

[REDACTED]

Berichtszeitraum von: 03.2020 bis: 10.2022

1. Allgemeine Angaben zu der OG und zum Projekt

1.1 Projekttitle

Dezentrale Produktion von Larven der Schwarzen Soldatenfliege (BSF) und Verarbeitung zu Fischfutter in landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern

[REDACTED]

2. Abschlussbericht der Operationellen Gruppe

A. Kurzdarstellung des Innovationsprojektes (in Alltagssprache)

I. Ausgangssituation und Bedarf

Was war das (praktische) Problem bzw. die „Innovationslücke“, die zum Zusammenschluss der OG und zur Durchführung des Innovationsprojektes anregen?

In der EU müssen Proteinfuttermittel wie Soja oder Fischmehl zu großen Teilen importiert werden. Gleichzeitig fallen noch enorme Mengen an Lebensmittelreste als Abfall an. Seit 2017 sind Insekten in der EU als Futtermittel zugelassen. Insekten bieten die Möglichkeit den Kreislauf zu schließen und Lebensmittelreste zu hochwertigen Proteinfuttermittel aufzuwerten. Dazu gab es zu Projektbeginn jedoch keine Praxiserfahrungen insbesondere nicht im landwirtschaftlichen Kontext.

II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung

1. Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsanalyse zur nachhaltigen Produktion von Futtermitteln aus Larven der Schwarzen Soldatenfliege (BSF) durch den Einsatz von organischen Reststoffen, dezentral beim landwirtschaftlichen Betrieb. Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Praxiseinsatz.
2. Fütterungsversuche mit LfL Starnberg zur Ermittlung der Qualität des Fischfutters aus BSF-Larven.
3. Dezentrale Zucht BSF mit Sammlung und Dokumentation von ersten Zuchterfahrungen in der Praxis. Erarbeiten von Handlungsempfehlungen für die Zucht.

III. Mitglieder der OG

FarmInsect GmbH

Fischzucht Andreas Hofer

Landesanstalt für Landwirtschaft

IV. Projektgebiet

Erzeugung alternativer Proteine, effiziente Ressourcennutzung, regionale Kreislaufwirtschaft, Kostenersparnis

