

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Abschlussbericht

für ein FuEi-Vorhaben des im Rahmen der Bekanntmachung des BMBF

### **„Innovationsräume Bioökonomie“**

geforderten Innovationsraums

### **„NewFoodSystems – Neue Lebensmittelsysteme“**

mit dem Titel

### **„Nachhaltige Proteinzzutaten - Einsatz der Proteinzzutaten aus NewFoodSystems in Futtermitteln“**

Zuwendungsempfänger: AGRAVIS Raiffeisen AG  
Förderkennzeichen: ZB\_031B0956N

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen [ZB\_031B0956N] gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

# Inhaltsverzeichnis

1. Projektbeschreibung .....	1
2. Voraussetzungen, Planung und Zusammenarbeit .....	1
3. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde .....	2
4. Aufgabenstellung .....	3
5. Erzielte Projektergebnisse .....	5
5.1 Arbeitspaket 0: Koordination und Management.....	5
5.2 Arbeitspaket 1: Entwicklung einer ersten funktionsfähigen Proteindatenbank.....	5
5.3 Arbeitspaket 2: Kontinuierliche Anpassung und Pflege der Proteindatenbank.....	5
5.4 Arbeitspaket 4: Definition der Zielgrößen und der analytischen Methoden .....	6
5.5 Arbeitspaket 5: Beschaffung und Bewertung verschiedener nachhaltiger Proteine .....	6
5.6 Arbeitspaket 7: Applikation einzelner Proteine in Futtermittelapplikationen .....	8
5.6.1 Material und Methoden .....	8
5.6.2 Ergebnisse des Fütterungsversuchs und Diskussion .....	11
5.6.2.1 Tägliche Zunahme und Lebendgewicht .....	11
5.6.2.2 Futterverwertung .....	13
5.6.2.3 Gesundheitsparameter.....	14
5.6.2.4 Wirtschaftlichkeit .....	15
5.6.3 Zusammenfassung .....	16
6. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	17
7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten.....	17
8. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	17
9. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	18
10. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen .....	18
11. Literatur .....	19

## **1. Projektbeschreibung**

Die Substitution tierischer Eiweiße durch alternative Proteine, die nachhaltig produziert werden, ist angesichts der aktuellen Debatten über den Klimawandel zu einem wichtigen Forschungsbereiche der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie geworden. Obwohl es mittlerweile eine Vielzahl von pflanzlichen Proteinersatzprodukten auf dem Markt gibt, sind deren Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten noch nicht vollständig erforscht und bekannt. Neue Proteinquellen aus Insekten oder Mikroalgen sind kommerziell noch nicht weit verbreitet oder werden zu hohen Preisen angeboten. Es fehlt bisher ein systematischer Überblick über die verschiedenen Proteinquellen, insbesondere im Hinblick auf funktionelle Eigenschaften, Sensorik, Verdaulichkeit, Preis und Verfügbarkeit. Es gibt zwar bereits Datenbanken für Futtermittel, aber noch keine umfassende Datenbank für Lebensmittel. Es besteht auch noch Potenzial zur Verbesserung der sensorischen, funktionellen und ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Proteinen durch Modifikation und gezielte Formulierung von Proteinmischungen.

Das Gesamtziel des Projekts „Nachhaltige Proteinzutaten“ war die Entwicklung maßgeschneiderter nachhaltiger Proteine für die Lebensmittel- und Futtermittelindustrie. Zwei Teilziele im Projekt waren die Entwicklung einer umfassenden Proteindatenbank als Grundlage für die kenngrößenspezifische Auswahl von Proteinkombinationen für bestimmte Applikationszwecke und die gezielte Applikation zur Proteinanreicherung in Lebensmitteln und Futtermitteln. Im Rahmen des Konsortiums hat die AGRAVIS Raiffeisen AG (im folgenden AGRAVIS) Proteinzutaten analysiert, die für Futtermittel verwendet werden und ihre Eignung bewertet. Dabei wurde ein Fütterungsversuch mit Insektenprotein durchgeführt.

## **2. Voraussetzungen, Planung und Zusammenarbeit**

Das Projekt wurde im Verbund, bestehend aus den Projektpartnern Fraunhofer IVV, AMIDORI Food Company GmbH & Co. KG., AGRAVIS Raiffeisen AG, HAW Hamburg, Döhler GmbH, Hydrosol GmbH & Co. KG, Kalle GmbH, Lieken AG, ProLupin GmbH, Scheid AG & Co. KG, Sunbloom Proteins Gmb, Südzucker AG, VAN HEES GmbH und Zentis GmbH & Co. KG, gestartet.

Die AGRAVIS Raiffeisen AG ist ein modernes Agrarhandelsunternehmen in den Segmenten Agrarerzeugnisse, Tierernährung, Pflanzenbau und Agrartechnik. Sie agiert zudem in den Bereichen Energie und Raiffeisen-Märkte einschließlich Baustoffhandlungen sowie im Projektbau. Mit einem Umsatz von etwa 9,4 Mrd. Euro und rund 6.600 Mitarbeitern ist AGRAVIS eines der führenden deutschen Agrarhandels- und Dienstleistungsunternehmen (Stand 2022). Als ein national

und international agierender Konzern ist AGRAVIS seit vielen Jahren im Bereich der Futtermittel tätig. Die AGRAVIS Gruppe ist bei der Herstellung von Futtermitteln für alle Nutztierarten ein Full-Liner und zählt zu den führenden Futtermittelproduzenten in Deutschland. Neben dem Mischfutter produziert die AGRAVIS Mineralfutter, Leckmassen und flüssige Produkte für alle Nutztiere zur Rationsergänzung. Produziert wird außerdem eine breite Produktpalette für Haus- und Heimtiere. Zum Sortiment gehören ebenso Hygieneprodukte, die breite Anwendung auf landwirtschaftlichen Betrieben finden.

### **3. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde**

Da Eiweiße zu den wichtigsten Nährstoffen in der Ernährung von Nutztieren gehören, werden seit längerer Zeit Alternativen für vermehrt eingesetzte Verarbeitungsprodukte von Proteinträgern gesucht. Eine Herausforderung bei der Versorgung mit Futtermitteln stellt weiterhin die Versorgung mit Eiweißfuttermitteln dar. Ein Großteil der Eiweißfuttermittel wird nicht in Deutschland erzeugt, sondern aus dem Ausland importiert (Brandt 2021). 2012 hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) bereits die Eiweißpflanzenstrategie mit dem Ziel, die Abhängigkeit von Sojaextraktionsschrot-Importen zu reduzieren, eingeführt. Die Förderung und der Ausbau des Anbaus heimischer Eiweißpflanzen, wie z. B. Lupine und Ackerbohne, sind Teil dieser Strategie (BMEL 2020). Dennoch bleibt die Abhängigkeit zum Ausland groß, da für den wirtschaftlich sinnvollen Anbau von Eiweißfuttermitteln sowohl ein geeignetes Klima als auch geeignete Böden notwendig sind (BLE 2020). Die wachsende Weltbevölkerung und das damit einhergehende Bedürfnis nach einer nachhaltigen globalen Fleischversorgung stellen sowohl die Tierhaltungsbranche als auch die Futtermittelhersteller vor Herausforderungen. Futtermittel sind eine kostspielige Komponente in der Tierhaltung, was bedeutet, dass hohe Anforderungen an die erzielbaren Wachstumsraten gestellt werden (Tyapkova et al. 2016).

