ^b
C18:1; 9c	29,65	27,94	10,04	28,15	21,92	33,03 ^a	29,07 ^b
C20:1; 11c	0,48	0,44	-	-	-	-	-
Gesamt MUFAs	30,13	28,56	12,15	30,35	23,23	36,79 ^a	32,28 ^b
Mehrfach ungesättigte FAs (PUFAs):							
C18:2; 9c, 12 c	42,80	40,50	16,49	15,27	18,12	27,53	27,31
C18:3; 6c, 9c, 12c	3,14	2,98	1,38	0,47	0,58	2,09	2,10
C18:3; 9c, 12c, 15c	-	-	-	0,44	0,40	0,34	0,26
C20:2, 11c, 14c	-	-	-	-	-	0,11	0,03
C20:3; 8c, 11c, 14c	0,40	0,45	-	6,22	8,13	1,15 ^a	0,94 ^b
C20:5; 5c, 8c, 11c, 14c, 17c	0,50	0,37	-	0,49	0,75	-	-
C22:6; 4c, 7c, 10c, 13c, 16c, 19c	-	-	-	0,59 ^a	0,99 ^b	-	-
Gesamt PUFAs	46,84	44,31	17,87	23,48	28,96	31,22	30,68
Gesamt UFAs (MUFAs + PUFAs)	76,97	72,87	30,02	53,83 ^a	52,19 ^b	68,01 ^a	62,96 ^b
Nicht zuordenbare Signale	0,95	-	-	3,06	3,31	2,56	2,15

“-“ = nicht erkannt; ^{a, b} signifikante Unterschiede nach ANOVA (GLM) $p < 0,05$; ¹Basisdiät; ²Basisdiät + Larven

Schlussfolgerung

Die angebotene Menge an Larven wurde zu jeder Zeit von den Broilern vollständig verzehrt und der Basisration bevorzugt. Dies lässt auf eine hohe Akzeptanz der Larvenfütterung beim Broiler, schon zu Beginn der Mastphase als Eintagsküken, schließen.

Die Fütterung von 5–10 % lebenden BSFL führte zu einer Steigerung der Wachstums- und Schlachtleistung und einer verbesserten Futteraufwand. BSFL sind reich an Laurinsäure, die sich auch im intramuskulären Fett des Brustmuskels von Masthähnchen anreichert, die mit lebenden Larven gefüttert wurden. Laut Literaturangaben könnte dies das Hähnchenfleisch gesünder machen, die Haltbarkeit verlängern und Schmackhaftigkeit erhöhen. Weitere Forschung ist notwendig, um dies zu bestätigen.

Literatur

- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Martins, C., Alves, S.P., Freire, J.P.B., Falcão-e-Cunha, L., Bessa, R.J.B. 2018. Incorporation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits and their effects on meat quality traits including detailed fatty acid composition. *Meat Sci.* 146, 50–58
- Dayrit, F.M. 2015. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *J Am Oil Chem Soc.* 92:1–15
- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., Lalander, C. 2020. Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Manag.* 102, 40–47
- Roopashree, P.G., Shetty, S.S., Suchetha Kumari, N. 2021. Effects of medium chain fatty acid in human health and disease. *Journal of Functional Foods* 87. 104724
- Schiavone, A., Dabbou, S., Petracci, M., Zampiga, M., Sirri, F., Biasato, I., Gai, F., Gasco, L. 2019. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety. *Animal.* 13:10, 2397–2405.
- Woods, V. B., and Fearon, A.M. 2009. Dietary Sources of Unsaturated Fatty Acids for Animals and Their Transfer into Meat, Milk and Eggs: A Review. *Livestocks Science* 126. (1–3): 1–20
- Wu, Y., Zhang, H., Zhang, R., Cao, G., Li, Q., Zhang, B., Wang, Y., Yang, C. 2021. Serum metabolome and gut microbiome alterations in broiler chickens supplemented with lauric acid. *Poultry Science* 100:101315

Danksagung

Wir bedanken uns bei FarmInsect GmbH für die Unterstützung der Studie, durch die Bereitstellung der frischen Larven.





Lebende Larven in der Fütterung von
SAUGFERKELN

3.3. AP 3: Ferkel

Einleitung

In der Natur werden Ferkel über mehrere Monate hinweg allmählich an ein breites Spektrum fester Futtermittel wie Pflanzen, Nüsse, Insekten usw. gewöhnt. Im Gegensatz dazu werden kommerziell gehaltene Ferkel in der Regel abrupt im Alter von 3–4 Wochen abgesetzt. Zu diesem Zeitpunkt haben Ferkel kaum oder gar keine Erfahrung mit der Aufnahme fester Nahrung und einige Ferkel nehmen bis zu 80 h nach dem Absetzen keine Nahrung auf (Bruininx et al., 2002, 2004).

Um ihre Verdauungsanpassung an die Zeit nach dem Absetzen anzupassen, ist es entscheidend, Ferkel so früh wie möglich an feste Nahrung zu gewöhnen. Frühere Studien haben gezeigt, dass die Bereitstellung einer vielfältigen Futterzusammensetzung vor dem Absetzen die Erkundung und die Aufnahme fester Nahrung, während der Säugezeit fördern und gleichzeitig die Anzahl der Ferkel erhöhen kann, die bereits vor dem Absetzen feste Nahrung aufnehmen (Middelkoop et al., 2018, 2019b).

Ziel dieser Studie ist es demnach, die Ferkel (vor dem Absetzen) möglichst früh an festes Futter zu gewöhnen, um ihre Nährstoffverdauung an die Zeit nach dem Absetzen anzupassen ("Enzymtraining"). Eine mögliche Strategie ist die Zufütterung von lebenden Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens* L., **BSFL**). Diese haben einen niedrigen Trockenmassegehalt (ca. 30 %), sind reich an Protein (z.B. 50 % i.d.TM) und Fett (z.B. 23 % i.d.TM) und könnten daher ein geeignetes Futter für Ferkel darstellen, die an flüssige Milchnahrung gewöhnt sind. Der niedrige Kohlenhydratgehalt (CH) von BSFL könnte für Ferkel leichter verdaulich sein, da weniger CH-abbauende Enzyme benötigt werden.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 266 Ferkel aus 19 Würfen (Sauen), während 2 Durchgängen, gleichmäßig auf zwei Fütterungsgruppen aufgeteilt: **CON = PreStarter-Futter (PS)**; **LAR = PS + lebende Larven (BSFL)**. Nachdem alle Ferkel geboren waren, wurde ein Wurfausgleich durchgeführt (14 Ferkel pro Sau) und mit der Zufütterung begonnen. Um die genaue Futteraufnahme zu dokumentieren, wurden BSFL und PS in getrennten Trögen angeboten. Jede Wurfgruppe hatte Zugang zu zwei Trögen, um dieselbe Fressplatzverfügbarkeit sicherzustellen (CON: 2× PS, LAR: 1× PS, 1× BSFL). PS und BSFL wurden täglich gewogen und frisch angeboten. War ein Trog am nächsten Tag leer, wurde die angebotene Menge an Futter oder BSFL erhöht, um eine *ad libitum*-Fütterung zu simulieren.

Die Ferkel wurden zu Beginn des Versuchs sowie wöchentlich an den Tagen 7, 14, 21 und 28 gewogen, um die Wachstumsleistung zu beurteilen. Die Daten wurden mittels Einweg-ANOVA (SPSS, IBM) ausgewertet.