V. Projektlaufzeit und -dauer

03/2020 bis 10/2022

Dauer 31 Monate

VI. Budget

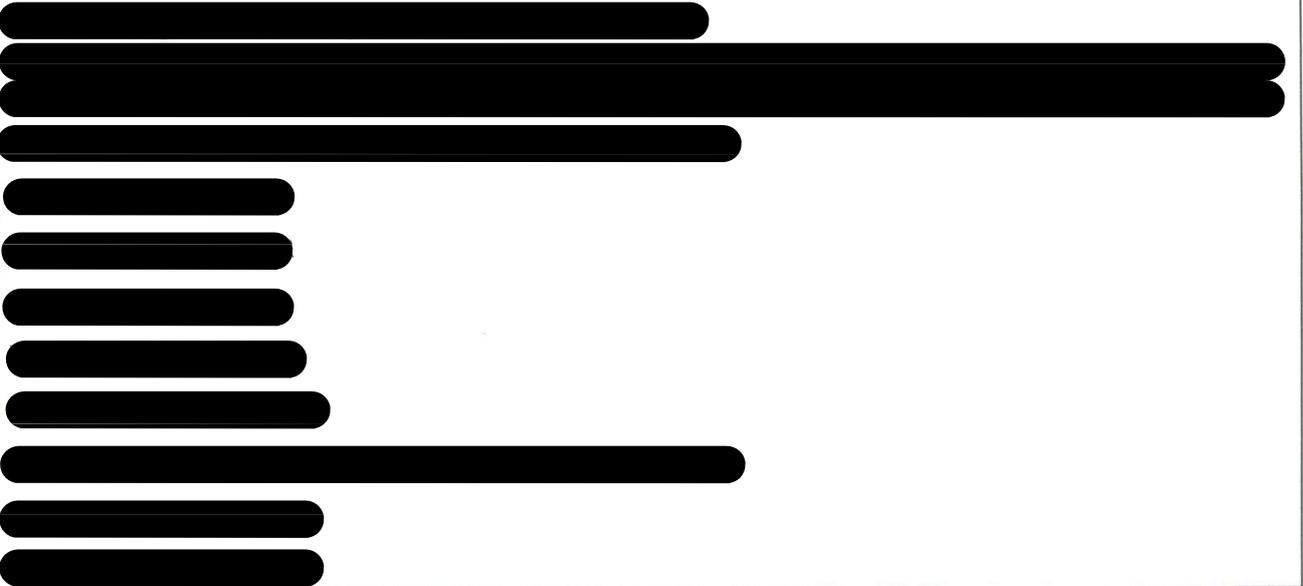
Zuwendung von 385.389,89 EUR

VII. Ablauf des Vorhabens

- Es wurden während der gesamten Projektlaufzeit Interviews mit Landwirten geführt um deren Bedürfnisse an die regionale Insektenproduktion zu verstehen.
- Es wurde eine Laboranlage zur Mast der Schwarzen Soldatenfliege entwickelt und aufgebaut. Dort wurden Grundlagenversuche zur Mast durchgeführt. Aufbauend auf diesen Erkenntnisse wurde eine Pilotanlage für den landwirtschaftlichen Einsatz entwickelt.
- Die Pilotanlage für die regionale Larvenmast wurde bei dem landwirtschaftlichen Projektpartner aufgebaut. Die Pilotanlage wurde in der Praxis getestet und wichtige Erkenntnisse zur Biologie, zu technischen Verbesserungen sowie zur Stoff- und Energieströmen gesammelt. Aus diesen Erkenntnissen wurde ein Konzept für eine mögliche Serienanlage entwickelt. Es wurde ein Modell zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entwickelt.
- Die in der Pilotanlage erzeugten Larven wurden für Fütterungsversuche mit verschiedenen Fischarten in Zusammenarbeit mit der LFL verwendet.

VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse

- Die regionale Insektenmast ist wirtschaftlich und technisch möglich.
- Es können Insektenlarven mit einem Proteingehalt von 50 % und einem hochwertigen Aminosäurespektrum unter dem Preis von Fischmehl erzeugt werden.
- Die Fütterung von Fischen mit regional erzeugten Insektenlarven ist möglich, wenn auch die Futtermittelverwertung noch geringer ist als bei vergleichbarem konventionellem Futter.
- Es gibt eine Vielzahl von regionalen Reststoffen, welche sich als Futter für die regionale Insektenproduktion eignen.
- Es besteht großes Interesse bei Landwirten und der Futtermittelindustrie nach Informationen zu dem Thema der nachhaltigen Insektenproduktion

B. Eingehende Darstellung**II. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn**

a) Ausgangssituation

b) Projektaufgabenstellung

2.1 Insekten sind ein nachhaltiges, proteinreiches Futtermittel, welches regional produziert werden kann. Einige Insekten sind seit 2017 in der EU als Futtermittel für Aquakultur zugelassen. Futtermittel können in vielen Aquakulturbetrieben mehr als 60% der Betriebskosten ausmachen. Die mit Abstand teuerste Zutat von Fischfutter ist Fischmehl (ca. 1600 € pro t). Insektenlarven sind vom Proteingehalt und der Aminosäuren-Zusammensetzung vergleichbar mit Fischmehl. Durch die regionale Produktion von Insekten haben Aquakulturbetriebe zum ersten Mal einen direkten Zugang zu einer der Schlüsselzutaten von Fischfutter. Dies ermöglicht eine Diversifizierung von Betrieben sowie die Optimierung der Betriebskosten. Die Larven der schwarzen Soldatenfliege (Black Soldier Fly = BSF) können eine Vielzahl von organischen Reststoffen als Futter verwerten. Eine regionale Insektenproduktion kann den CO₂-Fußabdruck im Vergleich zu Fischmehl um bis zu 50 % reduzieren. Die Produktion von BSF ist am nachhaltigsten, wenn ein Großteil der Futtermittel der BSF aus regionalen Reststoffen, wie z.B. Fallobst, Erntereste, Grünschnitt etc. besteht. Dabei müssen rechtliche Anforderungen sowie die Nährstoffbedürfnisse der Larven beachtet werden. Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Futtermittelmischungen zusammen mit regionalen Reststoffen auf deren Futtermittelverwertung getestet. Anschließend wurden Futtertabellen und Ernährungsleitfäden für Landwirte erstellt, welche die einfache Verwendung von regionalen Reststoffen als Futter für BSF ermöglichen und den Landwirten eine Einschätzung der ökonomischen Rentabilität der Insektenzucht ermöglichen.