Tierische Futtermittel, einschließlich Insektenprotein der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), weisen in der Regel ein ausgewogenes Aminosäureprofil auf und enthalten einen hohen Proteingehalt (Dusel 2019). Dies ermöglicht es, je nach Tierart, Eiweißkomponenten in den Futterrationen durch Insektenproteine zu ersetzen. Die Substitution importierter proteinreicher Futtermittel durch Insektenproteine ist ein kurz- bis mittelfristiges Ziel in der nachhaltigen Tierproduktion. Obwohl das Interesse an alternativen Proteinquellen, insbesondere an Insekten, in der Tierernährung wächst, fehlen ausreichende tierexperimentelle Daten zu *Hermetia illucens* (Rothstein 2018).

#### **4. Aufgabenstellung**

In der Verbundsvorhabenbeschreibung „Nachhaltige Proteinzuflüsse“ ist eine ausführliche Darstellung des gesamten Arbeitsplans zu finden. Im Folgenden werden die Arbeiten von AGRAVIS entlang des Arbeitsplans des Gesamtvorhabens dargelegt und die Ergebnisse der Arbeitspakete (AP) aufgeführt.

AGRAVIS hat Proteinpräparate hinsichtlich deren Eignung für Futtermittel untersucht, diese Daten der gemeinsamen Proteindatenbank zur Verfügung gestellt (AP 1, 2 und 5) und weitere wichtige Zielgrößen sowie analytische Methoden definiert (AP 4). Es wurden geeignete Proteinpräparate auf Basis von Insekten getestet und eine erste Fütterungsstudien zu Insektenprotein durchgeführt (AP 7). Der Arbeitsplan für das Projekt gliederte sich in 6 Arbeitspakete, die sich auf die Projektlaufzeit aufgeteilt haben (s. Abbildung 1). Die Durchführung des Projektes lief weitestgehend nach Plan. Der Ausbruch der Corona-Pandemie verursachte zum Teil Verzögerungen im Projektablauf, weswegen das Projektende vom 01.05.2023 auf den 30.09.2023 verlegt wurde.

Abbildung 1: Geplante Arbeitspakete und Meilensteine im Projekt

Arbeitspakete (AP) und Meilensteine (M)		Jahr 2020						Jahr 2021						Jahr 2022						Jahr 2023																	
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
AP 0	Koordination und Management des Vorhabens																																				
AP0	Koordination und Management des Vorhabens																																				
AP 1	Entwicklung einer ersten funktionsfähigen Proteindatenbank anhand vorhandener Daten																																				
AP 1a	Definition erster Anforderungen mit Fokus auf den wichtigsten Infos für Futtermittel (z.B. chem. Zusammensetzung, Preis, rechtl. Aspekte)																																				
AP 2	Kontinuierliche Anpassung und Pflege der Proteindatenbank																																				
AP 2b	Einpflegen der Daten aus AP 5 bzw. Zur Verfügungstellen der Daten aus AP 5 + 7																																				
AP 4	Definition geeigneter Zielgrößen und der analytischen Methoden																																				
AP 4a	Definition der Zielgrößen mit Fokus auf Inhaltsstoffe																																				
AP 5	Beschaffung und Bewertung nachhaltiger Proteine																																				
AP 5b	Bewertung verschiedener Proteinpräparate in Futtermittelmischungen																																				
AP 7	Applikation einzelner Proteine in Futtermittelapplikationen																																				
AP 7	Applikation in Schweine- und Rinderfutter																																				
M5	Erste Futtermittel stehen zur Verfügung																																			5	

## **5. Erzielte Projektergebnisse**

### **5.1 Arbeitspaket 0: Koordination und Management**

Zu Beginn des Projektes wurden wichtige Diskussionspunkte festgelegt, darunter die Anforderungen sowie der Ausbau der Datenbank und die Bereitstellung von Analysen und Proben von Materialien, die zur Futtermittelherstellung eingesetzt werden sollen. Im Rahmen dieses Arbeits- und Koordinationsmanagements wurden Entwicklungsarbeiten mit den anderen Forschungspartnern und Industriepartnern sowie innerhalb des eigenen Unternehmens koordiniert und abgestimmt. Dies umfasste Absprachen zwischen AGRAVIS, dem Fraunhofer IVV und der Projektkoordination. Arbeitstreffen fanden sowohl online als auch in Präsenz statt. Auch gab es Abstimmungen mit den Partnern im Verbund sowie bilaterale Treffen und Gespräche. Bei diesen Treffen wurden der Versand von Proteinpräparaten durch die AGAVIS sowie die anschließende Einpflege der Ergebnisse in die Proteindatenbank durch das Fraunhofer IVV vereinbart. AGAVIS beteiligte sich aktiv an den stattfindenden Projekttreffen und den jährlichen Konsortialtreffen. Dort wurden der aktuelle Stand und die Weiterentwicklung der Datenbank sowie die Planung geplanter Futtermittelapplikationen und Fütterungsversuche besprochen.

### **5.2 Arbeitspaket 1: Entwicklung einer ersten funktionsfähigen Proteindatenbank**

In den ersten Schritten wurden innerhalb des Projektverbunds die Anforderungen an eine Proteindatenbank ermittelt. Zu bereits vorhandenen Daten wurden Vorgaben an eine erste Struktur erhoben und relevante Kenngrößen aufgestellt. AGRAVIS ist seit vielen Jahren im Bereich der Futtermittelproduktion tätig. Bei der Entwicklung und Optimierung von Futtermitteln ist der Einsatz von entsprechenden Datenbanken schon etabliert. In einem Austausch mit dem Fraunhofer IVV wurde besprochen, dass AGRAVIS einen Einblick in ihre Datenbank (primär auf Rezepturenbene) und in die dahinterliegenden Zielgrößen gibt.

### **5.3 Arbeitspaket 2: Kontinuierliche Anpassung und Pflege der Proteindatenbank**

Für die Pflege und Erweiterung der Datenbank wurden Proteinpräparate wie Erbsen-, Kartoffel- sowie Insektenprotein an das Fraunhofer IVV zur Analyse und Aufnahme in die Proteindatenbank geschickt. Eigene Analysen der Proben wurden ebenfalls in Auftrag gegeben. Mit Insektenprotein der Schwarzen Soldatenfliege wurden im Laufe des Projekts Futtermittel konzipiert und innerhalb eines Fütterungsversuchs mit Ferkeln getestet. Der Versuch startete im April 2022. Der Versuchsablauf und die daraus gewonnenen Ergebnisse werden im Arbeitspaket 7 näher erläutert.

