

Diplomarbeit

Die Produktion von Soldatenfliegenlarven

Paul Hanslik, Sebastian Konrad

Schule

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Schulart

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft

Fachrichtung/Ausbildungsschwerpunkt

Agrarmarketing

Titel der Diplomarbeit

Die Produktion von Soldatenfliegenlarven

Verfasser/innen

Paul Hanslik

Sebastian Konrad

Betreuer/innen

Mag. Verena Mayer

Projektpartner/innen

Ecofly GmbH

Riederstraße 15

4980 Antiesenhofen

office@ecofly.at

Verfasst im

Dezember 2018 – März 2019

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe. Weiters stimme ich zu, dass die Inhalte der Arbeit von den Betreuern der Diplomarbeit und von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein für Publikationen und Vorträge uneingeschränkt verwendet werden dürfen.

Raumberg-Gumpenstein, am 05. April 2019

.....
Paul Hanslik

.....
Sebastian Konrad

Vorwort und Danksagung

Die Nutzung von Insekten ermöglicht völlig neue Perspektiven für eine effiziente und nachhaltige Lebensmittelproduktion. Vor allem die Erzeugung innovativer Futtermittel für eine artgerechte und umweltverträgliche Nutztierhaltung mit Hilfe von Insekten birgt immenses Potential. Fische, Hühner und Schweine ernähren sich in freier Wildbahn zu einem beträchtlichen Anteil von Fliegen, Käfern und Würmern. In diesem Sinne haben wir uns entschlossen unsere Diplomarbeit, an der HBLFA Raumberg- Gumpenstein, mit der Larvenproduktion der Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), welche sich von diversen Essensabfällen ernähren kann, auseinanderzusetzen. Die proteinhaltigen Larven können durch Trocknen, Entfetten, Mahlen und Pelletieren zu wertvollem Öl und einem proteinreichen Futtermittel verarbeitet werden.

Ein großer Dank gilt in erster Linie Frau Mag. Verena Mayer, die sofort die Zusage erteilte, uns bei der Diplomarbeit zu unterstützen. Sie stand uns bei der Erstellung der Arbeit immer hilfreich beiseite. Falls Probleme auftraten, wusste sie sofort eine Lösung. Deshalb möchten wir Frau Mag. Verena Mayer für die erstklassige Betreuung unseren Dank aussprechen.

Ein weiterer Dank gilt unseren außerschulischen Partnern, Herrn Michael Forster und Herrn Simon Weinberger, welche uns mit einem Großteil der enthaltenen Informationen versorgt haben und stets bereit waren unsere Fragen zu beantworten.

Paul Hanslik, Sebastian Konrad

Zusammenfassung

Zielsetzung

Die Zielsetzung unserer Diplomarbeit befasst sich damit, herauszufinden ob die Larven der Soldatenfliege mit rein tierischen, rein pflanzlichen oder den beiden Futterkomponenten gemischt die größte Gewichtszunahme haben.

Allgemeines

Die Larve der Soldatenfliege stammt ursprünglich aus Südamerika und ist in der Lage organische Abfälle jeder Art zu verwerten und in hochwertiges Protein umzuwandeln. Durch die Zucht und Verwertung der Larve bieten sich die Möglichkeiten die getrockneten Larven als Futtermittlersatz für Soja einzusetzen, das Larvenöl als Palmölersatz zu verwenden und gleichzeitig biologischen Abfall in ein wertvolles Produkt umzuwandeln. Dies beeinflusst die Umwelt nur positiv und könnte dabei helfen die aktuelle Abfall- und Hungerproblematik zu verbessern.

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau beschäftigt sich damit, bei welchem Futtermittel die Larven am meisten Gewicht zunehmen. Die drei gewählten Versuchsreihen sollen die Umsetzung verschiedener biologischer Abfälle darstellen. Sie beinhalten rein tierische, rein pflanzliche und eine Mischung von beiden Futterkomponenten.

Ergebnis

Das Ergebnis zeigt ganz eindeutig, dass die Larven, welche sowohl mit tierischer als auch pflanzlicher organischer Masse gefüttert wurden am meisten Gewicht zugenommen haben.

Summary

Production of Larvae of the Black Soldier Fly

Objective

The objective of our diploma thesis is to assess the best feeding method for the larvae of the black soldier fly. The three test series are based on meat feed, vegan feed and a mixture of the two feed components.

General

The larva of the soldier fly comes originally from South America and can recycle organic waste of any kind and convert it into high-quality protein. The breeding and exploitation of the larvae offers the opportunity to use the dried larvae as a substitute for soya, to use the larvae oil as a palm oil substitute and to convert biological waste into a valuable product at the same time. This has a positive effect on the environment and could help to improve the current waste and hunger issue.

Attempt

The experimental setup is concerned with which feed the larvae gain the most weight. The three different kinds of feed are intended to represent biological waste and consist of, as mentioned, mere meat, mere vegan and of the mixture of both feed components.

Result

The result clearly shows that the larvae, which were fed with both, animal and vegan organic matter, have gained the most weight.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	III
Vorwort und Danksagung.....	IV
Zusammenfassung.....	V
Summary	VI
Inhaltsverzeichnis.....	VII
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	IX
1 Einleitung und Stand des Wissens	1
1.1 Allgemein.....	1
1.1.1 Familie	1
1.1.2 Merkmale.....	1
1.1.2.1 Fliege.....	1
1.1.2.2 Larve:	2
1.1.3 Herkunft und Verbreitung	3
1.1.4 Geschichte	4
1.2 Bedeutung	4
1.2.1 Verwendung	4
1.2.2 Ziel	4
1.2.3 Nebenprodukte	5
1.2.4 Tierisches Protein	5
1.2.5 Einfluss auf die Tiere.....	6
1.2.6 Verwertung von Abfall.....	9
1.3 Entwicklungsstadien der Soldatenfliege	9
1.3.1 Ei	9
1.3.2 Larve	10
1.3.3 Vorpuppungsstadium	10
1.3.4 Puppe.....	11
1.3.5 Erwachsenenstadium	11
1.4 Verarbeitung der Larve zum handelbaren Futtermittel.....	12
1.4.1 Tötung der Larven.....	12

1.4.2	Trocknung	12
1.4.3	Entfetten	13
1.4.4	Technik der Pelletierung	13
1.4.5	Verpackung	13
1.4.6	Etikettierung	13
1.4.7	Kosten	15
1.5	Wirtschaftlichkeit / Nachhaltigkeit	15
1.5.1	In- und Output	15
1.5.2	Abfall-Problematik	16
1.5.3	Ernährungssicherheit	17
1.5.4	Umwelteinflüsse	18
1.5.4.1	Sojaproblematik	18
1.5.4.2	Palmölproblematik	19
1.5.4.3	Fischmehlproduktion	20
1.5.5	Markt	21
1.6	Rahmengesetzgebung	22
2	Fragestellungen und Ziele	25
3	Material und Methoden	26
3.1	Versuchsaufbau	26
3.2	Ausstattung	27
3.3	Futtermittel	28
4	Ergebnisse und Diskussion	29
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	31
6	Literaturverzeichnis	33
7	Anhang	36

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1: Hermetia Illucens (KONRAD, 2018)	2
Abbildung 2: Skizze der Soldatenfliegenlarve (NATURHISTORISCHES MUSEUM WIEN, 1986)	3
Abbildung 3: Sojaextraktionsschrot im Vergleich zu Hermetia Mehl, gAS/100g Eiweiß (PROTEINMARKT, 2018)	7
Abbildung 4: Fütterungsversuch bei Ferkeln (PROTEINMARKT, 2018)	7
Abbildung 5: Fütterungsversuch bei Masthühnern (PROTEINMARKT, 2018)	8
Abbildung 6: Aminosäuren-Vergleich zwischen Larvenmehl und Sojaextraktionsschrot (PROTEINMARKT, 2018)	9
Abbildung 7: Larven der Soldatenfliege in einer Petrischale (HANSLIK, 2018)	10
Abbildung 8: Entpuppung der Fliege (HANSLIK, 2018)	11
Abbildung 9: Soldatenfliege in der Natur (PIXABAY, 2016)	12
Abbildung 10: Jährliche Soja-Bohnen Produktion zwischen 1961 und 2013 (FAOSTAT, 2018)	18
Abbildung 11: Vergleich einiger Kennzahlen zum Umwelteinfluss der Produktion von von Fischmehl und Hermetia-Mehl (Smarason et al. 2017)	20
Abbildung 12: Fischmehleinsatz in der Aquakultur (ECOFly, 2018)	21
Abbildung 13: 3 mal 3 Futtermittel samt Larven (HANSLIK, 2018)	26
Abbildung 14: Larven getrennt von dem rein tierischen Futtermittel (HANSLIK, 2018)	27

Abbildung 15: Larven getrennt von den gemischten Futtermitteln (HANSLIK, 2018)
..... 27

Abbildung 16: Larven getrennt von dem rein pflanzlichen Futtermittel (HANSLIK,
2018)..... 28

Abbildung 17: Die drei Futtermittel inklusive der Larven (HANSLIK, 2018)..... 28

Abbildung 18: Die Gewichtszunahme der Larven (HANSLIK, 2018) 29

Abbildung 19: Abwiegen der Larven nach dem Trocknen (HANSLIK, 2018) 30

Abbildung 20: Abwiegen der Larven vor dem Trocknen (HANSLIK, 2018)..... 30

Abkürzungsverzeichnis

FA Futtermittel

AS Aminosäuren

SES..... Sojaextraktionsschrot

PAP.....Processed Animal Protein

1 Einleitung und Stand des Wissens

1.1 Allgemein

1.1.1 Familie

Die Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) zählt zu der Familie der Waffenfliegen (Stratiomyidae) und gehört der Ordnung der Zweiflügler an (vgl. SCHREMMER, 1986, 407).

1.1.2 Merkmale

1.1.2.1 Fliege

Allgemein auffällig für die Fliege ist der schlanke Körperbau. Die weiblichen Fliegen werden 28 Millimeter und die männlichen werden 24 Millimeter lang. Der Kopf ist etwas breiter als der Brustteil und hat kleine höckerähnliche Auswüchse unterhalb der Antennen. Die Antennen sind gleich lang wie der Brustteil. Das letzte Fühlerglied ist breit und unbehaart. Die Facettenaugen sind unbehaart und die kurzen Mundwerkzeuge sind eingliedrig. Die Genitalien sind bei beiden Geschlechtern winzig und versteckt. Der Eiablageapparat der Weibchen ist meistens eingezogen (vgl. HAUPT, 1998, s.p.).