Bisher gibt es noch kaum Erfahrungen zur Insektenzucht und Verwendung als Futtermittel in der Praxis. Das Ziel des Projektes war es eine regionale Insektenproduktion auf einem landwirtschaftlichen Betrieb zu erproben. Hierzu wurden Futtermittelmischungen mit einem möglichst hohen Anteil an regionalen Reststoffen entwickelt und getestet. Anschließend werden Konzepte zur regionalen Herstellung von Fischfutter aus Insekten getestet und eine Futtermittelstudie mit den gewonnenen Insekten sowie dem hergestellten Fischfutter durchgeführt. Es wurden dazu rechtliche Einschätzungen über die Anforderungen an die Produktion sowie die geeigneten Futtermittel für Landwirte

erarbeitet werden. Es wurde die Futtermittelverwertung untersucht und daraus ein ökonomisches Modell sowie Leitlinien für die Verwendung von regionalen Restströmen als Insektenfutter für landwirtschaftliche Betriebe erstellt.

III. Ergebnisse der OG in Bezug auf

a) *Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. mit Beispielen, wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?*

b) *Was war der besondere Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts?*

c) *Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?*

a) Es wurden regelmäßig Projekttreffen mit allen Teilnehmern vereinbart. Dort wurde die generelle Ausrichtung besprochen und Aufgabenpakete geplant und Zuständigkeiten abgestimmt. Innerhalb einzelner Arbeitspakete gab es dann oft auch bilateralen Austausch von OG Mitgliedern. Insbesondere beim Aufbau und Optimierung der Pilotanlage erfolgte eine enge Zusammenarbeit zwischen Andreas Hofer und Farminsect. So wurde ein Arbeitsplan erstellt und aufgeteilt wer welche Arbeiten übernimmt. Die Betreuung der Tiere in der Pilotanlage erfolgte Anfangs oft von Andreas Hofer und einem Mitarbeiter von Farminsect um für einen notwendigen Wissenstransfer zu sorgen. Es gab zusätzlich eine Reihe von Veranstaltungen wie z.B. Videodreh für EIP Agri und die Presse wo alle OG Partner eng zusammen gearbeitet haben. Ausserdem haben die OG Partner sich auch gegenseitig zu Vorträgen und Konferenzen eingeladen. So hat Farminsect z.B. einen Vortrag auf der Jahrestagung der LFL Fischerei gehalten.

b) Der interdisziplinäre Austausch zwischen Wirtschaft, Forschung und landwirtschaftlicher Praxis

c) Alle OG Mitglieder werden in weiteren Kontakt bleiben. Andreas Hofer wird die Insektenproduktion jedoch nicht weiter betreiben, da die Pilotanlage nicht wirtschaftlich betrieben werden kann und er aktuell nicht die Möglichkeiten hat in eine bessere Anlage zu investieren. Im Rahmen eines anderen Förderprojektes hat Farminsect eine Folgeanlage bei einem anderen Fischzüchter installiert, welche wieder von Farminsect und der LFL betreut wird.

IV. Ergebnisse des Innovationsprojektes

a) *Zielerreichung (wurde eine Innovation im Projekt generiert?)*

b) *Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen*

c) *Projektverlauf (ggf. mit Fotodokumentation; Graphiken mit Anmerkungen usw.)*

d) *Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP Zielen*

e) *Nebenergebnisse – (was hat sich evtl. unerwartet aus der Zusammenarbeit, durch das Projekt ergeben?)*

f) *Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben*

Siehe Extrablatt

V. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Sind nutzbare/verwertbare Empfehlungen, Produkte, Verfahren, oder Technologien entstanden?

- Es wurde ein Konzept für eine mögliche Serienanlage für die regionale Mast von Insektenlarven entwickelt.

- Es wurde ein umfangreiches Rechtsgutachten erstellt, welches alle Fragen aufarbeitet, die während des Projektes angefallen sind.

- Es wurde ein Modell zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entwickelt, welches Landwirten dabei hilft, einen besseren Eindruck von den Vor- und Nachteilen der regionalen Insektenproduktion zu erhalten.

