



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Studiengang Ökotrophologie

*Anwendbarkeit von Insekten als Futtermittel bei Nutztieren, am Beispiel von
Geflügel und Salmoniden*

~Bachelorarbeit~

vorgelegt von

Sarah Peschke

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Hamburg

am 12. August 2019

Betreuende Gutachterin: Prof. Dr. med. vet. Katharina Riehn (HAW Hamburg)

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Martin Holle (HAW Hamburg)

Zusammenfassung

In Deutschland werden pro Jahr 8,38 Millionen Tonnen Rohprotein benötigt, um den Bedarf an Eiweißfuttermitteln zu decken. 62 % der hierfür benötigten Importware sind Sojabohnen. Die Einfuhr von Soja steht jedoch immer wieder zur Diskussion. Gründe hierfür sind die Wirtschaftsweise (Raubbau am Wald, Monokulturen, etc.) bei der Erzeugung von Soja, Umwelt- und Klimaschutz sowie gentechnisch veränderte Pflanzen. Ziel dieser Arbeit ist es heraus zu finden, inwiefern sich Insekten als Alternative oder Ergänzung zu anderen Eiweißlieferanten in Futtermitteln eignen. Hierfür wird eine Anwendbarkeit auf den Bereich der Aufzucht von Geflügel und Salmoniden in Aquakulturen untersucht und auf Grundlage folgender Aspekte definiert: „Sind Insekten, als „Fleisch“ Teil der natürlichen Ernährungsform dieser Nutztiere?“, „Haben Insekten als Futtermittel einen negativen Effekt auf die Gesundheit und das Wachstum der Nutztiere?“ und „Gibt es Unternehmen, die bereits erfolgreich Insekten züchten und zu Futtermitteln verarbeiten?“. Es wird auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen und das Risikoprofil von Insekten eingegangen. Darüber hinaus ist die Akzeptanz von Konsumenten in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Dieser umfassenden Thematik wird mittels einer systematischen Literaturrecherche und einer Konsumentenumfrage nachgegangen. Das Ergebnis der Literaturrecherche ist, dass sich Insekten als Futtermittel für Geflügel und Salmoniden in Aquakulturen eignen. Insektenmehle können demnach eine sinnvolle Bereicherung der Rohstoffpalette sein, um den Nährstoffbedarf insbesondere den des Eiweißes der Nutztiere zu decken. Es geht kein höheres Gesundheitsrisiko von Erzeugnissen aus den mit Insekten gefütterten Nutztieren aus. Auf Grund der Ergebnisse der durchgeführten Umfrage zur Konsumentenakzeptanz, kann davon ausgegangen werden, dass der Einsatz von Insekten als Futtermittel keinen negativen Einfluss auf die Kaufentscheidung hat. Es kann von einer technologischen Realisierung der Insektenzucht, ihrer Verarbeitung zu Futtermitteln sowie einer artgerechten Ernährungsform für Geflügel und Salmoniden ausgegangen werden. Überdies lassen sich keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Nutztiere durch Fütterung mit Insektenmehlen feststellen, was die Anwendbarkeit dieses Futtermittels unterstreicht. Dennoch müssen weitere Forschungen zu der Massenproduktion von Insekten und der genauen Mischfütterzusammensetzung erfolgen sowie gesetzliche Rahmenbedingungen erweitert werden, damit sich Insekten als Futtermittelbestandteil auf dem Markt etablieren können.

Abstract

In Germany, 8.38 million tons of crude protein are needed per year to meet the demand for protein feed. 62% of the imported goods needed for this are soybeans. However, the import of soya is always under discussion. Reasons for this are the economy (depletion of forests, monocultures, etc.) in the production of soy, environmental and climate protection and genetically modified plants. The aim of this work is to find out how insects are suitable as an alternative or supplement to other protein sources in feed. For this purpose, an applicability to the field of poultry and salmonid farming in aquaculture is examined and defined based on the following aspects: "Are insects, as "meat", part of the natural diet of these farm animals?", "Do insects have a negative effect on the health and the growth of livestock?" and "Are there any companies that are already successfully breeding insects and processing them into animal feed?". It deals also with the legal framework and the risk profile of insects. In addition, consumer acceptance is important in this context. This comprehensive topic is pursued by means of a systematic literature search and a consumer survey. The result of the literature search is that insects are suitable as feed for poultry and salmonids in aquaculture. Accordingly, insect repellents can be a useful enrichment of the raw material pallet in order to cover the nutrient requirements, especially the protein requirement of the farm animals. There is no higher health risk of products from insect-fed farm animals. Based on the results of the consumer acceptance survey, it can be assumed that the use of insects as feed does not have a negative impact on the purchasing decision. It can be considered as a technological realization of insect breeding, its processing into feed and a species-appropriate diet for poultry and salmonids. In addition, no adverse health effects on livestock can be detected by feeding with insect meal, which underlines the applicability of this feed. However, further research into the mass production of insects and the exact compound feed composition must be carried out and legal framework conditions must be extended so that insects can be established as a feed ingredient in the market.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1. Einleitung und Aufbau	1
2. Theoretischer Hintergrund und Begriffsdefinitionen.....	3
2.1 Nutztiere.....	3
2.1.1 Definition „Nutztier“	3
2.1.2 Ernährungsformen der Nutztiere	3
Omnivoren.....	3
Karnivoren	4
2.1.3 Übersicht Salmoniden	4
2.1.4 Übersicht Geflügel	5
2.2 Futtermittel	6
2.2.1 Struktur der Futtermittelindustrie	6
2.2.2 Eiweißanteil in Futtermitteln.....	9
2.3 Speiseinsekten als alternative Eiweißlieferanten.....	11
2.3.1 Übersicht Schwarze Soldatenfliege	11
2.3.2 Übersicht Mehlkäfer	13
3. Methodisches Vorgehen.....	15
4. Ergebnisse	17
4.1 Darstellung der systematisch untersuchten Studien	17
4.1.1 Zusammenfassende Untersuchung zum Potential von Insekten	17
4.1.2 Untersuchungen in Bezug auf Salmoniden	24
4.1.3 Untersuchungen in Bezug auf Geflügel	26
4.2 Rechtliche Rahmenbedingungen	30
4.2.1 Nationale und europäische Rechtsvorschriften	30
4.2.2 Tierische Proteine in der Nutztierfütterung.....	31
4.2.3 Insekten in der Nutztierfütterung.....	32
4.2.4 EFSA-Bewertung	34
4.3 Relevanz und Forschung zum Einsatz von Insekten als Futtermittel in Europa.....	36
4.4 Beispiele von Insektenzucht-Unternehmen	39
5. Umfrage zur Konsumentenakzeptanz.....	42
6. Diskussion.....	52
7. Fazit und Ausblick	56
Literaturverzeichnis	57
Anhang.....	60
Eidesstattliche Erklärung.....	VII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Wertschöpfungskette Futtermittel, (BLE, 2018 S. 10)	8
Abbildung 2 Auslandsanteil am Futteraufkommen in verdaulichem Eiweiß in % in den Wj. 2013/14 bis 2016/17, (BLE, 2018 S. 17)	9
Abbildung 4 Larve Hermetia Illucens, (Schlagenhauser, 2012)	12
Abbildung 3 Hermetia Illucens, (Schlagenhauser, 2012)	12
Abbildung 5 Tenebrio molitor (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2016)	13
Abbildung 6 FLOY Projekt (GLOBAL 2000, 2019)	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Auswahl an Nährstoffgehalten (g/kgT) unter Beachtung unterschiedlicher Verarbeitungsgrade, (Velten & Liebert, 2018)	13
Tabelle 2 Nährwerte Mehlwurm (T. molitor) auf 100 g gefriergetrocknet (Rau, 2019)	14
Tabelle 3 Verwendete Key-Words bei der systematischen Literaturrecherche bei Springer Link	15
Tabelle 4 Verwendete Key-Words bei der systematischen Literaturrecherche bei Science Direct..	16
Tabelle 5 Nährstoffgehalt ausgewählter Insektenspezies im Vergleich zu üblichen Eiweißlieferanten (Zielińska E. et al., 2018 S. 16.).....	19

1. Einleitung und Aufbau

75 % der weltweiten Entwaldung gehen auf die Umwandlung von Tropenwäldern in landwirtschaftliche Nutzflächen zurück (OroVerde, Die Tropenwaldstiftung, 2019). Auf einem Teil dieser landwirtschaftlich genutzten Fläche werden Monokulturen zum Zwecke der Fütterung von Nutztieren angebaut. Dabei finden vor allem Sojapflanzen, die den Eiweißbedarf von Nutztieren decken sollen, Anwendung. Dies stellt auf Grund der nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Landwirtschaft ein grundlegendes ökologisches Problem dar. Daher bedarf es an alternativen Strategien, die sowohl auf eine nachhaltige Landwirtschaft als auch auf die Deckung des Eiweißbedarfs von Nutztieren, abzielen. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Arbeit heraus zu finden, inwiefern sich Insekten als Alternative oder Ergänzung zu anderen Eiweißlieferanten in Futtermitteln eignen. Hierfür wird die mögliche Anwendbarkeit auf den Bereich der Aufzucht von Geflügel und Salmoniden in Aquakulturen untersucht und auf Grundlage folgender Aspekte definiert: „Sind Insekten, als „Fleisch“ Teil der natürlichen Ernährungsform dieser Nutztiere?“, „Haben Insekten als Futtermittel einen negativen Effekt auf die Gesundheit und das Wachstum der Nutztiere?“ und „Gibt es Unternehmen, die bereits erfolgreich Insekten züchten und zu Futtermitteln verarbeiten?“. Hinsichtlich der Anwendbarkeit haben gesetzliche Bestimmungen einen Einfluss auf die Verwendung von neuen Futtermitteln, weswegen sowohl auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen als auch auf das Risikoprofil von Insekten als Futtermittel eingegangen wird. Darüber hinaus ist die Akzeptanz von Konsumenten in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Dieser umfassenden Thematik wird mittels einer systematischen Literaturrecherche und einer Konsumentenumfrage nachgegangen.

Der erste Abschnitt beinhaltet zunächst eine Zusammenfassung von theoretischen Inhalten, die für diese Arbeit relevant sind. Dazu gehört die jeweilige Übersicht von Salmoniden, Geflügel und verschiedenen Speiseinsekten sowie die Darstellung der Futtermittelindustrie in Deutschland. Hierbei soll bereits der Aspekt der artgerechten Ernährung beleuchtet werden. Die Relevanz des Themas wird im Kapitel über die Futtermittelindustrie verdeutlicht, da dort auf die „Eiweißlücke“ eingegangen wird, die entstehen kann, wenn zu wenig eiweißreiche Komponenten für das Futter der Nutztiere zur Verfügung stehen. Um die Anwendungsmöglichkeiten von Insekten in der Nutztierfütterung zu untersuchen wird eine

systematische Literaturrecherche nach wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufzeigen, welche Ergebnisse bisher über die Verwendung von Insekten in der Fütterung von Hühnern und/oder Salmoniden vorliegen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden anschließend zusammenfassend dargestellt, um mögliche Beeinträchtigungen analysieren zu können. Darüber hinaus werden die rechtlichen Rahmenbedingungen und eine Risikobewertung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) beschrieben. Aktuelle Forschungen inklusive ihrer Relevanz werden ebenso vorgestellt, wie einige Beispiele von Unternehmen, die bereits in der Insektenzucht aktiv sind. Dies soll die Anwendbarkeit aus der technologischen Perspektive betrachten. Daraufhin wird die Konsumentenakzeptanz von Erzeugnissen, die mit Hilfe von Insektenfuttermitteln erzeugt werden könnten, analysiert. Zuletzt werden die unterschiedlichen Ergebnisse diskutiert und in einem abschließenden Fazit bewertet.

2. Theoretischer Hintergrund und Begriffsdefinitionen

Dieses Kapitel beinhaltet eine Zusammenfassung von theoretischen Inhalten, die für diese Arbeit relevant sind.

2.1 Nutztiere

Folgend wird zunächst der Begriff Nutztier definiert, verschiedene Ernährungsformen erklärt und anschließend eine Übersicht von denjenigen Nutztieren gegeben, auf die sich diese Arbeit bezieht.

2.1.1 Definition „Nutztier“

Als Nutztiere werden Tiere bezeichnet, die für die Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Wirtschaftszweige von Nutzen sind. Zu ihnen gehören beispielsweise:

- Rinder (Milch, Fleisch, Arbeitstiere),
 - Schafe (Wolle, Milch, Fleisch),
 - Esel (Lasttiere)
 - Hühner (Eier, Fleisch)
 - Honigbienen (Honig)
 - Fische (Fischfleisch, Fischöl)
- (Spektrum Akademischer Verlag, Spektrum.de, 1999).

2.1.2 Ernährungsformen der Nutztiere

In diesem Abschnitt werden die zwei Ernährungsformen dargestellt, die für diese Arbeit relevant sind.

Omnivoren

Omnivoren bezeichnet man auch als „*Allesfresser*“. Diese ernähren sich sowohl von Fleisch als auch von pflanzlicher Kost. Der Begriff gilt nicht für eine spezifische Gruppe von Lebewesen, sondern beschreibt die Ernährungsweise einer Spezies. Omnivor ernähren sich zum Beispiel

Hühner, Schweine, Rotfüchse, Ratten, zahlreiche Kleinvögel und weitere Tiere. Omnivore Tiere sind weniger eingeschränkt bei ihrer Nahrungssuche, denn sie können je nach Jahreszeit zwischen Fleisch oder pflanzlicher Nahrung wählen. (Spektrum Akademischer Verlag, Spektrum.de, 2001).

Karnivoren

Karnivoren bezeichnet die Gruppe der „*Fleischfresser*“ einer Ordnung aus der Klasse der Säugetiere. Diese Gruppe lebt ausschließlich von tierischer Nahrung. Zu ihnen gehören Caniden (Hundeartige), Feliden (Katzenartige), Musteliden (Marderartige), Ursiden (Bärenartige), Hyaeniden (Hyänen) und Viverriden (Schleichkatzenartige). Auch karnivore Fische, die Raubfische, gehören dazu (Spektrum Akademischer Verlag, 2001).

2.1.3 Übersicht Salmoniden

Unter dem Begriff „Salmonidae“ wird die Familie der Lachsfische zusammengefasst. Diese Familie wird auch als Salmoniden, Forellenfische und Edelfische bezeichnet. Diese Familie umfasst insbesondere verschiedene Gattungen und Arten von Speisefischen, wie Lachs, Forelle, Renke und Äsche. Es gibt nur eine Familie der Lachsartigen, welche in drei Unterkategorien (Coregoninae, Salmoninae und Thymallinae) unterteilt wird. Es existieren 11 Gattungen und ca. 200 Arten, die zur Familie der Salmoniden gezählt werden. Die Lachsfische können entweder gänzlich im Süßwasser leben oder sie gehören zu den Lachsfischen, die im Laufe ihres Lebens wandern. Letztere werden ebenfalls im Süßwasser geboren, wandern jedoch ins küstennahe Meer, um dort einige Jahre zu leben. Generell gilt, dass Lachsfische nur im Süßwasser laichen. In Europa leben neben den sechs heimischen Arten auch sechs weitere, die ursprünglich aus Nordamerika stammen (Fischlexikon, 2019).

Salmoniden zeichnen sich durch einen langgestreckten, im Querschnitt gesehen, ovalen Körper aus. Ihre Bauchflossen sind mittig am Körper. Sie haben nur eine einzelne Rückenflosse. Zwischen dieser Rückenflosse und ihrer Schwanzflosse befindet sich bei den meisten der Lachsartigen zusätzlich eine Fettflosse. Sie können je nach Art zwischen 12 Zentimetern und 1,50 Meter lang werden. Genetisch bemerkenswert ist, dass Lachsfische tetraploid sind, d.h. ihre Zellen verfügen über 92 anstatt der üblichen 46 Chromosomen. Salmoniden verfügen über kleine Schuppen und ein großes Maul mit kräftigen Zähnen.

Der Darm der Lachse unterteilt sich in sich in den:

- Vorderdarm, dieser besteht aus Mundhöhle, Schlund und Magen, wobei die Magendrüsen das eiweißspaltende Pepsin sowie verdünnte Salzsäure produzieren
- Mitteldarm, der verdauende und resorbierende Abschnitt und
- Enddarm, mit einer ableitenden Funktion (Verein Aquarium Zürich, 2019).

Salmoniden ernähren sich *karnivor*. Kleinmäulige Arten ernähren sich von Zooplankton. Die restlichen Arten können dazu auch Krebstiere und kleinere Fische verzehren (Fischlexikon, 2019).

2.1.4 Übersicht Geflügel

Der Mensch nutzt das Geflügel bereits mehrere tausend Jahre lang, um Eier und Fleisch für den eigenen Bedarf zu gewinnen. Das Haushuhn (*Gallus Gallus Domesticus*) gehört zu der Familie der Fasane und stammt vom Bankivahuhn ab. In China wurden schon vor mehr als 6000 Jahren die ersten Hühner gehalten (Biologie-Schule, 2019). Die Hennen legen im Jahr ca. 250-300 Eier. Erreicht wird dies nur, wenn die gelegten Eier jeden Tag entfernt werden, da die Hennen sonst mit dem Brüten anfangen. Während Hennen brüten legen sie keine weiteren Eier. Sie werden ca. 30-40 cm groß und wiegen, je nach Rasse, ca. 1,5-5 kg, wobei der Hahn, aus der jeweils selben Rasse, ca. 1 kg mehr wiegt als die Henne. Die Geschlechter unterscheiden sich in der Größe des Kamms. Der Hahn verfügt über einen sichelförmigen Schwanz, einen Sporn über der Hinterzehe und je nach Rasse auch über ein farbenprächtiges Federkleid (St. Anne Stiftung, 2013). Aufgrund der Stallhaltung haben sich die Flügel der Hühner im Laufe der Zeit verändert. Sie können kurze Flügel mit einer geringen Reichweite noch bewältigen, jedoch dienen sie mittlerweile überwiegend zum Flügelschlagen bei Kämpfen, Paarungen und bei der Flucht. Hühner werden als intelligente Tiere betrachtet, da sie ihre Artgenossen zuverlässig an deren Gesicht erkennen können. Hühner leben in Gruppen, in denen eine feste Rangordnung festgelegt ist. An der Spitze der Rangordnung steht ein erwachsener Hahn. Dies soll Konflikte vermeiden, die zum Beispiel bei der Nahrungsaufnahme entstehen. Die Lebenserwartung von Hühnern liegt bei sieben bis neun Jahren (Biologie-Schule, 2019). Das Huhn nimmt seine Nahrung durch den Schnabel auf. Diese wird der Mundhöhle mit dem Speichel durchmischt. Es findet hierbei keine Zerkleinerung der Nahrung statt, da die

Hühner kein Gebiss haben. Danach gelangt die Nahrung in den Kropf, einer Erweiterung der Speiseröhre. Dies dient einer vorübergehenden Speicherung der Nahrung, damit diese dort quellen kann. Die vorgequollene Nahrung gelangt anschließend durch die Kontraktion der Kropfwand weiter in den Magen, wo das Sekret der Magendrüsen für den Beginn des Verdauungsprozesses sorgt. Der Muskelmagen dient den Hühnern zur Zerkleinerung ihrer Nahrung. Anschließend wird die zerkleinerte Nahrung in den Dünndarm transportiert. Dort finden die hauptsächlichen Prozesse der Verdauung und Resorption statt. Die Länge und das Fassungsvermögen des Verdauungstraktes sind für die Verdauungsleitung von Bedeutung. Die relative Länge des Magen-Darm-Traktes ist wesentlich kürzer im Vergleich zum Schwein oder Wiederkäuern. Das geringe Fassungsvermögen und die relativ geringe Verweildauer der Nahrung im Verdauungstrakt erfordern einen Einsatz von hochverdaulichen, rohfaserreichen und wenig voluminösen Futtermitteln (Landbauforschung, 2008).

Hühner und andere Geflügelarten ernähren sich *omnivor*. Freilaufend fressen sie daher sowohl Körner und Gras als auch Insekten, wie zum Beispiel Würmer und Schnecken (Biologie-Schule, 2019).

2.2 Futtermittel

Futtermittel werden verwendet, um (gesunde) Nutztiere züchten zu können. Je nach Spezies müssen hierfür die jeweils geeigneten Futtermittel ausgewählt werden. Die Art und Zusammensetzung von Futtermitteln beeinflussen die Beschaffenheit und Qualität der Lebensmittel tierischer Herkunft. Ebenso haben die Futtermittel Auswirkungen auf Geruch, Geschmack, Inhaltsstoffe und Farbe dieser Lebensmittel. Schon die erste Fassung des nationalen Futtermittelgesetzes (1926) betonte den Zusammenhang zwischen der Nutztierfütterung und der Qualität der aus ihnen erzeugten Lebensmittel (LAVES, laves.niedersachsen.de, 2019).