#### **5.4 Arbeitspaket 4: Definition der Zielgrößen und der analytischen Methoden**

In Absprache mit den Verbundpartnern wurde ein minimal notwendiges und maximal sinnvolles Zielgrößen-Repertoire erarbeitet. Dabei wurden die Zielgrößen „Zusammensetzung der Präparate“, „ernährungsphysiologische Eigenschaften“, „funktionelle Eigenschaften (in Abhängigkeit des pH-Wertes)“, „sensorische Eigenschaften“ und „Nachhaltigkeitsfaktoren“ aufgenommen. Ein erster Input von AGRAVIS zu den Zielgrößen wurde bereits durch den Austausch zu den internen Datenbankstrukturen gegeben. AGRAVIS beteiligte sich an der Erarbeitung von sinnvollen Zielgrößen für die Datenbank aus der Perspektive eines Futtermittelherstellers.

#### **5.5 Arbeitspaket 5: Beschaffung und Bewertung verschiedenster nachhaltiger Proteine**

Für die Verwendung von Futtermitteln gelten nationale und europäische Regelungen. Es gibt einen Gemeinschaftskatalog der Einzelfuttermittel, der zur Verbesserung der Kennzeichnung von Einzelfuttermitteln und Mischfuttermitteln erstellt wurde (Verordnung (EU) Nr. 68/2013). Dieser Katalog vereinfacht den Informationsaustausch über Produkteigenschaften. Die Proteine in der Datenbank wurden anhand dieses Kataloges eingesortiert und daran bewertet, ob ein Einsatz in Futtermittel zulässig ist (s. Tabelle 1). Anhand des Abgleichs mit der Verordnung könnten alle Proteinpräparate in Futtermitteln eingesetzt werden. Es gibt jedoch noch weitere nationale und internationale Rechtsvorschriften sowie unternehmensindividuelle Anforderungen, die zu beachten sind. AGRAVIS ist nach dem Standard GMP+ FSA zertifiziert. Demnach dürfen Futtermittel nur in den eigenen Futtermittelwerken verarbeitet werden, wenn sie diesem oder einem anerkannten Standard entsprechen. Dies ist jedoch von Lieferant zu Lieferant unterschiedlich und kann nicht auf ein Produkt verallgemeinert werden (GMP+ BA 10 Mindestanforderung an die Beschaffung). Produkte und Lieferanten müssen bei der Rohwarenbeschaffung individuell geprüft werden. In dem durchgeführten Fütterungsversuch wurde Insektenprotein verwendet. Bei der Verwendung von tierischem Protein sind einige rechtliche Anforderungen zu beachten. In der Verordnung (EG) Nr. 999/2001 vom 22. Mai 2001 wurde das Verbot der Fütterung von Nutztieren mit tierischem Protein erlassen, ausgenommen Pelztiere. Diese Maßnahme wurde aufgrund des Auftretens transmissibler spongiformer Enzephalopathien (TSE), insbesondere der bovinen spongiformen Enzephalopathie (BSE), eingeführt. Mit der Verordnung (EU) Nr. 1372/2021 vom 7. September 2021 ist es wieder erlaubt, tierische Proteine in der Fütterung von Schweinen und Geflügel zu verwenden. Dies schließt auch Proteine von Nutzinsekten ein, die gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 als Nutztiere gelten und spezifischen Fütterungsvorschriften unterliegen. Die Herstellung von verarbeitetem tierischem Protein (vtP) unterliegt ebenfalls Vorschriften gemäß

der Verordnung (EU) Nr. 142/2011. Hierbei werden nur bestimmte Insektenarten zugelassen, beispielsweise die Schwarze Soldatenfliege, der Mehlwurm, das Heimchen und die Kurzgeflügelgrille. Hersteller von Mischfuttermitteln, welche Produkte mit verarbeitetem tierischem Protein von Insekten verwenden, müssen von der entsprechenden Behörde zugelassen sein.

**Tabelle 1: Zugelassene Einzelfuttermittel nach Verordnung (EU) Nr. 68/2013**

Auszug aus der Proteindatenbank Kategorie 3: "Trivialname/ Lateinischer Name"	Nummer und Bezeichnung gemäß dem Verzeichnis der Einzelfuttermittel, Verordnung (EU) Nr. 68/2013
Erbse	3.11.9 Erbsenprotein
Soja	2.18. Soja(bohnen)-Proteinkonzentrat
Molke	8.19.1 Molkeneiweiß/Molkeneiweißpulver
Lupine	3.9.6 Lupinenprotein / 3.9.7 Lupinenproteinschrot
Weizen	1.11.15 Weizenprotein
Reis	1.6.20 Reisprotein
Mehlwurm	9.4.1 verarbeitetes tierisches Protein*
Heimchen	9.4.1 verarbeitetes tierisches Protein*
Kurzflügelgrille	9.4.1 verarbeitetes tierisches Protein*
Ackerbohne	3.7.5 Ackerbohnenprotein
Sonnenblume	2.19.8 Sonnenblumen-Extraktionsschrotfraktion mit ho- hem Protein- und geringem Cellulosegehalt
Kartoffel	4.8.10 Kartoffeleiweiß
Hanf	2.22.2 Hanfkuchen
Kürbiskern	2.13.2 Kürbiskernkuchen
Schwarze Soldatenfliege	9.4.1 verarbeitetes tierisches Protein
gelbe Erbse	3.11.9 Erbsenprotein
Molke, Casein	8.19.1 Molkeneiweiß/Molkeneiweißpulver
Chlorella	7.1.2 Algen, getrocknet
Mandel	5.2.1 Mandelkernkuchen
Kichererbse	3.11.9 Erbsenprotein
rote Linse	3.8.1 Linsen / 3.8.2 Linsenschalen

\*Verarbeitetes tierisches Protein unterliegt zudem den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009.

Das Fraunhofer IVV analysierte nicht nur Proben von Insektenprotein, sondern erhielt auch Lieferungen von Kartoffel- und Erbsenprotein zur umfassenden Untersuchung und Integration der Daten in ihre Datenbank. Beide Proteinkomponenten werden in der Futtermittelproduktion

eingesetzt. Kartoffelprotein zeichnet sich durch seine hohe Eiweißverdaulichkeit und sein ausgewogenes Aminosäurespektrum aus und findet daher vor allem in Mischfuttersorten für junge Säugetiere wie Ferkel Verwendung – beispielsweise in Prestarter-Futtermitteln. Erbseneiweiß wird in der Regel durch Extraktion aus getrockneten Erbsen hergestellt. Das extrahierte Erbseneiweiß wird anschließend konzentriert und getrocknet, um hochwertiges Proteinpulver zu erhalten. In der Tierernährung wird Erbseneiweiß in Futtermitteln für eine Vielzahl von Nutztieren eingesetzt. Es dient als hochwertige Proteinquelle mit einem hohen Gehalt an essenziellen Aminosäuren. Darüber hinaus stellen die pflanzliche Herkunft von Erbseneiweiß und seine gute Verträglichkeit bei vielen Tieren eine attraktive Alternative zu anderen Proteinquellen dar.