Tabelle 12: Versuchsdetail Ferkel

Versuchsnummer	IWEL-10-24
Datum	22.08.2024 - 19.09.2024
Ort	Burghof, in Holzheim (Martin Dittmar GbR)
Haltung	2,0x2,5 m Abferkelbuchten (Einzel)
Genetik	Topics
Futtermitteln	CON = Standard Ferkel-Prestarter, <i>ad libitum</i>
	LAR = Ferkel-Prestarter + lebende Larven, <i>ad libitum</i>
Beginn Larvenfütterung	nach Wurfausgleich, Ferkel ca. 1-3 Tage alt
Larvenfütterung	Woche 1 p.p.: 100g/Wurf Woche 2 p.p.: 200g/Wurf Woche 3 p.p.: 300g/Wurf Woche 4 p.p.: 400g/Wurf Bei leerem Trog + 10% (=“ <i>ad libitum</i> “)
Wiederholung pro Variante	12 Sauen/Variante Insgesamt 24 Sauen
Versuchsdauer	Bis Absetzen, Tag 28
Ferkelwiegung	wöchentlich, individuell
Fütterung (Prestarter + Larven)	täglich
Erhobene Parameter:	<u>Leistungsdaten Sauen:</u> Körpergewichte (BW), d108, d143 Body condition score (BCS), d108, d143 Rückenspeckdicke (BFT), d108, d143 Futtermittelaufnahme (FI), d108-d143
	<u>Leistungsdaten Ferkel:</u> Geburtsgewicht (BW0), Körpergewichte (BW), Körpermassezunahmen (ADG), Futtermittelaufnahme (FI), Larvenaufnahme (LI)
	<u>Scoring:</u> Kot

Ergebnisse und Diskussion

Es ist entscheidend, Ferkel so früh wie möglich an feste Nahrung zu gewöhnen, um ihre Verdauung („Enzymtraining“) auf die Zeit nach dem Absetzen vorzubereiten. Unter natürlichen Bedingungen nehmen junge Ferkel eine große Vielfalt an Futtermitteln auf, weshalb ein höheres Maß an Futtervielfalt erforderlich sein könnte, um die Futtermittelaufnahme vor dem Absetzen zu verbessern.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Ferkel der LAR-Gruppe während des gesamten Fütterungszeitraums eine signifikant höhere durchschnittliche tägliche Futtermittelaufnahme (ADMI) aufwiesen als Ferkel der CON-Gruppe (Tabelle 13). Dies bestätigt die Ergebnisse von Middelkoop et al. (2019b), die eine erhöhte Futtermittelaufnahme und eine längere Fresszeit vor dem Absetzen beobachteten, wenn eine vielfältige Diät angeboten wurde, im Vergleich zur alleinigen Gabe von Prestarterfutter.

Aufgrund der unterschiedlichen Nährstoffzusammensetzung von Prestarterfutter und BSFL beeinflusste die Fütterung die Nährstoffaufnahme der Ferkel, sodass Ferkel der LAR-Gruppe mehr Nährstoffe zur Verfügung hatten ($P < 0,05$).

Weder die Wachstumsraten vor dem Absetzen noch das Absetzgewicht wurden jedoch signifikant durch die Zufütterung beeinflusst. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Ipema et al. (2021) überein, die ebenfalls keinen Einfluss ähnlicher Maßnahmen auf die Wachstumsleistung der Ferkel feststellen

konnten. Möglicherweise wurden potenzielle Effekte auf die Wachstumsleistung durch die Nährstoffaufnahme aus der Sauenmilch überlagert, da diese während der Säugezeit die Hauptnahrungsquelle für Ferkel darstellt.

Zudem fanden einige Studien einen Zusammenhang zwischen erhöhtem Erkundungsverhalten und gesteigerter Futterraufnahme vor dem Absetzen (Kuller et al., 2010) und nach dem Absetzen (Middelkoop et al., 2019a). Angesichts der Tatsache, dass die Fütterung von BSFL in der vorliegenden Studie die gesamte Futterraufnahme erhöhte, ist es plausibel, dass sie auch das Erkundungsverhalten stimulieren, wodurch sie eine wertvolle Form der Umweltbereicherung darstellen.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass Ferkel, die mit BSFL in Kontakt kommen, besser in der Lage sein könnten, die Herausforderungen der Absetzphase zu meistern. Eine ausreichende prä-absetzliche Exposition gegenüber fester Nahrung wurde mit post-absetzlichen Vorteilen in Verbindung gebracht, einschließlich einer verbesserten Leistung (Bruininx et al., 2004).

Akzeptanz

Wie die Daten der Futterraufnahmen bzw. Larvenaufnahmen zeigen, wurden die Larven mit hoher Motivation von den Ferkeln verzehrt und oft dem PreStarter-Futter bevorzugt (Beobachtungen, siehe Abbildung 5). Dies lässt auf eine hohe Akzeptanz und Schmackhaftigkeit der Larven für die Ferkel schließen.



Abbildung 4: Ferkel bei der Fütterung von PreStarter-Futter (links) und frischen Insektenlarven (*Hermetia illucens*) (rechts), im Alter von ca. 3 Wochen

Tabelle 13: Leistungsparameter der Ferkel

	CON Kontrolle (PS)		LAR PS + lebende Larven		<i>P-Wert</i> ANOVA $P < 0,05$
Alter bei Versuchsstart	1,46	$\pm 1,05$	1,41	$\pm 1,26$	0,740
Lebendmasse, g/Ferkel					
Tag 3 (Start)	1,50	$\pm 0,36$	1,52	$\pm 0,38$	0,704
Tag 7	2,49	$\pm 0,65$	2,58	$\pm 0,66$	0,267
Tag 14	4,12	$\pm 1,11$	4,27	$\pm 1,04$	0,277
Tag 21	5,85	$\pm 1,48$	6,12	$\pm 1,38$	0,145
Tag 27 (Absetzen)	7,31	$\pm 1,83$	7,53	$\pm 1,70$	0,324
Ø Tägliche Futteraufnahme					
PS, g TM/Ferkel/Tag					
Tag 3-7	0,24	$\pm 0,18$	0,37	$\pm 0,26$	0,233
Tag 7-14	1,70	$\pm 1,48$	1,32	$\pm 0,65$	0,472
Tag 14-21	8,13	$\pm 4,08$	10,95	$\pm 6,76$	0,294
Tag 21-27	21,87	$\pm 10,00$	31,82	$\pm 16,19$	0,131
Tag 3-27	8,38	$\pm 3,84$	11,61	$\pm 6,09$	0,191
LARVEN, g TM/Ferkel/Tag					
Tag 3-7	-	-	0,61	$\pm 0,19$	-
Tag 7-14	-	-	1,37	$\pm 0,39$	-
Tag 14-21	-	-	3,79	$\pm 1,23$	-
Tag 21-27	-	-	8,32	$\pm 1,27$	-
Tag 3-27	-	-	3,66	$\pm 0,79$	-
GESAMT*, g TM/Ferkel/Tag					
Tag 3-7	0,24	$\pm 0,18$	0,98	$\pm 0,19$	<0,001
Tag 7-14	1,70	$\pm 1,48$	2,69	$\pm 0,90$	0,092
Tag 14-21	8,13	$\pm 4,08$	14,73	$\pm 7,07$	0,025
Tag 21-27	21,87	$\pm 10,00$	40,15	$\pm 16,39$	0,010
Tag 3-27	8,38	$\pm 3,84$	15,27	$\pm 6,30$	0,011
TM-Aufnahme insgesamt, g/Ferkel					
PS	201,2	$\pm 92,1$	278,6	$\pm 146,3$	0,191
Larven	-	-	88,7	$\pm 18,8$	-
Gesamt*	201,2	$\pm 92,1$	367,4	$\pm 151,2$	0,011
Lysin Aufnahme, g/Ferkel					
Lysin PS	2,43	$\pm 1,11$	3,36	$\pm 1,76$	0,191
Lysin Larven	-	-	0,59	$\pm 0,12$	-
Lysin Gesamt*	2,43	$\pm 1,11$	3,95	$\pm 1,79$	0,043
ME Aufnahme, MJ/Ferkel					
ME PS	2,06	$\pm 0,94$	2,86	$\pm 1,50$	0,190
ME Larven	-	-	1,21	$\pm 0,26$	-
ME Gesamt*	2,06	$\pm 0,94$	4,06	$\pm 1,57$	0,004

PS, PreStarter-Futter; TM, Trockenmasse; *PS + Larven

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass die Fütterung von lebenden Larven der Schwarzen Soldatenfliege es Ferkeln ermöglicht, eine breite Palette an Futtermitteln aufzunehmen, die gesamte freiwillige Futteraufnahme zu steigern und ihre frühe Anpassung an den Verzehr fester Nahrung zu erleichtern, wodurch sie auf die Zeit nach dem Absetzen vorbereitet werden.