2.2.1 Struktur der Futtermittelindustrie

In Deutschland ist die Futtermittelindustrie mittelständisch geprägt. Die meisten Unternehmen haben ihren Sitz in den nördlichen Bundesländern (Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, Bremen und Nordrhein-Westfalen). Am Ende des Wirtschaftsjahres

2017/2018 gab es 299 Mischfutterhersteller, deren durchschnittliche Herstellungsmenge bei 80.065 Tonnen pro Betrieb lag. Es werden hierzulande 218 Millionen Tonnen Futter pro Jahr benötigt. Mehr als 90 Prozent des Futters wird in Deutschland hergestellt. Die Nutztierhalter erzeugen in etwa die Hälfte selbst, indem sie beispielsweise Gras als Heu oder Gras-Silage verfüttern. Ebenso gibt es Nutztierhalter, die ihr benötigtes Futter selbst anbauen.

Die Futtermengen setzen sich dabei wie folgt zusammen:

- 54 % Grünlandaufwuchs, Raufutter, Silagen
- 24 % Mischfutter
- 22 % hofeigenes Getreide sowie zugekaufte Einzelfuttermittel

Als Mischfutter wird die Tiernahrung bezeichnet, die aus mindestens zwei Bestandteilen besteht. Es werden jährlich 24 Millionen Tonnen Mischfutter in Deutschland hergestellt.

Das Mischfutter in Deutschland gliedert sich in folgende Bestandteile:

- 48,4 % Getreide (Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Triticale, Mais)
- 26,2 % Ölkuchen und -schrote (Soja, Raps, Sonnenblumen)
- 6,6 % Mühlennachprodukte (Kleie, Nachmehle)
- 2,6 % Mineralstoffe
- 2,4 % zuckerhaltige Produkte
- 2 % Futterfette (Öle und Fette aus Raps, Soja, Palmkern, Oliven etc., Mischfette)
- 2 % Maiskleber
- 9,8 % Sonstiges (Malzkeime, Magermilchpulver, Hülsenfrüchte, Biertreber, Molkenpulver)

Eine praxisübliche Mastfutterrezeptur kann in etwa acht bis zwölf Rohstoffe, z.B. Weizen und ca. 15 Zusatzstoffe z. B. Spurenelemente und Vitamine enthalten (DVT, Dvtiernahrung.de, 2019).

Die Wertschöpfungskette (Abbildung 1) in Deutschland umfasst sowohl die inländische als auch die ausländische Erzeugung, da ein Teil der Eiweißfuttermittel aus dem Ausland hierher importiert wird. Zu diesen Futtermitteln zählt z. B. Sojaschrot, welches aus importierten Sojabohnen hergestellt wird. Auf Grund von Nachhaltigkeitsaspekten werden auch Nebenprodukte verarbeitet, die bei der Lebensmittelherstellung anfallen. So können auch Kleie und Futtermehle zu Mischfutter verarbeitet werden (BLE, 2018, S. 9). Ein Vorteil der Mischfutterherstellung ist die Flexibilität bezüglich der Rohstoffauswahl. Die Komponenten des Futters können ausgetauscht werden. So lassen sich die gängigen Getreidesorten untereinander beliebig ersetzen. Demnach richtet sich die Mischfutterzusammensetzung häufig nach den aktuellen Preisen der unterschiedlichen Komponenten. Dies hat zur Folge, dass die ausreichende Versorgung mit Mischfutter in Deutschland bei einer geringen Verfügbarkeit einzelner Komponenten nicht so schnell gefährdet ist. Dies betrifft jedoch nur den energiereichen Mischfutteranteil, da Eiweißkomponenten weniger leicht ausgetauscht werden können.

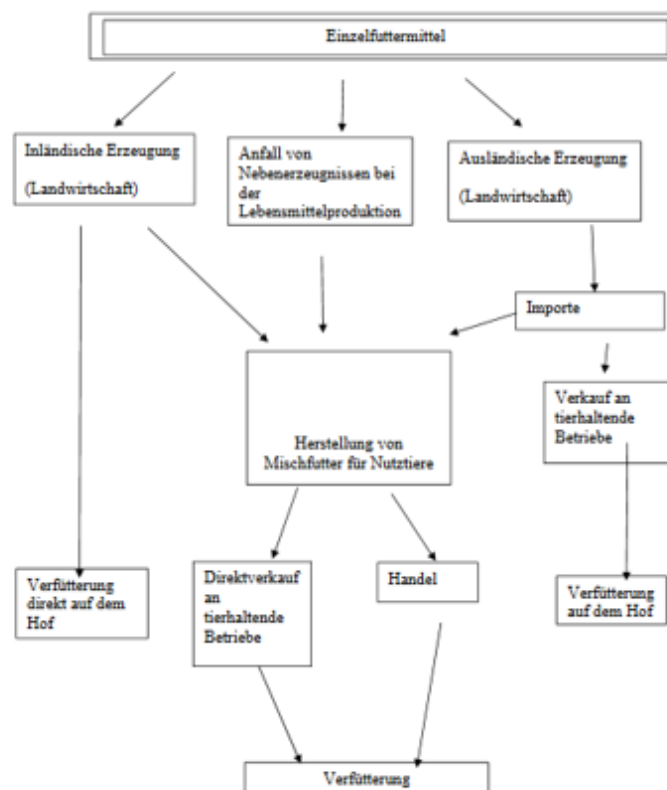


Abbildung 1 Wertschöpfungskette Futtermittel, (BLE, 2018 S. 10)

Insbesondere in der Geflügelhaltung ist die Austauschbarkeit der Eiweißfuttermittel begrenzt, da diese Futtermittel essentielle Aminosäuren, wie Lysin enthalten müssen. Diese sind im Sojaextraktionsschrot vorhanden. Bei geringer Verfügbarkeit können die Futtermittel mit Aminosäuren angereichert werden. Dies ist jedoch nur in der konventionellen Landwirtschaft erlaubt. In der Ökologischen Landwirtschaft ist eine Verwendung künstlicher Aminosäuren verboten (BLE, 2018, S. 15). Demnach stellt die Eiweißversorgung bei Nutztieren die größte Herausforderung dar, da im Futtermittel nicht auf die Eiweißkomponente verzichtet werden kann. Das Rohprotein, eine Kenngröße des Futterwertes, berechnet sich daraus, wieviel Stickstoff im Futtermittel enthalten ist. Diese Kenngröße ermöglicht eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Futtermitteln (BLE, 2018, S. 16).

2.2.2 Eiweißanteil in Futtermitteln

In Deutschland werden pro Jahr 8,38 Millionen Tonnen Rohprotein benötigt, um den Bedarf an Eiweißfuttermitteln zu decken. 6,13 Millionen Tonnen dieses Rohproteins kommen aus dem heimischen, wirtschaftseigenen Grundfutter und Getreide, heimischen Nebenprodukten aus der Rapsölgewinnung, der Lebensmittelverarbeitung sowie der Bioethanol-Gewinnung und darüber hinaus auch aus Hülsenfrüchten wie z.B. Erbsen und Ackerbohnen (DVT, 2017).

In Abbildung 2 wird deutlich, dass zuletzt 26 % des verdaulichen Rohproteins aus Importfuttermitteln stammte, da die heimische Produktion den Bedarf nicht decken konnte.

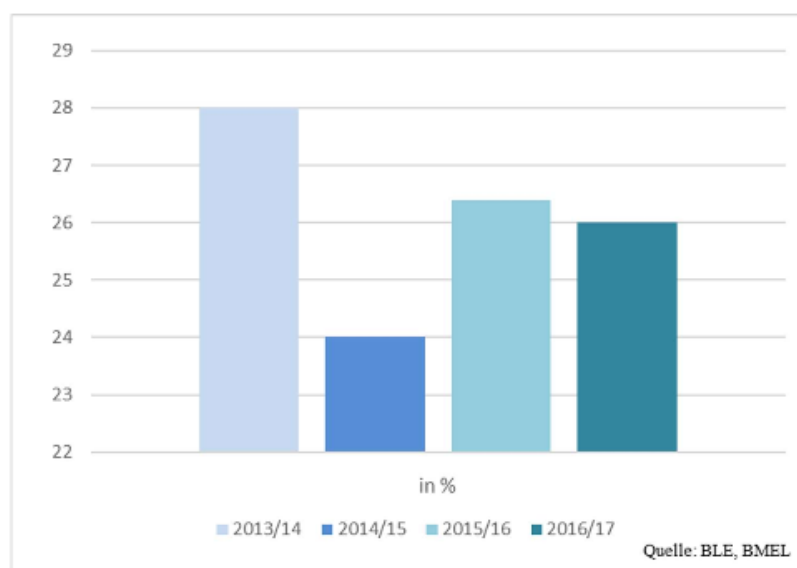


Abbildung 2 Auslandsanteil am Futteraufkommen in verdaulichem Eiweiß in % in den Wj. 2013/14 bis 2016/17, (BLE, 2018 S. 17)

Der Anteil aus importierten Futtermitteln wird daher als „Eiweißlücke“ bezeichnet (BLE, Ble.de, 2018, S. 17) . 62 % dieser Importware sind Sojabohnen (inkl. Ölkuchen und Sojaschrote). Dies macht Soja zum bedeutendsten Importfuttermittel hinsichtlich der Nutztierversorgung mit Eiweiß (DVT, 2017). Dies lässt sich darauf zurückführen, dass Sojaextraktionsschrot eine optimale Aminosäurestruktur besitzt (BLE, 2018, S. 25). Dennoch steht die Einfuhr von Soja immer wieder zur Diskussion. Dies führte zu den Forderungen, den Import von Eiweißfuttermitteln zu verringern bzw. mehr heimische Rohstoffe zu verwenden. Als Hauptgründe für diese Forderung werden die Wirtschaftsweise (Raubbau am Wald, Monokulturen, etc.) bei der Erzeugung von Soja (vornehmlich aus Südamerika), Umwelt- und Klimaschutz sowie gentechnisch veränderte Pflanzen genannt.

Mögliche Alternativen zu den Sojaprodukten sind bisher:

- Eiweißreiche Nebenprodukte, die bei der Gewinnung von Ölen, Stärken, Bier und Biodiesel entstehen
- Heimische Körnerleguminosen (Eiweißpflanzen)
- Tierisches Eiweiß (Lebensmitteltaugliche Schlachtnebenprodukte)
- Mikrobielles Eiweiß (Mikroalgen, Bakterien, Pilze)

Derzeit kann der Anbau von heimisch erzeugten Eiweißfuttermitteln auf Grund ihrer Anbaubedingungen nicht wesentlich gesteigert werden. Dementsprechend ist eine Selbstversorgung diesbezüglich in Deutschland und Europa praktisch und ökonomisch unter den bestehenden Rahmenbedingungen nicht umsetzbar. Es werden langfristige Konzepte benötigt, um weltweit eine Versorgung mit Futtereisweiß zu decken (DVT, 2017). Auch die Eiweißversorgung bei Fischen, die in Aquakulturen gezüchtet werden, stellt eine besondere Herausforderung dar. Damit karnivore Fische, wie Lachse und Forellen artgerecht gefüttert werden können, dürfen ihre Futtermittel zu höchstens 60 % aus pflanzlichen Erzeugnissen bestehen. Bei den Zuchtfischen werden derzeit Fischmehl und Fischöl, welche aus Resten der Fischverarbeitung oder aus Resten der Verarbeitung von Wildfischen für den menschlichen Verzehr gewonnen werden, als Eiweißlieferanten verwendet (BLE, 2015). Vor dem Hintergrund der Futtermittelsituation in Deutschland stellt sich die Frage, ob Futtermittel aus Insekten einen Teil dieses Eiweißbedarfes in der Geflügelhaltung und auch in Aquakulturen decken

könnten, um die Eiweißlücke zu reduzieren und zu verhindern, dass Fischmehl aus nicht nachhaltigem Wildfang zur Fütterung verwendet wird, wenn nicht genügend ökologische und nachhaltige Alternativen vorhanden sind.

2.3 Speiseinsekten als alternative Eiweißlieferanten

Als Speiseinsekten versteht man Insektenarten, die für den Verzehr geeignet sind. In Europa werden überwiegend folgende Insekten in Lebens- und Futtermittelprodukten verarbeitet:

- Mehlwürmer/ Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*) im Larvenstadium
- Buffalowürmer/ Getreideschimmelkäfer (*Alphitobius diaperinus*) im Larvenstadium
- Hausgrille/ Heimchen (*Acheta domestica*)
- Europäische Wanderheuschrecke (*Locusta migratoria*)
- Kurzflügelgrille/ Tropische Hausgrille (*Gryllodes sigillatus*)
- Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) im Larvenstadium (Fiege, 2019)

Die in dieser Arbeit zitierten Untersuchungen (siehe Kapitel 4) erforschten die Anwendbarkeit von Mehlen aus der Schwarzen Soldatenfliege und dem Mehlkäfer. Daher wird nachfolgend eine kurze Übersicht dieser zwei Insektenarten gegeben.

2.3.1 Übersicht Schwarze Soldatenfliege

Die Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) gehört zu den holometabolen Insektenarten, die eine vollständige Metamorphose durchlaufen. Diese beinhaltet fünf Entwicklungsphasen: das Ei-, Larven-, Vorpuppen-, Puppen- und Erwachsenenstadium. Larven der Schwarzen Soldatenfliege sind zunächst weiß-gelblich gefärbt. Dieser Farbton wandelt sich mit der fortschreitenden Entwicklung. Sie können eine Länge von 27 mm sowie einen Durchmesser von 6 mm erreichen. Die Larven nutzen ihre umgebende organische Masse als Nahrungsquelle. Das Larvenstadium dauert ca. 4 bis 5 Wochen. Die Dauer ist abhängig von der Futtersverfügbarkeit (Velten & Liebert, 2018).



**Abbildung 3 Larve Hermetia Illucens,
(Schlagenhafer, 2012)**



**Abbildung 4 Hermetia Illucens,
(Schlagenhafer, 2012)**

Die wichtigsten Rahmenbedingungen, um Soldatenfliegenlarven zu züchten sind:

- Umgebungstemperatur liegt bei 27°C - 30°C
- Wenn mehr als 1000 Larven in einer Aufzuchtbox leben, entstehen Temperaturen von über 50 °C, dies erfordert eine gute Belüftung
- Nahrungsquelle können verschiedene organische Materialien sein, es müssen hierbei futtermittelrechtliche Vorgaben beachtet werden
- Larven setzen bis zu 50 % ihres Futters in neue Körpermasse um. Daher müssen stets Nahrungsquellen zur Verfügung stehen
- Saugfähiges Futter- und Aufwuchssubstrat, da Larven Stoffwechselprodukte sowie Flüssigkeiten abgeben

Der Gehalt an Hauptnährstoffen ist in nachfolgender Tabelle in Abhängigkeit der Verarbeitungsstufe (Grad der Fettabtrennung) dargestellt. Es ist zu empfehlen eine Teilentfettung vorzunehmen, um die Verarbeitungs- und Lagerungseigenschaften des Insektenmehles zu verbessern.

Tabelle 1 Auswahl an Nährstoffgehalten (g/kgT) unter Beachtung unterschiedlicher Verarbeitungsgrade, (Velten & Liebert, 2018)

Fraktion	Hermetia-Mehl	
	teilentfettet	ohne Fettentzug
Rohprotein	627	446
Rohfett	43	342
Rohfaser	130	102
Rohasche	168	124
Stärke	k.A.	k.A.
Zucker	11	8
Calcium	52,9	37,1
Phosphor	8,9	6,7
Energie (MJ/kg T; brutto)	22,1	

Quellen: Kortelainen et al. (2014); Makkar et al. (2014)

Die Proteinqualität wird anhand des Aminosäureprofils bewertet. Je nach Größe und Entwicklungsstadium der Larven variiert der Fettgehalt der Larven im Bereich 13% bis 40%. Hierbei kann die Fettsäurezusammensetzung der Larven, wie zum Beispiel deren Gehalt an gesundheitsförderlichen Omega-3-Fettsäuren, durch das verwendete Futtersubstrat beeinflusst werden (Velten & Liebert, 2018).

2.3.2 Übersicht Mehlkäfer

Der Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*) gehört zu der Familie der Schwarzkäfer (Tenebrionidae).



Abbildung 5 Tenebrio molitor (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2016)

Die Larven dieses weltweit verbreiteten Käfers werden als Mehlwürmer bezeichnet. Dies geht auf ihr wurmartiges Aussehen und die Tatsache zurück, dass sowohl der Käfer als auch die Larve Vorratsschädlinge sind. Sie bewohnen verrottendes Holz, Vogelnester, Mehl und andere

Getreideprodukte Wenn die Käfer schlüpfen sind sie zuerst hell, dann rotbraun und letztendlich schwarz gefärbt. Sie werden 10-18 Millimeter groß und ernähren sich sowohl von Getreide, Mehl und anderen stärkehaltigen Substanzen als auch von anderen Insekten und ihren eigenen Larven. Die Käferweibchen legen während ihres ca. viermonatigen Lebens bis zu 150 Eier. Wenn die Larven aus diesen Eiern schlüpfen bewegen sie sich, anders als die wurmartige Gestalt der Larven vermuten lässt, auf ihren sechs Beinen vorwärts. Die Larven können an insektenfressende Vögel und andere Tiere verfüttert werden. Sie dienen den Tieren als gute Eiweißquelle, da sie über einen hohen Fett- und Eiweißgehalt verfügen. Oftmals werden daher Mehlwurmlarven zum Aufpäppeln von Tieren verwendet (Willig, 2019).

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Nährwerte der Mehlkäfer ohne ihren ursprünglichen Wasseranteil.

Tabelle 2 Nährwerte Mehlwurm (*T. molitor*) auf 100 g gefriergetrocknet (Rau, 2019)

Energie	516 kcal
Fett	31,0 g
davon gesättigte FS	4,55 g
Kohlenhydrate	11,6 g
davon Zucker	0,50 g
Protein	45,1 g
Salz	0,45 g

3. Methodisches Vorgehen

Um die Anwendungsmöglichkeiten von Insekten in der Nutztierfütterung zu untersuchen, soll eine Literaturrecherche nach wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufzeigen, welche Ergebnisse bisher über die Verwendung von Insekten in der Fütterung von Hühnern und/oder Salmoniden vorliegen. Die Literaturrecherche dieser Arbeit erfolgte im Juni 2019 in den Datenbanken von „Springer Link“ und „Science Direct“, da diese Datenbanken auch Artikel zu neuen Forschungsgebieten anbieten. Für die systematische Durchführung der Recherche wurden die Kriterien des „Cochrane Library Handbook“ angewandt (The Cochrane Collaboration, 2011). Demnach wurden Forschungsziele mit zuvor festgelegten Einschlusskriterien definiert.

Diese Leitfragen definierten das Forschungsziel:

„Inwieweit haben Insekten in der Futtermittelanwendung einen Einfluss auf Salmoniden und Hühner, bezüglich der Faktoren Gesundheit und/oder Wachstum?“ und

„Welche Ergebnisse liegen vor, die eine Einschätzung von zusätzlichen Aspekten wie Ökologie, Sicherheit oder Ökonomie der Verwendung von Insekten in der Futtermittelbranche ermöglichen?“

Diese Einschlusskriterien wurden festgelegt, um Titel, Abstract und Volltext auf Relevanz zu überprüfen:

Kriterium 1: *Die Daten stammen aus den Jahren 2017-2019*

Kriterium 2: *Der Text ist auf Englisch oder Deutsch*

Kriterium 3: *Die Ergebnisse lassen sich auf Salmoniden oder Hühner übertragen*

Kriterium 4: *Es werden Insekten in Bezug auf den Futtermiteleinsatz thematisiert*

Zunächst wurden Key-Words definiert, die die Suche auf relevante Treffer einschränkten.