## **5.6 Arbeitspaket 7: Applikation einzelner Proteine in Futtermittelapplikationen**

Die Zielsetzung der Fütterungsversuchs war es, die Effekte von Insektenprotein auf die Gesundheits- und Leistungsparameter bei Ferkeln zu untersuchen. Der Fütterungsversuch wurde in Kooperation mit der Hochschule Osnabrück, Studiengang Landwirtschaft an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, durchgeführt. In diesem Rahmen wurde eine Bachelorarbeit zum Thema „Einfluss von Insektenprotein (*Hermetia illucens*) auf die Leistungs- und Gesundheitsparameter in der Ferkelaufzucht“ von Philipp Jeiler verfasst. Betreut wurde diese Arbeit von Prof. Dr. Heiner Westendarp (FH Osnabrück) sowie von Dr. Sandra Vagt (AGRAVIS). Im folgenden Kapitel werden der Versuchsaufbau und die Ergebnisse dargestellt.

### **5.6.1 Material & Methoden**

Der Versuch begann am Mittwoch, den 27.04.2022, mit der Einstallung der Ferkel und dauerte 49 Tage. Um repräsentative Untersuchungsergebnisse zu erzielen, wurden ein konsequentes Einstallmanagement eingehalten und Untersuchungsparameter festgelegt. Eine umfassende Gleichbehandlung der Versuchs- und Kontrollgruppe wurde gewährleistet, um eine valide Bewertung der Auswirkungen verschiedener Futtermittel auf die Leistung von Ferkeln zu ermöglichen. Hierbei spielten sowohl das Einstallmanagement als auch die Fütterungsvarianten eine entscheidende Rolle, die im Folgenden ausführlich erläutert werden.

Das Einstallmanagement begann mit der zufälligen Auswahl von jeweils 192 Ferkeln. 192 Tiere bildeten die Versuchsgruppe und 192 Tiere die Kontrollgruppe. Dabei wurden strenge Kriterien bezüglich des Gewichts und des Gesundheitszustands angewendet, um eine homogene Stichprobe sicherzustellen. Zudem wurden einzelne Ferkel nach der Einstallung verteilt, um Buchten mit auffällig hohen oder niedrigen Durchschnittsgewichten auszugleichen. Dadurch wurde

sichergestellt, dass die Durchschnittsgewichte der Kontroll- und Versuchsgruppe vergleichbar waren. Die Fütterung der Ferkel erfolgte in drei Phasen mit mehlförmigem Futter, das von der AGRAVIS Mischfutter West GmbH produziert wurde. Die Futtermittelzusammensetzung für die Versuchs- und Kontrollgruppe war über alle drei Phasen nahezu identisch (s. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Inhaltstoffe (in %) des Futters I, II und III in Versuchs- und Kontrollgruppe**

Inhaltstoffe	Futter I		Futter II		Futter III
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	
Rohprotein	17,50	17,50	17,50	17,50	17,00
Rohfett	5,40	6,00	4,00	4,00	2,90
Rohfaser	4,00	4,00	4,20	4,00	4,00
Rohasche	4,90	5,00	5,00	5,00	5,30
Calcium	0,60	0,60	0,65	0,65	0,60
Phosphor	0,50	0,50	0,48	0,48	0,47
Natrium	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20

In der ersten Versuchsphase erhielt die Versuchsgruppe das Futtermittel OlymPig AlphaStart, welches 4,5 % Insektenprotein enthielt. In der zweiten Phase wurde das Futtermittel OlymPig EuroStart verwendet, das 3 % Insektenprotein beinhaltet. In der dritten Phase wurde kein Insektenprotein eingesetzt und beide Gruppen erhielten das Futtermittel OlymPig VincoStart (s. Tabelle 3).

Angesichts der Tatsache, dass in früheren Studien trotz hoher Mengen an Insektenprotein (bis zu 18,5 %) keine negativen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit festgestellt wurden (vgl. Driemeyer, 2016; Spranghers et al. 2018; Chia et al. 2019), wurde in Phase 1 des Experiments das gesamte Sojaproteinkonzentrat durch Insektenprotein ersetzt. In Phase 2 des Experiments, in der das Futtermittel einen hohen Anteil (über 20 %) an Sojaextraktionsschrot enthielt, wurden 4,6 % des Sojaextraktionsschrots durch 3 % Insektenproteinmehl ersetzt, wobei das Aminosäureprofil bis zur neunten Aminosäure ausgeglichen wurde.

**Tabelle 3: Fütterung in den verschiedenen Phase**

<b>Phase</b>	<b>Beginn</b>	<b>Aufzuchttage</b>	<b>Gewicht</b>	<b>Kontrollgruppe</b>	<b>Versuchsgruppe</b>
1	27.04.2022	0 - 19	7,5 - 12 kg	OlymPig Alpha-Start	OlymPig AlphaStart mit Insektenprotein
2	16.05.2022	20 - 35	12 - 20 kg	OlymPig Euro-Start	OlymPig EuroStart mit Insektenprotein
3	01.06.2022	36 - 49	20 - 30 kg		OlymPig VincoStart

Das verwendete Insektenproteinmehl besteht aus verarbeiteten Larven von *Hermetia illucens*. Es entstand durch Mahlen, Erhitzen und Trocknen, wobei ein Teil des Öls entfernt wurde. Die chemische Zusammensetzung und die wichtigsten essenziellen Aminosäuren des Insektenproteins sind in Tabelle 4 aufgeführt. Aufgeführt sind die Werte aus eigener Analyse (VERAVIS 2022) und den Angaben des Herstellers. Futtermittelproben der Kontroll- und Versuchsgruppe wurden mikroskopisch untersucht sowie das Fettsäuremuster ermittelt (s. Tabelle 5). Dabei wurden Bestandteile terrestrischer Invertebraten sowie ein erhöhter Laurinsäuregehalt in den Futtermitteln der Versuchsgruppe festgestellt. Diese Methoden dienten als Nachweis des Insektenproteins im Futtermittel der Versuchsgruppe in den ersten beiden Versuchsphasen.

**Tabelle 4: Inhaltsstoffgehalt (%) des Insektenproteinmeahls**

<b>Inhaltsstoffe</b>	<b>Anteil in % (VERAVIS 2022)</b>	<b>Anteil in % (Hersteller 2022)</b>
<b>Rohprotein</b>	52,10	56,00
<b>Rohfett</b>	13,80	15,00
<b>Rohfaser</b>	9,35	9,05
<b>Rohasche</b>	7,17	6,32
<b>Lysin</b>		3,55
<b>Methionin + Cystein</b>		1,55
<b>Threonin</b>		2,36
<b>Tryptophan</b>		0,95

**Tabelle 5: Rel. Anteil bestimmter Fettsäuren (%) an Fettsäuregesamtheit des Insektenproteins**

<b>Fettsäure</b>	<b>Anteil an der Gesamtheit der Fettsäuren (%)</b>
<b>Laurinsäure</b>	36,15
<b>Palmitinsäure</b>	16,45
<b>Ölsäure</b>	12,40
<b>Linolsäure</b>	15,00
<b>Linolensäure</b>	1,25

Die Erfassung der Untersuchungsparameter erfolgte systematisch, um eine umfassende Bewertung verschiedener Aspekte der Aufzuchtleistung und der Tiergesundheit zu ermöglichen. Die Ferkel wurden einmal täglich morgens gefüttert, wobei die Futtermengen sorgfältig

dokumentiert wurden. Neben der Futtermenge wurden auch Behandlungen und die Beschaffenheit des Kots regelmäßig überprüft. Im Falle des Todes eines Ferkels wurde eine Identifikation durchgeführt und alle medikamentösen Behandlungen wurden festgehalten. Die Futtermengen pro Bucht und Versuchsphase sowie die durchschnittliche Futteraufnahme pro Tier wurden genau ermittelt. Die Gewichtsentwicklung der Ferkel wurde zu festgelegten Zeitpunkten verfolgt, ebenso wie eventuelle Verletzungen.