- Es wurden diverse Videos und Zeitungsartikel über das Pilotprojekt veröffentlicht und das Thema einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

1. Ermittlung der Bedürfnisse von landwirtschaftlichen Betrieben und vorhandene, regionale Reststoffe als mögliche Futterquelle

Die Verwendung von Larven der Schwarzen Soldatenfliege kann helfen, proteinreiches Futtermittel aus organischen Reststoffen herzustellen. Dies sollte den zum einen den CO₂-Fußabdruck der Landwirtschaft reduzieren und schafft gleichzeitig zusätzliche Einkommensströme für landwirtschaftliche Betriebe. Die selbst erzeugten, proteinreichen Futtermittel reduzieren die Abhängigkeit vom Weltmarkt und können den Betrieben neue Optimierungsmöglichkeiten eröffnen und damit die langfristige Wettbewerbsfähigkeit einheimischer Betriebe sichern. Im Rahmen des Projektes wurden dazu Landwirte befragt, welche Reststoffe bei Ihnen anfallen, die für die Insektenproduktin geeignet sind, unter welchen Voraussetzungen eine Produktion und Einsatz von Larven als Futtermittel für sie sinnvoll erscheint.

Da dieses Projekt vor dem Ausbruch von COVID-19 begonnen wurde und die komplette Pandemie sowie während des Kriegs in der Ukraine durchgeführt wurde, konnte auch ein erster Eindruck gewonnen werden, wie geopolitische Ereignisse auf die Bedürfnisse der Landwirte einspielen. Insbesondere durch COVID-19 ist die Notwendigkeit einer resilienten, lokalen Lieferkette sowohl bei Landwirten, Verbrauchern als auch bei öffentlichen Behörden deutlich in den Vordergrund gerückt. Beide Ereignisse haben außerdem zu massiven ökonomischen Veränderungen geführt. So sind z.B. die Margen für die Schweinproduktion deutlich zurück gegangen und die Kosten für Futtermittel in allen Tierhaltungsformen deutlich angestiegen. Das hat dem Thema der regionalen Proteinproduktion und Kreislaufwirtschaft auch deutlichen Auftrieb gegeben.

Die Landwirtschaft in der Europäischen Union ist in einem stetigen Wandel, was von den Landwirten auch eine ständige Entwicklung verlangt, um weiterhin bestehen zu können. Derzeit geraten die konventionellen Zweige der Landwirtschaft, besonders in der Tierhaltung zunehmend unter Druck. Die Folgen der aktuellen Krisen führen seit 2020 zu einem starken Rückgang der Tierbestände bei Schweinen und Rindern. Dem gegenüber steigt das Interesse sowohl an regionaler und nachhaltiger Landwirtschaft als auch an alternativen Proteinträgern.

Die regionale Produktion und Verfütterung der Insekten an Schwein, Geflügel und Fisch auf dem eigenen Betrieb, bietet eine Vielzahl an Vorteilen und Chancen für den Landwirt. Nach Aussage der interviewten Landwirte wird besonders geschätzt, dass sie durch regionale Insektenproduktion nicht mehr auf bestehende Lieferketten angewiesen sind und sich stattdessen auch von den sonst fast ausschließlich importierten Proteinträgern unabhängig machen können. Die Larven helfen dem Landwirt durch die Verwertung seiner anfallenden Reststoffe wieder Kreislaufwirtschaften auf seinem Betrieb zu schaffen. Da für Nutztiere die Insektenlarven eine natürliche tierische Proteinquelle darstellen, wird von den Landwirten auch eine Verbesserung beim Verhalten und der Tiergesundheit erwartet. Gesellschaftlich rückt das Thema Nachhaltigkeit immer weiter in den Fokus, daher können Landwirte bei der Vermarktung ihrer Erzeugnisse diese Themen gewinnbringend geltend machen. Viele Landwirte gaben an, dass bei Verbrauchern die Fütterung von Soja und insbesondere Fischmehl negativ behaftet ist.

Aus Gesprächen mit Schweinehaltern zeigten sich folgende Punkte als besonders wichtig:

- Welche auf Insektenprotein basierende Futterrezeptur bringt optimale Leistung und Gewichtszunahmen bei Mastschweinen und Ferkel
- Wie kann die Integration der Larven in den bestehenden Futterprozess gewährleistet werden: wird trocken gefüttert oder mit einer Flüssigfütterung? Mischt der Landwirt selbst oder kauft er fertiges Futter zu? Fallen noch Verarbeitungsschritte der Larven an oder können diese direkt nach der Ernte frisch verfüttert werden?
- Zu wieviel Prozent kann Soja substituiert werden, bzw. benötige ich geringere Mengen an trockenen Larven.
- Ein Ziel ist, durch den Einsatz des Insektenproteins unerwünschtes Verhalten der Schweine wie „Schwanzbeißen“ zu reduzieren. Wie ist der aktuelle Wissenstand dazu?
- Können die Larven z.B. bei Ferkel auch als Beschäftigungsmaterial verwendet werden?