Tabelle 3 Verwendete Key-Words bei der systematischen Literaturrecherche bei Springer Link

#1 Feed	1176787
#2 Insect	258510
#3 Breed	367370
#4 Fish	464340
#5 Salmon	91001

#6 Aquaculture	41525
#7 Poultry	53116
#8 Chicken	137658
#9 Application	4222912
#10 Insect AND Feed	110425
#2 AND #3	58111
#2 AND #4	56239
#2 AND #5	8387
#2 AND #6	4398
#2 AND #7	6676
#2 AND #8	14393
#10 AND #4	32140
#10 AND #5	5192
#10 AND #6	3249
#10 AND #7	5146
#10 AND #8	8388
#10 AND #4 AND #6	2859
#10 AND #5 AND #6	897
#10 AND #3 AND #8	3614
#10 AND #3 AND #8 AND #9	2248
#10 AND #5 AND #6 AND #9	545

Tabelle 4 Verwendete Key-Words bei der systematischen Literaturrecherche bei Science Direct

#1 Feed	1262815
#2 Insect	297649
#3 Breed	128455
#4 Fish	544379
#5 Salmon	133488
#6 Aquaculture	72498
#7 Poultry	85382
#8 Chicken	228323
#9 Application	5609979
#10 Insect AND Feed	91375
#2 AND #3	12831
#2 AND #4	53942
#2 AND #5	9432
#2 AND #6	5546
#2 AND #7	8594
#2 AND #8	20851
#10 AND #4	24591
#10 AND #5	4691
#10 AND #6	3395
#10 AND #7	5851
#10 AND #8	8989
#10 AND #4 AND #6	2946
#10 AND #5 AND #6	1045
#10 AND #3 AND #8	1556
#10 AND #3 AND #8 AND #9	957
#10 AND #5 AND #6 AND #9	648

Nach den systematischen Überprüfungen (siehe Anhang) wurden sechs Studien ausgewählt. Alle Artikel bzw. Studien, die die zuvor aufgeführten Kriterien erfüllt haben, sind als relevant eingestuft und in diese Arbeit einbezogen worden. Die ausgeschlossenen Artikel und Studien bezogen sich nicht auf Futtermittel oder haben nur wenige Teilaspekte des Themas behandelt, die sich weder auf Salmoniden noch auf Hühner übertragen ließen.

4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche zusammenfassend dargestellt. Darüber hinaus wird die rechtliche Situation in der Europäischen Union (EU) und Deutschland in Hinblick auf eine mögliche Anwendung von Insektenfuttermitteln betrachtet. Auch wird eine Übersicht von aktuellen Forschungen und Beispiele von Unternehmen im Bereich der Insektenproduktion gegeben.

4.1 Darstellung der systematisch untersuchten Studien

Folgend sind die Ergebnisse von 6 Untersuchungen aufgeführt. Dabei gliedern sich die Ergebnisse in eine umfassende Studie, die unterschiedliche Aspekte von Insekten in der relevanten Thematik analysierte, zwei Untersuchungen, die sich auf Salmoniden beziehen und weiteren drei Untersuchungen die Ergebnisse zu Geflügel generierten.

4.1.1 Zusammenfassende Untersuchung zum Potential von Insekten

“Edible Insects as Source of Proteins”

Ziel

Das Potenzial von Insekten als Proteinquelle für zukünftige Lebens- und Futtermittel ist Gegenstand zahlreicher Studien. Der Nährwert von essbaren Insekten ist bereits hinreichend untersucht worden und auch andere Aspekte des Verzehrs von Insekten sind Inhalte zahlreicher Forschungen. Diese Untersuchung aus dem Jahre 2018 hatte das Ziel, die Hauptmerkmale von Insekten als Nahrungsmittel zusammenzufassen (Zielińska E. et al., 2018, S. 1-53).

Methode

Innerhalb des Textes werden folgende Aspekte nacheinander beschrieben: die Verwendung von Insekten als Nahrung für den Menschen im historischen Zusammenhang, die Akzeptanz von Insekten durch Europäer auf der Grundlage durchgeführter Umfragen, eine Charakterisierung der häufigsten Insektenarten, die laut Europäischer Behörde für

Lebensmittelsicherheit (EFSA) in der EU das größte Potenzial für die Verwendung als Nahrungs- und Futtermittel haben, der Nährwert von Insekten und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie unter Berücksichtigung der Konsumsicherheit und des ökologischen Aspektes der Insektenzüchtung. Darüber hinaus wird der rechtliche Status der Insektenaufnahme durch den Menschen in Europa analysiert, um auf diese Weise eine aktuelle Schlussfolgerung zum Insektenverbrauch zu erstellen.

Da der Insektenverzehr durch den Menschen nicht Gegenstand dieser Arbeit ist, werden nachfolgend nur diejenigen Aspekte beschrieben, die sich auf die Verwendung von Insekten als Futtermittel beziehen (Zielińska E. et al., 2018, S. 1-53).

Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie werden nachfolgend in einzelne Bereiche unterteilt.

Nährwerte

Die Nährwerte von Insekten werden als Gehalt an Proteinen (Aminosäureprofil), Fett, Ballaststoffen, Nahrungsenergie, Mineralien und Vitaminen beschrieben. Sie hängen von vielen Faktoren ab, beispielsweise der Insektenart, dem Stadium der Metamorphose, der Ernährung und den vorhandenen Umweltfaktoren, wie der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Daher ist es sehr schwierig, den Nährwert der ca. 2000 essbaren Insektenarten zu verallgemeinern. Die nachfolgende Tabelle bietet einen Nährstoffvergleich zu herkömmlichen Eiweißlieferanten, wie beispielsweise Rindfleisch und Eiern (Zielińska E. et al., 2018).

Tabelle 5 Nährstoffgehalt ausgewählter Insektenpezies im Vergleich zu üblichen Eiweißlieferanten (Zielińska E. et al., 2018 S. 16.)

Name (<i>Latin name</i>)	Protein content (% in dry mass)	Fat (%)	Fiber (%)	Energy content (KCAL/100G)
Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>)	17.50–36.00 [81]	14.00 [80]	6.70 [89]	199.00 [80]
	17.50 [80]	32.60 [90]		
	47.00 [89]			
Mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>)	11.42–30.38 [80]	5.40–19.94 [83]	1.39–21.00 [81]	130.00–482.00 [80]
	13.68–24.59 [83]	6.42–22.98 [80]	2.10 [83]	160.00–283.00 [83]
	14.00–25.00 f.m. [18]	14.88–43.08 [70]	5.00–20.22 [70]	379.61–577.44 [70]
	20.00–68.60 [81]	25.00 [90]		
	47.00–65.29 [70]			
Commonly consumed protein source				
Egg, whole, dried	12.56 [93]	9.51 [93]	–	592.00 [93]
Beef, grass-fed, ground, raw	19.42 [93]	12.73 [93]	–	198.00 [93]
Chicken ground, raw	17.44 [93]	8.10 [93]	–	143.00 [93]
Soybeans, mature seeds, raw (<i>Glycine max</i>)	28.70–50.10 [94]	19.94 [93]	9.30 [104] – 11.90 [94]	403.00–446.00 [93, 94]

Energiegehalt

Der Energiegehalt der meisten essbaren Insekten ist aufgrund der hohen Protein- und Fettgehalte beträchtlich. Die Energiewerte sind bei Larven in der Regel energiereicher als bei ausgewachsenen Insekten. Verschiedene Untersuchungen haben den Energiegehalt von Insekten bestimmt. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich 79,65% der Insekten durch einen Energiegehalt von mehr als 400 kcal / 100 g und 40,94% über 500 kcal / 100 g auszeichnen. Der mittlere Energiegehalt von essbaren Insekten liegt im Bereich von 409,78 bis 508,89 kcal / 100 g, bezogen auf die Trockensubstanz. Bei Motten (*Phassus triangularis*) lag der maximale Energiegehalt bei 762,00 bis 776,85 kcal / 100 g. Dadurch lässt sich feststellen, dass der Energiegehalt der meisten essbaren Insekten selbst im Vergleich zu Fleisch hoch ist.

Protein- und essenzielles Aminosäureprofil

Der Proteingehalt der meisten essbaren Insekten liegt laut vieler Studien im Bereich von 13%–77% oder 9,3%–80%. Er hängt von vielen Faktoren ab, z. B. der Metamorphosestufe, den verwendeten Futtermischungen, dem unterschiedlichen Wassergehalt, dem vor dem Verzehr von Insekten angewendeten Aufbereitungs- und Verarbeitungsverfahren (z. B. Trocknen, Kochen oder Braten) und in erster Linie von den verwendeten Verfahren der Proteinbestimmung (Dumas-Technik oder Kjeldahl-Methode). Die gelieferten Daten sind aufgrund der Unterschiede zwischen den Insekten und der unterschiedlichen Analysemethoden nicht immer vergleichbar. Die Kjeldahl-Methode wird häufig zur Bestimmung des Rohproteingehalts in Lebensmitteln verwendet. Daher verwenden viele Wissenschaftler diese Methode in ihren Studien zu Insekten. Bei diesem Verfahren wird die Gesamtkonzentration an Stickstoff (N) ausgewertet, die durch Multiplikation mit einem Stickstoff / Protein-Umwandlungsfaktor von 6,25 in Protein umgewandelt wird. Da Insekten viele N-reiche Verbindungen enthalten, die nicht verdaut werden wie zum Beispiel Chitin, kann die Kjeldahl-Methode den Gehalt an verdaulichem Protein überschätzen. In Anbetracht dessen wurde eine Bewertung des verdaulichen Stickstoffs entwickelt, indem dieser in der Kutikula quantifiziert, von dem Gesamtstickstoffgehalt abgezogen und ein neuer Umrechnungsfaktor berechnet wird, der für alle Insektenarten und Pflanzen gleich sein soll. Die höchsten Proteinanteile wurden in der Gypsyotte (80%) und in der deutschen Schabe (78,8%) gefunden. Unter den von der EFSA empfohlenen Insekten, war die Grille (*Acheta domesticus*) durch den höchsten Proteingehalt gekennzeichnet (73,60%). Die Analysen zeigen, dass Insekten eiweißreicher als Getreide, z. B. Weizen 13,68%, Pseudozerealien: Buchweizen 13,1% und Amaranth 13,5% und Hülsenfruchtsamen einschließlich getrockneter Erbsen (*Pisum sativum*) 14,2%–36,1%, Kichererbsen (*Cicer arietinum*) 19,1%– 31,2%, Bohnen (*Phaseolus vulgaris*) 15,2%–36,0% und Sojabohnen (*Glycin max*) 28,7%–50,1% sind.

Auch wurde die Eignung von Insekten als Proteinquelle für die Fütterung von Ratten untersucht. Dort konnte beobachtet werden, dass die Aminosäurezusammensetzung im Insektenprotein (*Acheta domesticus* und *Anabrus simplex*) gleich oder besser ist, als die des Sojaproteins.

Eine wichtige Überlegung hinsichtlich der Verwendung von Insekten in Lebensmittelprodukten bezieht sich auf die Qualität ihres Nahrungsproteins. Die Proteinqualität hängt von der Art der Aminosäuren in ihrer Sequenz (essentiell oder nicht essentiell) und der Proteinverdaulichkeit ab. Die Qualität von Insektenproteinen im Vergleich zu anderen tierischen und pflanzlichen Proteinen muss daher anhand des Aminosäurebedarfs der verzehrenden Spezies beurteilt werden (Zielińska E. et al., 2018).

Lipide und essenzielles Fettsäureprofil

Der Fettgehalt der Insekten liegt in einem weiten Bereich von 4,56% bis 60%. Der Fettgehalt ist im Larvenstadium höher als im Erwachsenenstadium. Larven der größeren Wachsmotte (60%) und des Mehlwurms (43%) weisen die höchsten Fettmengen auf. Lipide sind nicht nur eine Energiequelle, sondern liefern auch essentielle Fettsäuren (FA). Die Qualität und Menge der Fettsäuren in Lebensmitteln sind aus ernährungsphysiologischer Sicht sehr wichtig. Die wichtigsten in essbaren Insekten nachgewiesenen einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) sind Palmitoleinsäure und Ölsäure. Die Seidenraupenlarve ist eine potenzielle Quelle für mehrfach ungesättigte Fettsäuren, wie Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA). Der höchste Gehalt an essentieller α -Linolensäure und Fettsäure wurde in der T. Molitor Larve bestimmt. Daher könnte dieser Mehlwurm das geeignetste Insekt sein, welches für den Konsum von Lebewesen analysiert wurde. Die in den Fettsäurespektren gefundenen Fettsäuren werden durch Linolsäure, Linolensäure, Arachidonsäure und Eicosapentaensäure repräsentiert (Zielińska E. et al., 2018).

Faser Inhalt

Der durchschnittliche Fasergehalt essbarer Insektenarten reicht von 2% (Seidenraupen) bis 22,08% (Hausgrille). Die Unterschiede im Fasergehalt resultieren wahrscheinlich aus der Anwesenheit verschiedener Verbindungen, die an Chitin gebunden sind. Das Exoskelett von essbaren Insekten enthält eine signifikante Menge verschiedener Verbindungen, einschließlich Chitin und Substanzen, die an Chitin gebunden sind (z. B. Protein, Lipide und andere Verbindungen). Chitin wird vom Menschen als unverdauliche Faser angesehen, da Chitinase in Magensäften des Menschen inaktiv ist. Es wurde jedoch festgestellt, dass dieses

Enzym in den Organismen von Einwohnern tropischer Länder aktiv ist, in denen der Verzehr von Insekten eine lange Tradition hat. Generell verbessert die Entfernung von Chitin die Verdaulichkeit von Insekteneiweiß (Zielińska E. et al., 2018).

Mikroelemente

Viele essbare Insekten sind eine gute Quelle für Makronährstoffe. Neben diesen liefern sie Mikronährstoffe, wie Phosphor (P), Magnesium (Mg), Kalium (K), Natrium (Na), Calcium (Ca), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Selen (Se). Im Allgemeinen sind essbare Insekten natriumarm. Die Zusammensetzung der Mikronährstoffe hängt weitgehend von den durch das Insekt konsumierten Lebensmitteln ab. Die Mengen dieser Nährstoffe variieren zwischen den Arten erheblich. Es zeigt sich, dass der Kalziumgehalt in allen untersuchten Insekten viel höher war als in herkömmlichen Lebensmitteln tierischen Ursprungs mit Ausnahme von Hühnereiern. Essbare Insekten haben das Potenzial, bestimmte Mikronährstoffe wie Cu, Fe, Mg, Mn, P, Se und Zn bereitzustellen und sie können darüber hinaus auch in natriumarmen Diäten eingesetzt werden. Verglichen mit kommerziell gezüchteten Insekten enthalten die in freier Wildbahn gefangenen Insekten höhere Konzentrationen an Carotinoiden wie Astaxanthin, α - und β -Carotin, Lutein oder Zeaxanthin. Dies hängt mit ihrer Ernährung zusammen (Zielińska E. et al., 2018).

Insektenfarming

Die Insektenhaltung hat ähnliche Anforderungen wie andere Tierproduktionssysteme. Insekten benötigen Zugang zu Wasser und Futter (Substrat), um Energie und Nährstoffe für das Wachstum bereitzustellen. Über die Massenproduktion von Insekten für Futtermittel und Lebensmittel liegen nur wenige Informationen vor. In europäischen Insektenfarmen werden Insekten in geschlossenen Umgebungen gehalten, in Kästen / Käfigen, in denen die Atmosphäre, das Substrat, das Wasser usw. kontrolliert werden können. Um eine wirtschaftlich rentable und nachhaltige Insektenproduktion zu gewährleisten, müssen das Maß an Mechanisierung, Insektenfutterproduktion, Gebäudeplanung und temperierte Räume angepasst werden. Eines der Hauptelemente der Insektenproduktion ist die Fütterung. Die meisten Insektenarten, die zu Nahrungs- oder Futtermitteln in der ganzen Welt gezüchtet

werden, sind Omnivoren. Die Produktivität von Zuchtinsekten kann jedoch durch eine ausgewogene Ernährung verbessert werden. Automatisierung steigert hierbei die Wettbewerbsfähigkeit. Der Vorteil der Insektenhaltung liegt in der Nutzung einer kleinen Fläche. Um den Platzbedarf für eine maximale Anzahl von Insekten zu minimieren, können sie in mehrstufigen Regalen gehalten werden, die mit möglichst vielen Aufzuchtboxen gefüllt sind, um den Platzbedarf pro Kilogramm produzierten Insekts zu minimieren. Aufzuchtkästen können aus verschiedenen Materialien hergestellt werden, wobei jedoch glatte Oberflächen bevorzugt werden, da diese das Ansteigen der Wände erschweren.

Darüber hinaus ist die Rückverfolgbarkeit, wie bei allen landwirtschaftlichen Erzeugnissen von der Landwirtschaft bis zum Verkauf, von wesentlicher Bedeutung, um die Sicherheit zu erhalten und um mögliche Gefahren oder Krankheitsausbrüche bis zu ihrer Quelle verfolgen zu können. Jede neue Produktionscharge geernteter Insekten muss ordnungsgemäß katalogisiert werden, so dass sie sich auf das Rohmaterial zurückführen lässt, das für die Beschickung und Bewässerung dieser Charge verwendet wurde (Zielińska E. et al., 2018).

Relevanz von Insekten als Nährstoffquelle für Nutztiere

Die gesteigerte Produktion von Vieh, Geflügel und Fischen wird durch die ständig wachsende menschliche Bevölkerung und den Rückgang der für die landwirtschaftliche Erzeugung verfügbaren Flächen hervorgerufen. Dies erfordert höhere Futtermengen mit hochwertigen Nährstoffen, um den Nährstoffbedarf der Nutztiere zu decken. Proteine sollten ein ausreichendes Aminosäureprofil, eine hohe Verdaulichkeit und eine gute Verträglichkeit aufweisen. Zurzeit sind Fisch- und Sojamehl die nützlichsten Proteinquellen in der Viehfütterung. Die Wirtschaftlichkeit der EU-Viehbestände und der Aquakulturbranche ist durch Preisschwankungen bei Sojabohnenmehl sowie immer höhere Preise für Fisch gefährdet. Diese wirtschaftlichen Probleme unterstreichen die strategische Bedeutung der Entwicklung einer alternativen Proteinquelle in der Tierernährung. Insekten könnten eine nachhaltige Lösung sein, um dem dringenden Bedarf nach einer alternativen Quelle für Futtermittel zu begegnen. Die Zucht von Insekten, die für Tierfutter bestimmt sind, ist deswegen seit Jahren Gegenstand von Studien. Insekten sind trotzdem noch nicht zu einem Ersatz für traditionelles Futter auf pflanzlicher Basis geworden. Eine Studie zeigt, dass

Landwirte, Akteure des Agrarsektors und Bürger sich für die Verwendung von Insekten in Futtermitteln, insbesondere für Fische und Geflügel, ausdrücken. Im Gegensatz zu Europa wird Geflügel in Westafrika bereits mit in der Wildnis gesammelten Termiten gefüttert (Zielińska E. et al., 2018).

4.1.2 Untersuchungen in Bezug auf Salmoniden

Nachfolgend sind zwei Untersuchungen beschrieben, welche erste Ergebnisse über die Verwendung von Insekten als Futtermittel bei Fischen generiert haben. Dabei beziehen sich beide Untersuchungen auf Regenbogenforellen. Diese gehören zur Familie der Lachsfische, die auch Salmoniden, Forellenfische oder Edelfische genannt werden. Zu dieser Familie gehören die Lachse, auf die sich diese Arbeit bezieht, aber auch andere Speisefische wie Renken und Äschen gehören dazu.

“Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (Hermetia illucens L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum) diets”

Ziel der Studie

In dieser Studie wurden Regenbogenforellen untersucht, die mit teilweise entfettetem Larvenmehl der „Schwarzen Soldatenfliege“ (Hermetia Illucens, „HI“) gefüttert wurden. Ziel war es dieses Larvenmehl als potenziellen Futterbestandteil in der Ernährung der Regenbogenforelle (Oncorhynchus mykiss) zu bewerten (M. Renna et.al, 2017, S. 1-11).

Aufbau der Studie

In dem ersten Teil der Studie wurden 360 Forellen ($178,9 \pm 9,8$ g mittleres, anfängliches Körpergewicht) in drei Versuchsgruppen (jeweils 4 Behälter mit jeweils 30 Fischen) randomisiert. Die Fische wurden 78 Tage lang mit Futtermitteln gefüttert, die steigende HI-Gehalte enthielten: 0% (HI0, Kontrolldiät), 25% (HI25) und 50% (HI50) als Fischmehlersatz. Dies entspricht einem Einschlussgehalt von 0%, 20% und 40%.

Im zweiten Teil der Studie wurden 36 Forellen in drei Gruppen (jeweils 4 Behälter mit jeweils 3 Fischen) untersucht, um die im lebenden Organismus auftretenden

Verdaulichkeitskoeffizienten (ADC) der gleichen, in der ersten Studie verwendeten, Fütterungsform zu bewerten (M. Renna et.al, 2017, S. 1-11).

Ergebnisse

Die Überlebensrate, die Wachstumsleistung, der Zustand sowie die physikalischen Qualitätsparameter des Rückenfilets wurden durch die Ernährung mit Insekten nicht beeinflusst. Die höchste Aufnahme von HI-Larvenmehl aus der Nahrung erhöhte den Trockensubstanz- und Etherextraktgehalt des Forellen-Rückenfilets. Die Verwendung von HI-Larvenmehl induzierte eine Abnahme wertvoller mehrfach ungesättigter Fettsäuren (PUFA), bei den höchsten Einschlusswerten der HI-Gehalte. Das Insektenmehl verschlechterte die Lipid-Gesundheitsindizes des gleichen Muskels. Die Aufnahme von Insektenmehl aus der Nahrung veränderte die Zottenhöhe des Fisches nicht (M. Renna et.al, 2017, S. 1-11).