Literatur

Bruininx, E.M.A.M., Schellingerhout, A.B., Binnendijk, G.P., van der Peet-Schwering, C.M.C., Schrama, J.W., den Hartog, L.A., Everts, H., Beynen, A.C. (2004): Individually assessed creep food consumption by suckled piglets: Influence on post-weaning food intake characteristics and indicators

Ipema, A. F., Bokkers, E. A. M., Gerrits, W. J. J., Kemp, B., Bolhuis, J. E. (2021a). Providing live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) improves welfare while maintaining performance of piglets post-weaning. *Scientific reports*, 11(1), 7371.

Kuller, W.I., Tobias, T.J., van Nes, A. (2010): Creep feed intake in unweaned piglets is increased by exploration stimulating feeder. *Livest. Sci.* 129, 228–231.

Middelkoop, A., Choudhury, R., Gerrits, W.J.J., Kemp, B., Kleerebezem, M., Bolhuis, J.E., (2018): Dietary diversity affects feeding behaviour of suckling piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 205, 151–158.

Middelkoop, A., Costermans, N., Kemp, B., Bolhuis, J.E. (2019a): Feed intake of the sow and playful creep feeding of piglets influence piglet behaviour and performance before and after weaning. *Sci. Rep.* 9, 16140.

Middelkoop, A., van Marwijk, M.A., Kemp, B., Bolhuis, J.E. (2019b): Pigs like it varied; Feeding behavior and pre- and post-weaning performance of piglets exposed to dietary diversity and feed hidden in substrate during lactation. *Front. Vet. Sci.* 6, 408.

Danksagung

Wir bedanken uns bei FarmInsect GmbH für die Unterstützung der Studie, durch die Bereitstellung der frischen Larven.





Larvenfett im MAT für
KÄLBER

3.4. AP 4: Kälber

Einleitung

In Anbetracht der weltweit steigenden Nachfrage nach Nahrungsmitteln und des zunehmenden Wettbewerbs zwischen dem Verbrauch natürlicher Ressourcen durch Menschen und Tier ist die Erforschung alternativer Futtermittelquellen zwingend notwendig. Milchaustauscher (MAT) stellen die grundlegende Futterkomponente von Kälbern in den ersten Lebenswochen dar. Die häufigsten verwendeten Fettquellen im MAT sind Palm- und Kokosfett. Diese importierten Fette sind aufgrund ihrer negativen ökologischen Auswirkungen und der schwankenden Weltmarktpreise zunehmend umstritten, was das Interesse an alternativen, nachhaltigen Fettquellen steigen lässt (Veldkamp und Bosch, 2012).

Seit der EU-Zulassung (VO (EU) 2021-1372) von acht Insektenarten im Jahr 2021 als Futtermittel für Geflügel und Schweine, hat die Verwendung von Insekten in der Tierernährung stark zugenommen. Während Insektenprotein für Wiederkäuer verboten ist, dürfen ihre Fette in der Wiederkäuerfütterung verwendet werden (IPIFF, 2024).

Eine der vielversprechendsten Insektenart sind die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*, **BSFL**). Diese können nachhaltig auf regional anfallenden Nebenströmen der Agrar- und Lebensmittelproduktion produziert werden und konkurrieren zudem nicht mit der menschlichen Ernährung. BSFL zeichnen sich durch eine vorteilhafte Fettsäurezusammensetzung aus, welche mit herkömmlich eingesetzten Fettquellen, wie Kokosfett, vergleichbar ist. Sie sind reich an mittelkettigen Fettsäuren (MCT), insbesondere Laurinsäure (C12:0, Abb. 6, links), welcher zu einer verbesserten Gesundheit und Leistung von Kälbern führen kann (Hill et al., 2007).

Die Verwendung von BSFL-Fett im MAT von Kälbern könnte zu einer nachhaltigen Tierproduktion beitragen, die Nahrungskonkurrenz zwischen Menschen und Tier verringern und gleichzeitig die Leistung und Gesundheit der Kälber verbessern. Ziel dieser Studie war es, BSFL-Fett als Ersatz für Kokosfett im MAT, in Hinblick auf die Akzeptanz, Wachstumsleistung und Kotkonsistenz von Fleckviehkälbern, zu untersuchen.

Material und Methoden

Insgesamt 24 männliche Fleckviehkälber (durchschnittlich 33,5 Tage alt, Ausgangsgewicht = $76,0 \pm 2,7$ kg) wurden gleichmäßig auf zwei Gruppen aufgeteilt: Die Kontrollgruppe (CON) erhielt einen handelsüblichen MAT mit 50 % Sonnenblumenöl und 50 % Kokosfett als Fettquelle. Bei der Versuchsgruppe (LAR) wurde das Kokosfett im MAT vollständig durch BSFL-Fett ersetzt. Die MAT-Varianten waren isoenergetisch und isonitrogen ausgeglichen (Tabelle 14). Die Fettsäurezusammensetzung der verwendeten MAT ist in Abbildung 6, rechts, dargestellt.

Die Kälber wurden 63 Tage lang mit einem frei wählbaren, automatischen Tränke- und Kraftfutterautomaten gefüttert, welche über integrierte Tiererkennung mit Hilfe von Transpondern tierindividuelle Fütterungsdaten erfasste (Förster Technik, Typ KFA3-MA3 VA). Die Kälber wurden fünf Wochen intensiv mit MAT gefüttert (max. 12 l/Kalb/Tag) und über eine Zeit von vier Wochen schrittweise entwöhnt auf bis zu 2 Liter in der letzten Woche. Kraftfutter, Wasser und Heu standen den Kälbern *ad libitum* zur Verfügung. Der allgemeine Gesundheitszustand der Kälber wurde täglich überwacht. Wöchentlich wurden die individuellen Körpergewichte erhoben und ein Kälber-Check inklusive Kotbonitur durchgeführt. Die Kälber wurden in einer Gruppe pro Variante à 12 Kälber, in einem natürlich belüfteten Stall auf Stroh untergebracht. Die Daten wurden mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA, $p < 0,05$; SPSS IBM) ausgewertet.



Abbildung 5: Versuchsstall für Kälber, Hofgut Neumühle (oben: Innenansicht eine Gruppe, unten: Außenansicht beide Gruppen)

Tabelle 14: MAT-Zusammensetzung und Nährstoffzusammensetzung (%):

	CON	LAR
Rohprotein	21,0	21,0
Rohfett	16,0	16,0
Rohasche	7,0	7,0
Rohfaser	0,02	0,02
Lysin	1,8	1,8
Calcium	0,8	0,8
Phosphor	0,7	0,7
Natrium	0,6	0,6

CON	LAR
Magermilchpulver 50%	
Molkenpulver	
Sonnenblumenöl	
Kokosfett	Insektenfett
Molkenpulver, teilentzuckert	
Weizenquellstärke	
Traubenzucker	
Bierhefe, getrocknet	