Abbildung 1: *Hermetia Illucens* (KONRAD, 2018)

1.1.2.2 Larve

Auf Grund der parallelseitigen und bandförmigen Körperform und dem abgerundeten Hinterteil gilt die *Hermetia Illucens* als terrestrisch lebende Art. Sie ist durch ihre großen, steifen und anliegenden Borsten auf der Bauch- und Rückenseite, welche in konstanten Zahlen und Abständen auftreten, deutlich erkennbar. In ihren Entwicklungsphasen wechselt die Larve die Farbe von weiß auf gelb und am Ende auf schwarz (vgl. SCHREMMER, 1986, 414).

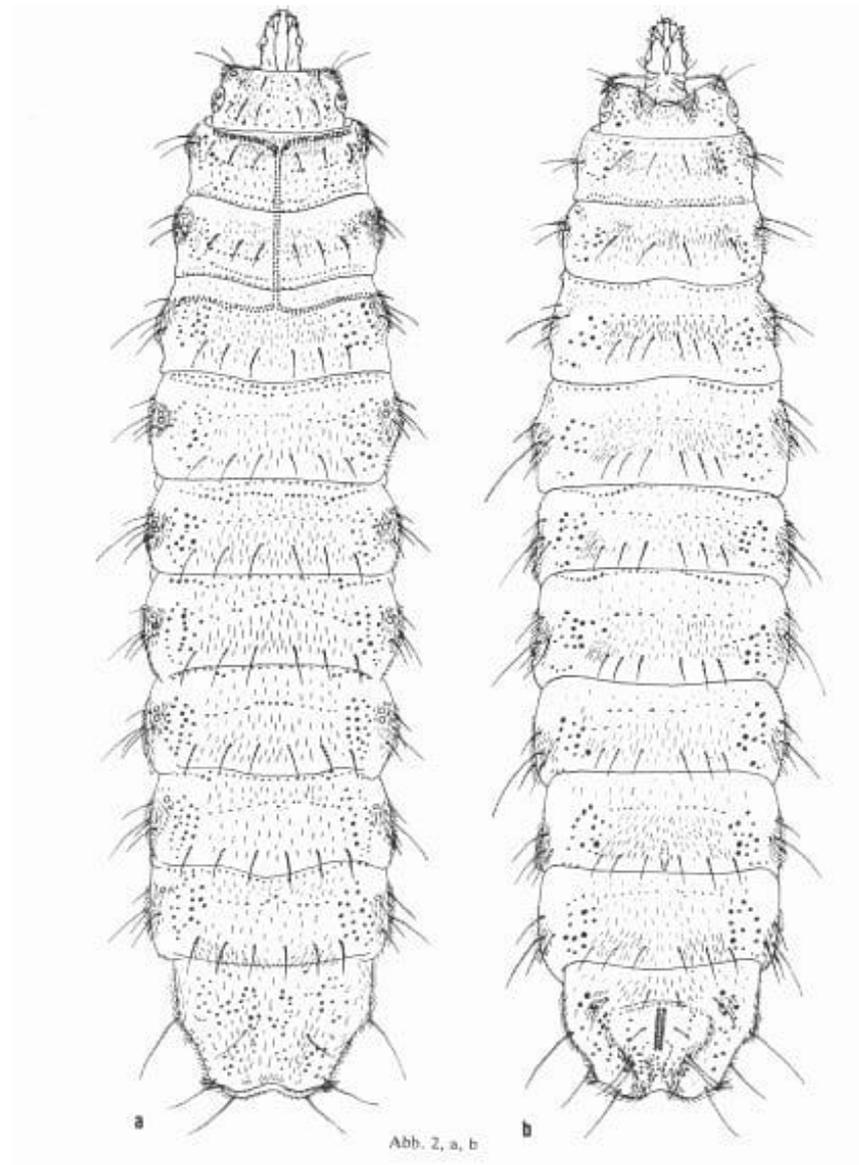


Abbildung 2: Skizze der Soldatenfliegenlarve (NATURHISTORISCHES MUSEUM WIEN, 1986)

1.1.3 Herkunft und Verbreitung

Die Art stammt aus den tropischen und subtropischen Breiten Amerikas, vermutlich aus Südamerika. Heute ist sie, aufgrund der Verschleppung durch den Menschen, fast weltweit verbreitet (vgl. TOTH, 1994,141).

1.1.4 Geschichte

Erstmals wurde die Fliege von dem schwedischen Naturforscher Carl von Linné in seinem Werk „Systema Naturae“ erwähnt. In südlichen Ländern von Europa wie Spanien, Frankreich, Italien, Mazedonien, wurde die Fliege von Rozkosky gefunden und erforscht (vgl. TOTH, 1994,141).

Die ersten Schweizer Entdeckungen der Larve stammen von Sautner, da er 1987-88 Larvenfunde in Montagnola und Morbio Superiore, hatte (vgl. TOTH, 1994,141).

Im Winter wird sie in manchen Ländern von Europa niemals ohne menschliche Hilfe überleben können, da weder die Fliege noch die Larve frostige Temperaturen überstehen kann.

1.2 Bedeutung

1.2.1 Verwendung

Da die Larve in der Lage ist jede Art von organischer Substanz zu verwerten, kann sie für die Verarbeitung von Abfall herangezogen werden.

Das proteinreiche Larvenmehl, welches man aus den Larven gewinnt, kann sowohl zur Fütterung von Nutztieren sowie Haustieren (Hunde und Katzen) eingesetzt werden.

Das hauptsächlich aus gesättigten Fettsäuren bestehende Larvenfett, welches beim Entfetten der geernteten Larve entsteht, könnte als technisches Fett oder als Ersatz für Palmöl in der Kosmetikindustrie dienen (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.2.2 Ziel

Es wäre aus ökonomischen wie ökologischen Gründen erstrebenswert, dass an Monogastiden bisher primär verfütterte Sojaschrot, künftig zunehmend durch Insektenmehl zu

ersetzen. Die klimaschädlichen Auswirkungen durch die Produktion sowie den Import von Soja könnten somit dezimiert werden. (vgl. VELTEN & LIEBERT, 2018, s.p.).

Für die Fischfutterproduktion werden große Mengen an Fischmehl eingesetzt. Dies ist einer der Gründe für die Dezimierung der weltweiten Fischbestände. Larvenmehl kann als wertvollen Ersatz von Fischmehl dienen und einen Beitrag zur Erholung der Fischpopulationen leisten.

Da bei der Schwarzen Soldatenfliege die Reproduktionsgeschwindigkeit sehr hoch ist und die Substratverwertung bei einem geringen Flächenbedarf auf einem hohen Niveau liegt, ist diese Art für die Larvenproduktion besonders gut geeignet (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.2.3 Nebenprodukte

Die Fraßreste und Ausscheidungen, welche bei der Produktion der Larven entstehen, erweisen sich als hochwertiger Kompostdünger und können als Wirtschaftsdünger auf Wiesen und Felder ausgebracht werden. Somit wird das Wachstum gefördert und Ernteertrag gesteigert.

Bei ausreichender Larvendichte kann die Mast der Larven ohne externe thermische Energie betrieben werden, da die Abwärme, die durch die Bewegungsenergie und mikrobiologischen Prozesse im Futtersubstrat ausreichen, um die Mastumgebung zu beheizen. Bei großen Einheiten ist sogar eine Nachnutzung der Wärme beispielsweise zur Temperierung von Glashäusern denkbar (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.2.4 Tierisches Protein

Schon seit Urzeiten zählen Insekten für freilebende Schweine, Hühner, Fische zu einem wichtigen Bestandteil ihrer Ernährung. Das veränderte sich mit der Intensivierung der Tierproduktion. Nutztiere bekommen größtenteils pflanzliche Futtermittel, welche möglichst leicht und billig in großen Mengen produziert werden können.

Durch die rein pflanzliche Ernährung ergibt sich oft eine unausgeglichene Nährstoffzusammensetzung und besonders im Biolandbau, in dem keine fermentativ oder synthetisch hergestellten Aminosäuren verwendet werden dürfen, können oft keine ausreichenden Proteinqualitäten bereitgestellt werden. Um den Mangel an essentiellen Aminosäuren auszugleichen muss mehr Protein gefüttert werden. Daraus ergibt sich im Körper ein Überschuss an Ammoniak, der Leber und Nieren belasten kann.

Durch die Fütterung mit tierischem Protein, welches oft eine sehr hohe biologische Wertigkeit aufweist, kann diesem Problem Abhilfe geleistet werden.

Für die Tiergesundheit sind diese tierischen Eiweiße von großer Bedeutung (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.2.5 Einfluss auf die Tiere

Tierische Proteine im Schweinefutter können dazu beitragen, Schwanzbeißen bei Schweinen und Federpicken beim Geflügel einzudämmen (vgl. DETER, 2016, s.p.).

Fische, welche mit Fischfutter aus Soldatenfliegenlarven gefüttert wurden, wiesen eine geringfügig niedrigere Gewichtszunahme auf, als Fische, die mit herkömmlichen Futtermitteln gefüttert wurden (WANG & SHELOMI, 2017, s.p.).

Das Larvenmehl ist im Vergleich zu herkömmlichen Sojafuttermitteln arm an essentiellen Aminosäuren wie Lysin, Cystein, Arginin und Leucin. Dadurch ist reines Larvenmehl zur Verfütterung nicht geeignet. In der Praxis werden Aminosäuren hinzugefügt um die Qualität des Futtermittels zu optimieren. In der folgenden Abbildung 3 sind die Inhaltsstoffe von Sojaextraktionsschrot sowie Larvenmehl ersichtlich (VELTEN & LIEBERT, 2018, s.p.).

	SES	Hermetia Mehl
Inhaltsstoff		
Trockenmasse	895	945
Rohprotein	481	608
Rohasche	69	75
Rohfett	21	141
Rohfaser	93	109
Aminosäuren-Gehalt		
Lysin	6,07	5,42
Methionin	1,28	1,24
Cystein	1,46	0,80
Threonin	3,78	3,57
Arginin	7,19	4,12
Valin	4,37	5,36
Leucin	7,32	6,24
Isoleucin	4,34	3,86
Histidin	2,53	2,73

Abbildung 3: Sojaextraktionsschrot im Vergleich zu Hermetia Mehl, gAS/100g Eiweiß (PROTEINMARKT, 2018)

Es wurden bereits Tests durchgeführt, in welchen die Futtermittel von Schweinen und Hühnern mit 50, 75 und 100%igen Anteilen durch Insektenmehl ersetzt wurden.

Bei der Fütterung von Schweinen mit 50% Austausch von SES mit Hermetia Mehl, ergab die Endlebensmasse der Tiere nach einer Mastdauer von 34 Tagen 21,9 kg und der Futteraufwand lag bei 1,39 kg/kg Lebendgewicht. Bei 75% Austausch von SES mit Hermetia Mehl war das Resultat eine kleinere Endlebensmasse von 18 kg bei einem Futteraufwand von 1,45 kg/kg Lebendgewicht. In Abbildung 4 ist der Versuch grafisch dargestellt (VELTEN & LIEBERT, 2018, s.p.).