“Characterizing alternative feeds for rainbow trout (O. mykiss) by ¹H NMR metabolomics”

Ziel der Studie

Futtermittel werden stetig weiterentwickelt, um die Qualität der Ernährung von Zuchtfischen zu verbessern und die Nachhaltigkeit des Aquakultursektors sicherzustellen. Insekten, Mikroalgen und Hefen sind hierbei Futtermittelkandidaten für neuartige Futtermittel. Daher war es das Ziel der Untersuchung ausgewählte, rein pflanzliche Futtermittel mit pflanzlichen Futtermitteln, denen neuartige Futtermittel zugesetzt wurden, zu vergleichen. Zudem wird die Herkunft und das Potenzial der alternativen Futtermittel für die Fischernährung diskutiert (Roque S. et al., 2018).

Methoden

Es wurde ein Versuch durchgeführt, um die Wachstumsleistungen und Futtermittelverwertungsquoten von pflanzlichen, Insekten-, Spirulina- und Hefe-Futtermitteln zu bestimmen. Die ¹H-NMR-Metabolomik-Profilierung jedes Futters wurde unter Verwendung einer CPMG-Sequenz an polaren Extrakten durchgeführt. Die Spektren wurden verarbeitet

und die Daten mit multivariaten und univariaten Analysen analysiert, um alternative Futtermittel mit pflanzlichen Futtermitteln zu vergleichen (Roque S. et al., 2018).

Ergebnisse

Bei der Suche nach nachhaltigem Futter konzentrierte sich die Studie auf Insekten, Hefe und Spirulina. Dank eines Ansatzes, der auf ungezielter Futtercharakterisierung basiert, wurden zahlreiche frei lösliche Verbindungen hervorgehoben. Einige dieser Verbindungen beeinflussen den Stoffwechsel von Fischen und könnten daher möglicherweise dazu beitragen Unterschiede in der Wachstumsleistung der Fische zu erklären.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Zugabe von Insektenfuttermitteln in die pflanzlichen Futtermittel die Wachstumsleistung von Forellen verbessern kann. Insektenmehl und Hefe sind als gute Kandidaten für die Fischmehl-Substitution bei Regenbogenforellen und Atlantiklachsen eingestuft worden (Roque S. et al., 2018).

4.1.3 Untersuchungen in Bezug auf Geflügel

Nachfolgend sind drei Untersuchungen beschrieben, die erste Ergebnisse über die Verwendung von Insekten als Futtermittel bei Geflügel generiert haben. Dabei beziehen sich die Untersuchungen sowohl auf Masthühner als auch auf Legehennen.

“Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens”

Ziel und Methode

Diese Forschungsarbeit untersuchte die Morphologie des Krummdarms, die enzymatische Aktivität, die Produktion von flüchtigen Fettsäuren und die offensichtliche Verdaulichkeit der Nährstoffe bei Legehennen, die mit einem Larvenmehl der *Hermetia illucens* (HILM) gefüttert wurden. Das Larvenmehl wurde als vollständiger Ersatz von Sojabohnenmehl (SBM) gefüttert (Cutrignelli M. et al., 2018, S. 209-2015).

Ergebnisse

Die mit HILM gefütterten Hühner zeigten ein geringeres Lebendgewicht und eine höhere Inzidenz des vollen Verdauungstrakts als die SBM-Gruppe. Im Duodenum zeigte die Maltase eine höhere Aktivität in der HILM-Gruppe, während die intestinale alkalische Phosphatase (IAP) eine höhere Aktivität in der SBM-Gruppe aufwies. Im Krummdarm hatten die Maltase- und Saccharase eine höhere Aktivität in den HILM-Hennen, während die IAP- und Gamma-Glutamyltransferase eine höhere Aktivität in der SBM-Gruppe hatte. Die HILM-Gruppe zeigte eine höhere Zottenhöhe im Zwölffingerdarm, während das Gegenteil im Jejunum und im Ileum auftrat. Nur im Ileum war die Kryptentiefe in der HILM-Gruppe höher als in der SBM-Gruppe. Die höhere Produktion von Acetat und Butyrat beeinflusste die Gesamtproduktion flüchtiger Fettsäuren der HILM-Gruppe. Die Verdaulichkeit von trockenem und organischem Material sowie von Rohprotein war in der SBM-Gruppe höher. Der vollständige Ersatz von SBM durch HILM in der Legehennenhaltung im Alter von 24 bis 45 Wochen führte zu einer höheren Produktion von Buttersäure, während die enzymatischen Aktivitäten der Bürstensaummembran teilweise reduziert waren. In der Literatur wird berichtet, dass die Einschränkung des Futters und somit die Verringerung der Futterraufnahme zu einer Verringerung einiger Verdauungsenzyme führt, wie Trypsin, Carboxypeptidase A, aber auch Saccharase. Alle diese Studien wurden jedoch an jungen Hühnern (bis zu 42 Tage alt) durchgeführt und die Auswirkungen können auf eine Abnahme der Verdauungsorganmasse zurückgeführt werden, die eine ähnliche Verringerung der Verdauungsaktivität induziert. In den vorliegenden Versuchen erreichten die Hühner die Körperreife und daher könnte die Auswirkung der Futterraufnahme auf die enzymatische Aktivität des Darms weniger wichtig sein. Andere Studien müssen jedoch die Wirkung der Insektenfütterung auf die Enzymaktivität der Bürstengrenze von Legehennen besser klären (Cutrignelli M. et al., 2018).

“Growth performance, blood profiles and carcass traits of Barbary partridge (Alectoris barbara) fed two different insect larvae meals (Tenebrio molitor and Hermetia illucens)”

Ziel

Ziel war es die Auswirkungen von zwei verschiedenen Insektenmahlzeiten (Hermetia illucens, HI- und Tenebrio molitor, TM-Larven) auf die Leistungsfähigkeit und die Blutprofile von „Barbary Rebhühnern“ zu untersuchen (Loponte R. et al., 2017).

Methode

Für diese Untersuchung wurden 90 Rebhühner, im Alter von sieben Tagen, in 5 Gruppen (mit jeweils 6 Replikaten, 3 Rebhühner pro Replikat) eingeteilt. Bis zum 64ten Tag erhielten die Gruppen 5 isoproteische und isoenergetische Diäten: die Kontrollgruppe erhielt eine Sojaschrot-Diät (SBM-Gruppe); In den TM25- und TM50-Gruppen wurden 25% bzw. 50% der SBM-Proteine durch das Protein von TM ersetzt; In HI25- und HI50-Gruppen wurden 25% bzw. 50% SBM durch das Protein aus HI ersetzt (Loponte R. et al., 2017).

Ergebnisse

Die mit TM25 gefütterten Rebhühner erreichten, gemessen am 64ten Tag, ein höheres Lebendgewicht als die Kontrollgruppe. In Anbetracht des gesamten Versuchszeitraums hatten die TM-Gruppen ein günstigeres Futterumwandlungsverhältnis als die aus der Kontrollgruppe. Die Schlachtkörpergewichte aller Insektengruppen waren höher als die der Kontrollgruppe. Das Gewicht des gesamten Verdauungstrakts in der SBM-Gruppe war am höchsten. Ebenso das Gewicht des Blinddarms, die Darm- und Blinddarmlänge. Die SBM-Gruppe wies den höchsten Wert von Albumin / Globulin und Kreatinin auf. TM scheint bei der Verbesserung des Futterumwandlungsverhältnisses wirksamer zu sein als HI. Das verringerte Albumin,-Globulin-Verhältnis in den mit Insektenmehl gefütterten Gruppen konnte auf den Chitingehalt zurückgeführt werden. Dieses Ergebnis wurde jedoch nicht durch die Menge an Chitin beeinflusst (Loponte R. et al., 2017).

“Effects of yellow mealworm larvae (Tenebrio molitor) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology”

Ziel

Das Ziel der Studie war die Bewertung der Wachstumsleistung, der hämatochemischen Parameter, der Darmmorphologie und der histologischen Merkmale von Masthühnern, die mit Futter gefüttert wurden, welches Larvenmehl, hergestellt aus der *Tenebrio molitor* (TM), enthielt (I. Biasato et al., 2017, S. 253-263).

Method

160 Masthühner (Ross 708) im Alter von einem Tag wurden zufällig vier diätetischen Behandlungen zugeteilt: einer Kontrollgruppe (C) und drei TM-Gruppen, mit Larvenmehl (50 (TM50), 100 (TM100) und 150 (TM150) g / kg). Dabei teilte sich die Gruppe auf fünf Ställe mit acht Tieren pro Stall auf. Nach der Bewertung der Wachstumsleistung und der hämatochemischen Parameter wurden nach 40 Tagen zwei Vögel pro Stall geschlachtet und die Schlachtkörpermerkmale aufgezeichnet. Es wurden morphometrische Untersuchungen an Duodenum, Jejunum und Ileum durchgeführt. Zusätzlich wurden histopathologische Veränderungen der Leber, Milz, Thymus, Schleimbeutel von Fabricius, Niere und Herz untersucht (I. Biasato et al., 2017).

Results

Das Lebendgewicht (LW) zeigte eine lineare (12 Tage, $P < 0,05$, Maximum bei TM150) und eine quadratische Reaktion (40 Tage, $P < 0,05$, Maximum bei TM50) auf den Einschluss von TM-Mehl in der Nahrung. Der durchschnittliche tägliche Gewinn (ADG) zeigte als Reaktion auf die Verwendung von TM-Mehl einen linearen Anstieg (112 Tage, $P < 0,05$, Maximum bei TM150).

Bei der täglichen Futtermittelaufnahme (DFI) wurde ein linearer Effekt (1–12 und 12–25 Tage, $P < 0,01$ und $P < 0,05$, Maximum bei TM150 und TM50) beobachtet. Das Futterumwandlungsverhältnis (FCR) zeigte im Zeitraum von 12 bis 25 Tagen eine lineare Reaktion auf die Nutzung von TM-Mehl ($P < 0,01$, Maximum bei TM150). Für das Schlachtkörpergewicht wurde ein quadratischer Effekt ($P < 0,05$, Maximum bei TM50) beobachtet. Das Gewicht und der Prozentsatz des Bauchfetts zeigten eine lineare Reaktion auf das TM-Mehl in der Nahrung ($P < 0,05$ und $P < 0,01$, Maximum bei TM150 und TM100). Bei den Erythrozyten wurde ein quadratischer Anstieg ($P < 0,05$, Maximum bei TM100) beobachtet, während Albumin im Verhältnis zur TM-Nutzung eine lineare und quadratische Abnahme ($P < 0,05$, Minimum bei TM100) zeigte. Die Darmmorphologie und die histopathologischen Befunde wurden durch die TM-haltige Nahrung nicht signifikant beeinflusst ($P > 0,05$). Es konnte jedoch ein negativer Einfluss auf die Darmströmung beobachtet werden. Die vorliegende Studie zeigt, dass steigende Gehalte von TM in Hühnerfuttermitteln das Körpergewicht und die Futtermittelaufnahme verbessern. Es wurden

positive Auswirkungen auf Kadavermerkmale und hämatochemische Parameter im Zusammenhang mit der Verwendung von TM-Mehl beobachtet und es konnte kein negativer Einfluss auf die Darmmorphologie und die histologischen Befunde festgestellt werden (I. Biasato et al., 2017).

4.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel werden die rechtlichen Rahmenbedingungen in der EU und in Deutschland aufgeführt, die relevant sind für die Anwendung von Insekten als Futtermittel bei Nutztieren.

4.2.1 Nationale und europäische Rechtsvorschriften

In Deutschland bilden das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) und die Futtermittelverordnung den Schwerpunkt des nationalen Futtermittelrechts.

Die nationalen Rechtsvorschriften sind an die Vorgaben europäischer Rechtsgrundlagen zum Futtermittelrecht gebunden. Mit den nationalen Rechtsvorschriften werden EU-Verordnungen in nationales Recht umgewandelt.

Zu den nationalen Rechtsvorschriften gehören beispielsweise:

- Das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
- Die Futtermittelverordnung
- Die Futtermittelkontrollleur-Verordnung (BMEL, 2016)

Hierbei gilt für Lebensmittel sowie Futtermittel der gleiche Rechtsrahmen. Zudem besteht für deutsche Futtermittelhersteller eine Vernetzung aus behördlichen und betrieblichen Eigenkontrollen, die im Rahmen der jeweiligen Qualitätsmanagementsysteme durchgeführt werden (Hergenröther, 2019).

Damit die Sicherheit von Futtermitteln in der gesamten Europäischen Union gewährleistet ist, hat sie Verordnungen und Richtlinien erlassen, die alle Stufen der Produktion, Verarbeitung sowie den Vertrieb von Futtermitteln regeln. Diese Verordnungen sind unmittelbar von allen Mitgliedstaaten anzuwenden (Hergenröther, 2019). Die Verordnungen umfassen zudem

Bestimmungen für die Verwendung der Futtermittel, verschiedene Anforderungen bezüglich der Futtermittelhygiene und die Bedingungen für eine Verwendung von Zusatzstoffen bei der Tierernährung (EFSA, efsa.europa.eu, 2019).

Zu den europäischen Rechtsvorschriften gehören beispielsweise:

- Verordnung (EG) Nr. 999/2001 Vorschriften zur Verhütung, Kontrolle und Tilgung bestimmter transmissibler spongiformer Enzephalopathien
- Verordnung (EG) Nr. 183/2005 Vorschriften für Futtermittelhygiene
- Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 Zusatzstoffe in der Tierernährung
- Verordnung (EG) Nr. 882/2004 Kontrollen bezüglich der Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts
- Verordnung (EG) Nr. 178/2002 Lebensmittelrecht, Lebensmittelsicherheit
- Verordnung (EG) Nr. 767/2009 Inverkehrbringen, Verwendung von Futtermitteln
- Verordnung (EU) Nr. 68/2013 Katalog von Einzelfuttermitteln (BMEL, 2016)

Das europäische Futtermittelrecht sorgt für einen einheitlichen Rechtsstandard. Dieser sichert den einzelnen Unternehmen einen unbedenklichen Handelsverkehr auf dem europäischen Binnenmarkt (Hergentröther, 2019).

4.2.2 Tierische Proteine in der Nutztierfütterung

Die Verfütterung tierischer Proteine an Nutztiere wurde nach der BSE-Krise 1994 ab 2001 generell verboten. Seit dem Jahr 2002 unterteilt die EU Nebenprodukte, die bei der Schlachtung anfallen, in drei Kategorien:

1. Risikomaterial
2. Nicht genussfähiges Material
3. Genusstaugliches Material

Die eventuelle Wiedertzulassung von tierischen Proteinen bei Nutztierfutter wird hier auf das Material der dritten Kategorie beschränkt. Dieses Material umfasst Nebenprodukte von

gesund geschlachteten Tieren, die aus wirtschaftlichen oder kulturellen Aspekten nicht für den menschlichen Verzehr verwendet werden.

2013 wurde der Einsatz tierischer Proteine aus der dritten Kategorie (ausschließlich von Nichtwiederkäuern) bei Aquakulturen wieder erlaubt (Verordnung (EU) Nr. 56/2013). Ausgeschlossen bleibt weiterhin die Verfütterung an Wiederkäuer, die Intraspezies-Verfütterung sowie die Verfütterung der Produkte aus der ersten und zweiten Kategorie.

Die EU Kommission arbeitet daran, die Verfütterung tierischer Proteine aus der dritten Kategorie auch in der Geflügelfütterung erneut zu ermöglichen. Da sich die BSE-Situation in Europa mittlerweile erheblich verbessert hat, konnte das Ausfuhrverbot von verarbeitetem tierischem Protein von Wiederkäuern aufgehoben werden. Jedoch darf es kein Fleisch- und Knochenmehl enthalten und nur zu den durch die europäischen Vorschriften zugelassenen Zwecken verwendet werden. Darüber hinaus darf es nur in versiegelten Containern und auf dem direkten Weg von der jeweiligen Verarbeitungsanlage zur Ausgangsstelle aus der Europäischen Union befördert werden (DVT, Dvtiernahrung.de, 2018). Bereits 2010 wurde über die Lockerung des Verfütterungsverbotes diskutiert. Grund hierfür war die Tatsache, dass Landwirte bei der Fütterung von omnivoren Nutztieren, bezüglich der Versorgung mit hochwertigen Proteinen, an ihre Grenzen stießen. Der Freigabe tierischer Proteine für Aquakulturen soll eine Wiederezulassung von verarbeitetem Schweineprotein für die Geflügelfütterung und Geflügelprotein für die Schweinefütterung folgen (LAVES, laves.niedersachsen.de, 2019).

4.2.3 Insekten in der Nutztierfütterung

Seit 2017 ist der Einsatz von verarbeitetem Insektenprotein in Futtermitteln für die Verwendung in Aquakulturen erlaubt (Verordnung (EU) 2017/893). Hierfür wurde die Verfütterungs-Verbotsverordnung 999/2001, später Verordnung (EU) Nr. 56/2013 angepasst. Die Grundlage dafür bildet das EFSA-Gutachten (siehe Kapitel 4.2.4) zum Risikoprofil von Insekten, die als Lebens- und Futtermittel verwendet werden sollen (DVT, Dvtiernahrung.de, 2018). Die neuen Regulierungen beziehen sich nicht auf die Produktion und Verwendung von Insekten, die in frischer oder getrockneter Form an Fische verfüttert werden. Die Zulassung von Insektenproteinen in der Aquakultur ist an strenge Bedingungen geknüpft. Nach Artikel 3 Nummer 6 der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 werden die für die Herstellung von

verarbeitetem, tierischem Protein gezüchteten Insekten als Nutztiere definiert, weswegen sie ebenfalls dem Verfütterungsverbot unterliegen. Daraus folgt ein Verwendungsverbot von Wiederkäuer-Proteinen, Küchen- und Speiseabfällen, Fleisch- und Knochenmehl sowie Gülle zur Fütterung dieser Insekten (gemäß EG 999/2001 und EG 767/2009).

Zu der Änderung der EU-Vorschriften kam es, da laut dem EFSA-Gutachten kein erhöhtes Risiko durch Insektenmehle besteht, wenn die Insekten auf Substraten gezüchtet werden, die keine Wiederkäuermaterialien und/oder menschliche Fäkalien enthalten. Eingesetzt werden demnach Substrate aus Beiprodukten von Schweinen, Geflügel, Fischen und Muscheln sowie Substraten pflanzlicher Herkunft. Diese Substrate wurden erfolgreich getestet und werden in der EU aktuell produziert. Die Produktion von Nutzinsekten muss in speziellen Herstellungsbetrieben erfolgen, welche nach vergleichbaren Prinzipien arbeiten, die schon für andere Futtermittelbetriebe gelten. Insbesondere ist darauf zu achten, Kreuzkontaminationen mit Wiederkäuermaterialien zu vermeiden, um das Risiko für eine Übertragung von Prionen (anormale Proteine, die als Auslöser von Krankheiten wie der Bovine Spongiforme Enzephalopathie (BSE) beim Rind und der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit beim Mensch gelten) gering zu halten. Ein solches Risiko der Kreuzkontamination kann entstehen, wenn ein Betrieb sowohl Insekten- als auch Wiederkäuermaterialien lagert, verfüttert oder verarbeitet. Diese Regularien gelten auch für Nutzinsekten, die aus Nicht-EU Staaten importiert werden.

Die folgenden Insektenarten dürfen derzeit in Europa in verarbeiteter Form in Fischfutter bzw. Mischfuttermitteln für die Aquakulturen eingesetzt werden:

- Soldatenfliege (*Hermetia illucens*)
- Stubenfliege (*Musca domestica*)
- Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*)
- Getreideschimmelkäfer (*Alphitobius diaperinus*)
- Heimchen (*Acheta domesticus*)
- Kurzflügelgrille (*Gryllodes sigillatus*)
- Steppengrille (*Gryllus assimilis*)

Laut des EFSA-Gutachtens gelten diese sieben Arten als nicht pathogen sowie frei von sonstigen nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen, Tieren oder Pflanzen. Zudem gelten diese Insektenarten weder als Vektoren human-, tier- oder pflanzenpathogener Erreger noch als geschützte oder definierte invasive gebietsfremde Arten (KNAQ, 2017). Die EU Mitgliedstaaten müssen seit 2018 aktuelle Listen der gemäß Verfütterungsverbotsverordnung 999/2001 zulassungsbedürftigen Lagerstätten und Betriebe, die verarbeitetes tierisches Protein aus Nutzinsekten herstellen, führen und diese öffentlich zugänglich machen (DVT, Dvtiernahrung.de, 2018). Für eine Insektenproduktion in Deutschland müssen die EU-Rechtsvorschriften, zur Harmonisierung des Wirtschaftsverkehrs und um Handelshemmnisse zu vermeiden, in das nationale Recht aufgenommen werden (KNAQ, 2017).