Zur Auswertung der Versuchsergebnisse wurde eine multifaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) angewendet, gefolgt von einem post-hoc Test nach Scheffé. Dabei wurde ein Signifikanzniveau von 5 % festgelegt. Signifikante Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von bis zu 5 % ( $p \leq 0,05$ ) festgestellt und in den Zusammenfassungen durch verschiedene hochgestellte Buchstaben gekennzeichnet. Tendenzielle Signifikanzen ( $0,05 < p \leq 0,1$ ) wurden durch eine unterschiedliche Anzahl von Sternchen (\*) angezeigt. In Fällen, in denen die Irrtumswahrscheinlichkeit 10 % überstieg, wurden weder signifikante noch tendenzielle Unterschiede festgestellt. Aufgrund des Todes von sieben Versuchstieren während des Experiments konnten letztendlich nur 377 der 384 eingestallten Tiere ausgewertet werden. Diese setzten sich aus 188 Tieren in der Kontrollgruppe und 189 Tieren in der Versuchsgruppe zusammen.

## 5.6.2 Ergebnisse des Fütterungsversuchs und Diskussion

### 5.6.2.1 Lebendgewicht und Tageszunahme

Im Verlauf des Experiments wurden das Lebendgewicht (LG) und die Tageszunahme (TZ) der Ferkel untersucht. Zum Zeitpunkt der Einstellung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Versuchs- und Kontrollgruppe bezüglich des Lebendgewichts, das bei 7,26 kg lag. Jedoch traten im weiteren Verlauf des Experiments einige signifikante Unterschiede auf. An den Versuchstagen 19 und 35 wies die Kontrollgruppe im Vergleich zur Versuchsgruppe, die mit Insektenmehl gefüttert wurde, ein höheres Lebendgewicht auf, wobei der Unterschied am Tag 35 mit 723 g signifikant war. Am Versuchstag 49 waren die Mittelwerte nahezu identisch, wobei die Differenz zwischen den Gruppen gering war (s. Tabelle 6).

**Tabelle 6: Lebendgewicht**

	Kontrolle		Versuch (mit Insektenprotein)		<b>p</b>
	LSQ-Mittelwert	SD	LSQ-Mittelwert	SD	
<b>Tag 19 (kg)</b>	11,97	± 1,66	11,84	± 1,62	0,40
<b>Tag 35 (kg)</b>	20,41 <sup>a</sup>	± 3,23	19,69 <sup>b</sup>	± 2,86	0,01
<b>Tag 49 (kg)</b>	29,91	± 4,76	29,44	± 4,36	0,31

Die täglichen Zunahmen wiesen in den ersten und letzten Versuchsphasen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. In der zweiten Versuchsphase war jedoch die tägliche Zunahme der Kontrollgruppe mit einem signifikant höheren Mittelwert von 37 g überlegen, während die Versuchsgruppe tendenziell niedrigere Werte aufwies (s. Tabelle 7).

**Tabelle 7: Tageszunahmen im Versuchszeitraum**

	Kontrolle		Versuch (mit Insektenprotein)		p
	LSQ-Mittelwert	SD	LSQ-Mittelwert	SD	
<b>Tag 0 - 19 (kg/d)</b>	0,25	± 0,08	0,21	± 0,08	0,40
<b>Tag 20 - 35 (kg/d)</b>	0,53 <sup>a</sup>	± 0,13	0,49 <sup>b</sup>	± 0,11	0,00
<b>Tag 36 - 49 (kg/d)</b>	0,68	± 0,17	0,70	± 0,16	0,22
<b>Tag 0 - 35 (kg/d)</b>	0,38 <sup>a</sup>	± 0,09	0,36 <sup>b</sup>	± 0,08	0,01
<b>Tag 0 - 49 (kg/d)</b>	0,46	± 0,10	0,45	± 0,09	0,31

In der zweiten Versuchsphase wurde ein signifikanter Unterschied bei den täglichen Zunahmen und dem Lebendgewicht festgestellt. Die Kutikula von Insekten besteht aus einer Matrix von Chitin und kutikulären Proteinen, was zu einer möglichen Überschätzung des praecaecale verdaulichen Rohproteingehalts führen könnte (Newton et al. 2005). Des Weiteren konnte laut Rothstein (2018) aus bisherigen Daten geschlossen werden, dass vollfette Insektenmehle der *Hermetia illucens* etwa 4 % bis 6 % Chitin enthalten. Aufgrund des niedrigen Anteils an Insektenprotein im Futter und des geringen Chitinanteils im Insektenprotein ist der Anteil an chitingebundenem Rohprotein ebenfalls sehr gering. Somit ist es unwahrscheinlich, dass das Chitin für die geringeren TZ verantwortlich ist. Die eingesetzten Futtermittel wurden zudem auf eine optimale Versorgung der Ferkel mit Aminosäuren (AS) hin optimiert. Die Verdaulichkeit von Chitin ist begrenzt und für den Abbau von Chitin werden Chitininasen benötigt, die von Mikroorganismen im Verdauungstrakt gebildet werden (Sánchez-Muros et al. 2014). Es ist anzunehmen, dass der Verdauungstrakt der Ferkel Zeit benötigt, um sich auf das Chitin vorzubereiten, und dass der Enzymspiegel der Chitininasen nur langsam ansteigt. Dies könnte die geringere TZ der Variante mit Insektenproteinmehl im Futter in Phase 2 des Experiments erklären. Es bleibt jedoch fraglich, warum die TZ in Phase 1 des Experiments noch nicht signifikant unterschiedlich waren. Dies könnte auf den kurzen Zeitraum und die geringe tägliche Futteraufnahme in Phase 1 zurückzuführen sein, was noch keine signifikanten Unterschiede ermöglichte.

### 5.6.2.2 Futteraufnahme und -verwertung

In Bezug auf die tägliche Futteraufnahme (TFA) wurden während aller drei Phasen keine signifikanten Unterschiede festgestellt (s. Tabelle 8). Obwohl die TFA in jeder Versuchsphase in der Kontrollgruppe höher waren als in der Versuchsgruppe, zeigten auch die Gesamt futteraufnahmen über den gesamten Versuchszeitraum von Versuchstag (VT) 0 bis VT 49 keine signifikanten Unterschiede. Lediglich in der zweiten Versuchsphase von VT 20 bis VT 35 waren tendenzielle Signifikanzen erkennbar.