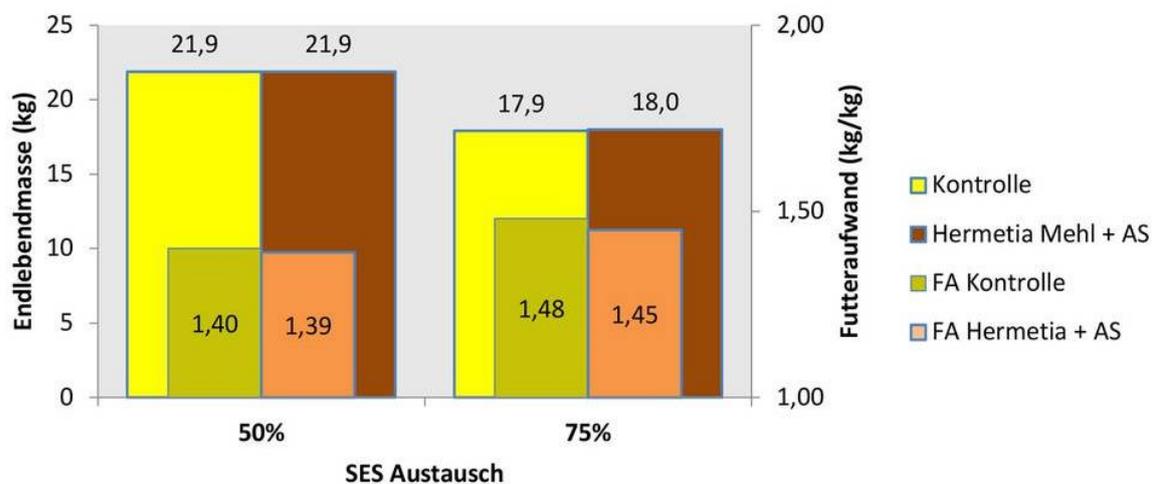


Abbildung 4: Fütterungsversuch bei Ferkeln (PROTEINMARKT, 2018)

Bei der Fütterung von Hühnern tauschte man bei einer Mastdauer von 34 Tagen das Futtermittel mit 50% und 100% Anteilen mit Hermetia Mehl +AS (inklusive hinzugefügter Aminosäuren). Wie man in der unten abgebildeten Abbildung 5 sieht, erreichte man mit dem 50%igem Austausch eine Endlebensmasse von 2,320kg bei einen Futteraufwand von 1,26 kg pro kg Lebendmasse. Beim 100%igem Austausch, kam es sogar zu einer Steigerung der Endlebensmasse auf 2,397kg bei einen Futteraufwand von 1,25kg pro kg Lebendmasse (vgl. VELTEN & LIEBERT, 2018, s.p.).

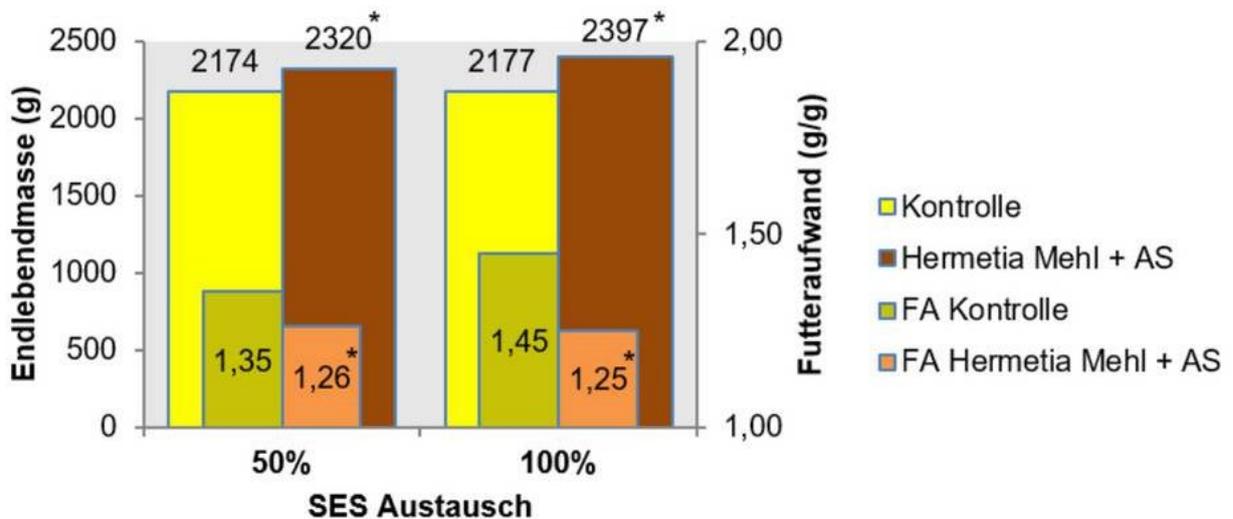
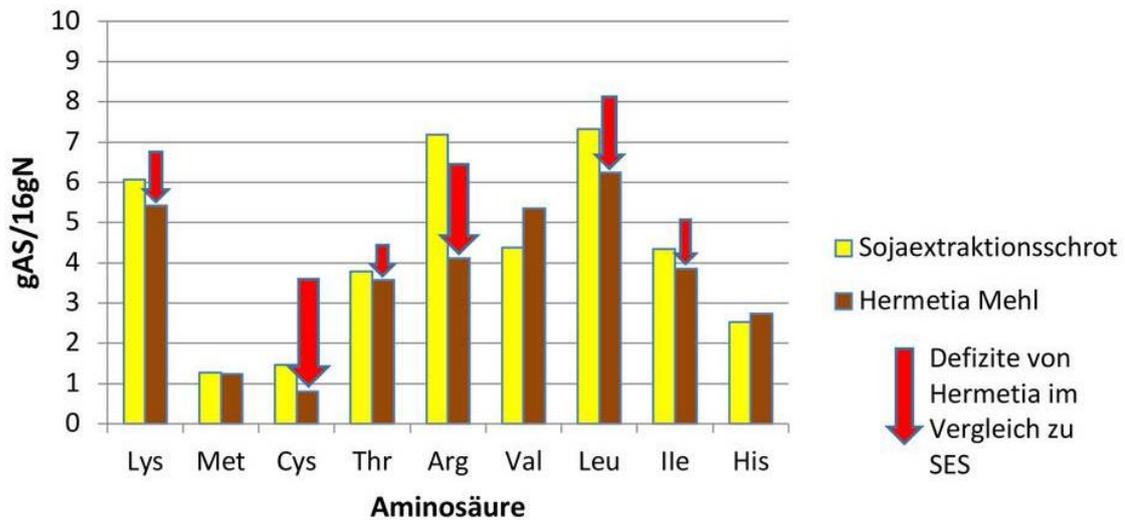


Abbildung 5: Fütterungsversuch bei Masthühnern (PROTEINMARKT, 2018)

In der folgenden Abbildung finden sich die Aminosäuren-Gehalte der beiden Proteinquellen im Vergleich, welche die zu erwartenden Defizite bei der Substitution von Sojaextraktionsschrot durch Hermetia Mehl erkennen lassen. Dabei fallen besonders die defizitären Gehalte für Lysin, Cystein, Arginin und Leucin ins Auge (vgl. VELTEN & LIEBERT, 2018, s.p.).



+

Abbildung 6: Aminosäuren-Vergleich zwischen Larvenmehl und Sojaextraktionsschrot (PROTEINMARKT, 2018)

1.2.6 Verwertung von Abfall

Insekten verwerten ihre Nahrung sehr effizient. Aus 100 Tonnen Futtersubstrat (Trockensubstanz) können 25 Tonnen Larvenmehl (Trockensubstanz) und zehn Tonnen Larvenfett gewonnen werden. Vergleicht man dies mit der Fütterung von Hühnern oder Schweinen, welche eine Feed Conversion Ratio von etwa 3,5 erreichen können (Trockenmasse Futtersubstanz zu Lebendzuwachs Tier), liegt man bei einer wechselwarmen Fliegenlarve bei einer FCR von etwa 1,2 (Trockenmasse Futtersubstanz zu Lebendzuwachs Larve) (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.3 Entwicklungsstadien der Soldatenfliege

1.3.1 Ei

Eine Fliege, die bis zu acht Tage lebt und sich nur von Wasser ernährt, produziert bis zu 1.200 weiß-gelblich gefärbte Eier. Diese legt die Fliege auf eine potentielle Nahrungsquelle für die Larven (SCHREMMER, 1985, 426).

1.3.2 Larve

Unmittelbar nach dem Schlupf aus dem Ei nutzen die Larven die umgebende organische Masse als Nahrungsquelle. Abhängig von der Futterverfügbarkeit, währt die Dauer des Larvenstadiums etwa 2 bis 5 Wochen. Bei niedrigen Temperaturen und schlechter Futterverfügbarkeit, können sie aber bis zu 4 Monate im Larvenstadium bleiben. Bei längeren Temperaturperioden unter +7 Grad stirbt die Larve (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).



Abbildung 7: Larven der Soldatenfliege in einer Petrischale (HANSLIK, 2018)

1.3.3 Vorpuppenstadium

In diesem Stadium hat die Larve ihre maximale Größe erreicht. Das ist der geeignete Zeitpunkt die Larven zu ernten, um sie für den weiteren Verarbeitungsprozess verwenden zu

können. In dieser Zeit verlassen die Larven das Futtermittel um einen trockenen und angenehmen Ort für die Verpuppung zu suchen. Dabei kann man die Larven mit Auffangeinrichtungen fangen. Mit dieser Methode in landwirtschaftlichen Anlagen werden jedoch höchstens 75% der Larven geerntet. Eine andere Technik ist das Futtermittel auf vierzig Grad zu erhitzen, wodurch die Larven durch Hitzestress ebenfalls aus dem Futtermittel herausklettern.

In landwirtschaftlichen und industriellen Anlagen stellt das Sieben der Larven aus dem Futtermittel die effizienteste Methode dar (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.3.4 Puppe

Wenn man die Larven verpuppen lässt und nicht direkt zu Futtermittel verarbeitet, schlüpfen aus den Puppen nach zwei Wochen Fliegen.



Abbildung 8: Entpuppung der Fliege (HANSLIK, 2018)

1.3.5 Erwachsenenstadium

Das adulte Tier nimmt nur Wasser zu sich und dient nur zur Vermehrung und Verbreitung. Dies hat zur Folge, dass es sich um ein sehr hygienisches Insekt handelt. Da die Fliege keine Nahrung aufnimmt ist sie an dem anfliegen anderer Tiere und Exkremete uninteressiert und stellt somit keine Gefahr der Krankheitsübertragung dar.