4.2.4 EFSA-Bewertung

Da die Verwendung von Insekten als Futtermittel zunehmend mehr Interessenten findet, ist die EFSA der Frage nachgegangen, ob es Risiken gibt, die durch Herstellung, Verarbeitung und Verzehr von Insekten als Proteinquelle auftreten. Hierfür hat die EFSA ein Gutachten erstellt, welches auf Daten wissenschaftlicher Veröffentlichungen, Bewertungen aus verschiedenen Mitgliedstaaten und Informationen der betroffenen Interessengruppen basiert. Organisationen wie die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) untersuchten die Möglichkeit der Verwendung von Insekten für Lebens- und Futtermittelzwecke. Darüber hinaus haben Belgien, Frankreich und die Niederlande Risikobewertungen in diesem Zusammenhang durchgeführt (EFSA, 2015). Das Risikoprofil der EFSA bewertet potenzielle biologische und chemische Gefahren sowie Allergenitäts- und Umweltgefahren im Zusammenhang mit Nutzinsekten, die als Lebens- und Futtermittel verwendet werden, unter Berücksichtigung der gesamten Kette vom Anbau bis zum Endprodukt (EFSA Journal, 2015). Dieses Gefährdungspotenzial wird von der EFSA mit dem Gefährdungspotenzial verglichen, welches mit herkömmlichen Quellen tierischer Proteine einhergeht.

Laut des Gutachtens ist die Möglichkeit des Auftretens biologischer und chemischer Gefahren in von Insekten gewonnenen Lebens- und Futtermitteln von folgenden Faktoren abhängig:

- Produktionsverfahren
- Nahrung der Insekten
- Lebenszyklus-Phase, in der die Insekten geerntet werden
- Insektenart
- Verfahren für die weitere Verarbeitung (EFSA, 2015).

Es hat sich gezeigt, dass wenn derzeit zugelassene Futtermittel als Substrat zur Fütterung von Insekten verwendet werden, das Risiko des möglichen Auftretens mikrobiologischer Gefahren mit dem Risiko der anderen nicht verarbeiteten Proteinquellen tierischen Ursprungs vergleichbar ist (EFSA Journal, 2015).

Das Gutachten kommt zu dem Ergebnis das Prionen bei Insekten voraussichtlich mit gleicher oder geringerer Wahrscheinlichkeit als bei herkömmlichen Proteinquellen auftreten, unter der Voraussetzung, dass das verwendete Substrat kein Eiweiß von Menschen oder Wiederkäuern enthält (EFSA, 2015). Daten über die Übertragung chemischer Verunreinigungen von verschiedenen Substraten auf die Insekten sind sehr begrenzt. Gefahren durch Substrate wie Küchenabfälle oder Tierdung müssen speziell bewertet werden. Es wird der Schluss gezogen, dass sowohl die biologischen als auch die chemischen Gefahren, die spezifischen Produktionsmethoden, das verwendete Substrat, das Erntestadium, die Insektenarten und das Entwicklungsstadium sowie die Methoden für die Weiterverarbeitung Einfluss auf das Vorkommen und die Menge von biologischen und chemischen Kontaminanten in Lebens- und Futtermitteln aus Insekten haben (EFSA Journal, 2015). Die Risiken für die Umwelt sind voraussichtlich ebenfalls vergleichbar mit dem Risiko anderer Tierproduktionssysteme. Die bereits bestehenden Strategien im Abfallmanagement sollten sich auch auf die Entsorgung von Abfällen der Insektenproduktion anwenden lassen (EFSA, 2015). In dem Gutachten wurde des Weiteren festgestellt, dass keine systematisch erhobenen Daten zum tierischen und menschlichen Verzehr von Insekten vorliegen. Studien zum Vorkommen von mikrobiellen Erregern bei Wirbeltieren sowie veröffentlichte Daten zu gefährlichen Chemikalien bei aufgezogenen Insekten sind nur begrenzt vorhanden. Eine weitere Datengenerierung zu diesen Themen wird deswegen dringend empfohlen (EFSA Journal, 2015). Die EFSA sieht bei der Verwendung von Insekten als Lebens- und Futtermittel möglicherweise bedeutende Vorteile für die Umwelt, die Wirtschaft sowie die Lebensmittelsicherheit. Besonders die Insektenarten:

Stubenfliegen, Mehlwürmer, Grillen und Seidenraupen weisen für die Verwendung als Futtermittel in der EU ein großes Potenzial auf. Die Europäische Kommission finanziert aus diesem Grund ein Forschungsprojekt, welches die Verwendung von Insektenproteinen als Futtermittel erforscht. Zudem gibt es Überlegungen dazu, wie die Politik diesen Bereich zukünftig gestalten kann, um die Verwendung von Insekten als Lebens- und Futtermittel reflektieren zu können. Um diese Arbeiten zu unterstützen wurde die EFSA mit der Erstellung dieses Gutachtens beauftragt (EFSA, 2015).

4.3 Relevanz und Forschung zum Einsatz von Insekten als Futtermittel in Europa

Weltweit wird untersucht wie Insekten am besten zu Tierfutter verarbeiten werden können. Da Insekten beliebigen organischen Abfall in hochwertiges Eiweiß umwandeln können, stellen sie eine Option dar, mit der die Eiweißproduktion auch innerhalb von Europa gesteigert werden kann. Nachfolgend sind einige Forschungsprojekte aufgeführt, die die Anwendbarkeit von Insekten als Futtermittel untersuchen und die Insektenzucht weiter entwickeln möchten. Hintergrund der Forschung ist der stetig steigende Fleisch- und Fischkonsum, der insbesondere in den Entwicklungsländern besteht. Es landen heutzutage schon 85 Prozent der weltweiten Sojaproduktion im Tierfutter. Ebenso werden rund 20 Millionen Tonnen Meeresfische pro Jahr zu Fischmehl verarbeitet. Diese Menge entspricht ca. einem Viertel der Fangmenge von Fischen und Meeresfrüchten weltweit. Hinzu kommt, dass die Fläche an fruchtbarem Land wegen des Klimawandels und der fortschreitenden Verstädterung abnimmt und die Meere überfischt sind. Dies ließ die Preise in den letzten Jahren für Weizen, Soja und auch Fischmehl explodieren. Die Forscher sehen daher die Insektenzucht als Ausweg. Besonders deshalb, weil Insekten von Lebensmittelabfällen, welche in Europa ausreichend vorhanden sind, ernährt werden könnten.

Die EU fördert aus diesem Grund das Projekt „PROteINSECT“ mit drei Millionen Euro. Das Projekt soll nachweisen, dass Insektenproteine sicher, nachhaltig und wirtschaftlich sind. Forscher befinden das Eiweiß aus Fliegenlarven zudem als hochwertiger als jenes von Sojapflanzen und untersuchen deshalb, wie sich die Massenproduktion der Insekten automatisieren lässt.

Das Forschungsinstitut für biologischen Landbau in der Schweiz hat bereits vor einigen Jahren in einem Projekt untersucht, inwieweit das Fliegenmadenmehl, das Fischmehl in der Forellenzucht ergänzen könnte. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass bis zu 50 Prozent des Fischmehls durch das Madenmehl ersetzt werden kann. Die untersuchten Fische wuchsen mit dem Madenmehl genauso gut, wie die Fische, die weiterhin mit Fischmehl ohne Madenmehlkomponente gefüttert wurden (Irmer, 2013).

Aktuell sind Forscher wie Rainer Benning, Professor für Lebensmitteltechnologie an der Hochschule Bremerhaven, die Universität Göttingen, die Universität Erlangen und das Forschungsinstitut Futtermitteltechnik (IFF) in diesem Gebiet aktiv und sehen Insekten in der Zukunft als wichtigstes Futtermittel auch bei Schweinen und Hühnern an. Ihrer Meinung nach kann Insektenmehl energieeffizient und preisgünstig hergestellt werden. Ebenso wäre die Nachhaltigkeit bei heimisch gezüchteten Futtermitteln größer. Dafür müssen die Insekten jedoch in großen Mengen auf darauf spezialisierten Farmen gezüchtet werden. Bei dem Forschungsprojekt werden Insekten mit Getreide als Nahrungsquelle aufgezogen und anschließend in gemahlener Form an Schweine, Geflügel und Fische verfüttert. Versuche der Universität Göttingen zeigten bereits, dass Hühner, Schweine und Barsche mit dem Futter auf Insektenbasis genauso gut wachsen wie die Tiere, die mit herkömmlichem Futter gefüttert werden. Ziel sei es die Insekten mit Nahrungsmitteln zu füttern, die nicht oder nicht mehr für die Ernährung von Menschen verwendet werden können, beispielsweise Obst und Gemüse, welches optische Mängel aufweist. Auch soll mit der Insektenproduktion der Sojaanbau reduziert werden, da der Sojaanbau für einen massiven Raubbau an der Natur verantwortlich gemacht wird. Der immer weiter steigende Fleischkonsum führt zu einer Ausweitung der Sojaanbauflächen, der wiederum zu einer Abholzung der Regenwälder, insbesondere in Südamerika führt. Die Forscher kritisieren darüber hinaus ebenfalls die Genmanipulation des Sojasaatguts, da es für die heimischen Futtermittelindustrie zunehmend schwieriger wird, Sojaprodukte zu importieren, die nicht genmanipuliert sind (NOZ, 2019).

Ebenso gibt es das österreichische Projekt „FLOY“, welches aktuell von Mai 2018 bis April 2021 läuft. Untersucht wird die Eignung von Larven, welche mit Abfällen aus der Landwirtschaft gezüchtet wurden, um als Futtermittel für Hühner, Schweine und Fische verwendet zu werden.

Ziel ist es Larven als nachhaltiges Eiweißfuttermittel „made in Austria“ zu produzieren. Beteiligt an dem Projekt sind u.a. GLOBAL 2000, Bioforschung Austria, das landwirtschaftliche Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, die Teichwirtschaft Hartl, die Bundesanstalt für Wasserwirtschaft und die Universität für Bodenkultur. Nutztiere wie Rinder, Schweine und Hühner können Reste aus der landwirtschaftlichen Produktionskette, industrielle Karotten- und Kartoffelreste, sowie Saftreste und Getreidereste schlecht verwerten. Insekten können diese Reste hingegen sehr gut als Nahrungsquelle nutzen. Und diese Insekten eignen sich gut



Abbildung 6 FLOY Projekt (GLOBAL 2000, 2019)

als Futtermittel für Hühner, karnivore Fische und Schweine, welche auch in freier Wildbahn Insekten fressen. Dieser Kreislauf trägt zu einer wirtschaftlichen Wertschöpfung innerhalb der Region bei. Als Bedingung sehen die Forscher hier eine regionale Larvenmast anstatt zentraler Mastfabriken. Durch fortlaufende Fütterungsversuche werden Prozesstechniken verbessert und die Forscher prüfen mit welchen Zusammensetzungen die Qualität und ein genügender Zuwachs der Larve erzielt werden kann. In diesem Zusammenhang wird ebenfalls untersucht, wie die Insekten verarbeitet werden können, um sie als haltbargemachtes Futtermittel inklusive ihrer wichtigen Inhaltsstoffe zu nutzen. Um als Fischfuttermittel zum Einsatz

kommen zu können, muss das Insektenfuttermittel spezielle Sink-Eigenschaften aufweisen, damit die Raubfische dieses Futter annehmen. Hierzu werden verschiedene Versuche in der Herstellung des Futters durchgeführt. Um die ökologischen Aspekte zu untersuchen, wird am Ende eine Lebenszyklusanalyse gemacht. Hierfür werden Inhaltsstoffe des Ausgangssubstrats, der Larven und der Restsubstrate analysiert. Darüber hinaus werden Treibhausgas-Messungen bei der Larvenzucht und bei den mit Larven gefütterten Hühnern durchgeführt. Zudem wird abschließend auch eine ökonomische Bewertung vorgenommen, um nachzuweisen ob Insekten ein wirtschaftlich rentables Futtermittel sind (GLOBAL 2000, 2019).

4.4 Beispiele von Insektenzucht-Unternehmen

Andere Länder haben bereits Unternehmen die Insekten züchten, um sie als Futtermittel zu verwerten. In Kanada gibt es den Testbetrieb „Enterra“ welcher bereits Fliegen zu diesem Zweck züchtet. Ihre größte Herausforderung sei die Automatisierung der Zucht gewesen. Mittlerweile verfüttern sie eine Lebensmittelrestemischung an die Insekten. Diese besteht zu 85 Prozent aus Früchten und Gemüse und zu 15 % aus Brot, Brauereiabfällen und Fischresten. Zwei Wochen lang werden die Fliegenlarven herangezogen. Ein Teil dieser Larven (in etwa 1%) darf sich zu Fliegen weiterentwickeln, um neue Larven zu generieren. Der Rest der Larven wird zu Tierfutter verarbeitet. Enterra wandelt pro Jahr 36.000 Tonnen Abfall in 1.800 Tonnen Madenmehl sowie 1.000 Tonnen Öl um. Zusätzlich dazu produzieren sie 3.000 Tonnen Dünger aus den Larvenexkrementen. Dies bedeutet, dass Enterra nicht nur eiweißreiche Futtermittel für die Landwirtschaft produziert, sondern auch dazu beiträgt Nährstoffe aus Lebensmitteln zurück zu gewinnen, die anderweitig ungenutzt blieben. Dies führt zu einem nachhaltigen Kreislauf, der versucht die gegebenen Ressourcen optimal auszunutzen. Viele solcher Testbetriebe nutzen für ihre Zucht die Schwarze Soldatenfliege *Hermetia illucens*. Die Larven dieser Fliegenart bestehen aus 42% Eiweiß und 35% Fett. Sie können darüber hinaus ungesättigte Fettsäuren wie Omega-3 anreichern, welche für die Nutztierfütterung von Bedeutung sind. Die schwarze Soldatenfliege verdrängt bei einer ausreichend hohen Populationsdichte unerwünschte Insektenarten, wie die Frucht- und Stubenfliegen fast vollständig. Zudem unterdrücken sie die Ausbreitung von Bakterienarten wie *Escherichia coli* und Salmonellen im Substrat.

Auch das südafrikanische Unternehmen *Agriprotein* optimiert ihre Fliegenzucht stetig. *Agriprotein* hat zusammen mit der Stellenbosch-Universität mehrere Proteinvergleichsstudien durchgeführt. Hierfür haben sie bereits den *African Innovation Price* gewonnen.

In China fressen viele Hühner bereits solche gezüchteten Insektenlarven. Die chinesischen Bauern können sogar ihre Tiere zu einem höheren Preis anbieten, da viele ihrer Abnehmer davon überzeugt sind, dass die mit Insekten gefütterten Hühner einen besseren Geschmack aufweisen (Irmer, 2013).

Auch in Europa werden immer mehr Insekten gezüchtet. Das niederländische Unternehmen Protix entwickelte ein neues Futtermittel für Lachsfarmen. Das bisher gängige Futtermittel bestand zu großen Teilen aus Fischmehl. Dieses Fischmehl stammt häufig aus Fischen, die keinen Abnehmer finden. Es werden daher einige Fische nur zu dem Zweck gefangen, um sie anschließend an Lachse zu verfüttern, welche wiederum zu den Fischarten gehören, die von den Verbrauchern gekauft werden. Aus diesem Grund entwickelte auch Protix ein Futter aus der schwarzen Soldatenfliege, mit dem Ergebnis, dass die Lachse das Futter aus den Fliegen anderen Futtermitteln vorzogen. Da Lachse in etwa 2,5 Jahre wachsen führte Protix seine Futtermitteltests über einen Zeitraum von vier Jahren durch, da viele Unternehmer in der Lachszucht keine Futtermittel ausprobieren möchten, die nur wenige Monate getestet wurden. Ziel ist es den Einsatz von Fischmehl zu reduzieren. Protix verweist dabei auch auf den Aspekt, dass die Fische aus denen Fischmehl hergestellt werden, Rückstände von Chemikalien, von Mikroplastik und von Toxinen enthalten können. Um das Eiweiß aus dem Fischmehl zu ersetzen, können die Futtermittel auf Insektenbasis verwendet werden. Einzig das Fischöl, welches über viele wichtige Fette verfügt, lässt sich noch nicht so einfach ersetzen. Dennoch arbeiten Unternehmen wie DSM und Evonik bereits an Alternativen zu Fischöl. Der gesamte Bedarf an Fischmehl lässt sich derzeit noch nicht durch alternative Futtermittel decken. Dies benötigt noch weitere Entwicklungen hinsichtlich der Massenproduktion. Da Futtermittel auf Insektenbasis noch neu sind, ist ihr Preis bisher etwas teurer als Fischmehl. Es wird jedoch damit gerechnet, dass Fischmehlpreise auf Grund der Überfischung steigen werden und der Bedarf an Lachs gleichzeitig zunimmt. Dies könnte für eine steigende Verwendung von Insekten in der Lachszucht sorgen. Ein wichtiger Aspekt für die Wahl des Futtermittels ist der Geschmack des damit erzeugten Lebensmittels. Protix kam zu dem

Ergebnis, dass der Geschmack ihres mit Insekten gefütterten Lachses nicht beeinflusst wurde. Dies wurde durch Blindversuche bewiesen, bei denen keiner der Tester einen Unterschied zu den konventionell gefütterten Lachsen erkennen konnte. Durch die vorgenommene Freigabe von Futtermitteln auf Insektenbasis in Aquakulturen durch die EU im Jahre 2017 stieg die Nachfrage nach solchen Futtermitteln rasch an. Protix interessiert sich in diesem Zuge nun für die Fütterung von Forellen und Shrimps in Aquakulturen und glaubt an ein großes Potenzial der neuen Nahrungsmittelkategorie, auch in der Verwendung bei Hühnern (Brady, 2018).

In Deutschland hat die Wiesenhof-Konzernmutter PHW ebenfalls Interesse an der Insektenfütterung bei Hühnern geäußert. Geplant ist auf Soja verzichten zu können und stattdessen Alternativen, wie die Schwarze Soldatenfliege, als Proteinquelle bei der Geflügelhaltung zu verwenden. Aus diesem Grund beteiligt sich PHW an dem zuvor erwähnten kanadischen Projekt Enterra, die in diesem Bereich forschend tätig ist. Die Verwendung hinge jetzt maßgeblich von den Richtlinien der EU ab, die solche Futtermittel in der Geflügelhaltung erst genehmigen müsste (NDR, 2018).

5. Umfrage zur Konsumentenakzeptanz

Während sich Aspekte, wie die rechtliche Zulassung bestimmter Futtermittel, die Forschung zu den Zuchtbedingungen und die industrielle Massenproduktion weiterentwickeln und an gegebene Bedingungen angepasst werden, ist die Konsumentenakzeptanz ein Aspekt, der sich nicht innerhalb einer kurzen Zeitspanne revolutionieren lässt. Selbst wenn alle Rahmenbedingungen optimal sind und die Verwendung von Insekten als Futtermittel aus wissenschaftlicher Sicht eine gute Möglichkeit darstellt, würde dies wenig nützen, wenn die Verbraucher keine tierischen Erzeugnisse kaufen, die zuvor mit Insekten gefüttert wurden. Aus diesem Grund beinhaltet diese Arbeit auch eine Umfrage zu der Akzeptanz durch den Konsumenten. Ziel dabei war es über eine Befragung herauszufinden, inwieweit das eingesetzte Futtermittel überhaupt interessant für den Konsumenten ist, ob die Konsumenten generell Produkte solcher Art kaufen würden und ob sich ihre Bereitschaft hierzu verändert, wenn sie ein paar ausgewählte und dennoch knappe Informationen zu dem Thema erhalten. Darüber hinaus konnten die Konsumenten angeben, welcher Aspekt sie am ehesten vor dem Kauf der Produkte abhalten würde. Die „Produktpalette“ wurde hierbei ebenfalls auf Lachs- und Hühnerprodukte beschränkt. Die Ergebnisse der Umfrage werden im Folgenden dargestellt.

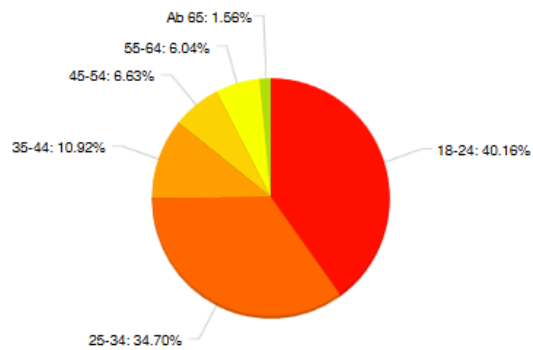
Es wurden 571 Personen befragt. Von den Teilnehmern haben 513 den gesamten Fragebogen (siehe Anhang) beantwortet. Die Auswertung beinhaltet nur die Angaben der Personen, die den ganzen Bogen ausfüllten. Die rot-gelben Grafiken beziehen sich jeweils auf die gesamten 513 Teilnehmer, während sich die blauen Grafiken auf ausgewählte Teilnehmergruppen beziehen.