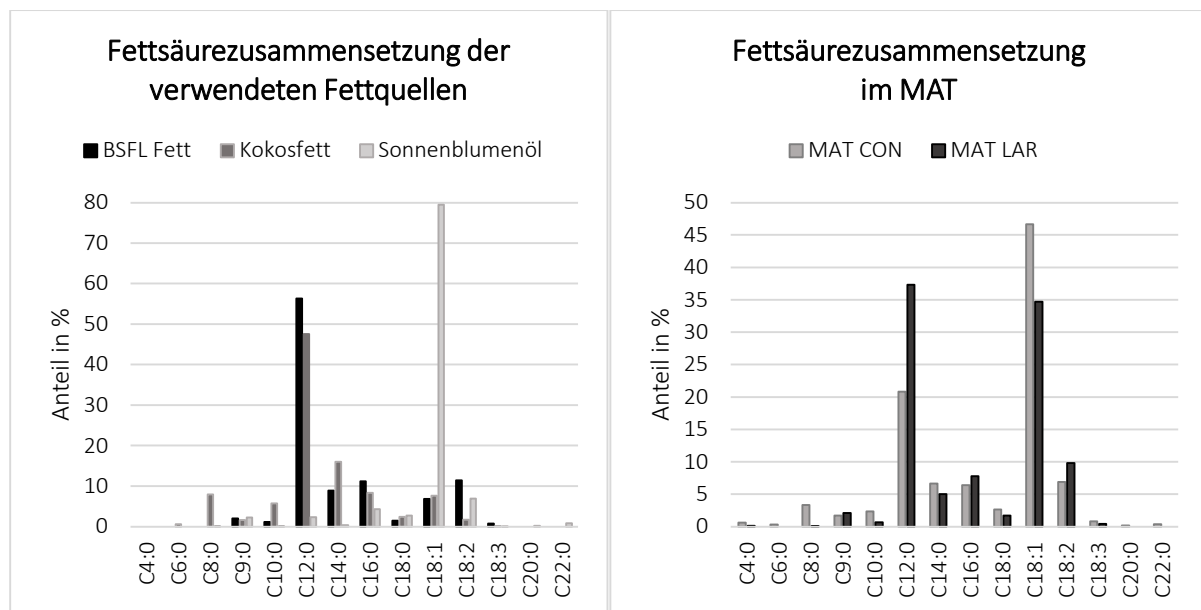


Abbildung 6: Fettsäurezusammensetzung der verwendeten Fettquellen (links) sowie der beiden Milchaustauscher (MAT) Varianten (rechts). MAT CON=50% Sonnenblumenöl, 50% Kokosfett, MAT LAR=50% Sonnenblumenöl, 50% Insektenfett als Fettquelle

Ergebnisse und Diskussion

Die Aufnahme von BSFL-Fett im MAT hatte keinen Einfluss auf die Wachstumsleistung der Kälber (Tageszunahmen insgesamt: CON=1,04 kg/Kalb/Tag; LAR=1,10 kg/Kalb/Tag; $P>0,05$; Abbildung 8). In der Kotkonsistenz (KS) konnte ein numerischer, jedoch kein signifikanter Unterschied über den gesamten Versuchszeitraum festgestellt werden (Gesamt-KS-Punkte: -19% LAR vs. CON; $P>0,05$). An den Versuchstagen 21 und 35 hatten die LAR-Kälber einen tendenziell festeren Kot im Vergleich zu den CON-Kälbern ($P<0,1$; Abbildung 9).

Die mit LAR gefütterten Kälber nahmen während der gesamten Fütterungsperiode tendenziell mehr MAT auf als CON-gefütterte Kälber (+10 %, $P<0,1$; Abbildung 10 A). Dies deutet auf eine gute Akzeptanz des BSFL-Fetts im MAT hin. Im Gegensatz dazu, war die Kraftfutteraufnahme in der LAR-Gruppe im Vergleich zu CON signifikant niedriger (-58 %, $P<0,001$). Diese führte zu einer signifikant niedrigeren Gesamttrockenmasseaufnahme der LAR-Kälber im Vergleich zu CON (-27 %, $P<0,05$), was auf eine bessere Nährstoffeffizienz hindeuten könnte. Ähnliche Tendenzen wurden bei der Nährstoffzufuhr beobachtet: Es gab eine Tendenz zu einer höheren ME-, EE- und CP-Aufnahme aus dem MAT bei der LAR-

Variante, während die Nährstoffaufnahme aus dem Kraftfutter signifikant niedriger war. Insgesamt (MAT und Kraftfutter kombiniert) nahmen die CON-Kälber signifikant mehr ME (+21%; $P < 0,05$) und CP (+25%; $P < 0,05$) auf als LAR-Kälber, wobei die gesamte EE-Aufnahme (-6%; $P > 0,05$) sich nicht zwischen beiden Varianten unterschied (Abbildung 10 B C D).

Die Ergebnisse bestätigen vorherige Untersuchungen von de Carvalho et al. (2023), welche ebenfalls keinen Effekt auf die Wachstumsleistung der Kälber, welche mit Insektenfett im Vergleich zu Kokosfett gefüttert wurden. Anders als in der vorliegenden Studie wurde jedoch keine Veränderung der Fut-
teraufnahme festgestellt. Die Autoren kamen ebenfalls zu dem Schluss, dass Insektenfett eine geeignete Alternative zu Kokosfett im MAT für Kälber darstellt.

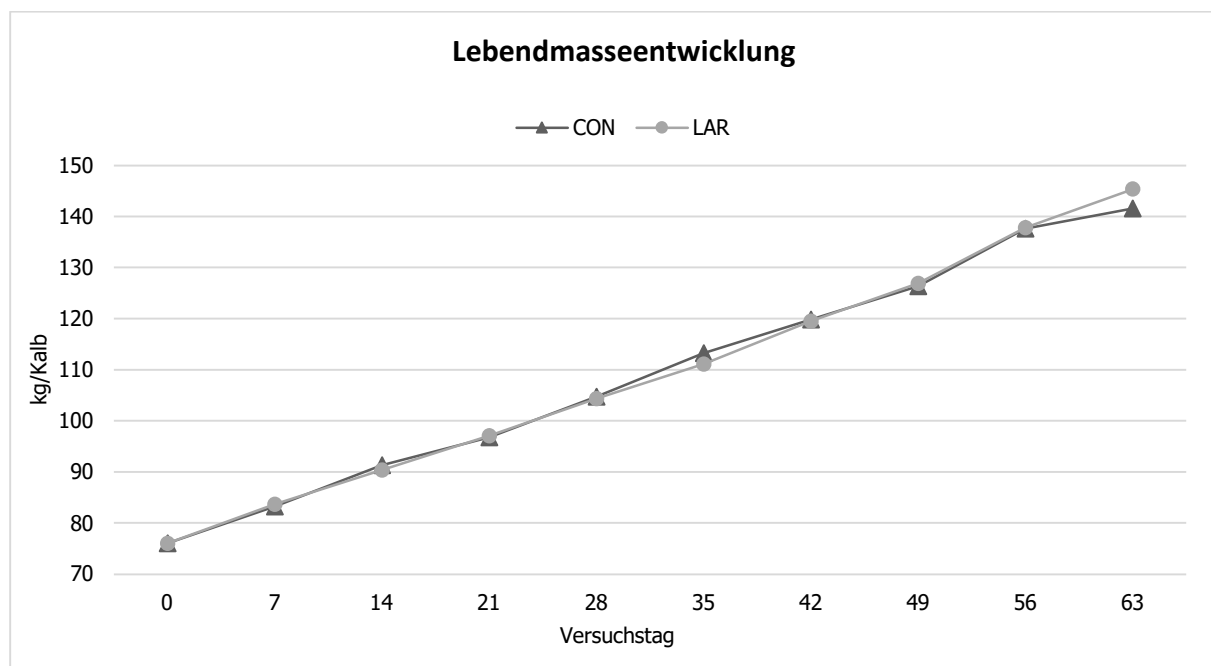


Abbildung 7: Ergebnisse der Wachstumsleistung: Ersatz von Kokosfett (CON) durch Larvenfett (LAR) im Milchaustauscher (MAT) von Fleckviehkälbern; Versuchsdauer: 9 Wochen; n=12 Kälber/Variante