Das Männchen stirbt wenige Stunden nach der Paarung, das Weibchen lebt weitere zwei Tage bis zur Eiablage und stirbt kurz darauf ebenso. Finden die Fliegen nach etwa zehn Tagen kein paarungsbereites Individuum, sind die Fettspeicher der Fliege erschöpft und die Fliege stirbt ohne Vermehrung. Erfolgreiche Paarungen können in der Praxis erst ab einem Umgebungstemperaturniveau von etwa 20 Grad erreicht werden. Diese Eigenschaft schränkt das Verbreitungsgebiet der Spezies in kälteren Klimaten stark ein (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).



Abbildung 9: Soldatenfliege in der Natur (PIXABAY, 2016)

1.4 Verarbeitung der Larve zum handelbaren Futtermittel

1.4.1 Tötung der Larven

Im Normalfall werden Larven durch kochen, frieren oder einen Hitzeschock getötet. Das Schockfrieren mit flüssigem Stickstoff würde zwar sehr schnell und effektiv funktionieren, jedoch ist flüssiger Stickstoff sehr teuer und Larven auf circa -200 Grad abzukühlen wäre ineffizient (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.4.2 Trocknung

Das Rohprodukt wird anschließend zwischen 65 °C und 70 °C für 14 Stunden getrocknet. Für die Verwendung als „Processed Animal Protein“ und somit einer Zulassung als

Futtermittel für Nutztiere sind 130 Grad und drei Bar Druck vorgeschrieben (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.4.3 Entfetten

Getrocknete Larven enthalten normalerweise etwa 50% Protein und 25% Fett. Da diese Bestandteile in der Nutztierhaltung sehr oft getrennt verwendet werden, werden die Larven meist entfettet. Prozesstechnisch kommen hier meist Schneckenpressen zum Einsatz wie beispielsweise in der Speiseölproduktion. Anschließend werden die Larven mit einer Mühle vermahlen. Das Ergebnis aus diesem Prozess ist das sogenannte Larvenmehl (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.4.4 Technik der Pelletierung

Um aus dem Larvenmehl ein standardisiertes Produkt herzustellen, wird es in Pellets gepresst. Dies dient auch dazu, für unterschiedliche Altersgruppen von Fischen, ein in der Größe perfekt angepasstes Produkt zu erzeugen. Durch die Verarbeitung sind die Futterpellets einige Monate haltbar (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.4.5 Verpackung

Laut der EU Verordnung Nr. 767/2009 (Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln) dürfen Einzelfuttermittel und Mischfuttermittel nur in verschlossenen Verpackungen oder Behältnissen in den Verkehr gebracht werden. Es ist wichtig, dass der Verschluss beim Öffnen beschädigt wird und nicht wiederverwendet werden kann (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2009, 8).

1.4.6 Etikettierung

Handelt es sich um reines Nutzinsektenprotein, muss der Satz: „Verarbeitetes Insektenprotein darf nicht an Nutztiere, ausgenommen Tiere in Aquakultur und Pelztiere,

verfüttert werden,“ auf dem Handelspapier oder der Gesundheitsbescheinigung sowie auf dem Etikett stehen.

Im Vergleich zum reinen Nutzinsektenprotein, muss bei dem Mischfuttermittel (Bsp. Fischfutter aus Protein oder Sojaextraktionsschrot und Aminosäuren) nur der Satz: „Enthält verarbeitetes tierisches Nichtwiederkäuer-Protein, darf nicht an Nutztiere, ausgenommen Tiere in Aquakultur und Pelztiere, verfüttert werden,“ auf dem Etikett stehen.

Laut Verordnung des Europäischen Gesetzes über das Inverkehrbringen und Verwenden von Futtermitteln, muss folgendes im Allgemeinen auf den Etiketten stehen:

- die Futtermittelart
 - Ob es ein „Einzelfuttermittel“, „Alleinfuttermittel“ oder „Ergänzungsfuttermittel“ ist.
- Name oder Firma sowie Anschrift des für die Kennzeichnung verantwortlichen Futtermittelunternehmers
- Zulassungsnummer des Betriebes
- die Kennnummer der Partie oder des Loses
- die Nettomasse
- die Liste der Futtermittelzusatzstoffe
- die Tierarten oder Tierkategorien, für die die Einzelfuttermittel bestimmt sind, wenn die betreffenden Zusatzstoffe nicht für alle Tierarten genehmigt wurden oder mit Höchstgrenzen für bestimmte Tierarten zugelassen wurden
- Hinweise für die sachgemäße Verwendung, wenn ein Höchstgehalt für die betreffenden Zusatzstoffe festgelegt wurde
- die Hinweise für die ordnungsgemäße Verwendung unter Angabe des Zwecks, für den das Futtermittel bestimmt ist
- die Mindesthaltbarkeitsdauer
 - „Spätestens zu verbrauchen bis...“
 - „Mindestens haltbar bis...“

- Die Zusammensetzung des Futtermittels nach absteigenden Gewichtsprozenten
- Analyse der Rohstoffe Fett, Protein, Rohfaser, Rohasche mit Prozentangaben (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2009, 8).

1.4.7 Kosten

Pro Tonne Insektenmehl fallen bei der Produktion laut ECOFLY etwa 600 € Kosten für Futtersubstrat an. Hierbei werden Reststoffe aus der Agrar- und Nahrungsmittelindustrie, wie beispielsweise aus der Bier-, Zucker-, Stärke- oder Bioethanol Produktion verwendet (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

Derzeit ist es nicht erlaubt Abfälle von Gastronomiebetrieben, Hühnerbetrieben oder der Tierkörper-Verwertungsgesellschaft (TKV) zu beziehen und als Futtermittel für die Larvenproduktion zu verwerten. Bei einer entsprechenden Gesetzesänderung im Sinne der Nachhaltigkeit sollte es möglich sein, wertvolle österreichische Lebensmittelabfälle in der Larvenproduktion zu verarbeiten. In diesem Fall würden die Kosten für Protein aus Larven weitaus geringer sein, ein Beitrag zur Abfallvermeidung geleistet und eine regionale Futtermittelherstellung ermöglicht werden. Die positiven volkswirtschaftlichen Effekte wären bemerkenswert.

1.5 Wirtschaftlichkeit / Nachhaltigkeit

1.5.1 In- und Output

Die Firma ECOFLY GmbH verwendet für die Larvenzucht Biertreber sowie Weizenkleie als Rohstoff bzw. Futtermittel. Beim Einsatz von etwa 4000 kg Trockenmasse als Futter für die Larvenproduktion können ca. 1000 kg Larvenmehl und 250 kg Larvenöl hergestellt werden. Hochgerechnet sind über 11 Mio. Larven mit der Verwertung des Futters beschäftigt, unter der Annahme, dass jede Larve ein Endgewicht von rund 0,25 g hat.

Das Lebendgewicht der gesamten Larvenernte entspricht in unserer Beispielrechnung etwa 2880 kg bei einem Wassergehalt von 66,6%. Das bedeutet, dass die 1250 kg (Larvenmehl + Larvenöl) nur 43,4% der Lebendmasse entsprechen.

Bei der Verwertung des Larvenfutters entsteht zudem Dünger mit einem Gewicht, das circa gleich hoch wie das Lebendgewicht der geernteten Larven ist (vgl. FORSTER, 2019, s.p.)

Die Differenz zwischen der Summe aus dem Lebendgewicht sowie dem Dünger (2880 kg + 2880 kg = 5760 kg) und der Trockenmasse Futter (4000 kg) erklärt sich aus dem Wassergehalt, welcher davon abhängig ist, welche Art von Abfall verwendet wird.

1.5.2 Abfall-Problematik

Allein in der EU werden jährlich 90 Millionen Tonnen Lebensmittel weggeworfen. Damit ist ein enormer Verlust an Nährstoffen sowie Produktionsaufwendungen und negativen Umwelteinflüssen verbunden.

Im Jahre 2025 sollen weltweit die jährlichen organischen Abfälle auf eine Milliarde Tonnen steigen. Die damit einhergehenden Entsorgungskosten sollen in etwa bei 172 Milliarden US-Dollar liegen.

Die Lebensmittelverschwendung ist für 8% der gesamten CO₂-Emissionen des Menschen verantwortlich und trägt somit ebenso negativ zum Klimawandel bei. Bei der Herstellung von einem Kilogramm Lebensmittel werden in etwa 4,5 kg CO₂ in die Atmosphäre ausgestoßen (vgl. EUROPÄISCHES PARLAMENT; 2017, s.p.).

Die Abfallverwertung durch die schwarze Soldatenfliege ermöglicht es, die bereits produzierten Nährstoffe in Lebensmitteln zu recyceln und ein neues hochwertiges Produkt herzustellen. Künftig könnten durch den Einsatz der beschriebenen Larvenzucht spezialisierte Unternehmen einen Großteil der regional anfallenden organischen Abfälle mit Hilfe der Soldatenfliege verwerten. Dafür müssten technologisch und ökonomisch optimierte Prozesse entwickelt und dezentral umgesetzt werden. Derartige Anlagen sollten von der

Ernte der Larve jene Menge fertig verpuppen lassen, welche eine nachhaltige Eigenversorgung mit Fliegen und Eiern gewährleistet. Mit diesem Kreislaufsystem ist der Besitzer vollkommen unabhängig und braucht nur eine sichere Zufuhr von verwertbaren Abfällen.

Das selbe Verfahren könnte auch in einem viel kleineren Rahmen angewendet werden. Zum Beispiel könnte jeder Lebensmittelproduzent, Landwirt oder Gastronomiebesitzer eine kleine Anlage für den Eigenbedarf errichten und somit seine eigenen Abfälle vor Ort verwerten.

1.5.3 Ernährungssicherheit

Bis 2050 soll die Weltbevölkerung auf 9,7 Milliarden Menschen ansteigen. Demnach müssen in den kommenden 50 Jahren mehr Lebensmittel produziert werden als in den gesamten letzten 1000 Jahren produziert wurden. Die Nahrungsbeschaffung wird sich somit als ernstes Problem erweisen und kann mit den aktuellen Herstellungsmethoden sowie Konsumverhalten nicht gewährleistet werden. Ungefähr ein Drittel der gesamten Landoberfläche wird direkt oder indirekt für die Tierhaltung genutzt. Ebenso ist laut „Food and Agriculture Organisation“ FAO fast ein Drittel des Arten- und Lebensraumschwundes auf die Tierhaltung zurückzuführen (vgl. AGRIPROTEIN, 2015, s.p.).

Statt Nahrungsmittel werden immer mehr Futtermittel auf Ackerland angebaut: Rund 30 % der globalen Anbaufläche (500 Millionen Hektar) werden derzeit nur für die Futtermittelproduktion benötigt – mit steigender Tendenz (DRÄGER DE TERAN, 2015, 11).