Betrachtet man das Alter der Teilnehmer, so zeigt sich, dass 74,9 % höchstens 34 Jahre alt sind. Somit wird die Umfrage von jüngeren Teilnehmern dominiert. Von den 513 Personen sind 290 Weiblich (56,5 %) und 219 (42,7 %) männlich. Bei Betrachtung des Bildungsabschlusses der teilnehmenden Personen, zeigt sich, dass 89,1 % mindestens eine Fachhochschulreife besitzen oder einen höheren Bildungsabschluss (36,3 % Bachelor, Master oder höher).

Die Gruppe der Teilnehmer setzt sich wie folgt zusammen:

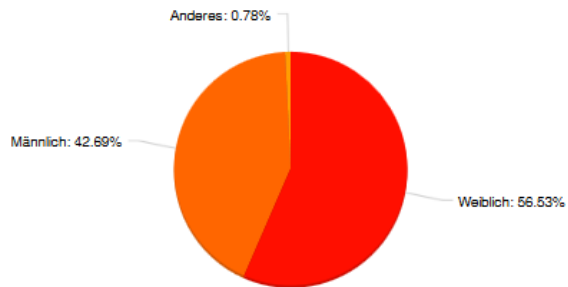
➤ Alter der Teilnehmer

- 206 (40.2%): 18-24
- 178 (34.7%): 25-34
- 56 (10.9%): 35-44
- 34 (6.6%): 45-54
- 31 (6.0%): 55-64
- 8 (1.6%): Ab 65



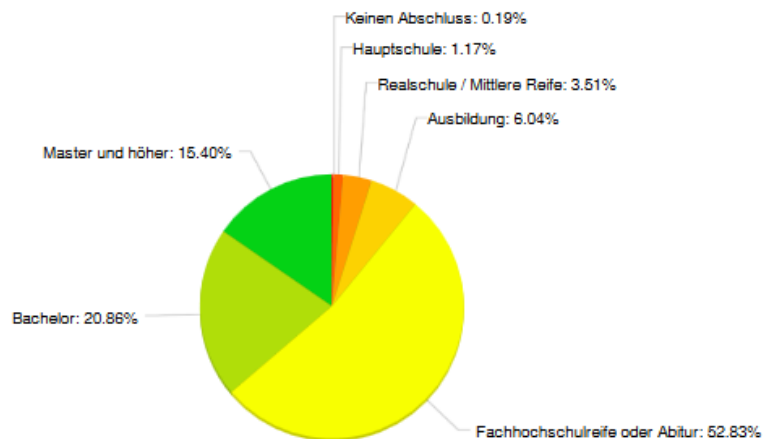
➤ Geschlecht der Teilnehmer

- 290 (56.5%): Weiblich
- 219 (42.7%): Männlich
- 4 (0.8%): Anderes



➤ Höchster Bildungsabschluss der Teilnehmer

- 1 (0.2%): Keinen Abschluss
- 6 (1.2%): Hauptschule
- 18 (3.5%): Realschule / Mittlere Reife
- 31 (6.0%): Ausbildung
- 271 (52.8%): Fachhochschulreife oder Abitur
- 107 (20.9%): Bachelor
- 79 (15.4%): Master und höher

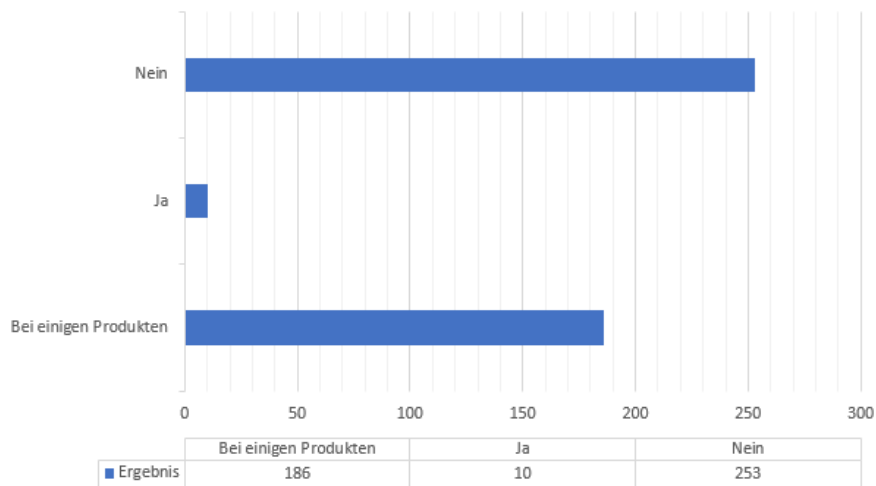


Es wurde zunächst erfragt, ob die Konsumenten generell Produkte aus Lachs bzw. Hühnerfleisch verzehren. Nur wenn die Teilnehmer diese Frage mit „Ja“ beantworteten, wurden ihre Angaben bezüglich des Verzehrs von Produkten, die mit Insekten gefüttert

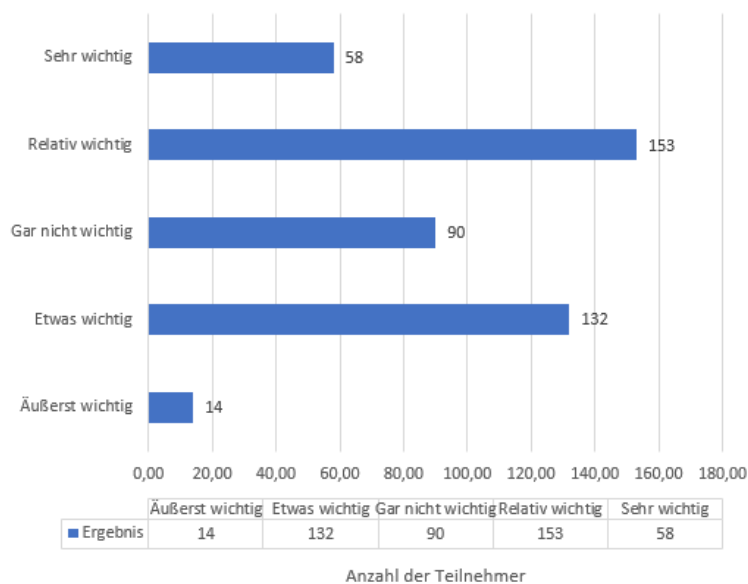
wurden, ausgewertet. Die Antworten von beispielsweise Veganern und Vegetariern wurden in Hinblick auf andere Forschungsfragen berücksichtigt.

449 Teilnehmer sind Entscheidungsträger beim Einkauf und verzehren Produkte aus Hühnern und/oder Lachs. Die folgenden Antworten beziehen sich auf diese Gruppe der Teilnehmer. Es zeigte sich, dass ein Großteil der Befragten nicht oder nur bei einigen Produkten weiß, mit welchen Futtermitteln Hühner und Lachse gefüttert werden. Dabei ist das Futtermittel bei der Kaufentscheidung aber nur 90 Teilnehmern überhaupt nicht wichtig. Kenntnisse über die Verwendung von Insektenprotein in der Nutztierfütterung haben dazu nur 18 der Befragten.

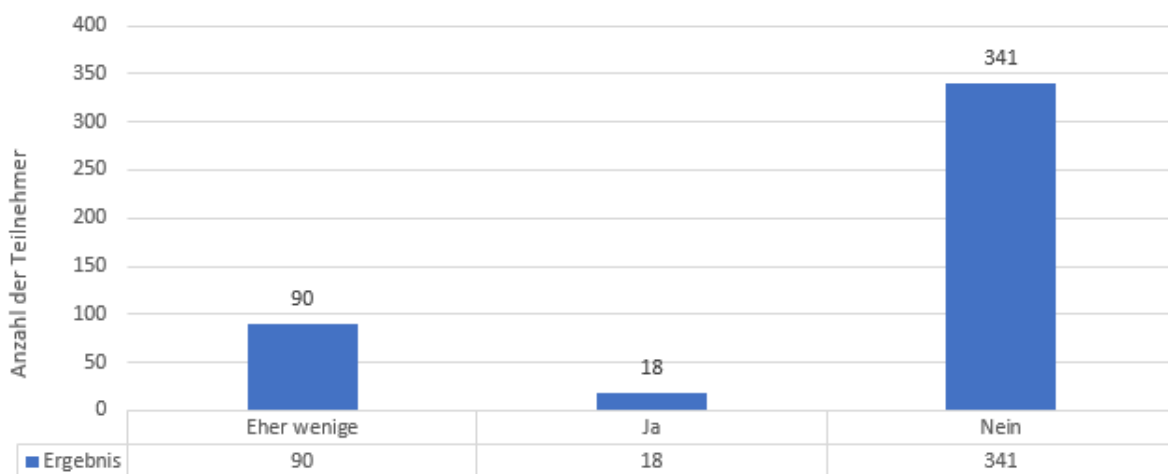
Wissen Sie, mit welchen Futtermitteln die Hühner und Lachse, deren Erzeugnisse Sie kaufen, gefüttert wurden?



Wie wichtig ist das bei den Produkten verwendete Futtermittel für Sie bei Ihrer Kaufentscheidung?



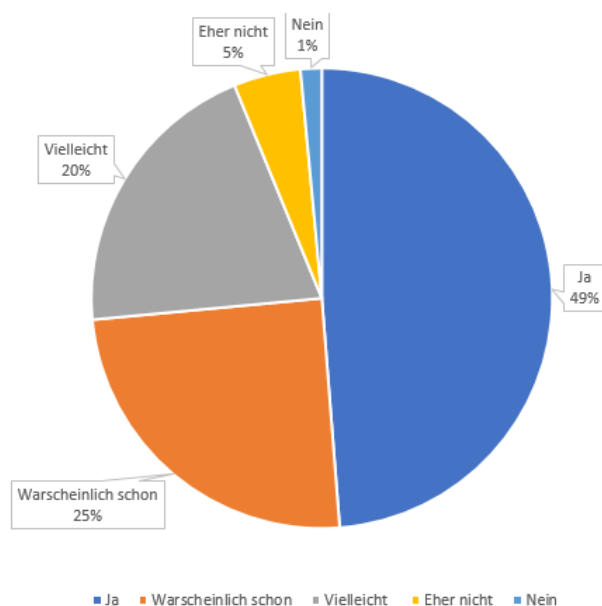
Haben Sie bereits Kenntnisse über die Verwendung von Insektenproteinen in der Fütterung von Nutztieren?



Auswertung Geflügel

Betrachtet man die Fragen nach Geflügelfleisch, zeigt sich, dass 404 Teilnehmer mindestens gelegentlich Produkte aus Hühnerfleisch essen. Von diesen Personen können sich 49 % definitiv und 25 % wahrscheinlich schon vorstellen, auch Hühnerfleisch zu verzehren, wenn die Hühner auch mit Insektenprotein gefüttert würden. Nur 6 % können sich eher nicht oder gar nicht vorstellen in diesem Fall das Hühnerfleisch zu verzehren.

Können Sie sich vorstellen Produkte aus Hühnerfleisch zu verzehren, wenn die Hühner u.a. mit Insektenproteinen gefüttert wurden?



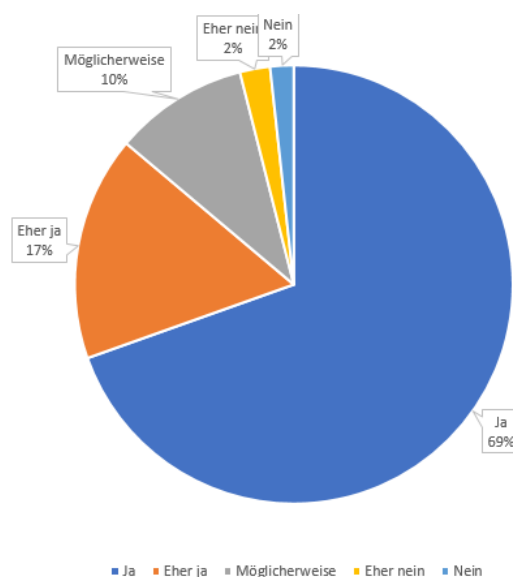
Informationstext der Umfrage

Zur Zeit werden viele Nutztiere mit Futtermitteln wie Soja und Fischmehl gefüttert. Soja beansprucht viel Ackerfläche, die dadurch nicht für andere Pflanzen, Gemüse oder Obstplantagen genutzt werden kann. In Aquakulturen werden Fische, die tierisches Protein benötigen, mit Fischmehl gefüttert. In vielen Fällen stammt das Fischmehl aus Wildfang, der eigens für diesen Zweck betrieben wird. Hierfür werden viele Fische gefangen, deren Bestände bereits überfischt sind.

Insektenprotein enthält nützliche Nährstoffe und ist für die Fütterung von Lachs und Hühnern geeignet. Insektenzucht kann unabhängig von Agrarflächen betrieben werden. Die Insekten werden unter strengen hygienischen Bedingungen gezüchtet und kommen dabei selbst nur mit hygienischen Lebensmittelresten in Berührung, die z.B. aus der Lebensmittelindustrie stammen. Ausgewachsene Insekten werden, ähnlich wie im Winter, stetig sinkenden Temperaturen ausgesetzt, wodurch diese versterben. Anschließend können die Insekten zu Mehl oder ähnlichem verarbeitet werden, um sie an Bauernhöfe oder Fischzuchten zu verkaufen.

Nachdem der vorstehende Text gelesen wurde, waren die Antworten der Teilnehmer folgendermaßen:

Können Sie sich unter den beschriebenen Aspekten vorstellen, Hühnerfleisch zu verzehren, wenn dieses mit nachhaltig und hygienisch hergestellten Insektenproteinen gefüttert wurde?

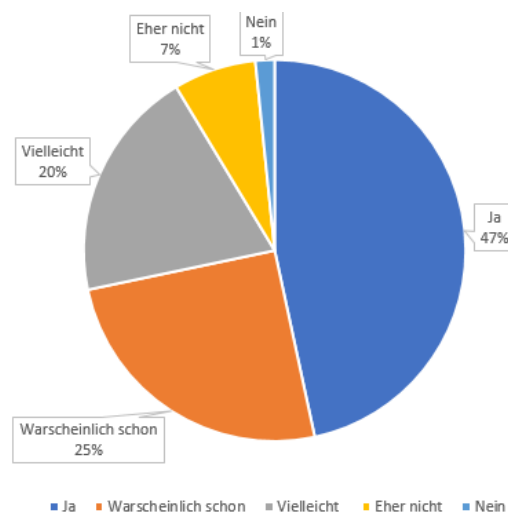


Während zuerst 279 Teilnehmer mit „ja“ und „wahrscheinlich schon“ geantwortet haben, wuchs die Teilnehmeranzahl, die den Verzehr befürwortet nach dem kurzen Informationstext auf 348 an. Auch die Anzahl der Teilnehmer die für „nein“ oder „eher nicht“ gestimmt haben, sank von 6% auf 4%.

Auswertung Lachs

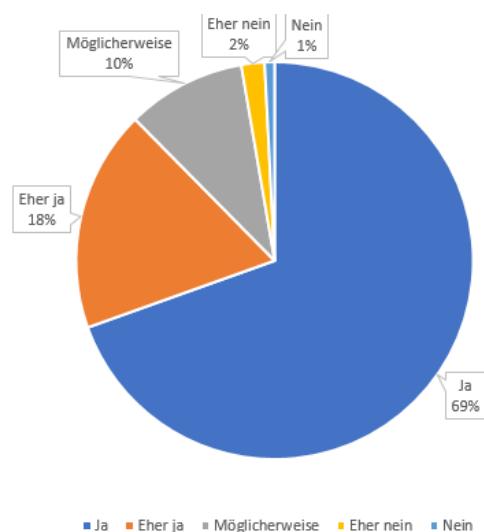
Die Auswertung des Produkts Lachs ergab, dass 371 Teilnehmer mindestens gelegentlich Produkte aus Lachs essen. Hier ist die Verteilung der Angaben bei der Frage, ob die Befragten sich vorstellen könnten Lachsprodukte zu verzehren, wenn die Lachse mit Insektenprotein gefüttert wurden, sehr ähnlich wie bei der Auswertung vom Hühnerfleisch.

Können Sie sich vorstellen Lachsprodukte aus Aquakulturen zu verzehren, wenn die Lachse u.a. mit Insektenproteinen gefüttert wurden?



Nachdem der Text hier gelesen wurde, waren die Antworten:

Können Sie sich unter den beschriebenen Aspekten vorstellen, Lachs aus Aquakulturen zu verzehren, wenn dieser mit nachhaltig und hygienisch hergestellten Insektenproteinen gefüttert wurde?



Auch in Hinblick auf die Lachsprodukte antworteten zuerst 266 Teilnehmer mit „ja“ und „wahrscheinlich schon“. Diese Teilnehmeranzahl, die den Verzehr nach dem kurzen Informationstext befürwortet stieg auch hier auf 325 Teilnehmer an. Die Anzahl der Teilnehmer die für „nein“ oder „eher nicht“ gestimmt haben, sank sogar von 8% auf 3%. Die Anzahl der unentschlossenen Teilnehmer halbierte sich jeweils von 20% auf 10%. Die Werte lassen darauf schließen, dass sich mehr unentschlossene Teilnehmer für den Verzehr dieser Produkte entschieden haben, als gegen den Verzehr.

Anschließend wurden die 449 Teilnehmer danach gefragt, welche Aspekte sie von einem Kauf dieser Produkte abhalten würde. Hierbei waren den Teilnehmern die Aspekte: Preis, Geschmackliche Veränderung und das Gesundheitsrisiko mit Abstand die wichtigsten Kriterien.

Welcher Aspekt würde Sie am ehesten vom Kauf solcher Fleisch- oder Fischprodukte abhalten?



30 Teilnehmer haben zusätzlich persönliche Aspekte benannt, die folgend zusammengefasst und sinngemäß zitiert sind:

Kein Aspekt würde mich von einem Kauf solcher Produkte abhalten = 7 Teilnehmer

Insekten sind kein artgerechtes Futter für Hühner und Lachse = 3 Teilnehmer

Befürchtung einer einseitigen Ernährung der Nutztiere = 2 Teilnehmer

Bevorzugung von Wildfischen, teurem Fleisch oder Fleischreduktion = 3 Teilnehmer

Massenproduktion sollte nicht unterstützt werden = 3 Teilnehmer

Bevorzugung regionaler Produkte = 1 Teilnehmer

Ökologische Aspekte = 2 Teilnehmer

Fütterung von Insekten ungewohnt = 3 Teilnehmer

Große Umstellung der Landwirtschaft, Produktion = 2 Teilnehmer

Rückstände im Futter der Insekten = 1 Teilnehmer

Rückverfolgbarkeit/ Herkunft = 1 Teilnehmer

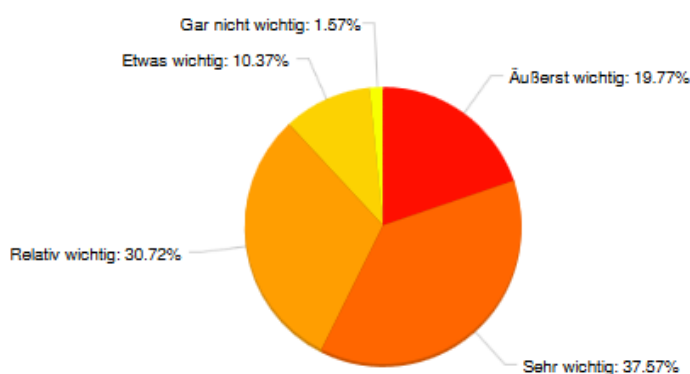
Unbekannte Nachteile für Mensch, Tier und Umwelt = 1 Teilnehmer

Angst vor Folgen eventuell aus der Zucht ausgebrochenen Insekten = 1 Teilnehmer

Diese Aspekte sind allerdings sehr vielschichtig und es ist keine klare Tendenz eines dominierenden Aspektes erkennbar.