Die Gespräche mit Geflügellandwirten ergeben folgende Themen:

- Im Idealfall werden die Larven frisch und lebend verfüttert. Wie kann das auch bei einem größeren Betrieb sinnvoll integriert werden?
- Wie können die Larven bei automatisierten Futteranlagen am besten beigemischt werden? Können die getrockneten Larven gemahlen und ins Trockenfutter untergemischt werden?
- Wird durch das tierische Eiweiß wie erwartet das Federpicken und die Eiablage auf dem Boden vermindert?
- Hat das Insektenprotein einen Einfluss auf den Geschmack des Eis oder des Geflügelfleisches?
- Ist die Produktivität der Larven-gefütterten Tiere vergleichbar mit konventionell gefütterten Tieren?
- Wie kann die Hygiene insbesondere bei Salmonellen gewährleistet werden?

Aufkommende Fragestellungen bei Fischwirten sind:

- Kann Fischmehl zu 100% ersetzt werden?
- Ist es sinnvoll, die Larven im Ganzen und frisch zu füttern, oder sind Futter-Pellets auf Insektenproteinbasis besser geeignet?
- Hat die Fütterung der Larven einen Einfluss auf die Wasserqualität in meinen Teichen?
- Wie verhält sich die Gewichtszunahme Tiergesundheit und Fleischqualität meiner Fische?
- Wie lange können die frischen, gefrorenen Lareven etc. gelagert werden?

Sowohl für Schweine- und Hühnerlandwirte als auch für Fischwirte sind folgende Themen gleichermaßen wichtig:

- Viele Landwirte haben die Möglichkeit einer günstigen Wärmequelle wie eine Biogas Anlage oder einen Hackschnitzelvergaser. Kann die hier entstehende Abwärme, für die doch recht Energieintensive Insektenproduktion genutzt werden? Wie ist der durchschnittliche Wärmeverbrauch?
- Nutzung von Altgebäuden möglich und lohnenswert? Welche Infrastruktur wird benötigt? Wieviel Platz wird benötigt?
- Die großen Dachflächen in der Landwirtschaft bieten sich zur Nutzung mit Photovoltaikanlagen an. Da die ersten Laufzeitverträge bereits auslaufen können die

PV-Anlagen mit Hilfe von Speichern bestens zur Eigennutzung genutzt werden. Wieviel Strom wird durchschnittlich und bei Spitzenlast für die Larvenproduktion benötigt?

- Wie kann der Larven-Fraß verwertet werden? Ist die Ausbringung auf eigene Felder möglich? Wie sind die Nährstoffe? Kann der Frass noch in der Biogasanlage verwertet werden? Wie hoch ist die Biogasausbeute? Kann der Frass als Dünger vermarktet werden? Welche Auflagen müssen dabei beachtet werden?
- Arbeitskräfte sind in der Landwirtschaft ein zunehmend sensibles Thema. In vielen Regionen gestaltet es sich als sehr schwer qualifizierte und zuverlässige Mitarbeiter zu finden. Wieviel Arbeitszeit ist für die Insektenproduktion notwendig?
- Je nach Region, Veredelungsgrad und Besiedlungsdichte sind die von den Larven entstehenden Abgaswerte auch ein Thema für die örtlichen Behörden. Welche Genehmigungen sind grundsätzlich notwendig?
- Mögliche Bezugsquellen von Reststoffen wie Weizenkleie, Obst- und Gemüseresten, Grassilage u.v.m. in der nötigen Menge, Qualität und zum passenden Preis müssen geplant werden.