Die Futterverwertung (FVW) in den ersten beiden Versuchsphasen zeigte, ähnlich wie die TFA in denselben Phasen, keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tabelle 9). In der dritten Versuchsphase unterschied sich die FVW der Versuchsgruppe signifikant von der Kontrollgruppe ( $p = 1\%$ ). Mit einer FVW von 1:1,68 wies die Versuchsgruppe eine geringere FVW auf als die Kontrollgruppe mit 1:1,75.

**Tabelle 8: Ergebnisse der täglichen Futteraufnahme**

	Kontrolle (AGRAVIS Standard)		Versuch (mit Insektenprotein)		$p$
	LSQ-Mittelwert	SD	LSQ-Mittelwert	SD	
<b>Tag 0 - 19 (kg/d)</b>	0,35	$\pm 0,02$	0,35	$\pm 0,02$	0,67
<b>Tag 20 - 35 (kg/d)</b>	0,77*	$\pm 0,06$	0,74**	$\pm 0,05$	0,10
<b>Tag 36 - 49 (kg/d)</b>	1,18	$\pm 0,08$	1,17	$\pm 0,08$	0,66
<b>Tag 0 - 49 (kg)</b>	416,51	$\pm 27,20$	410,94	$\pm 22,94$	0,54

**Tabelle 9: Ergebnisse der Futterverwertung**

	Kontrolle (AGRAVIS Standard)		Versuch (mit Insektenprotein)		$p$
	LSQ-Mittelwert	SD	LSQ-Mittelwert	SD	
<b>Tag 0 - 19</b>	1,41	$\pm 0,08$	1,44	$\pm 0,08$	0,37
<b>Tag 20 - 35</b>	1,47	$\pm 0,07$	1,51	$\pm 0,11$	0,18
<b>Tag 36 - 49</b>	1,75 <sup>a</sup>	$\pm 0,08$	1,68 <sup>b</sup>	$\pm 0,07$	0,01
<b>Tag 0 - 49</b>	1,57	$\pm 0,05$	1,57	$\pm 0,05$	0,84

Hinsichtlich der Leistung erzielte die Futtervariante ohne das Insektenprotein eine signifikant höhere Zunahme in der zweiten Versuchsphase sowie ein signifikant höheres Gewicht an Tag 35 (+72 g). Auch die tägliche Futteraufnahme dieser Gruppe war in der zweiten Phase tendenziell größer (+33 g) im Vergleich zu der Versuchsgruppe, die mit Insektenprotein gefüttert wurden.

Es ist nicht klar, weshalb in Phase 2 des Experiments die TFA-Werte bei der Variante ohne Insektenproteineinsatz tendenziell höher waren als bei der Variante mit Insektenproteineinsatz. In dieser Phase wurden 4,6 % des Sojaextraktionsschrot durch 3 % Insektenproteinmehl ersetzt. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass das Insektenprotein die Geschmacksqualität

des Futters beeinträchtigt hat, was wiederum zu einer Verringerung der TFA bei den Ferkeln führte. Diese Annahme erscheint jedoch unwahrscheinlich, da bereits in Phase 1 des Experiments 4,5 % Insektenproteinmehl eingesetzt wurde, ohne dass ein signifikanter oder tendenzieller Unterschied in Bezug auf die TFA zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe festgestellt wurde. Zusätzlich ist zu bemerken, dass die Versuchsgruppe auch in Phase 3 des Experiments eine niedrigere TFA aufwies als die Kontrollgruppe, obwohl beide Gruppen mit dem gleichen Futtermittel gefüttert wurden. Zusammenfassend war die TFA der Kontrollgruppe in allen drei Versuchsphasen etwas höher als die der Versuchsgruppe, jedoch konnte nur in Phase 2 ein tendenzieller Unterschied mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % festgestellt werden.

In der letzten Versuchphase wies die Gruppe, die das Insektenprotein im Futter bekommen hat, eine signifikant bessere Futterverwertung (1:1,68) als die Kontrollgruppe (1:1,75) auf. Ein möglicher Grund für die bessere Verwertung könnte kompensatorisches Wachstum von landwirtschaftlichen Nutztieren sein. Dieses befähigt die Tiere dazu, eine Mangelperiode durch verbesserte körpereigene Mobilisation von Nährstoffen teilweise oder vollständig wieder auszugleichen. Dies setzt jedoch voraus, dass ein Mangel aufgrund von Futterrestriktionen oder mangelnder Futterqualität vorliegt (Molnar 1995). Futterrestriktionen wurden in diesem Versuch vollständig ausgeschlossen, da Versuchs- und Kontrollgruppe diesbezüglich gleichbehandelt wurden. Eine unterschiedliche Proteinqualität kann aufgrund der Angleichung der beiden Futtermittel bis zur neunten essenziellen Aminosäure ausgeschlossen werden.

Eine mögliche Erklärung für die verbesserte Futterverwertung könnte in den Rohfasern von Insekten liegen. Chitin, ein Bestandteil dieser Fasern, zeigt immunstimulierende und entzündungshemmende Eigenschaften (Lee et al. 2008; Henry et al. 2015; Sánchez-Muros et al. 2014). Es wird angenommen, dass der unverdauliche Anteil von Chitin ebenfalls zur Verbesserung der FVW beitragen könnte. Chitin ist begrenzt verdaulich und kann die Darmperistaltik anregen (Sánchez-Muros et al. 2014; Goldstein 1950). Des Weiteren führt die Fermentation unverdaulicher organischer Substanzen im Dickdarm zur Bildung von flüchtigen Fettsäuren, die das Darmmilieu begünstigen (Sakata 1987; Kripke et al. 1989). Es wird vermutet, dass Chitin als Präbiotikum wirken könnte (Ölschläger und Hacker 2009). Jedoch bleibt fraglich, ob der niedrige Insektenproteingehalt in den ersten Phasen den signifikanten Unterschied in der FVW erklären kann.

### **5.6.2.3 Gesundheitsparameter**

Insgesamt wurden in der Kontrollgruppe 25 Verletzungen an verschiedenen Körperpartien und in der Versuchsgruppe 29 Verletzungen festgestellt. Es konnte jedoch kein signifikanter

Unterschied in der Anzahl der Verletzungen zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. In der letzten Versuchsphase wurde ein Zuwachs an Ohrverletzungen in der Versuchsgruppe beobachtet. Dies führte zu der Frage, ob der Futterwechsel, insbesondere das abrupte Entfernen von Insektenprotein aus dem Futter, eine Rolle bei dieser Veränderung spielte. Die Vermutung lag nahe, dass die plötzliche Änderung des Futterinhalts Stress bei den Ferkeln verursachte, die zuvor an den Geschmack des Insektenproteins gewöhnt waren. Trotzdem konnte keine direkte Verbindung zwischen dem Futterwechsel und der erhöhten Verletzungsrate hergestellt werden, da andere Faktoren wie die tägliche Futteraufnahme und die Kotbeschaffenheit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen aufwiesen.