1.5.4 Umwelteinflüsse

1.5.4.1 Sojaproblematik

Die Sojanachfrage hat sich in den letzten 50 Jahren verzehnfacht und soll sich bis zum Jahre 2050 nochmals verdoppeln (vgl. NAHGENUSS, 2017, s.p.). Die beiliegende Grafik gibt Auskunft über die steigende Sojaproduktion in Südamerika. Derzeit werden jährlich 30 Millionen Tonnen Soja in die EU importiert wovon 550.000 Tonnen in Österreich landen.

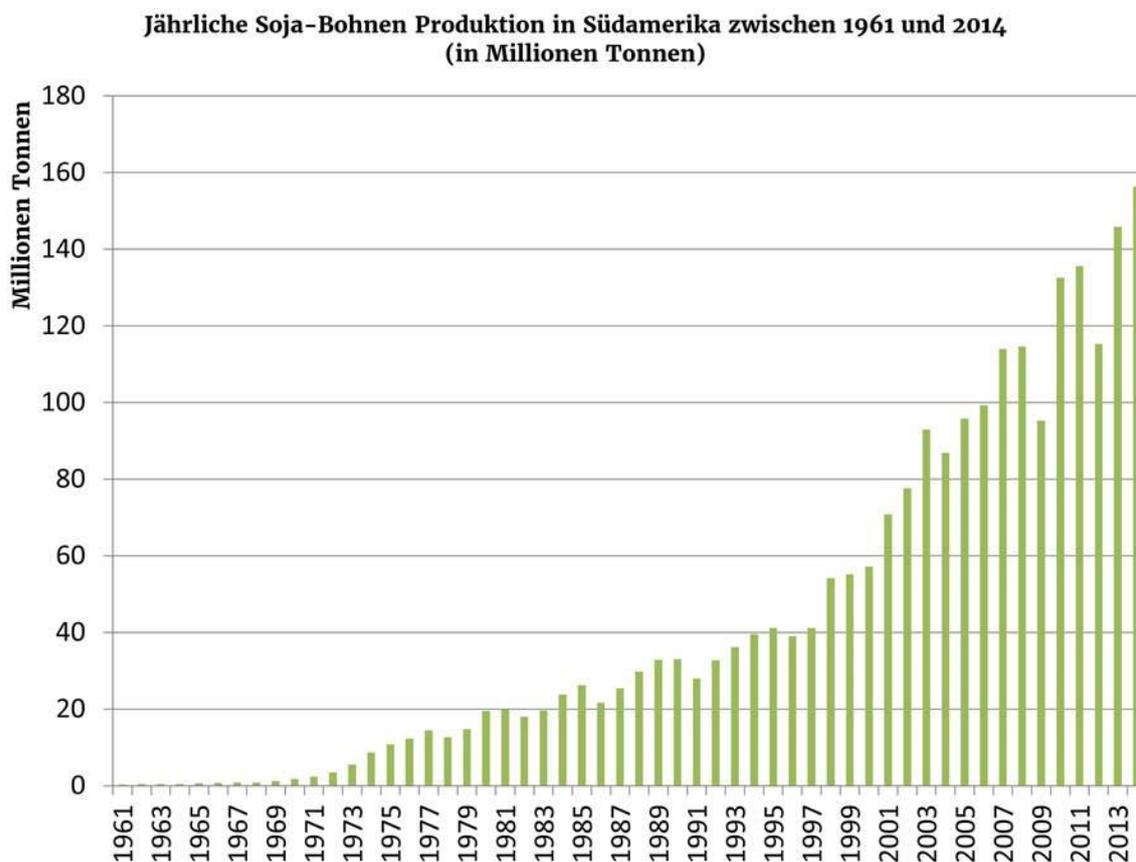


Abbildung 10: Jährliche Soja-Bohnen Produktion zwischen 1961 und 2013 (FAOSTAT, 2018)

Bei einem durchschnittlichen Ertrag von 2,6 Tonnen pro Hektar entspricht das umgerechnet einer Anbaufläche von 11.538.461,5 Hektar um den Europäischen Bedarf zu decken (vgl. REICHERT, s.p., 13). Zum Vergleich handelt es sich hier um die zweifache Größe von Kroatien. Weltweit wurden dieses Jahr 128,35 Millionen Hektar genutzt um Soja

anzubauen. Laut der Organisation „Donau Soja“ befinden sich nur 0,4% der für den Sojaanbau genutzten Fläche innerhalb der EU. Da die USA kein Soja exportiert, bezieht der Großteil der Welt das Soja aus Südamerika.

Auf dem ersten Blick klingt das nach einem sehr positiven Einfluss auf die Wirtschaft und Entwicklung der südamerikanischen Länder wie Brasilien und Argentinien. Dies ist jedoch nicht der Fall. Der „Sojaboom“ der letzten Jahrzehnte führte zu einer verheerenden Verseuchung der Böden und Gewässer durch die intensive Düngung und Ausbringung von Pestiziden und Nitraten. Weitergehend führte diese Entwicklung zu einer deutlichen Verschlechterung der Gesundheit der Bewohner Südamerikas.

Die Hälfte der Fläche Südamerikas ist in Besitz von nur 1 bis 2 % der Bevölkerung. Ein Großteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird für den Palmölanbau verwendet. Dadurch steht nur noch wenig Fläche zur Verfügung, um die Lebensmittel für die Einwohner zu produzieren. Es werden bereits viele Lebensmittel importiert, obwohl eine regionale Eigenversorgung ohne intensiven Sojaanbau durchaus möglich wäre. Viele Bewohner Südamerikas leiden durch schlechte Ernährung an Mangelerscheinungen (vgl. BAUER, s.a., s.p.).

1.5.4.2 Palmölproblematik

Im Jahr 2016 wurden weltweit auf rund 17 Millionen Hektar circa 60 Millionen Tonnen Palmöl produziert (vgl. NOLEPPA, 2016, 6). 2018 wurden bereits 72,26 Millionen Tonnen hergestellt, mit steigender Tendenz zu noch höheren weltweiten Erträgen (vgl. STATISTA, 2018, s.p.).

Um die Palmölproduktion in so einem großen Ausmaß durchführen zu können werden riesige Flächen gerodet und Menschenrechte missachtet. Mittlerweile findet man Palmöl in jedem zweiten Produkt im Supermarkt und die Nachfrage steigt weiterhin an (vgl. WWF, 2018, s.p.). Durch den 80 %igen Anteil an gesättigten Fettsäuren und der dreifachen Ernteertragshöhe von Raps ist es sehr begehrt. Bei der Insektenlarvenzucht werden die

getrockneten Larven vor der Pelletierung entfettet. Dabei entsteht ein gleichermaßen hochwertiges Öl. Wenn die Insektenmehlproduktion industriell durchgeführt werden würde, könnte Larvenöl als Ersatz für Palmöl dienen. Diese Entwicklung könnte einen Beitrag zum Schutz der Regenwälder darstellen (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.).

1.5.4.3 Fischmehlproduktion

Vergleicht man die Umwelteinflüsse bei der Erzeugung von Fischmehl mit jener von Larvenmehl zeigt sich das folgende Bild: Sowohl beim Ressourcenverbrauch, dem Klimaerwärmungspotential als auch dem Toxizitätspotential ergeben sich bei der *Hermetia*-Mehlproduktion signifikant bessere Werte.

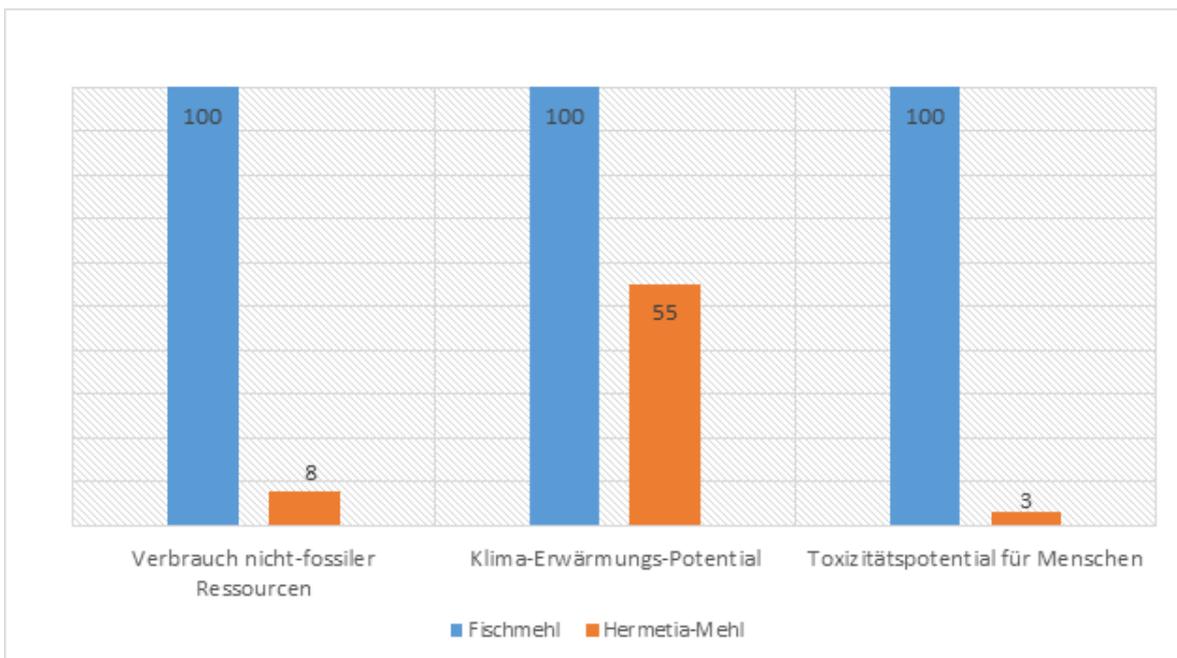


Abbildung 11: Vergleich einiger Kennzahlen zum Umwelteinfluss der Produktion von von Fischmehl und *Hermetia*-Mehl (Smarason et al. 2017)

Da Fischarten wie Salmoniden tierisches Eiweiß brauchen um schnell an Gewicht zuzunehmen, werden diese in der Fischzuchtindustrie mit Fischmehl gefüttert. Ein Drittel des weltweiten Fischfangs wird für die Herstellung von Fischmehl genutzt. Es wird in etwa eine Tonne Fisch benötigt um 225 kg Fischmehl und 50 kg Fischöl zu produzieren. Normales Forellenfutter enthält circa 45 % Protein wovon zwischen 5% und 60 % aus Fischmehl

bezogen werden. Werden 30 % des Eiweißbedarfs aus Fischmehl bezogen, so entspricht das 200 Gramm Fischmehl in einem Kilo Fischfutter. Dies bedeutet, dass für ein Kilogramm Fischfutter, 0,9 Kilogramm gefangene Frischfischmasse verarbeitet werden. (vgl. RÖSCH, 2011, 1).