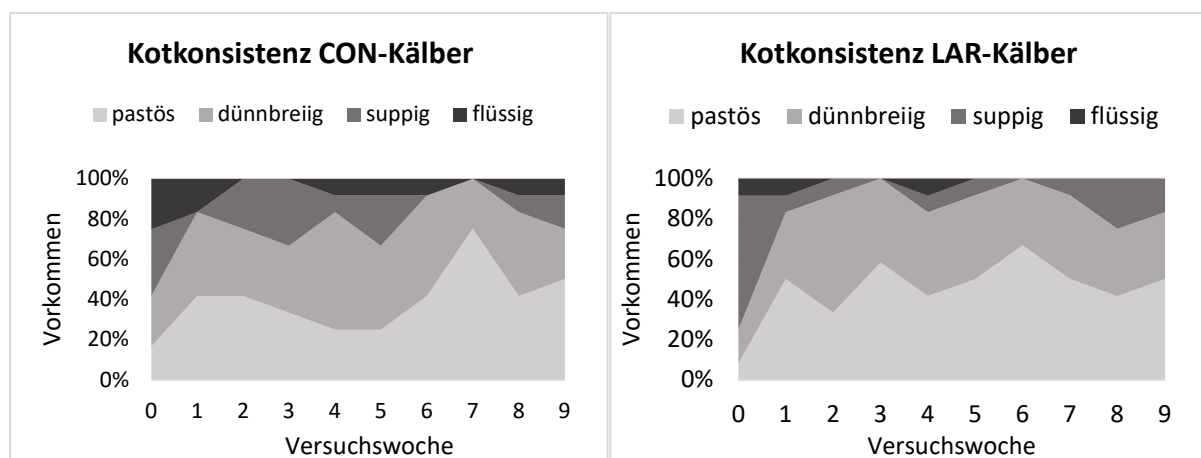


Abbildung 8: Ergebnisse der Bewertung der Kotkonsistenz, Vorkommen in %: Ersatz von Kokosfett (CON, links) durch Larvenfett (LAR, rechts) im Milchaustauscher von Fleckviehkälbern; Versuchsdauer: 9 Wochen; n=12 Kälber/Variante

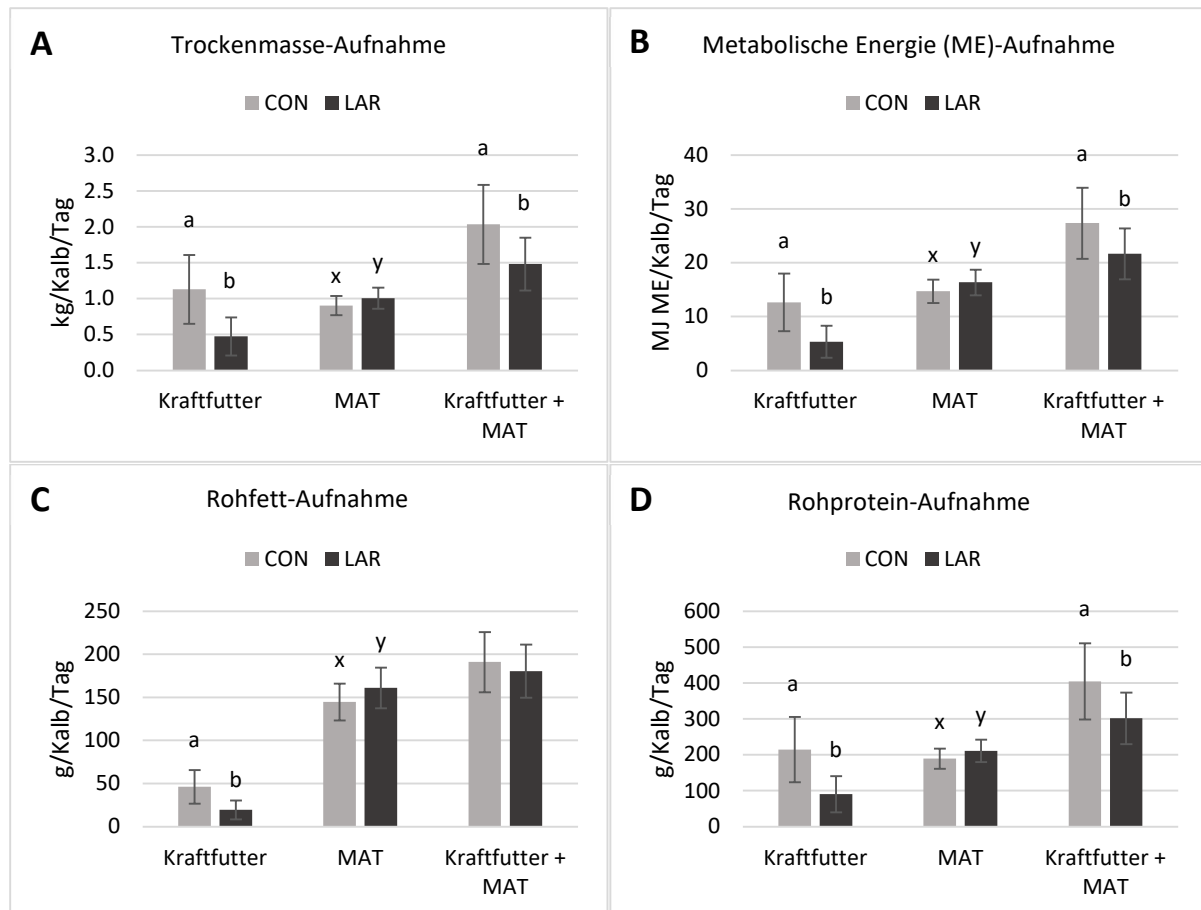


Abbildung 9: Ergebnisse der Trockenmasse- und Nährstoffaufnahmen: Ersatz von Kokosfett (CON) durch Larvenfett (LAR) im Milchaustauscher (MAT) von Fleckviehkälbern; Versuchsdauer: 9 Wochen; n=12 Kälber/Variante; a,b=signifikanter Unterschied nach ANOVA (GLM), $P < 0,05$; x,y=Trend, $P < 0,1$

Fazit

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass BSFL-Fett eine geeignete Fettquelle als Ersatz für Kokosfett im Milchaustauscher für Kälber darstellt. Der Milchaustauscher mit Insektenfett wurde von den Kälbern gut akzeptiert und erzielte eine vergleichbare Wachstumsleistung im Vergleich zur Kontrollgruppe, mit Kokosfett. Die Verwendung von BSFL-Fett anstatt Kokosfett könnte folglich zu einer nachhaltigen Kälberaufzucht beitragen.

Literatur

De Carvalho, I.C.P., Vosse, M.v.d. und Enckevort, A.v. (2023): Verwendung von Insektenöl als Quelle mittelkettiger Fettsäuren in Milchaustauschern für Kälber. Forum angewandte Forschung 25./26.04.2023; Tagungsunterlage, S. 85-89

Hill, T.M.; J.M. Aldrich, R.L. Schlotterbeck und H.G. Bateman (2007): Amino Acids, Fatty Acids, and Fat-Sources for Calf Milk Replacers. The Professional Animal Scientist, Volume 23, Issue 4, 2007, Seite 401-408, ISSN 1080-7446

IPIFF 2024: EU Legislation, General Overview, <https://ipiff.org/insects-eu-legislation-general/>

Veldkamp, T. und Bosch, G. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research.

Danksagung:

Wir bedanken uns bei *Bewital agri GmbH & Co KG* für die Unterstützung der Studie durch die Bereitstellung der Milchaustauscher.



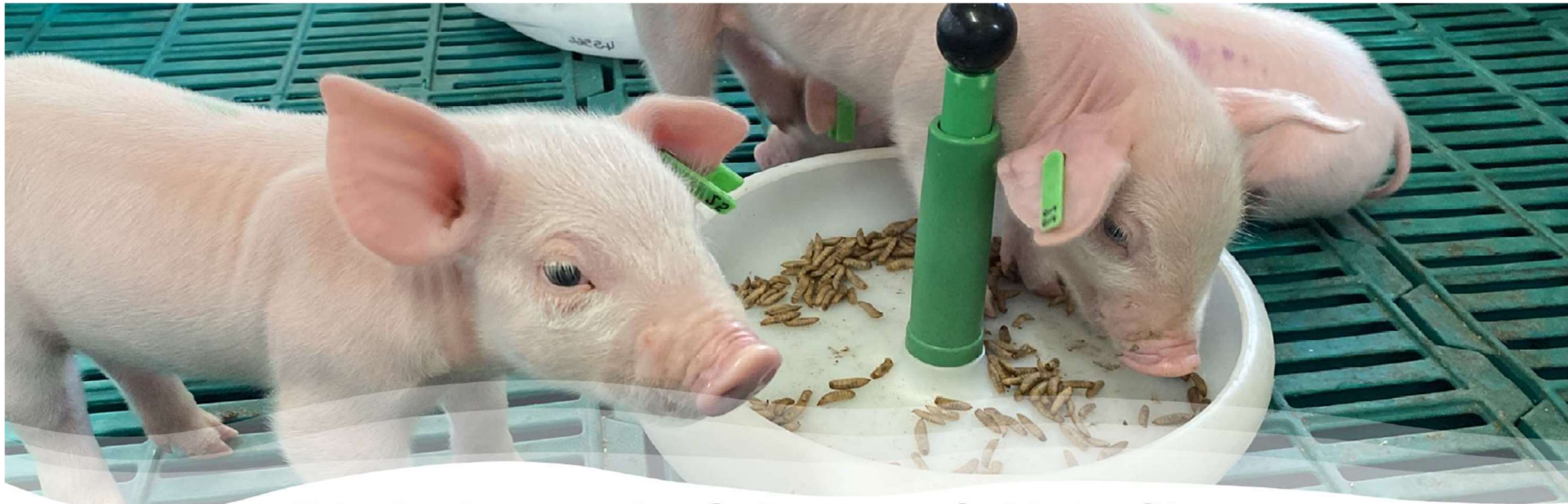
4. Handlungsempfehlungen für die Praxis

Die Ergebnisse des Projekts haben gezeigt, dass die Fütterung von Larven und deren Produkte ein geeignetes und vielversprechendes Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere darstellt.