Während des Versuchszeitraums wurden insgesamt 163 Behandlungen an den Versuchstieren durchgeführt, wobei der überwiegende Teil (knapp 83 %) in der ersten Versuchsphase von VT 0 bis VT 19 stattfand. Etwa 15 % der Behandlungen wurden im zweiten Versuchszeitraum durchgeführt, während nur etwa 2 % auf den dritten Versuchszeitraum entfielen. Von den insgesamt 163 Behandlungen fanden 90 in der Kontrollgruppe und 73 in der Versuchsgruppe statt. Dies könnte auf mögliche Unterschiede in der Gesundheit oder im Verhalten der Tiere hinweisen. Die Kotbonitur ergab während der ersten Versuchsphase (VT 2 bis VT 7) Auffälligkeiten, wobei sowohl wässrig-flüssiger als auch breiig-ungeformter Kot beobachtet wurde. Diese Auffälligkeiten waren in beiden Gruppen ähnlich verteilt und die Anzahl der Auffälligkeiten unterschied sich nicht signifikant. In den späteren Phasen des Experiments traten keine signifikanten Unterschiede in der Kotbeschaffenheit zwischen den Gruppen auf.

#### **5.6.2.4 Wirtschaftlichkeit**

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass die Futterkosten und der Erlös pro Ferkel einen wesentlichen Einfluss auf den "Income Over Feed Costs" (IOFC) haben. In der ersten Versuchsphase wiesen die Futterkosten der Kontrollgruppe im Vergleich zur Versuchsgruppe eine Differenz von 0,64 €, auf obwohl die Kontrollgruppe eine höhere Futteraufnahme verzeichnete (s. Tabelle 10). Dieses Muster setzte sich in der zweiten Phase fort, wobei die Versuchsgruppe trotz geringerer Futteraufnahme höhere Futterkosten hatte. In der dritten Phase, in der beide Gruppen dasselbe Futtermittel verabreicht wurde, gab es keine Unterschiede im Futtermittelpreis. Insgesamt ergaben sich Futterkosten von 18,45 € pro Ferkel in der Versuchsgruppe und 17,30 € pro Ferkel in der Kontrollgruppe. Der Erlös pro Ferkel wurde ebenfalls analysiert, wobei festgestellt wurde, dass der Basiserlös für Ferkel mit einem Lebendgewicht von 25 kg in der 24. Kalenderwoche 40,00 € betrug. Unter Berücksichtigung der Futterkosten ergab sich ein höherer IOFC (27,60 €) für die

Kontrollgruppe im Vergleich zur Versuchsgruppe (25,97 €). Die Ursache für den niedrigeren IOFC der Versuchsgruppe liegt hauptsächlich in den gestiegenen Futterpreisen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Futterverwertung beider Varianten unterschied sich nicht signifikant, und das Verhältnis von Sojaproteinkonzentrat zu Insektenproteinmehl war ähnlich. In beiden Versuchphasen wäre der Einsatz des Insektenproteinmehls bei einem niedrigeren Preis wirtschaftlich gewesen, da die Futteraufnahme hoch genug war, um die höheren Kosten auszugleichen. Aufgrund der hohen Kosten des Insektenproteinmehls war der IOFC der Versuchsgruppe geringer und der Einsatz nicht wirtschaftlich.

**Tabelle 10: Futterkosten und Futteraufnahme pro Ferkel**

	Phase I (VT 0 - 19)		Phase II (VT 20 - 35)		Phase III (VT 36 - 49)	
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch
Futtermittelpreis (in €/dt)	57,20	67,59	49,20	56,43	44,95	44,95
FA/Ferkel (in kg)	6,65	6,57	12,30	11,78	16,56	16,38
Futterkosten/Ferkel (in €)	3,80	4,44	6,05	6,65	7,44	7,36

### 5.6.3 Zusammenfassung

In der Studie wurde der Effekt des Insektenproteins auf Leistungs- und Gesundheitsparameter bei Ferkeln untersucht. In der zweiten Versuchsphase zeigte sich eine Tendenz zu höheren TFA-Werten bei den mit Insektenprotein gefütterten Ferkeln, während diejenigen ohne Insektenprotein signifikant höhere TZ und LG aufwiesen. Diese Unterschiede könnten auf eine mögliche Überbewertung des Rohproteinanteils im Insektenproteinmehl aufgrund von Chitin sowie auf die unklare Qualität der Rohfaser zurückzuführen sein. In der dritten Phase zeigte sich jedoch eine positive Wirkung auf die FVW bei den mit Insektenprotein gefütterten Ferkeln – möglicherweise bedingt durch die begrenzte Verdaulichkeit des Chitins, dessen unverdaulicher Anteil präbiotische Effekte auf den Verdauungstrakt haben könnte. Weitere Untersuchungen, insbesondere zur Rohfaserqualität und dem unverdaulichen Anteil, sind erforderlich, um diese Zusammenhänge besser zu verstehen. Die Beurteilung der Gesundheitsparameter ergab nur minimale Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich Verletzungen und Kotkonsistenz. Für eine genauere Bewertung wären jedoch objektive Datenerhebungen erforderlich. Die Wirtschaftlichkeit des Insektenproteinmehls stellte sich aufgrund hoher Kosten als unzureichend heraus. Eine Senkung der Produktions- und Verarbeitungskosten könnte eine Lösung bieten, um den Einsatz wirtschaftlich zu gestalten, zusätzlich zur weiteren Erforschung seiner ernährungsphysiologischen Wirkungen.

## **6. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Im Rahmen des Fütterungsversuch wurde der Einfluss von Insektenprotein bei Ferkeln untersucht. Die Versuchsdurchführung über mehrere Wochen wurde nicht von AGRAVIS selbst durchgeführt, sondern von der kooperierende Hochschule Osnabrück. Die entstandenen Kosten der Versuchsdurchführung wurden anschließend der AGRAVIS Raiffeisen AG in Rechnung gestellt. Zudem wurden während des Fütterungsversuchs Kosten in Rechnung gestellt, die der Landwirt, auf dessen Betrieb der Fütterungsversuch durchgeführt wurde, an Mehrkosten für den Zukauf des Futters hatte. Weitere entstandenen Kosten waren Personalkosten, für die Projektkoordination und die Teilnahme an Projekttreffen. Diese machten neben den FE-Fremdleistungen den größten Kostenfaktor im Projekt aus. Reisekosten sind entstanden bei der Teilnahme an den Konsortialtreffen in Karlsruhe. Da AGRAVIS jedoch an einem weiteren Teilprojekt beteiligt ist, wurden die Reisekosten nur bei jeweils einem Projekt erfasst und sind hier nicht aufgeführt.

## **7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten**

Die Durchführung des Fütterungsversuchs sowie die Bewertung geeigneter Proteinzutaten zur Herstellung von Futtermitteln ist aufwändig und mit hohem Ressourceneinsatz verbunden. Die geleisteten Arbeiten im Projekt und die dafür benötigten Ressourcen waren angemessen und notwendig, um die im Vorhaben formulierten Aufgaben zu erreichen.