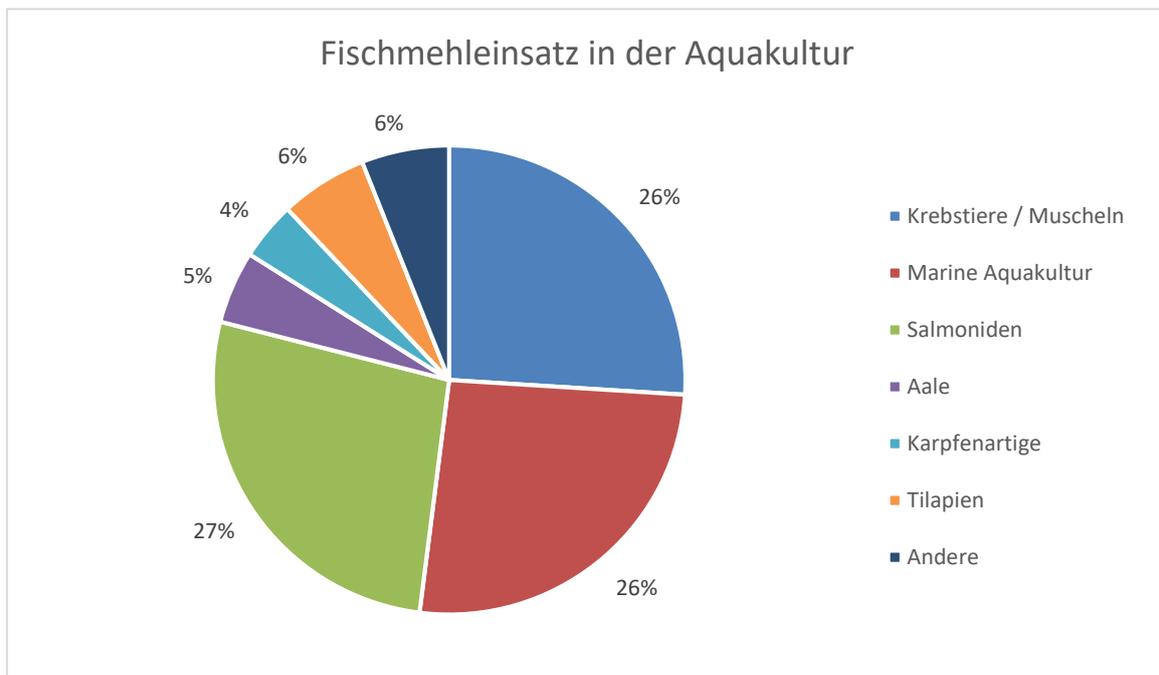


Abbildung 12: Fischmehleinsatz in der Aquakultur (ECOFLY, 2018)

Nicht nur aus diesem Grund sollte der Überfischung der Meere entgegengewirkt werden, sondern auch der Umstand, dass sich bereits mehr Tonnen Plastik als Fische im Meer befinden, stellt eine Bedrohung der Fischbestände dar. Daher bietet sich die Produktion von tierischen Proteinen aus Insektenlarven als Lösungsansatz an.

1.5.5 Markt

Im Jahr 2000 wurden in Österreich 7.765 t Fischfutter produziert. Dieser Fischfuttermittelverbrauch ist auf 72% Forellenfutter und 28% Karpfenfutter aufgeteilt. 67% der 7.765 t Fischfutter werden durch die Inlandsproduktion gedeckt, die restlichen 33% werden importiert (vgl. BUTZ, s.a., 271).

Unter der Annahme, dass rund 1/5 des österreichischen Forellenfutters aus Fischmehl besteht, wurden im Jahr 2000 1.118,16 t Fischmehl allein für die Aufzucht und Mast von Salmoniden verbraucht.

Das handelsübliche Forellenfutter besteht zu 40 % aus Rohprotein sowie 10 – 30 % Rohfett. In unserer Versuchsanordnung der Larvenzucht an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ergab die Auswertung der getrockneten Larven durch die hausinterne Forschungsanstalt (Gumpenstein) folgende Werte: Der Rohproteingehalt der Larven betrug 51,8 % und der Rohfettgehalt betrug 30,8%. Mit der entsprechenden Beimengung, der für die Fischzucht erforderlichen Aminosäuren, stellt das Larvenmehl somit eine perfekte Alternative zum konventionellen Fischfutter dar.

Sollten der Großteil der Fischzüchter Österreichs, die Nachhaltig- und Wirtschaftlichkeit des Insektenmehls erkennen, könnte die Nachfrage nach diesem Produkt gewaltig steigen.

1.6 Rahmengesetzgebung

Verarbeitetes tierisches Protein aus Insekten, welches zur Verfütterung an Nutztiere bestimmt ist, darf laut Verordnung 2017/893 der Europäischen Kommission vom 24. Mai 2017 nur aus den folgenden Insektenarten hergestellt werden:

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

Zurzeit ist es erlaubt, die verarbeitete Larve in der Aquakultur und der Produktion von Pelztieren einzusetzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Insekten mit einem Futtersubstrat gefüttert werden, welches ausschließlich die folgenden tierischen oder nicht tierischen Produkte beinhaltet:

- Fischmehl,
- Nichtwiederkäuer-Blutprodukte,
- Dicalcium- und Tricalciumphosphat tierischen Ursprungs,
- aus Nichtwiederkäuern hydrolysierte Proteine, — aus Wiederkäuerhäuten und -fellen hydrolysierte Proteine,
- Gelatine und Kollagen von Nichtwiederkäuern,
- Eier und Eiprodukte,
- Milch, Erzeugnisse auf Milchbasis, aus Milch gewonnene Erzeugnisse und Kolostrum,
- Honig
- ausgelassene Fette

Mischfuttermittel, welches verarbeitetes tierisches Protein aus Nutzinsekten enthält, muss von der zuständigen Behörde geprüft und zugelassen werden. Ebenfalls muss sichergestellt sein, dass der Betrieb ausschließlich Futter für die Aquakultur produziert. Unter speziellen Bedingungen ist es Betrieben erlaubt Mischfuttermittel mit Protein aus Nutzinsekten für die Aquakultur, als auch Mischfuttermittel für andere Nutztiere auf demselben Betrieb herzustellen. Dafür müssen die beiden unterschiedlichen Futtermittel (Mischfuttermittel für die Aquakultur und Mischfuttermittel für andere Nutztiere) während der Lagerung, des Transports und des Verpackens räumlich getrennt sein.

Zusätzlich dazu müssen ausführliche Angaben über Ankäufe und Verwendung des tierischen Proteins aus Nutzinsekten und Mischfuttermittel zur Verfügung gestellt werden. Es werden durch die zuständigen Behörden regelmäßig Proben von den Mischfuttermitteln für Nutztiere (ausgenommen der Aquakultur) genommen und anschließend eine Analyse durchgeführt, in der die Anteile an nicht zu gelassenem tierischen Protein getestet wird.

Auf dem Handelspapier oder der Gesundheitsbescheinigung sowie auf dem Etikett des verarbeiteten tierischen Proteins aus Nutzinsekten muss der Satz: „Verarbeitetes Insektenprotein — darf nicht an Nutztiere, ausgenommen Tiere in Aquakultur und Pelztiere, verfüttert werden.“ deutlich sichtbar sein. Bei Mischfuttermitteln muss der Satz: „Enthält verarbeitetes tierisches Nichtwiederkäuer-Protein — darf nicht an Nutztiere,

ausgenommen Tiere in Aquakultur und Pelztiere, verfüttert werden.“ nur auf dem Etikett angebracht sein (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2017, S. p.).

2 Fragestellungen und Ziele

Mithilfe dieser Diplomarbeit soll die künftige Bedeutung der Produktion von Eiweißfuttermittel durch Insektenlarven beleuchtet werden sowie festgestellt werden, welches Futtermittel die Gewichtszunahme der Soldatenfliege am besten begünstigt.

Während der Versuchsanordnung der Larvenzucht, wurde das Gewicht der Larven oft gemessen. Nach der Ernte der Larven wurden diese im Trockenschrank getrocknet, um den Wasseranteil der Larven vollständig zu entfernen und die Trockenmasse bestimmen zu können. Anschließend wurde die Ernte in das Labor der Forschungsanstalt Gumpenstein geschickt. Dort wurden die getrockneten Larven gemahlen, um das daraus entstehende Larvenmehl mittels eines chemischen Verfahrens auf den Rohfett- und den Rohprotein-gehalt zu testen. Die Larve der Soldatenfliege hat ein großes Potential der Abfallverwertung eine vollkommen neue Bedeutung zu geben. Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, einen Einblick in die Produktion von Futtermitteln durch die Soldatenfliege zu ermöglichen. So könnten Lebensmittelkonzerne, Landwirte, Gastronomiebetriebe sowie Tierkörperverwertungen ihren Abfall in ein hochwertiges Produkt umwandeln um dieses selbst zu nutzen oder weiterzuverkaufen.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau

Die in etwa 3 Millimeter großen Larven der Soldatenfliege wurden via Internet bestellt und anschließend in drei gleichgroßen Plastikboxen gemästet. In jeder dieser Boxen befand sich ein anderes Futtermittel: einmal rein tierisch, rein pflanzlich und einmal gemischt. Es wurden aus jeder Box jeweils 20 Larven entnommen, abgewogen und die durchschnittliche Gewichtszunahme beobachtet. Als die Larven ihr maximales Gewicht erreicht hatten, wurden diese gefroren und anschließend für 24 Stunden im Trockenschrank getrocknet. Nach der Trocknung analysierten wir den Trockenmassegehalt. Im Anschluss wurde eine Probe an das Labor der Forschungsanstalt Gumpenstein geschickt und der Rohprotein und Rohfettanteil mittels eines chemischen Verfahrens analysiert.



Abbildung 13: 3 mal 3 Futtermittel samt Larven (HANSLIK, 2018)

3.2 Ausstattung

Zur Ausstattung der Versuchsanordnung gehörten drei gleich große Plastikboxen, eine auf drei Kommastellen genaue Feinwaage, eine Heizmatte um die Temperatur während des Versuches konstant auf 25 Grad zu halten, die unterschiedlichen Futtermittel und die Larven selbst.