Die Forschungsergebnisse wurden in einem Flyer, jeweils für Ferkel, Legehennen und Broiler zusammengefasst. Der Flyer dient als Handlungsempfehlung für die Praxis. Die Empfehlungen wurden auf Grundlage, der im vorliegenden Projekt erzielten Forschungsergebnisse generiert. Es ist darauf hinzuweisen, dass weitere Studien notwendig sind, um die vorhandenen Ergebnisse zu validieren.



FLYER_Praxisempfehlungen_Insect4Wel2



FrISChe Larven der Schwarzen Soldatenfliege in der Saugferkelfütterung fördern die frühe Aufnahme von festem Futter und ermöglichen ein breites Nahrungs- und Nährstoffspektrum

Ferkel beginnen im Alter von ca. 2 Wochen mit der aktiven Futteraufnahme: ab hier spätestens mit der Larvenfütterung beginnen

Zufütterung in separatem Ferkeltrog oder Mix mit Ferkel-Pre-Sarter Futter

Empfohlene Larvenfütterung*	g frISChe Larven/Ferkel/Tag
Vor dem Absetzen	
Lebenswoche 2	ca. 15
Lebenswoche 3	20-30
Lebenswoche 4	30-60
Nach dem Absetzen	
Lebenswoche 5	60-80
Lebenswoche 6	80-100

*die empfohlene Menge richtet sich nach den in der Studie getesteten Fütterungsmengen und sollte demnach nicht überschritten werden.



Die Ergebnisse stammen aus dem Projekt INSECT4WEL.
Finanziert vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr,
Landwirtschaft und Weinbau.
Die frischen Larven wurden von FarmInsect GmbH zur
Verfügung gestellt.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Georg Dusel, g.dusel@th-bingen.de
Nathalie Stöhr, n.stoehr@th-bingen.de



FrISChe Larven als alternative Protein- und Energiequelle zu Soja geeignet

- Hohe Akzeptanz:
Larven wurden immer vollständig von den Hennen verzehrt
- Fütterung über extra Trog (1:1 Fressplatzverhältnis) oder Ausbringung im Einstreu/Auslauf

Vollständiger Ersatz von Sojaextraktionsschrot und einem Teil der im Futter enthaltenen Fette:

- bis zu 15% (kalkuliert auf 88% TM) in der Ration einsetzbar
- **ca. 50-60 g Larven (FM)/Henne/Tag**
- Aufgrund schwankender Zusammensetzung der Larven, immer auf Gesamt-Nährstoffe der Ration achten (Optimierung durchführen)



Die Ergebnisse stammen aus dem Projekt INSECT4WEL.
Finanziert vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr,
Landwirtschaft und Weinbau.
Die frischen Larven wurden von FarmInsect GmbH zur
Verfügung gestellt.

Ansprechpartner:
Prof. Dr. Georg Dusel, g.dusel@th-bingen.de
Nathalie Stöhr, n.stoehr@th-bingen.de



Zufütterung von frischen Larven erhöht die Wachstums- und Schlachtleistung von Broilern

- Hohe Akzeptanz:
Larven wurden immer vollständig von den Broilern verzehrt
- Fütterung über extra Trog (1:1 Fressplatzverhältnis) oder Ausbringung im Einstreu
- 5-10 % der erwarteten Trockenmasseaufnahme:
 - 5 % Tag 1-21
 - 10 % Tag 21-42

Empfohlene Larvenfütterung*	
Lebenstag:	g Larven /Broiler/Tag
0-7	5
7-14	10
14-21	15
21-28	40
28-35	60
35-40	80

*die empfohlene Menge richtet sich nach den in der Studie getesteten Fütterungsmengen und sollte demnach nicht überschritten werden.



Die Ergebnisse stammen aus dem Projekt INSECT4WEL.
Finanziert vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr,
Landwirtschaft und Weinbau.
Die frischen Larven wurden von FarmInsect GmbH zur
Verfügung gestellt.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Georg Dusel, g.dusel@th-bingen.de
Nathalie Stöhr, n.stoehr@th-bingen.de

5. Publikationen

5.1. Beiträge auf wissenschaftlichen Konferenzen

- Stöhr, N., Brettschneider, J.G., Schneider, L., Jha, R. & Dusel, G. (2023): Lebende Larven (*Hermetia illucens*) verbessern die Wachstumsleistung und Futtereffizienz in der Ernährung von wachsenden Masthühnern. 16. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Professur für Tierernährung, Halle-Wittenberg
- Stöhr, N., Geisel, F., Brettschneider, J.G., Schneider, L., Weiss, C.K., Jha, R. & Dusel, G. (2024): Feeding live black soldier fly larvae affects growth performance and fatty acid profile in muscle and liver of broiler chickens. 22. BOKU-Symposium Tierernährung, Wien, AT
- Stöhr, N. & Dusel, G. (2024): Lebende Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) in der Fütterung von Saug- und Absetzferkeln. 24. Forum angewandte Forschung, Fulda
- Stöhr, N., Geisel, F., Brettschneider, J.G., Schneider, L., Weiss, C.K., Jha, R. & Dusel, G. (2024): Effects of feeding live black soldier fly larvae (BSFL) on growth performance and fatty acid profile in muscle and liver of broilers. Insects to Feed the World, International Conference, Singapur
- Stöhr, N., Brettschneider, J.G., Stracke, J. & Dusel, G. (2024): Lebende Larven (*Hermetia illucens*) in der Fütterung von Legehennen in Freilandhaltung. 135. VDLUFA Kongress 2024, Karlsruhe
- Stöhr, N., Stiem, T., Stracke, J. & Dusel, G. (2024): Lebende Larven der Schwarzen Soldatenfliege (BSFL) in der Ernährung von Saugferkeln. 135. VDLUFA Kongress 2024, Karlsruhe
- Stöhr, N., Stiem, T., Stracke, J. & Dusel, G. (2024): Live black soldier fly larvae in the nutrition of suckling piglets. Pig research summit, Copenhagen, DK
- Stöhr, N., Brettschneider, J.G., Schneider, L., Stracke, J., Jha, R. & Dusel, G. (2025): Live black soldier fly larvae as a substitute for soybean meal and oil in free range laying hens' diet - effects on laying performance and egg quality parameters. 23. BOKU-Symposium Tierernährung 2025, Wien, AT
- Stöhr, N., Hayer, J.J., Scheu, T., Schemmer, R., Priesmann, T., Koch, C. & Dusel, G. (2025): Black soldier fly larvae fat as an alternative fat source to coconut fat in milk replacer for calves. 23. BOKU-Symposium Tierernährung 2025, Wien, AT
- Stöhr, N., Stiem, T., Schneider, L., Stracke, J., Jha, R. & Dusel, G. (2025): Feeding live black soldier fly larvae to suckling piglets increases their voluntary feed intake and enables a higher dietary diversity. 23. BOKU-Symposium Tierernährung 2025, Wien, AT