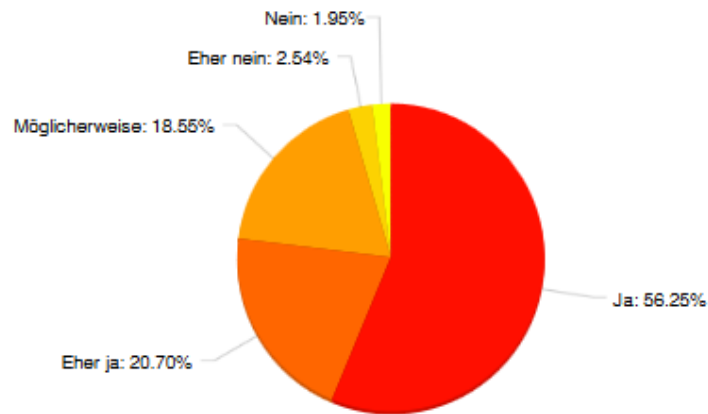
Bei den folgenden Fragen wurden erneut die Antworten aller Teilnehmer, unabhängig von ihrer Ernährungsweise, berücksichtigt.

Wie wichtig ist Ihnen Nachhaltigkeit beim Lebensmitteleinkauf?



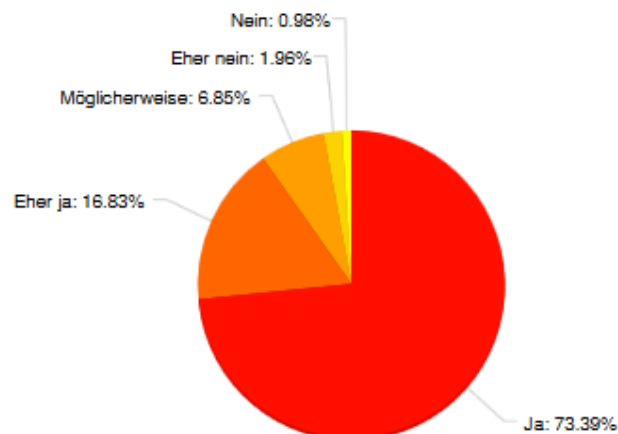
88,06% der Teilnehmer finden Nachhaltigkeit beim Einkauf relativ bis äußerst wichtig. Gerade einmal 11,94 % ist dieser Aspekt nur etwas bis gar nicht wichtig. Die Antworten stammen somit größtenteils von Personen, für die der Nachhaltigkeitsaspekt von Produkten von Bedeutung ist.

Halten Sie die Verwendung von Insektenproteinen als Ersatz oder Ergänzung zu anderen Futtermitteln, wie z.B. Fischmehl für sinnvoll?



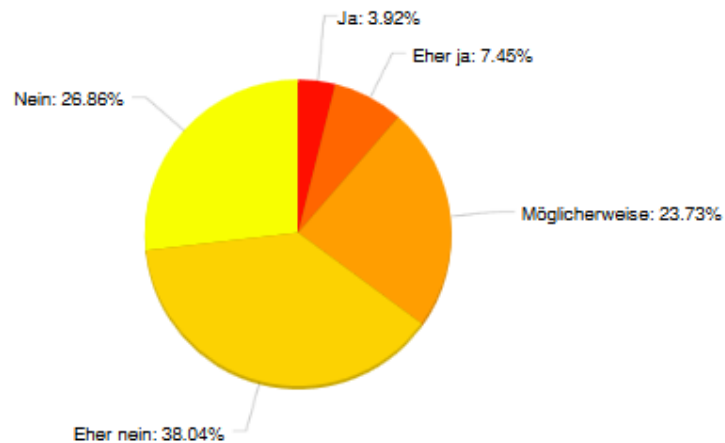
Unabhängig davon, ob die Teilnehmer Fisch, Geflügel oder generell tierische Produkte verzehren oder selbst einkaufen würden, haben 76,95% Teilnehmer angegeben, dass sie die Verwendung von Insekten als Futtermittel sinnvoll finden. Lediglich 18,55% waren sich in Hinblick auf die Sinnhaftigkeit unsicher.

Würden Sie es befürworten, wenn hygienisch hergestellte Produktionsreste aus der Lebensmittelindustrie für die Aufzucht von Insekten genutzt werden, um weniger Lebensmittel zu verschwenden?



90,22% der Teilnehmer halten es für sinnvoll, Lebensmittelreste, die bei der Industriellen Lebensmittelherstellung anfallen, für die Aufzucht von Insekten zu nutzen. Lediglich 2,94% sind von der Idee nicht überzeugt.

Halten sie die Verwendung von eigens dafür gezüchteten Insekten als Futtermittel generell für bedenklich?



Am Ende der Umfrage hielten 11,37% der Teilnehmer die Verwendung von Insekten als Futtermittel generell für bedenklich. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass die Mehrheit der Teilnehmer mit 64,9% die Verwendung von Insekten in der Nutztierfütterung nicht als bedenklich ansieht.

6. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass Insekten eine Quelle für viele Nährstoffe sind. Die meisten Insektenarten sind Proteinquellen mit essentiellen Aminosäuren, Fettsäuren (Omega-3), den meisten Mineralien und den meisten B Vitaminen. Proteine aus essbaren Insekten besitzen neben ihren ernährungsphysiologischen Eigenschaften auch funktionelle Eigenschaften, die bei der Formulierung und Verarbeitung von Lebensmitteln eine wichtige Rolle spielen. Die niedrigen Treibhausgasemissionen und ein geringer Trinkwasser- und Biomasseverbrauch sprechen für die Insektenzüchtung. Außerdem können Insekten bei der Verwertung von Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie hilfreich sein und ihre Fäkalien können als biologische Düngemittel verwendet werden.

Rund 20 Millionen Tonnen Meeresfische pro Jahr werden zu Fischmehl verarbeitet. Diese Menge entspricht ca. einem Viertel der Fangmenge von Fischen und Meeresfrüchten weltweit. Das Forschungsinstitut für biologischen Landbau kam zu dem Ergebnis, dass bis zu 50 Prozent des Fischmehls durch Madenmehl ersetzt werden kann. Die untersuchten Fische wuchsen mit dem Madenmehl genauso gut. Diese Aussage wird durch die zitierten Studien zu der Anwendung von Insekten als Futtermittel in Aquakulturen bestätigt. Diese zeigten, dass die Ergänzung von Insektenfuttermitteln zu den pflanzlichen Futtermitteln die Wachstumsleistung von Forellen verbessern konnte. Es konnte nachgewiesen werden, dass Fischmehl in der Nahrung durch ein teilweise entfettetes HI-Larvenmehl mit bis zu 50% Substitution (40% der Aufnahme in die Ernährung) ersetzt werden kann, ohne dass dies Auswirkungen auf die Wachstumsleistung, den Zustand, die physikalischen Qualitätsparameter und die Darmmorphologie hat.

Trotzdem stehen die Produzenten immer noch vor dem Problem des Chitingehalts. Um als Fischfuttermittel zum Einsatz kommen zu können, muss das Insektenfuttermittel dazu auch spezielle Sink-Eigenschaften aufweisen. Daher sind weiterführende Forschungen zu diesem Gebiet erforderlich. Der Preis für Futtermittel auf Insektenbasis ist bislang noch höher als der Preis für Fischmehl. Insbesondere gilt dies für Insektenmehl, da sich die Produktionsketten von Insekten noch in einer Entwicklungsphase befinden. Es wird jedoch damit gerechnet, dass

Fischmehlpreise auf Grund der Überfischung steigen werden, der Bedarf an Lachs gleichzeitig zunimmt. Dies könnte für eine steigende Verwendung von Insekten in der Lachszucht sorgen. Forscher sehen Insekten in der Zukunft als wichtigstes Futtermittel auch bei Schweinen und Hühnern an. Ihrer Meinung nach kann Insektenmehl energieeffizient und preisgünstig hergestellt werden. Ebenso wäre die Nachhaltigkeit bei heimisch gezüchteten Futtermitteln größer. Dafür müssen die Insekten jedoch in großen Mengen auf darauf spezialisierten Farmen gezüchtet werden. Versuche der Uni Göttingen zeigten bereits, dass Hühner, Schweine und Barsche mit dem Futter auf Insektenbasis genauso gut wachsen wie die Tiere, die mit herkömmlichem Futter gefüttert werden. Auch die zitierten Studien, die an Hühnern durchgeführt wurden, zeigten, dass ein steigender Anteil von TM-Mehl in der Nahrung das Körpergewicht, die Gewichtszunahme und die Nahrungsaufnahme der Hühner verbessern kann. Es wurden zudem positive Verhaltensweisen und hämatochemische Parameter beobachtet. Im Hinblick auf die Wachstumsleistung wirkten sich die TM-Larven auf die Verbesserung des Futterumwandlungsverhältnisses effektiver aus als die HI-Larven. Weitere Studien sind jedoch erforderlich, um das optimale Niveau der Aufnahme von beispielsweise *H. Illucens* mit der Nahrung zu ermitteln, um negative Auswirkungen auf die Futterraufnahme und die Verdaulichkeit der Nährstoffe sowie die positiven Auswirkungen auf das Verdauungssystem der Hühner auszugleichen.

Trotz der vielen positiven Aspekte gibt es eine Reihe von Problemen, die bewältigt werden müssen. Es sollten Massenzüchtungssysteme entwickelt werden, bei denen die Produktion automatisiert und die Zuchtparameter optimiert werden. Darüber hinaus sollte eine tierärztliche Kontrolle durchgeführt werden. Die Art und Weise, wie Insekten gezüchtet werden, wirkt sich auf ihren Preis aus. Die große Anzahl von Untersuchungen zum gesundheitlichen Nutzen essbarer Insekten, die mit deren Verzehr einhergehen, erhöht jedoch auch das Interesse an der Entwicklung innovativer Technologien zur Ausweitung des Einsatzes von Insekten in Lebens- oder Futtermitteln.

Seit 2017 ist der Einsatz von verarbeitetem Insektenprotein in Futtermitteln für die Verwendung in Aquakulturen erlaubt (Verordnung (EU) 2017/893). Zu der Änderung der EU-Vorschriften kam es, da laut dem EFSA-Gutachten kein erhöhtes Risiko durch Insektenmehle besteht, wenn die Insekten auf Substraten gezüchtet werden, die keine

Wiederkäuermaterialien und/oder menschliche Fäkalien enthalten. Eingesetzt werden demnach Substrate aus Beiprodukten von Schweinen, Geflügel, Fischen und Muscheln sowie Substraten pflanzlicher Herkunft. Diese Substrate wurden erfolgreich getestet und werden in der EU aktuell produziert. Folgend dürfen diese Insektenarten als Fischfutter in Aquakulturen verwendet werden: Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), Stubenfliege (*Musca domestica*), Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*), Getreideschimmelkäfer (*Alphitobius diaperinus*), Heimchen (*Acheta domesticus*), Kurzflügelgrille (*Gryllodes sigillatus*) und Steppengrille (*Gryllus assimilis*). Laut des EFSA-Gutachtens gelten diese sieben Arten als nicht pathogen sowie frei von sonstigen nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen, Tieren oder Pflanzen. Zudem gelten diese Insektenarten weder als Vektoren human-, tier- oder pflanzenpathogener Erreger noch als geschützte oder definierte invasive gebietsfremde Arten.

In Deutschland hat beispielsweise die Wiesenhof-Konzernmutter PHW Interesse an der Insektenfütterung bei Hühnern geäußert. Geplant ist auf Soja verzichten zu können und stattdessen Alternativen, wie die Schwarze Soldatenfliege, als Proteinquelle bei der Geflügelhaltung zu verwenden. Aus diesem Grund beteiligt sich PHW an dem zuvor erwähnten kanadischen Projekt Enterra, die in diesem Bereich forschend tätig ist. Die Verwendung hinge jetzt maßgeblich von den Richtlinien der EU ab. Diese müsste dafür Insekten in der Geflügelhaltung erlauben. Auch die deutschen Rechtsvorschriften müssen, die in der EU festgelegten Richtlinien in das nationale Recht aufnehmen.

Da Insekten beliebigen organischen Abfall in hochwertiges Eiweiß umwandeln können, stellen sie eine Option dar, mit der die Eiweißproduktion auch innerhalb von Europa gesteigert werden kann. Da die Fläche an fruchtbarem Land wegen des Klimawandels und der fortschreitenden Verstädterung abnimmt und die Meere überfischt sind, stiegen die Preise für Weizen, Soja und auch Fischmehl in den letzten Jahren kontinuierlich. Die Forscher sehen daher die Insektenzucht als Ausweg. Besonders deshalb, weil Insekten von Lebensmittelabfällen, welche in Europa ausreichend vorhanden sind, ernährt werden könnten. Ziel sei es demnach die Insekten mit Nahrungsmitteln zu füttern, die nicht oder nicht mehr für die Ernährung von Menschen verwendet werden können, beispielsweise Obst und Gemüse, welches optische Mängel aufweist. Auch soll mit der Insektenproduktion der Sojaanbau reduziert werden, da der Sojaanbau für einen massiven Raubbau an der Natur

verantwortlich gemacht wird. Der immer weiter steigende Fleischkonsum führt zu einer Ausweitung der Sojaanbauflächen, der wiederum zu einer Abholzung der Regenwälder führt. Die Forscher kritisieren darüber hinaus ebenfalls die Genmanipulation des Sojasaatguts, da es für die heimischen Futtermittelindustrie zunehmend schwieriger wird, Sojaprodukte zu importieren, die nicht genmanipuliert sind. Zudem können Nutztiere wie Rinder, Schweine und Hühner Reste aus der landwirtschaftlichen Produktionskette, industrielle Karotten- und Kartoffelreste, sowie Saftreste und Getreidereste schlecht verwerten. Insekten können diese Reste hingegen sehr gut als Nahrungsquelle nutzen. Es können so nicht nur eiweißreiche Futtermittel für die Landwirtschaft produziert, sondern auch Nährstoffe aus Lebensmitteln zurückgewonnen werden, die anderweitig ungenutzt blieben. Dieser Kreislauf trägt zu einer wirtschaftlichen Wertschöpfung bei.

Dieser Aspekt erhielt in der Konsumentenbefragung eine Zustimmung von rund 90 % der Teilnehmer. Die Ergebnisse der Umfrage sprechen für einen Einsatz von Insekten als Futtermittel. Die Mehrheit der Konsumenten, ca. 70 %, zeigte sich dazu bereit Erzeugnisse jener Art zu kaufen. Diese Bereitschaft stieg nach einem kurzen Informationstext noch einmal deutlich an, auf ca. 90 %. Dennoch halten 11,37 % der Teilnehmer die Verwendung für bedenklich. Dies könnte sich verändern, wenn mehr zum Thema Sicherheit und Nutzen der Insekten im Futtermittel geforscht wird und Konsumenten über die Ergebnisse informiert werden.

7. Fazit und Ausblick

Die Sichtung der Untersuchungen ergibt, dass sich Insekten als Futtermittel für Geflügel und Salmoniden in Aquakulturen eignen. Insektenmehle können demnach eine sinnvolle Bereicherung der Rohstoffpalette sein, um den Nährstoffbedarf insbesondere den des Eiweißes der Nutztiere zu decken. Durch eine gezielte Auswahl der verwendeten Substrate, die der Aufzucht der Insekten dienen, können die Insekten zudem eine Schlüsselrolle im Nährstoff-Futtermittel-Kreislauf darstellen. Es geht kein höheres Gesundheitsrisiko von Erzeugnissen aus den mit Insekten gefütterten Nutztieren aus, als dies bei herkömmlichen Futtermitteln in der Nutztierversorgung der Fall ist. Hierbei haben sich geeignete Substrate in der Produktion von verschiedenen Insekten als erfolgreich erwiesen. Darüber hinaus gelten Haltung und Verzehr von Insekten auch unter ethischen- und Tierschutzaspekten als wenig problematisch. Auf Grund der Ergebnisse der durchgeführten Umfrage zur Konsumentenakzeptanz, kann davon ausgegangen werden, dass der Einsatz von Insekten als Futtermittel keinen negativen Einfluss auf die Kaufentscheidung hat. Abschließend kann von einer technologischen Realisierung der Insektenzucht, ihrer Verarbeitung zu Futtermitteln sowie einer artgerechten Ernährungsform für Geflügel und Salmoniden ausgegangen werden. Überdies lassen sich keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Nutztiere durch Fütterung mit Insektenmehlen feststellen, was die Anwendbarkeit dieses Futtermittels unterstreicht.

Dennoch müssen weitere Forschungen zu der Massenproduktion von Insekten und der genauen Mischfutterzusammensetzung erfolgen. Auch die Auswirkungen solcher Futtermittelbestandteile auf die Verdauung der Nutztiere sollte zukünftig näher untersucht werden, um die Futtermittelzusammensetzung bestmöglich auf die Nutztiere anpassen zu können. Gesetzliche Bestimmungen müssen je nach Forschungsstand angepasst und erweitert werden. Auf welche Weise Lebensmittel/-reste für die Insektenfütterung Verwendung finden gilt es weiterhin zu diskutieren. Durch eine umfassende Informationsdarbietung und Vermittlung dieser Erkenntnisse könnten Konsumenten mehr über neuartige Futtermittel und ihre Vorteile erfahren. Dies hat das Potenzial die Akzeptanz der Konsumenten gegenüber Insekten als Futtermittel bei Geflügel und Salmoniden zusätzlich zu steigern. Insekten als Futtermittel bei Nutztieren einzusetzen kann sich langfristig als sinnvolle Strategie etablieren.

Literaturverzeichnis

- Biologie-Schule. (2019). *biologie-schule.de*. (C. Kubb, Herausgeber) Abgerufen am 30. 06 2019 von <http://www.biologie-schule.de/huhn-steckbrief.php>
- BLE, B. f. (01. 07 2015). Abgerufen am 06. 07 2019 von Oekolandbau.de: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/tier/spezielle-tierhaltung/fische/fuetterung/>
- BLE, B. f. (03 2018). *Ble.de*. (B. f. Ernährung, Hrsg.) Abgerufen am 05. 07 2019 von https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Futter/2018BerichtFuttermittel.pdf;jsessionid=C899CD12A2AAF7D2CA3EE18B9248FECF.1_cid335?__blob=publicationFile&v=6
- BMEL, B. f. (09. 05 2016). *Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)*. Abgerufen am 02. 07 2019 von https://www.bmel.de/DE/Tier/Tierernaehrung/_texte/FuttermittelGesetzeVerordnungen.html
- Brady, H. (07. 02 2018). *Nationalgeographic.de*. (F. N. Deutschland), Herausgeber) Abgerufen am 08. 07 2019 von <https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2018/02/insekten-statt-fischmehl-gut-fuer-lachse-gut-fuer-den-planeten>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (20. 09 2016). *Oekolandbau.de*. (B. f. Ernährung, Herausgeber) Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/vorratsschaedlinge/mehlkaefer-tenebrio-molitor-familie-schwarzkaefer/>
- Cutrignelli M. et al., M. M. (04 2018). Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. *Veterinary Science*, 117, Seiten 209-2015. (E. B.V., Hrsg.) Abgerufen am 09. 07 2019
- DVT. (01 2017). *Dvtiernahrung.de*. (D. V. V., Hrsg.) Abgerufen am 05. 07 2019 von https://www.dvtiernahrung.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=662&u=0&g=0&t=1559908466&hash=13fa3b6fda2658e91b0e69fe346ace4e7f842d3a&file=/fileadmin/Dokument_e_ab_07_2013/Aktuelles/Aktuelles_2017/2017_01_17_DVT-FuFakt_EW-Versorgung_Nutztiere.pdf
- DVT. (2018). *Dvtiernahrung.de*. (D. V. e.V., Hrsg.) Abgerufen am 30. 06 2019 von https://www.dvtiernahrung.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=38&u=0&g=0&t=1559573376&hash=ac4a3e17e4ab5ebb7b250db91b65c8f5dc5f11af&file=/fileadmin/Dokumente_ab_07_2013/Aktuelles/Aktuelles_2018/2018_05_30_DVT-Position_Tierische_Proteine.pdf
- DVT. (2019). *Dvtiernahrung.de*. (D. V. (DVT), Herausgeber) Abgerufen am 03. 07 2019 von <https://www.dvtiernahrung.de/aktuell/futterfakten/die-futtermittelbranche.html?referer=www.dvtiernahrung.de%2Fpresse%2Fpressemitteilungen%2Fpressemeldungen-singleview%2Farticle%2Fneu-futtermittel-tabellarium-2012-agrarwirtschaft-und-futtermittelbranche-in>
- DVT. (01 2019). *Dvtiernahrung.de*. (D. V. V., Herausgeber) Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.dvtiernahrung.de/aktuell/futterfakten/futtermittel-fuer-nutztiere.html>