Abbildung 14: Larven getrennt von dem rein tierischen Futtermittel (HANSLIK, 2018)



Abbildung 15: Larven getrennt von den gemischten Futtermitteln (HANSLIK, 2018)



Abbildung 16: Larven getrennt von dem rein pflanzlichen Futtermittel (HANSLIK, 2018)

3.3 Futtermittel

Die in der Versuchsanordnung verwendeten Futtermittel wurden so ausgewählt, dass sie Nahrungsmittelabfällen entsprechen. Es wurden einmal rein pflanzliche, rein tierische und beide Futtermittel gemischt zur Mästung der Larve ausprobiert.

Beispielsweise wurden Zucchini, Salat, Kohl und Brokkoli für den rein pflanzlichen Versuch verwendet. Für die rein tierischen Futtermittel haben wir gebratenes Schweinefleisch, Frankfurter und Extrawurst verwendet. Für den Versuch mit gemischtem Futtermittel werden die beiden vorherig genannten Komponenten miteinander vermischt.



Abbildung 17: Die drei Futtermittel inklusive der Larven (HANSLIK, 2018)

4 Ergebnisse und Diskussion

Nach der Auswertung der Messergebnisse der einundzwanzigtägigen Versuchsanordnung ist genau zu erkennen, dass jene Larven, welche sowohl mit tierischen als auch mit pflanzlichen Abfällen gefüttert wurden am meisten Gewicht zugenommen haben.

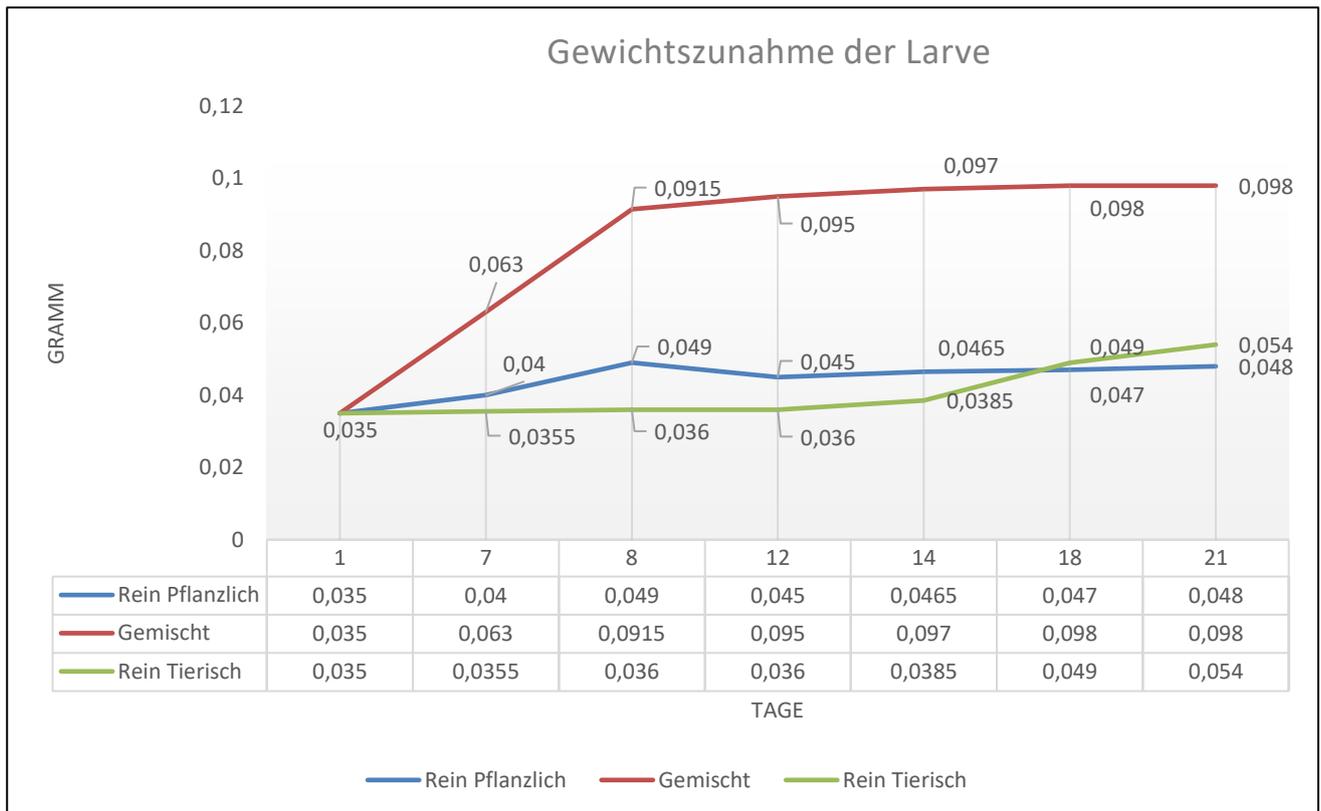


Abbildung 18: Die Gewichtszunahme der Larven (HANSLIK, 2018)

Unter optimalen Bedingungen können die Larven der Soldatenfliege (vgl. FORSTER & WEINBERGER, 2019, s.p.) ein Gewicht von 0,25 Gramm erreichen. In unserem Versuch wogen die Larven bei der Ernte zwischen 0,048 und 0,098 Gramm. Wir nehmen an, dass den Larven für die maximale Entwicklung Kohlenhydrate gefehlt haben.

Die optimalen Bedingungen für die Mast entsprechen einer durchgehenden Temperatur von 25 Grad Celsius, einer feuchten Umgebung und einem Futtermittel, welches die Larven mit allen Nährstoffen und Vitaminen versorgt. Dass die Larven, welche rein pflanzlich gefüttert wurden, nur 0,048 g gewogen haben, könnte daran liegen, dass sie zu wenig

Eiweiß bekommen haben. Die geringe Gewichtszunahme der mit rein tierischen Abfällen gefütterten Larve könnte auf den Mangel an Vitaminen zurückgeführt werden. Die Trockenmasse wurde nur von den Larven analysiert, welche mit gemischtem Futter gefüttert wurden. Die Trockenmasse von 7,36 g geernteter Larven betrug 2,56 g. Das entspricht einem Trockenmasse Gehalt von 65,229. %.



Abbildung 20: Abwiegen der Larven vor dem Trocknen (HANSLIK, 2018)



Abbildung 19: Abwiegen der Larven nach dem Trocknen (HANSLIK, 2018)

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Messergebnisse des Versuchs ließen klar erkennen, dass eine Mischung aus pflanzlichem und tierischem Futter eine bessere Zusammensetzung für die Mästung der Larven darstellt als die rein pflanzliche, beziehungsweise rein tierische Fütterung. Mit 0,097g erreichten die Larven mit der gemischten Fütterung fast das doppelte Gewicht der anderen zwei Fütterungsmethoden.

Wenn künftig mehr Menschen den ökonomischen sowie ökologischen Nutzen der Soldatenfliege erkennen, könnte die Abfallverwertung durch die *Hermetia Illucens* eine immer größere Rolle spielen. Es wäre wünschenswert, dass die derzeitigen gesetzlichen Richtlinien, betreffend der Verfütterung und Produktion von Larven noch überdacht werden. Es sollte erlaubt werden, jede Art von österreichischen Lebensmittelabfällen durch die Soldatenfliege wiederverwerten zu dürfen, solange dies keine gesundheitsgefährdenden Folgen nach sich zieht. Eine derartige Gesetzesänderung würde diesen Produktionszweig intensivieren und sich dadurch positiv auf die Ernährungsfrage der Weltbevölkerung und die Umwelt auswirken. Es würde weniger Platz benötigt werden um das Futter für Schweine, Hühner und Fische herzustellen und mehr Platz für die Lebensmittelproduktion der Menschen verfügbar sein. Gleichzeitig könnten die CO₂-Emissionen, welche durch die Herstellung und den Transport von Futtermitteln entstehen, verringert werden. Außerdem bestünde die Möglichkeit den weltweiten Fischfang so einzudämmen, dass sich der Fischbestand der Meere wieder erholen kann. Würde die Produktion von Larvenöl von Industrie und Gesellschaft angenommen werden, so könnte der derzeitige Palmölverbrauch und die damit verbundene Regenwaldabholzung sowie CO₂-Emissionen in diversen Kosmetik- und Lebensmittelprodukten eingeschränkt werden. Auch ein positiver Einfluss auf die Nutztierhaltung könnte beobachtet werden. Da tierische Eiweiße zu der natürlichen Ernährung von Schweinen, Hühnern und Fischen zählen, könnte durch den Einsatz von Larvenmehl auch das Schwanzbeißen und Federpicken reduziert werden.

Abschließend sei bedacht, dass das Larvenmehl sowie Larvenöl genauso gut für den menschlichen Verzehr geeignet wäre. In vielen südostasiatischen Ländern gehört der Verzehr von Insekten traditionell zur Tagesordnung. Die Ernährungsgewohnheiten westlicher Industrienationen beinhalten derzeit noch kaum Insekten oder daraus gewonnene Produkte. Auch dies könnte sich in Zukunft ändern.

6 Literaturverzeichnis

AGRIPROTEIN (2017): AgriProtein to set up world's first fly farm in South Africa, Publiziert von Agriprotein, s.l., <http://www.africanfarming.net/technology/infrastructure/bill-gates-funded-firm-to-open-world-s-largest-fly-farm-producing-fish-feed> (12.12.2018)

BAUER, T. (2017): Soja: Der Fleisch gewordene Wahnsinn. Publiziert von Fian Österreich, s.l., <https://fian.at/de/artikel/soja-der-fleisch-gewordene-wahnsinn/> (18.1.2019)

BUTZ, I. (s.a.): Wohin gelangt das Fischfutter? Publiziert von BAW-Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Scharfling, https://www.zobodat.at/pdf/Oesterreichs-Fischerei_54_0271-0274.pdf (18.1.2019)

DETER, A. (2016): Tierische Proteine gut gegen Schwanzbeißen. Publiziert von Top Agrar Online, s.l., <https://www.topagrar.com/schwein/news/tierische-proteine-gut-gegen-schwanzbeissen-9480515.html> (16.11.2018)

DRÄGER DE TERAN (2015): Das große Fressen, Wie unsere Ernährungsgewohnheiten den Planeten gefährden, Publiziert von WWF Deutschland, s.l., <http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publicationen-PDF/WWF-Magazin-0215-Leseprobe-Das-grosse-Fressen.pdf> (27.12.2018)

EUROPÄISCHES PARLAMENT (2017): Lebensmittelverschwendung in der EU: Millionen Tonnen Lebensmittel landen im Müll. Publiziert von Europäischen Parlament, s.l., <http://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20170505STO73528/lebensmittelverschwendung-in-der-eu-infografik> (21.1.2019)

EUROPÄISCHES PARLAMENT (2009): VERORDNUNG (EG) Nr. 767/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates,

93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der Kommission. Publiziert von EUROPÄISCHES PARLAMENT, Brüssel, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:229:0001:0028:DE:PDF>