5.2. Beiträge in Fachzeitschriften

- Kleine Zauberkünstler: Ergebnisse aus InsectProÖko (Larvenmast auf Nebenströmen) sowie Insect4Wel (Fütterung von lebenden Larven beim Broiler). **DGS-Magazin**, Ausgabe 11/2023, Laura Schneider und Nathalie Stöhr, TH-Bingen
- Kriechtiere fürs Federvieh: Interview Nathalie Stöhr. **DGS-Magazin**, Ausgabe 03/2025, Sonderheft Fütterung
- Alternatives Eiweiß: Hennen lieben frische Larven: Ergebnisse aus dem Arbeitspaket Legehennen des Projekts Insect4Wel. **DGS-Magazin**, 15.04.2025, online: <https://www.dgs-magazin.de/themen/fuette-rung-tiergesundheits/article-8123201-175625/alternatives-eiweiss-hennen-lieben-frische-larven.html?UID=8E9D07A268EC802E6E9B2B335FB52ED0775E21C44AF0AE7CB1>; Nathalie Stöhr, TH-Bingen

Regionale Insekten für Masthühner. In: **Land&Forst** 02/2024; Laura Schneider und Nathalie Stöhr, TH-Bingen

Kreislaufwirtschaft – Regionale Futterinsekten für Masthühner. In: **Der Hoftierarzt** 05/2024; Laura Schneider und Nathalie Stöhr, TH-Bingen

Insektenlarven als Proteinquelle für Ferkel. **Ratgeber Ökolandbau 2025 der Bauernzeitung**, Ausgabe 03/2025, Laura Schneider und Nathalie Stöhr, TH-Bingen

5.3. Projekt- und Abschlussarbeiten

Legehennen:

Olbrich, Isabel: Auswirkungen der Fütterung von Larven der Schwarzen Soldatenfliege auf die Eiqualität von Legehennen und die Akzeptanz der Konsumenten, Bachelorarbeit, Studiengang Agrarwirtschaft, TH-Bingen, Betreuer: Prof. Dr. Georg Dusel und Nathalie Stöhr, eingereicht am 31.08.2024.

Lorenz, Melanie: Untersuchung über den Einfluss der Lagerung auf die Eiqualität unter der Berücksichtigung der Futterkomponenten – Ersatz von Soja durch frische Larven der Schwarzen Soldatenfliege. Bachelorarbeit, Studiengang Agrarwirtschaft, TH-Bingen, Betreuer: Prof. Dr. Georg Dusel und Nathalie Stöhr, eingereicht am 28.02.2025.

Baumbauer, Tim: Auswirkungen der Fütterung von Larven der Schwarzen Soldatenfliege auf die Leistungsparameter von Legehennen, Projektarbeit Bachelor Agrarwirtschaft, TH-Bingen, Betreuer: Prof. Dr. Georg Dusel und Nathalie Stöhr, eingereicht am 06.01.2025.

Kälber:

Thomes, Saskia: Verwendung von Insektenfett im Milchaustauscher von männlichen Simmentaler Fleckvieh Kälbern, Bachelorarbeit, Agrarwirtschaft, TH-Bingen, Betreuer: Prof. Dr. Georg Dusel und Nathalie Stöhr, eingereicht am 28.02.2025.

Scholtes, Klara und Jacob, Svenja: Einsatz von Larvenfett als alternative Fettquelle im Milchaustauscher bei Kälbern, Projektarbeit Bachelor Agrarwirtschaft, TH-Bingen, Betreuer: Prof. Dr. Georg Dusel und Nathalie Stöhr, eingereicht am 06.01.2025.

Fenrich, Laura: Einsatz von Larvenfett im Milchaustauscher von Fleckviehkälbern: Auswirkungen auf die Akzeptanz, Leistung und Gesundheit; Projektarbeit Master Landwirtschaft und Umwelt, TH-Bingen, Betreuer: Prof. Dr. Georg Dusel und Nathalie Stöhr, eingereicht am 18.04.2025

Ferkel:

Stiem, Teresa: Fütterung von lebenden Larven der Schwarzen Soldatenfliege beim Saugferkel (Verhaltensbeobachtungen), Projektarbeit Master Landwirtschaft und Umwelt, TH-Bingen, in Arbeit.

Determann, Verena: Fütterung von lebenden Larven der Schwarzen Soldatenfliege an Saugferkel, Masterarbeit Tierwissenschaften, Universität Gießen, Prof. Dr. Klaus Eder, in Arbeit.

Literatur

- de Carvalho, M.v.d. Vosse, A.v. Enckevort (2023): Verwendung von Insektenöl als Quelle mittelkettiger Fettsäuren in Milchaustauschern für Kälber, Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. April 2023, 85-89
- BLE, 2023: Geflügelhaltung in Deutschland. In: BMEL-Statistik: Geflügelhaltung, 21.03.2023
- De Souza Vilela, J., Andronicos, N.M., Kolakshyapati, M., Hilliar, M., Sibanda, T., Andrew, N.R., Swick, R.A., Wilkinson, S. und Ruhnke, I. (2021): Black soldier fly larvae in broiler diets improve broiler performance and modulate the immune system. *Animal Nutrition* 7. 695-706. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.08.014>
- Deutscher Bundestag (2023): Insekten als Futtermittel für Nutztiere sowie als Lebensmittel. Antwort der Bundesregierung, der Fraktion der CDU/CSU. Drucksache 20/5711. Deutscher Bundestag, 20. Wahlperiode 03.03.2023
- Dicke, M. (2018): Insects as feed and the Sustainable Development Goals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4, pp. 147–156.
- Dierick, N.A., Decuypere, J.A., Molly, K., Van Beek, E. und Vanderbeke, E. (2002): The combined use of triacylglycerols containing medium-chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglet nutrition I. In vitro screening of the release of MCFAs from selected fat sources by selected exogenous lipolytic enzymes under simulated pig gastric conditions and their effects on the gut flora of piglets. *Livest. Prod. Sci.* 75, 129-142.
- EFSA Scientific Committee (2015): „Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed“; *EFSA Journal* 2015; 13(10):4257
- EU (European Union) (2021): Fishmeal and Fishoil. Production and Trade Flows in the EU, ISBN 978-92-76-28913-5
- Facey, H., Kithama, M., Mohammadigheisar, M., Huber, L.A., Shoveller, A.K. und Kiarie, E.G. (2023): Complete replacement of soybean meal with black soldier fly larvae meal in feeding program for broiler chickens from placement through to 49 days of age reduced growth performance and altered organs morphology, *Poultry Science* 102:102293 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102293>
- FAO (2021): *Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector*. Rome
- FAO und WHO (2019): *Hazards associated with animal feed*. Report of the Joint FAO/ WHO Expert Meeting 12 – 15 May 2015, FAO headquarters, Rome, Italy. FAO Animal Production and Health Report, No. 13, pp. 286
- Fischer, B., Sturm, N., Schütze, S. und Trauboth, K. (2023): Untersuchungen zur Fütterung von Fetten aus einheimischer Produktion in Milchaustauschern an weibliche Kälber zur Zucht, Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. April 2023, 78-84
- Heuel, M., Sandrock, C., Leiber, F., Mathys, A., Gold, M., Zurbrugg, C., Gangnat, I.D.M., Kreuzer, M. und Terranova, M. (2021): Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens, *Poultry Science*, Volume 100, Issue 4, 2021, 101034, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>.
- Hill, T.M.; J.M. Aldrich, R.L. Schlotterbeck, H.G. Bateman, Amino Acids, Fatty Acids, and Fat Sources for Calf Milk Replacers, *The Professional Animal Scientist*, Volume 23, Issue 4, 2007, Pages 401-408, ISSN 1080-7446, [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30995-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30995-5).
- Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M. P., und Dulaurent, A. M. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Scientific Reports*, 10(1), 1-9.
- Ipema, A.F. (2022): Fly in the coop. How black soldier fly larvae improve broiler and pig welfare. PhD-thesis, Graduate School Wageningen Institute of Animal Sciences (WIAS). doi: <https://doi.org/10.18174/577953>
- Ipema, A.F., Bokkers, E.A.M., Gerrits, W.J.J., Kemp, B. und Bolhuis, J.E. (2021): Providing live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) improves welfare while maintaining performance of piglets postweaning. *Sci. Rep.* 11, 7371. doi:10.1038/s41598-021-86765-3
- Ipema, A.F., Gerrits, W.J.J., Bokkers, E.A.M., Kemp, B. und Bolhuis, J.E. (2020): Provisioning of live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) benefits broiler activity and leg health in a frequency- and dosedependent manner. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105082. doi:10.1016/j.applanim.2020.105082
- Jeroch, H. (2019): Fütterung des Lege-, Reproduktions- und Mastgeflügels. IN: Jeroch, H., Simon, A. und Zentek J. Geflügelernährung, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, ISBN: 978-3-8186-0555-1, S. 480
- Józefiak, A., Kierończyk, B., Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Benzertiha, A., Gobbi, P., Nogales-Merida, S., Świątkiewicz, S., Józefiak, D. (2018): Full-fat insect meals as feed additive – the effect on broiler chicken growth performance and gastrointestinal tract microbiota. *J. Anim. Feed Sci.* 27, 131–139. doi:10.22358/jafs/91967/2018
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrugg, C., Lindstroem, A. und Vinneras, B. (2013): Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). From a hygiene aspect. *Sci. Total Environ.* 458, 312–318.
- Lee, S.A., Febery, E., Wilcock, P. und Bedford, M.R. (2021): Application of creep feed and phytase super-dosing as tools to support digestive adaption and feed efficiency in piglets at weaning. *Animals* 11, 2080. doi:10.3390/ani11072080
- Makkar, H.P., Tran, G., Heuzé, V. und Ankers, P. (2014): State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim Feed Sci Technol.* 2014; 197:1–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
- Middelkoop, A., Costermans, N., Kemp, B. und Bolhuis, J.E. (2019): Feed intake of the sow and playful creep feeding of piglets influence piglet behaviour and performance before and after weaning. *Sci. Rep.* 9, 16140. doi:10.1038/s41598-019-52530-w
- Moula, N. und Detilleux, J. (2019): A meta-analysis of the effects of insects in feed on poultry growth performances, *Animals* 9; 201. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9050201>.
- OECD/FAO (2022), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>.
- Oonincx, D. G. A. B., Joost, V. I., Heetkamp, M. J. W., Henry, V. D. B., Van, L. J. J. A., Van Huis, A. und Hansen, I. A. (2010): An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE* 2010, 5, e14445.
- Oonincx, D.G., van Broekhoven, S., van Huis, A. und van Loon, J.J. (2019): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE* 2019, 10, e0144601, Correction in *PLoS ONE*, 14, e0222043.
- Quilliam, R. S., Nuku-Adeku, C., Maquart, P., Little, D., Newton, R., und Murray, F. (2020). Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3), 315-322.
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Chemat, F., Trespeuch, C. und Vian, M. A. (2020): Larvae mediated valorization of industrial, agriculture and food wastes: Biorefinery concept through bioconversion, processes, procedures, and products. *Processes* 8:857.