- EFSA Journal. (8. 10 2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. (E. Journal, Hrsg.) Abgerufen am 20. 07 2019 von <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- EFSA, E. B. (08. 10 2015). *efsa.europa.eu*. Abgerufen am 02. 07 2019 von <https://www.efsa.europa.eu/de/press/news/151008a>
- EFSA, E. B. (2019). *efsa.europa.eu*. Abgerufen am 02. 07 2019 von <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/animal-feed>
- Fiege, T. W. (2019). *Insektenwirtschaft.de*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://insektenwirtschaft.de/speseinsekten/>
- Fischlexikon. (2019). *Fischlexikon.eu*. (J. Westhauser, Herausgeber, & WESO Software GmbH) Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.fischlexikon.eu/fischlexikon/biologie/familie.php?familie=Salmonidae>
- GLOBAL 2000. (2019). *Global2000.at*. (U. G. Austria, Herausgeber) Abgerufen am 06. 07 2019 von <https://www.global2000.at/insekten-als-futtermittel>
- Hergenröther, A. (2019). *Kali-gmbh.com*. (K. K. GmbH, Herausgeber) Abgerufen am 02. 07 2019 von http://www.kali-gmbh.com/dede/healthcare_nutrition/feed/eu-futtermittelrecht.html
- I. Biasato et al., L. G. (12 2017). Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. (E. B.V., Hrsg.) *Animal Feed Science and Technology*(234), S. 253-263. Abgerufen am 09. 07 2019
- Irmer, J. (18. 12 2013). *Spektrum.de*. (S. d. mbH, Herausgeber) Abgerufen am 06. 07 2019 von <https://www.spektrum.de/news/der-kluge-bauer-fuettert-den-wurm/1218316>
- KNAQ, K. A. (17. 07 2017). *www.knaq-sh.de*. Abgerufen am 02. 07 2019 von <https://www.knaq-sh.de/aktuell/news/2017/insekten-futtermittel.html>
- Landbauforschung. (2008). vTI Agriculture and Forestry Research. *Landbauforschung*(Sonderheft 322), S. 150. Abgerufen am 04. 07 2019 von https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk040960.pdf
- LAVES. (2019). *laves.niedersachsen.de*. (N. L. Lebensmittelsicherheit, Herausgeber) Abgerufen am 02. 07 2019 von https://www.laves.niedersachsen.de/futtermittel/analytik_zusammensetzung/das-verfuetterungsverbot-wird-gelockert---die-kontrolle-nicht-127519.html
- LAVES. (2019). *laves.niedersachsen.de*. (N. L. Lebensmittelsicherheit, Herausgeber) Abgerufen am 03. 07 2019 von <https://www.laves.niedersachsen.de/aktuelles/73612.html>
- Loponte R. et al., N. S. (04 2017). Growth performance, blood profiles and carcass traits of Barbary partridge (*Alectoris barbara*) fed two different insect larvae meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*). *Veterinary Science*, 115, Seiten 183-188. (E. B.V., Hrsg.) Abgerufen am 09. 07 2019
- M. Renna et.al, A. S. (01. 07 2017). Evaluation of the suitability of a partiallydefatted black soldier fly (*Hermetia illucens*L.) larvae meal as ingredient for rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss*Walbaum) diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, S. 1-13. Abgerufen am 22. 07 2019

- NDR, N. R. (22. 08 2018). *Ndr.de*. Abgerufen am 08. 07 2019 von https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Wiesenhof-setzt-auf-Insekten-als-Tierfutter,wiesenhof662.html
- NOZ, N. O. (09. 04 2019). (P. D. Elstermann, Herausgeber) Abgerufen am 06. 07 2019 von <https://www.noz.de/deutschland-welt/gut-zu-wissen/artikel/1701611/insekten-als-futter-fuer-schweine-und-huehner>
- OroVerde, Die Tropenwaldstiftung. (2019). *www.regenwald-schuetzen.org*. Abgerufen am 07. 08 2019 von <https://www.regenwald-schuetzen.org/regenwald-wissen/regenwald-zerstoerung/>
- Rau, C. (2019). *Exosnacks.de*. (E. GmbH, Herausgeber) Abgerufen am 30. 06 2019 von https://www.exosnacks.de/epages/78771339.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/78771339/Categories/Insekten/Mehlwuermer&ViewAction=ViewPaged
- Roque S. et al., D. C.-C. (27. 11 2018). Characterizing alternative feeds for rainbow trout (*O. mykiss*) by 1H NMR metabolomics. *Metabolomics*, 14. (S. US, Hrsg.) Abgerufen am 09. 07 2019
- Schlagenhauser, C. (2012). *Kakerlakenparade.de*. (C. Schlagenhauser, Herausgeber) Abgerufen am 30. 06 2019 von <http://www.kakerlakenparade.de/impressum.html>
- Spektrum Akademischer Verlag. (1999). *Spektrum.de*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/nutztiere/47048>
- Spektrum Akademischer Verlag. (2001). *Spektrum.de*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.spektrum.de/lexikon/ernaehrung/omnivoren/6543>
- Spektrum Akademischer Verlag. (2001). *Spektrum.de*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.spektrum.de/lexikon/ernaehrung/carnivora/1523>
- St. Anne Stiftung. (2013). *Naturlexikon-bayern.de*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <http://naturlexikon-bayern.de/lexikon/tiere/huehner-co/haushuhn/>
- The Cochrane Collaboration. (2011). *handbook.cochrane.org*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <http://handbook-5-1.cochrane.org/>
- Velten, M. S., & Liebert, P. D. (01. 08 2018). *Proteinmarkt.de*. (G.-A.-U. Göttingen, Herausgeber) Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://proteinmarkt.de/fachartikel/kw31-larven-der-schwarzen-soldatenfliege-hermetia-illucens-als-potentieller-proteinlieferant-in-der-schweine-und-gefluegelernaehrung/>
- Verein Aquarium Zürich. (04. 08 2019). *www.vaz.ch*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <http://www.vaz.ch/wissen/fischkunde/verdauungstrackt/index.html>
- Willig, H.-P. (2019). *Biologie-seite.de*. Abgerufen am 30. 06 2019 von <https://www.biologie-seite.de/stnfo.php>
- Zielińska E. et al., K. M. (01. 02 2018). Edible Insects as Source of Proteins. In: *Mérillon JM., Ramawat K. (eds) Bioactive Molecules in Food, Reference Series in Phytochemistry*. (S. I. AG, Hrsg.) Abgerufen am 09. 07 2019

Anhang

Originalfragebögen der Umfrage

Umfrage zur Konsumentenakzeptanz von Futtermitteln aus Insektenproteinen

Seite 1

Sehr geehrte Damen und Herren,

in dieser Umfrage werden Sie zum Thema Insektenprotein in Futtermitteln sowie ihrem Konsumverhalten befragt. Hierbei beschränken sich die Fragen auf den Konsum von Geflügelfleisch und Lachs.

Bitte nehmen Sie nur Teil, wenn sie älter als 18 Jahre alt sind. Die Beantwortung der Fragen wird etwa 5 Minuten dauern.

Vielen Dank!

Mit besten Grüßen
Sarah Peschke (HAW Hamburg)

Bei Fragen können Sie mich kontaktieren unter:
sarah.peschke@haw-hamburg.de

Die Befragung verläuft anonym und ihre Daten werden gemäß dem deutschen Recht sicher und datenschutzkonform behandelt.

Seite 2

Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen nach bestem Gewissen, es gibt dabei keine "richtigen" oder "falschen" Antworten.

Los geht's!

Verzehren Sie gelegentlich Hühnerfleisch, wie z.B. Hähnchenbrustfilet, Aufschnitt/Wurst oder ähnliches?

- ja
 nein

Verzehren Sie gelegentlich Lachs aus Aquakulturen, wie z.B. tiefgekühltes Lachsfilet, Räucherlachs oder ähnliches?

- ja
 nein

Sind Sie Entscheidungsträger beim Einkauf von Fleisch und/oder Fisch?

(Sind Sie die Person, die auswählt, was in Ihrem Haushalt verzehrt wird?)

- Ja
- Gelegentlich
- Nein

Seite 3

Wissen Sie, mit welchen Futtermitteln die Hühner und Lachse, deren Erzeugnisse Sie kaufen, gefüttert wurden?

- Ja
- Bei einigen Produkten
- Nein

Wie wichtig ist das bei den Produkten verwendete Futtermittel für Sie bei Ihrer Kaufentscheidung?

- Äußerst wichtig
- Sehr wichtig
- Relativ wichtig
- Etwas wichtig
- Gar nicht wichtig

Haben Sie bereits Kenntnisse über die Verwendung von Insektenproteinen in der Fütterung von Nutztieren?

- Ja
- Eher wenige
- Nein

Seite 4

Können Sie sich vorstellen Produkte aus Hühnerfleisch zu verzehren, wenn die Hühner u.a. mit Insektenproteinen gefüttert wurden?

- Ja
- Wahrscheinlich schon
- Vielleicht
- Eher nicht
- Nein

Können Sie sich vorstellen Lachsprodukte aus Aquakulturen zu verzehren, wenn die Lachse u.a. mit Insektenproteinen gefüttert wurden?

- Ja
- Wahrscheinlich schon
- Vielleicht
- Eher nicht
- Nein

Wie wichtig ist Ihnen Nachhaltigkeit beim Lebensmitteleinkauf?

- Äußerst wichtig
- Sehr wichtig
- Relativ wichtig
- Etwas wichtig
- Gar nicht wichtig

Seite 5

Sie haben die erste Hälfte dieser Umfrage bereits beantwortet. Vielen Dank!

Lesen Sie kurz den nachfolgenden Text, bevor Sie mit der Umfrage fortfahren:

Zur Zeit werden viele Nutztiere mit Futtermitteln wie Soja und Fischmehl gefüttert. Soja beansprucht viel Ackerfläche, die dadurch nicht für andere Pflanzen, Gemüse oder Obstplantagen genutzt werden kann. In Aquakulturen werden Fische, die tierisches Protein benötigen, mit Fischmehl gefüttert. In vielen Fällen stammt das Fischmehl aus Wildfang, der eigens für diesen Zweck betrieben wird. Hierfür werden viele Fische gefangen, deren Bestände bereits überfischt sind.

Insektenprotein enthält nützliche Nährstoffe und ist für die Fütterung von Lachs und Hühnern geeignet. Insektenzucht kann unabhängig von Agrarflächen betrieben werden. Die Insekten werden unter strengen hygienischen Bedingungen gezüchtet und kommen dabei selbst nur mit hygienischen Lebensmittelresten in Berührung, die z.B. aus der Lebensmittelindustrie stammen. Ausgewachsene Insekten werden, ähnlich wie im Winter, stetig sinkenden Temperaturen ausgesetzt, wodurch diese versterben. Anschließend können die Insekten zu Mehl oder ähnlichem verarbeitet werden, um sie an Bauernhöfe oder Fischzuchten zu verkaufen.

Halten Sie die Verwendung von Insektenproteinen als Ersatz oder Ergänzung zu anderen Futtermitteln, wie z.B. Fischmehl für sinnvoll?

- Ja
- Eher ja
- Möglicherweise
- Eher nein
- Nein

Können Sie sich unter den beschriebenen Aspekten vorstellen, Hühnerfleisch zu verzehren, wenn dieses mit nachhaltig und hygienisch hergestellten Insektenproteinen gefüttert wurde?

- Ja
- Eher ja
- Möglicherweise
- Eher nein
- Nein

Können Sie sich unter den beschriebenen Aspekten vorstellen, Lachs aus Aquakulturen zu verzehren, wenn dieser mit nachhaltig und hygienisch hergestellten Insektenproteinen gefüttert wurde?

- Ja
- Eher ja
- Möglicherweise
- Eher nein
- Nein

Seite 6

Würden Sie es befürworten, wenn hygienisch hergestellte Produktionsreste aus der Lebensmittelindustrie für die Aufzucht von Insekten genutzt werden, um weniger Lebensmittel zu verschwenden?

- Ja
- Eher ja
- Möglicherweise
- Eher nein
- Nein

Welcher Aspekt würde Sie am ehesten vom Kauf solcher Fleisch- oder Fischprodukte abhalten?

- Preis (Neue Verfahren wirken sich auf den Preis aus)
- Gesundheitsrisiko (Angst vor Krankheiten, die sich von Insekten, über das Fleisch, auf den Menschen übertragen könnten)
- Nährwerte für das Tier (Pflanzeneiweiße wie aus der Sojapflanze sollten bevorzugt werden)
- Tierschutz (Insekten müssen gezüchtet und getötet werden, um Proteine zu gewinnen)
- Geschmackliche Veränderung des Fleisches/Fisches
- Andere Aspekte

Halten sie die Verwendung von eigens dafür gezüchteten Insekten als Futtermittel generell für bedenklich?

- Ja
- Eher ja
- Möglicherweise
- Eher nein
- Nein

Seite 7

Fast geschafft!

Welches ist Ihr Geschlecht?

- Weiblich
- Männlich
- Anderes

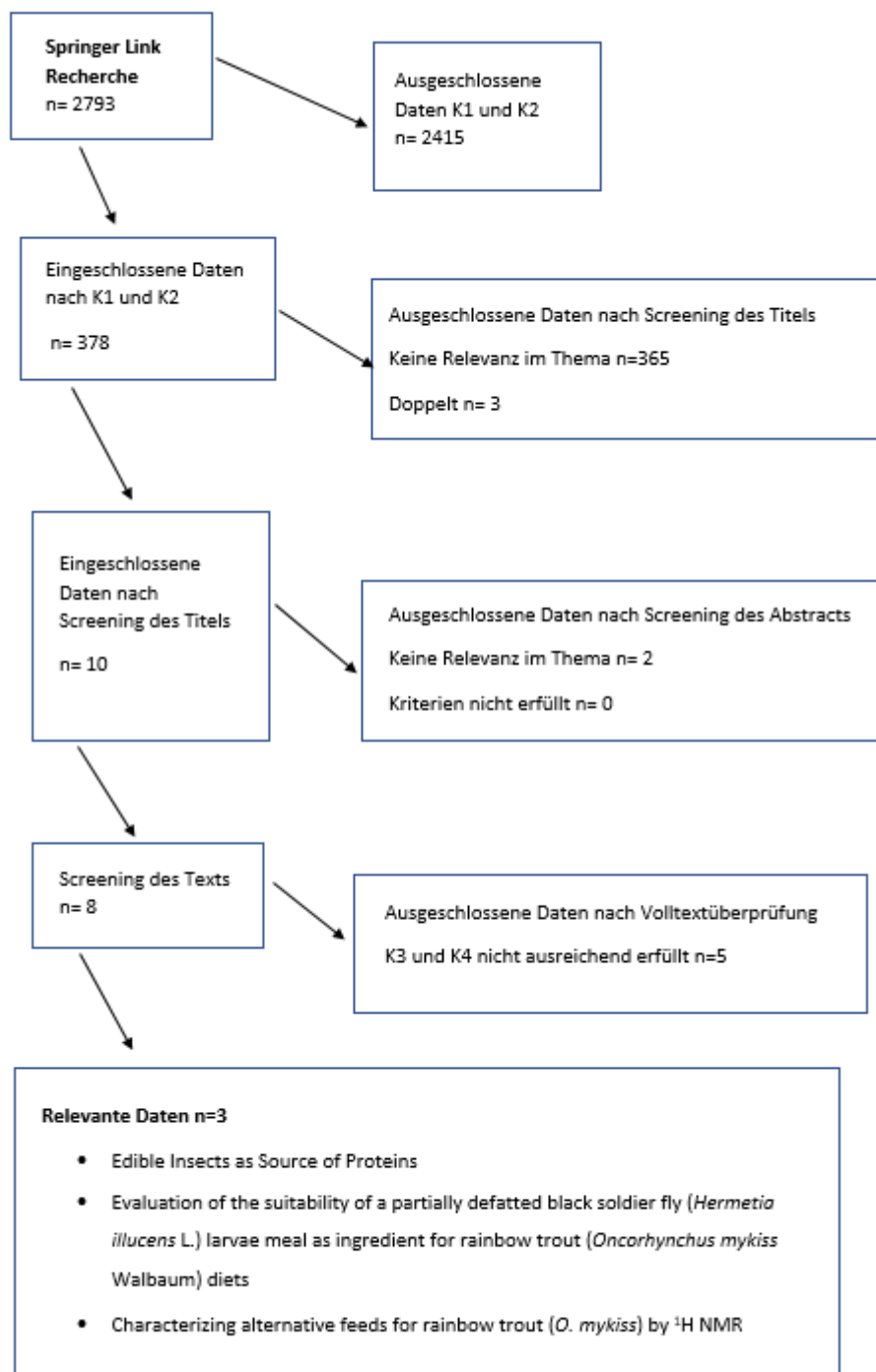
Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

- Keinen Abschluss
- Hauptschule
- Realschule / Mittlere Reife
- Ausbildung
- Fachhochschulreife oder Abitur
- Bachelor
- Master und höher

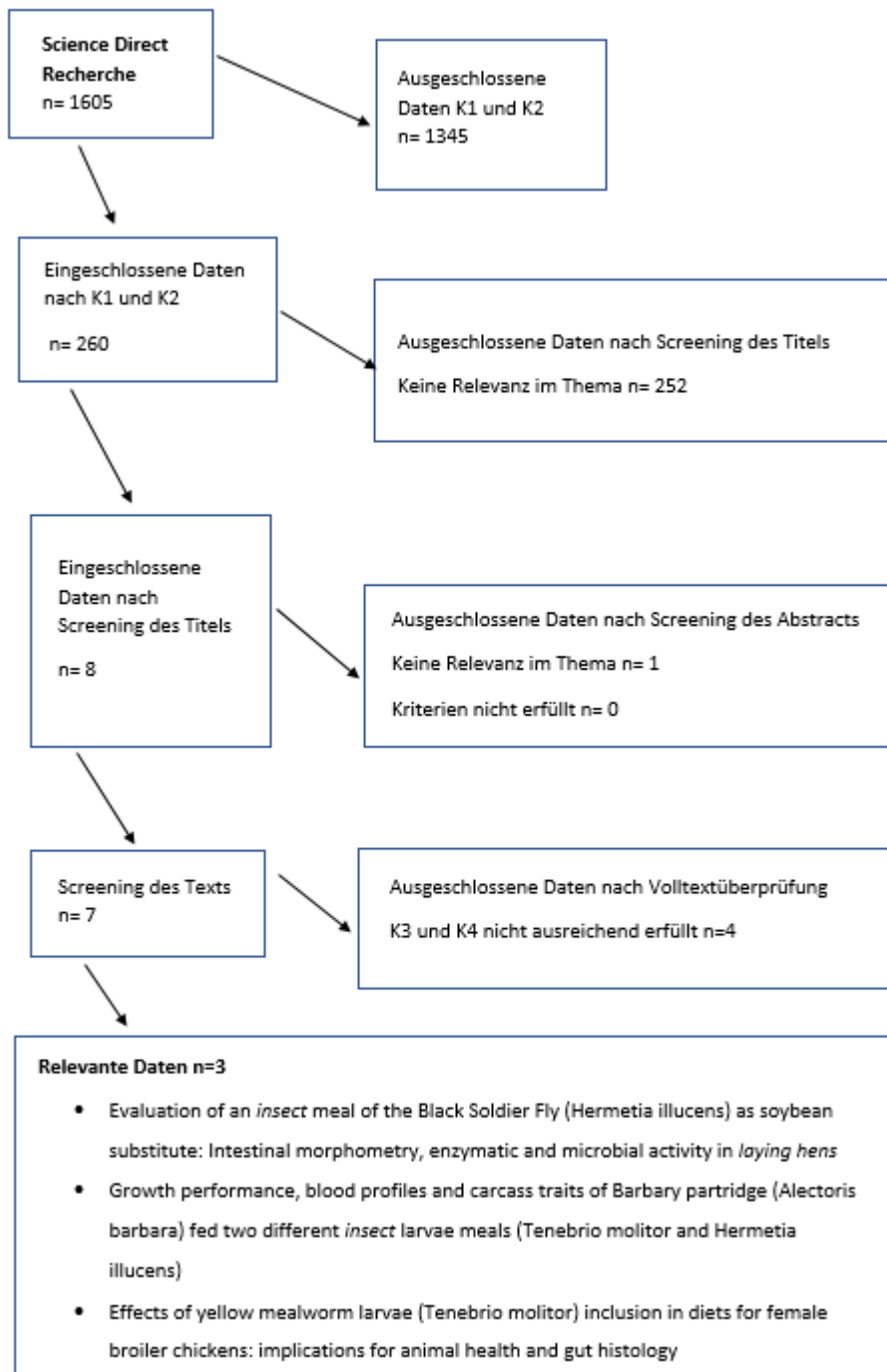
Wie alt sind Sie?

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- Ab 65

Systematische Literaturrecherche Springer Link



Systematische Literaturrecherche Science Direct



Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, die vorliegende Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, 11.08.2019 Unterschrift Studentin

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass ein Exemplar meiner Bachelor-Thesis in die Bibliothek des Fachbereichs aufgenommen wird. Rechte Dritter werden dadurch nicht verletzt.

Hamburg,
11.08.2019 Unterschrift Studentin