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2017): 893, VERORDNUNG (EU) 2017/893 DER KOMMISSION vom 24. Mai 2017 zur Änderung der Anhänge I und IV der Verordnung (EG) Nr. 999/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Anhänge X, XIV und XV der Verordnung (EU) Nr. 142/2011 der Kommission in Bezug auf die Bestimmungen über verarbeitetes tierisches Protein. Publiziert von der Europäischen Kommission, s.l., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0893&from=FR> (18.12.2018)

FORSTER, M. & WEINBERGER, S. (2019): Transkript zu der Schwarzen Soldatenfliege, Österreich

HAUPT (1992): Fliegen und Mücken. Beobachtung, Lebensweise., Publiziert von Naturbuch Verlag, Augsburg

NAHGENUSS (2017): So zerstört die Verwendung von Soja-Tierfutter den Regenwald. Publiziert von Nahgenuss, s.l., <https://www.nahgenuss.at/blog/soja-tierfutter/> (18.2.2019)

NOLEPPA, S. (2016): Auf der Ölspur, Berechnungen zu einer Palmölfreien Welt. Publiziert von WWF Deutschland, Berlin, http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Studie_Auf_der_OElspur.pdf (20.1.2019)

REICHERT (s.a.): Saumagen und Regenwald, Klima- und Umweltwirkungen deutscher Agrarrohstoffimporte am Beispiel Sojaschrot: Ansatzpunkte für eine zukunftsfähige Gestaltung. Publiziert von Germanwatch, s.l., <https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/1074.pdf> (5.2.2019)

RÖSCH (2011): Wie viel Wildfisch wird für die Erzeugung von 1 kg Forellenfutter benötigt? Publiziert von RundertischAquakultur2011, Langenargen/Starnberg, <http://www.vdff->

[fischerei.de/fileadmin/daten/pdf-Dokumente/RunderTischAquakultur2011-Hausaufgabe-Fischmehlbedarf.pdf](https://www.fischerei.de/fileadmin/daten/pdf-Dokumente/RunderTischAquakultur2011-Hausaufgabe-Fischmehlbedarf.pdf) (23.1.2019)

SCHREMMER, F. (1986): Die polymetabole Larval-Entwicklung der Waffenfliegenart *Hermetia illucens*. - Ein Beitrag zur Metamorphose der Stratiomyidae. Publiziert von Naturhistorisches Museum Wien, Wien, https://www.zobodat.at/pdf/ANNA_88_89B_0405-0429.pdf (28.02.2019)

SCHREMMER, F. (1986): Die polymetabole Larval-Entwicklung der Waffenfliegenart *Hermetia illucens*. - Ein Beitrag zur Metamorphose der Stratiomyidae. Publiziert von Naturhistorisches Museum Wien, Wien, https://www.zobodat.at/pdf/ANNA_88_89B_0405-0429.pdf (28.02.2019)

STATISTA (2018): Produktion von Palmöl weltweit in den Jahren 2002/03 bis 2018/19*. Publiziert von Statista, s.l., <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/443045/umfrage/produktion-von-palmoel-weltweit/> (10.12.2018)

TOTH, S. (1994): Angaben zur Schweb- und Waffenfliegenfauna der Insel Brissago, Südschweiz (Diptera: Syrphidae, Stratiomyidae), Luzern, https://www.zobodat.at/web4beta/pdf/Entomologische-Berichte-Luzern_32_0119-0126.pdf (11.12.2018)

VELTEN, S. & LIEBERT, F. (2018): Larven der schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) als potentieller Proteinlieferant in der Schweine und Geflügelernährung. Publiziert von Proteinmarkt, Göttingen, <https://www.proteinmarkt.de/fachartikel/kw31-larven-der-schwarzen-soldatenfliege-hermetia-illucens-als-potentieller-proteinlieferant-in-der-schweine-und-gefluegelernaehrung/> (25.12.2018)

WANG & SHELOMI (2017): Review of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) as Animal Feed and Human Food, Publiziert von US National Library of Medicine National Institute of Health, Taiwan, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5664030/#sec1-foods-06-00091title> (3.02.2019)

WWF (2018): Palmöl. Publiziert von WWF Deutschland, Berlin, <https://www.wwf.de/themen-projekte/landwirtschaft/produkte-aus-der-landwirtschaft/palmoel/> (21.03.2019)

7 Anhang

Transkript zu Schwarzen Soldatenfliege

Michael Forster und Simon Weinberger sind die Gründer und Besitzer der Firma ECOFLY, welche sich schon seit mehreren Jahren mit der Zucht und Produktion der Soldatenfliege beschäftigt. Als unsere Außerschulischen Partner halfen sie uns mit vielen wichtigen Informationen über Gespräche und Emailverkehr aus. Folgende, in diesem Transkript enthaltene, Informationen, stammen aus eigenen Erfahrungen von ECOFLY.

Da bei der Schwarzen Soldatenfliege die Reproduktionsgeschwindigkeit sehr hoch ist und die Substratverwertung bei einem geringen Flächenbedarf auf einem hohen Niveau liegt, ist diese Art für die Larvenproduktion besonders gut geeignet. Unter optimalen Bedingungen, welche 25 Grad Umgebungstemperatur und feuchter Umgebung entsprechen kann die Larve bei guten Futtervoraussetzungen ein Gewicht von bis zu 0,25 Gramm erreichen.

Insekten verwerten ihre Nahrung sehr effizient. Aus 100 Tonnen Futtersubstrat (Trockensubstanz) können 25 Tonnen Larvenmehl (Trockensubstanz) und zehn Tonnen Larvenfett gewonnen werden. Vergleicht man dies mit der Fütterung von Hühnern oder Schweinen, welche eine Feed Conversion Ratio von etwa 3,5 erreichen können (Trockenmasse Futtersubstanz zu Lebendzuwachs Tier), liegt man bei einer wechselwarmen Fliegenlarve bei einer FCR von etwa 1,2 (Trockenmasse Futtersubstanz zu Lebendzuwachs Larve). Die Larven werden mit Biertreber und Weizenkleie gefüttert, welches Kosten von rund 600 € pro Tonne Larvenmehl mit sich bringen.

Die Fraßreste und Ausscheidungen, welche bei der Produktion der Larven entstehen, erweisen sich als hochwertiger Kompostdünger und kann als Wirtschaftsdünger auf Wiesen und Felder ausgebracht werden. Somit wird das Wachstum gefördert und der Ernteertrag

gesteigert. Die Menge an anfallendem Dünger entspricht etwa dem Gewicht der Lebendmasse der Larven.

Das proteinreiche Larvenmehl, welches man aus den Larven gewinnt, kann sowohl zur Fütterung von Nutztieren sowie Haustieren (Hunde und Katzen) eingesetzt werden.

Durch die rein pflanzliche Ernährung ergibt sich oft eine unausgeglichene Nährstoffzusammensetzung und besonders im Biolandbau, in dem keine fermentativ oder synthetisch hergestellten Aminosäuren verwendet werden dürfen, können oft keine ausreichenden Proteinqualitäten bereitgestellt werden. Um den Mangel an essentiellen Aminosäuren auszugleichen muss mehr Protein gefüttert werden. Daraus ergibt sich im Körper ein Überschuss an Ammoniak, der Leber und Nieren belasten kann.

Durch die Fütterung mit tierischem Protein, welches oft eine sehr hohe biologische Wertigkeit aufweist, kann diesem Problem Abhilfe geleistet werden. Für die Tiergesundheit sind diese tierischen Eiweiße von großer Bedeutung.

Bei ausreichender Larvendichte kann die Mast der Larven ohne externe thermische Energie betrieben werden, da die Abwärme, die durch die Bewegungsenergie und mikrobiologischen Prozesse im Futtersubstrat ausreichen, um die Mastumgebung zu beheizen. Bei großen Einheiten ist sogar eine Nachnutzung der Wärme beispielsweise zur Temperierung von Glashäusern denkbar. Zurzeit haben sie einen Wärmeüberschuss von 250 W pro m².

Im Vorpuppenstadium hat die Larve ihre maximale Größe erreicht. Dies ist der geeignete Zeitpunkt die Larven zu ernten, um sie für den weiteren Verarbeitungsprozess verwenden zu können. In dieser Zeit verlassen die Larven das Futtermittel um einen trockenen und angenehmen Ort für die Verpuppung zu suchen. Dabei kann man die Larven mit Auffangeinrichtungen fangen. Mit dieser Methode in landwirtschaftlichen Anlagen werden jedoch höchstens 75% der Larven geerntet. Eine andere Technik ist das Futtermittel auf vierzig Grad zu erhitzen, wodurch die Larven durch Hitzestress ebenfalls aus dem Futtermittel herausklettern. In landwirtschaftlichen und industriellen Anlagen stellt das Sieben der Larven aus dem Futtermittel die effizienteste Methode dar.

Im Normalfall werden Larven durch kochen, frieren oder einen Hitzeschock getötet. Das Schockfrieren mit flüssigem Stickstoff würde zwar sehr schnell und effektiv funktionieren, jedoch ist flüssiger Stickstoff sehr teuer und Larven auf circa -200 Grad abzukühlen wäre ineffizient.

Anschließend wird das Rohprodukt zwischen 65 °C und 70 °C für 14 Stunden getrocknet. Für die Verwendung als „Processed Animal Protein“ und somit einer Zulassung als Futtermittel für Nutztiere sind 130 Grad und drei Bar Druck vorgeschrieben.

Getrocknete Larven enthalten normalerweise etwa 50% Protein und 25% Fett. Da diese Bestandteile in der Nutztierhaltung sehr oft getrennt verwendet werden, werden die Larven meist entfettet. Prozesstechnisch kommen hier meist Schneckenpressen zum Einsatz wie beispielsweise in der Speiseölproduktion. Anschließend werden die Larven mit einer Mühle vermahlen. Das Ergebnis aus diesem Prozess ist das sogenannte Larvenmehl.

Das hauptsächlich aus gesättigten Fettsäuren bestehende Larvenfett, welches beim Entfetten der geernteten Larve entsteht, könnte als technisches Fett oder als Ersatz für Palmöl in der Kosmetikindustrie dienen.

Um aus dem Larvenmehl ein standardisiertes Produkt herzustellen, wird es in Pellets gepresst. Dies dient auch dazu, für unterschiedliche Altersgruppen von Fischen, ein in der Größe perfekt angepasstes Produkt zu erzeugen. Durch die Verarbeitung sind die Futterpellets einige Monate haltbar.

Wenn die Insektenmehlproduktion industriell durchgeführt werden würde, könnte Larvenöl als Ersatz für Palmöl dienen. Diese Entwicklung könnte einen Beitrag zum Schutz der Regenwälder darstellen.