Rumpold, B.A. und Schlüter, O.K. (2013): Potential and Challenges of Insects as an Innovative Source for Food and Feed Production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>.

Schiavone, A., Dabbou, S., Petracci, M., Zampigna, M., Sirri F., Biasato I., Gai F., Gasco, L., (2019): Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety, In: *Animal*, 2019, 13:10, pp 2397–2405 © The Animal Consortium 2019; DOI: 10.1017/S1751731119000685.

Schiavone, A., De Marco, M., Martínez, S., Dabbou, S., Renna, M., Madrid, J., Hernandez, F., Rotolo, L., Costa, P., Gai, F., Gasco, L. (2017): Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility, *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 8 (2017) 51, DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>.

Schley, L. und Roper, T.J. (2003): Diet of wild boar *Sus scrofa* in Western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops. *Mamm. Rev.* 33, 43–56. doi:10.1046/j.1365-2907.2003.00010.x

Schweiger, P. (2020): Tierfutter: Rechnung mit Unbekannten. In: *Insektenatlas, Daten und Fakten über Nütz- und Schädlinge in der Landwirtschaft*, 2. Auflage, S. 30, ISBN: 978-3-86928-215-2

Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., Serra, A., Bonelli, A. und Parisi, G. (2018): Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean, *Animal*, Volume 12, Issue 10, 2018, Pages 2191-2197, ISSN 1751-7311, <https://doi.org/10.1017/S1751731117003603>.

Skriyanova, E., Marounek, M., Dlouha, G. und Kanka, J. (2005): Susceptibility of *Clostridium perfringens* to C-C fatty acids. *Lett. Appl. Microbiol.* 41, 77-81.

Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyne, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eckhout, M., De Clerq, P. und De Smet, S. (2017): Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Prepupae Reared on Different Organic Waste Substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 2594-2600. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>

Star, L., Arsiwalla, T., Molist, F., Leushuis, R., Dalim, M. und Paul, A. (2020): Gradual provision of live Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae to older laying hens: effect on production performance, egg quality, feather condition and behavior. *Animals* 10:13.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2020): Vieh_ Bestände schrumpfen mit Ausnahme der Legehennen. In: Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz | LZ 2020 | Willkommen in Rheinland-Pfalz (rlp.de), 21.03.2023

Stöhr, N., Harig, P., Ibrahim, R., Schuh-von-Graevenitz, K. und Dusel, G. (2022): Larvenmehl der Schwarzen Soldatenfliege als teilweiser und vollständiger Ersatz für Sojaextraktionsschrot in der Broilerfütterung. *VDLUFA-Schriftenreihe Band 78/2022*, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, S. 520-527. ISBN: 978-3-941273-34-4.

Stöhr, N., Harig, P., Ibrahim, R., Schuh-von-Graevenitz, K., Jha, R. und Dusel, G. (2023): Black soldier fly larvae meal as an alternative protein source in broiler chicken's diet. Effects on growth performance, ileal digestibility, organ weight, and ileal histomorphology. *PS5-2; 23rd European symposium on poultry nutrition*, Rimini, Italy, June 21-24, 2023.

USDA (US Department of Agriculture) (2017): Food composition databases show foods list. Available online: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. (Accessed 7 September 2017).

van Huis, A. und Oonincx, D. G. A. B. (2017): The environmental sustainability of insects as food and feed. A review, *Agron. Sustain. Dev.* (2017) 37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>.

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. und Vantomme, P. (2013): Edible Insects: future prospects for food and feed security. *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations (Hrsg.))*. In: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rom, 117-124. ISBN: 978-92-5-107595-1.

Vauterin, A., Steiner, B., Sillman, J. und Kahiluoto, H. (2021): The potential of insect protein to reduce food-based carbon footprints in Europe: the case of broiler meat production, *J. Clean. Prod.* (2021) 320, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128799>.

Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., Van Huis, A., Iakemond, C.M.M., Ottevanger, E., Bosch, G. und Van Boekel, M. A. J. S. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. *Wageningen UR Livest. Res.* 2012. Report 638.

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 Pelztier, mit tierischem Protein (ABl. L 295/3 vom 18.08.2021, S. 3); <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1372&from=DE>; 28.10.2021.

Wang, S., Zeng, X., Yang, Q. und Qiao, S. (2016): Antimicrobial peptides as potential alternatives to antibiotics in food animal industry. *Int. J. Mol. Sci.* 17, 603. doi:10.3390/ijms17050603

Wang, S., Zeng, X., Yang, Q. und Qiao, S. (2016): Antimicrobial peptides as potential alternatives to antibiotics in food animal industry. *Int. J. Mol. Sci.* 17, 603. doi:10.3390/ijms17050603

Wang, Y.S. und Shelomi, M. (2017): Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*, 6, 91. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods6100091>.

Zahn, N. H., und Quilliam, R. (2017). The effects of insect frass created by *Hermetia illucens* on spring onion growth and soil fertility. *Stirling: University of Stirling*.

Zheng, L., Hou, Y., Wu, L., Yang, S., Li, Q. und Yu, Z. (2012): Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy* 2012, 47, 225–229.