## **8. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

Pflanzliche Proteine, Algen oder sogar Insekten werden zunehmend als vielversprechende Alternativen zu tierischem Eiweiß betrachtet, insbesondere vor dem Hintergrund der wachsenden Besorgnis über Klima und Nachhaltigkeit. Angesichts der kontinuierlich steigenden Weltbevölkerung steht die Lebensmittelproduktion vor neuen Herausforderungen. Die Tierhaltung wird zweifellos weiterhin eine Schlüsselrolle spielen. Wie weitreichend dieser Wandel sein wird, bleibt abzuwarten. Dennoch zeigen positive Erfahrungen mit Insektenprotein, dass hier ein erhebliches Potenzial vorhanden ist. Dank der umfangreichen Erfahrung und des Fachwissens von AGRAVIS in den Bereichen Futtermittel und landwirtschaftliche Tierhaltung stehen die Chancen für erfolgreiche wissenschaftliche und technische Entwicklungen sehr gut. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen eine zielgerichtete Beratung für interessierte Kunden bezüglich der Verwendung von Insekten als Futtermittel. Auf Veranstaltungen zum Thema Insekten in Futtermitteln können

die gewonnenen Ergebnisse bereits vorgestellt werden. Dies stärkt unsere Position als Mischfutterhersteller in einem expandierenden Markt für die Insektenmast. Zukünftig können bedarfsgerechte Futtermittel konzipiert und bestehende Produkte anhand aktuellster Forschungsergebnisse optimiert werden, um Kunden innovative Lösungen anzubieten zu können.

## **9. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Mit der Verordnung (EU) Nr. 1372/2021 vom 7. September 2021 ist es wieder erlaubt, tierische Proteine in der Fütterung von Schweinen und Geflügel zu verwenden. Zuvor wurde durch die Verordnung (EG) Nr. 999/2001 vom 22. Mai 2001 das Verbot der Fütterung von Nutztieren mit tierischem Protein erlassen, ausgenommen Pelztiere. Die Verordnung (EU) Nr. 1372/2021 schließt auch Proteine von Nutzinsekten ein, die gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 als Nutztiere gelten und spezifischen Fütterungsvorschriften unterliegen. Ohne diese Änderung wäre ein Fütterungsversuch mit Insektenprotein nicht möglich gewesen. Sonst sind keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt, die während der Laufzeit des Projektes die Durchführung des Vorhabens entscheidend beeinflusst hätten.

## **10. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen**

Auf Veranstaltungen wie "Tierwohlgerechte, nachhaltige und umweltschonende Fütterung mit Insekten – drei Fliegen mit einer Klappe geschlagen?" am 22.03.23 auf Haus Düsse wurden die Ergebnisse des Versuches bereits durch AGRAVIS vorgestellt, ebenso auf weiteren Veranstaltungen zum Thema Insekten in Futtermitteln.

## 11. Literatur

BMEL (2020): Ackerbohne, Erbse & Co. Die Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung des Leguminosenanbaus in Deutschland.

BLE (2020): Bericht zur Markt- und Versorgungslage Futtermittel 2020, Bonn: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.

Brandt (2021): 86 % des Importsojas kommt aus den USA und Brasilien, <https://de.statista.com/infografik/25455/menge-der-nach-deutschland-importierte-sojabohnen/>

Chia, S., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Alaru, A. O., Mwangi, D. M., Githinji, M., Subramanian, S., Fiaboe, K. K. M., Ekesi, S., Van Loon, J. J. A., Dicke, M. (2019): Effect of Dietary Replacement of Fishmeal by Insect Meal on Growth Performance, Blood Profiles and Economics of Growing Pigs in Kenya. *Animals* 9, 1 – 19.

Driemeyer, H. (2016): Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae as an Alternative Protein Source in Pig Creep Diets in Relation to Production, Blood and Manure Microbiology Parameters. Masterthesis, Stellenbosch University.

Dusel, G. (2019): Futtermittelkunde. In: Bellof, G., Granz, S. (Hrsg.) „Tierproduktion: Nutztiere züchten, halten und ernähren“. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, 220 - 291.

GMP+ BA 10 Mindestanforderung an die Beschaffung. Stand 01.01.2024. <https://www.gmp-plus.org/media/jywdnalm/gmp-ba10-en-20240101.pdf>

Goldstein, S. (1950): Die Bedeutung des Ballastes als Nahrungs faktor dargestellt anhand von Untersuchungen am wachsenden Schwein. Promotionsarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

Henry, M., GASCO, L., PICCOLO, G., FOUNTOULAKI, E. (2015): Review on the Use of Insects in the Diet of Farmed Fish. *Animal Feed Science and Technology* 203, 1-22.

Jeiler, P. (2022): Einfluss von Insektenprotein (*Hermetia illucens*) auf die Leistungs- und Gesundheitsparameter in der Ferkelaufzucht; Bachelorarbeit mit Sperrvermerk.

Kripke, S. A., Fox, A. D., Berman, J. M., Settle R. G., Rombeau, J. L. (1989): Stimulation of intestinal mucosal growth with intracolonic infusion of short chain fatty acids. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 13, 109 – 116.

Lee, C. G., Da Silva, C. A., Lee, J. - Y., Hartl, D., Elias, J. A. (2008): Chitin Regulation of Immune Responses - An old Molecule with New Roles. *Current Opinion in Immunology* 20, 684 - 689.

Molnar, S. (1995): Wachstum. In: Abel, H. J., Flachowsky, G., Jeroch, H., Molnar, S. (Hrsg.) „Nutztierernährung“. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 280 – 288.

Newton, L., Sheppard, C., Watson, D. W., Burtle, G. (2005): Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value-Added Tool for the Management of Swine Manure. Raleigh: North Carolina State University, 1 – 17.

Ölschläger, T. A., Hacker, J. (2009): Definition und Wirkmechanismen der Probiotika, Präbiotika und Synbiotika. In: Bischoff S. C. (Hrsg.) „Probiotika, Präbiotika und Synbiotika 1, 76 – 78.

Rothstein, S. (2018): Ernährungsphysiologische Bewertung von teilentfettetem Larvenmehl der schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) für den Einsatz in ressourcenschonenden Ernährungskonzepten der Schweine- und Hähnchenmast. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.

Skata; T. (1987): Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. British Journal of Nutrition 58, 95 – 103.

Sánchez-Muros, M. - J., Barroso, F. G., Manzano-Agugliaro, F. (2014): Insect Meal as Renewable Source of Food for Animal Feeding: A Review. Journal of Cleaner Production 65, 16 – 27.

Sprangers, T., Michiels, J., Vrancx, J., Ovyn, A., Eeckhout, M., De Clercq, P., De Smet, S. (2018): Gut Antimicrobial Effects and Nutritional Value of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Prepupae for Weaned Piglets. Animal Feed Science and Technology 235, 33 – 42.

Tyapkova, O., Osen, R., Wagenstaller, M., Baier, B., Specht, F., Zacherl, C., 2016. Replacing fish-meal with oilseed cakes in fish feed – A study on the influence of processing parameters on the extrusion behavior and quality properties of the feed pellets. J. Food Eng. 191, 28-36.