Ein großer Teil der Landwirte will die Larven für die Fütterung der eigenen Tiere produzieren. Gerade nach dem Einbruch der Margen in der Schweinproduktion sind auch viele Landwirte auf das Projekt zugekommen, welche die Larven für die Vermarktung, z.B. an die Futterindustrie, produzieren wollen. Für Landwirte, welche die Larven der Schwarzen Soldatenfliege für die Vermarktung produzieren, stehen vor allem wirtschaftliche Interessen im Vordergrund. Die Insekten können hier für den Landwirt einen völlig neuen Betriebszweig in einem stark wachsenden Markt bilden. Für viele Betriebe steht nun der Generationenwechsel bevor und der Hof soll nicht nur zukunftsfähig, sondern auch attraktiv und modern an die nächste Generation übergeben werden. Die wichtigste Frage bei dieser Art der Produktion war dann auch nach den Vermarktungsmöglichkeiten und Marktpreisen der Larven(produkte).

Bei zahlreichen Gesprächen mit Landwirten über ihre größten Herausforderungen werden sehr häufig die aktuell unsicheren Zeiten genannt: steigende Rohstoffpreise in der Landwirtschaft, Energiekrise und Inflation sind natürlich deutlich spürbar. Oft haben die vorangegangenen Krisen einen Großteil der Liquidität aufgebraucht und eine Investition im mittleren bis höheren sechsstelligen Bereich ist dann schwer umzusetzen.

Alle Landwirte wurden auch nach verfügbaren Reststoffen gefragt. Entgegen der landläufigen Meinung, dass Lebensmittelabfälle im großen und ganzen bereits einer sinnvollen Verwendung zugeführt werden, wurden im Rahmen der Interviews eine Vielzahl an Möglichkeiten gefunden. Neben den klassischen Agrarprodukten wie z.B. CCM haben Landwirte erstaunlich guten Zugang zu Reststoffen aus der umliegenden Lebensmittelproduktion. Hier ein, nicht vollständige Liste von Reststoffen, welche Landwirte in großem Umfang (>100t / Monat) kostenlos zur Verfügung haben:

- Salatsoßen (reich an Omega 3)
- Kochwasser von Nudeln und Spätzle
- Altbrot
- Kartoffeln, Kartoffelschalen, Kartoffelkochwasser
- Eier
- Molke und andere Milchprodukte
- Spelzen, Stroh,

Insbesondere bei Fischzüchtern, wo die Hofschlachtung noch weit verbreitet ist, sind außerdem erhebliche Mengen an Schlachtabfällen verfügbar.

Der Kreis von Landwirten welche im Rahmen des Projektes befragt wurden, setzt sich wie folgt zusammen:

40% Interesse an der Larvenproduktion für die Fütterung der eigenen Tiere

- 10% Fisch
- 50% Schwein
- 30% Legehennen
- 10% Mastgeflügel

60% Interesse an der Vermarktung der Larven an die Futtermittelindustrie

- 20% wollen selbst vermarkten
- 80% Vermarktung über FarmInsect

Da die meisten Landwirte welche im Rahmen des Projektes befragt wurden durch Medienartikel auf das Projekt aufmerksam wurden, ist es schwierig zu sagen, wie hoch der Prozentsatz der Landwirte ist, die an der Insektenproduktion interessiert sind. Insgesamt wurde jedoch ein sehr hohes Interesse vernommen und das Projekt wurde pro Woche von bis zu 10 Landwirten kontaktiert. Insgesamt wurde während der Projektlaufzeit mit 137 Landwirten gesprochen. Es wurden davon ca. 32 zum Pilotbetrieb eingeladen, um vor-Ort den Ablauf der Larvenproduktion zu erklären und mit den Landwirten über die Anforderungen an die Produktion zu diskutieren. Zusätzlich wurden 12 Landwirte bei Ihrem Betrieb besucht um auch einen besseren Eindruck von der Infrastruktur vor Ort zu bekommen.

Zu den potenziellen Abnehmern der gemästeten Larven gehören neben Pet-Food Unternehmen auch viele Futtermittelhersteller. Herausfordernde Themen dieser beiden Industrien sind:

- In welcher Form bekommen sie die gemästeten Larven? (gefroren, getrocknet, gemahlen, entfettetes Mehl) Dies ist nicht nur für das fertige Produkt, sondern insbesondere für die nötigen Verarbeitungsschritte wichtig.
- Wie kann eine einheitliche Güte und Qualität gesichert werden? Besonders wichtig ist diese Qualitätssicherung bei der Bündelung der Larven verschiedener Landwirte.
- Können die Larven mit den bestehenden Anlagen verarbeitet werden?
- Welche Zulassungen sind dafür notwendig?
- Muss eine extra Produktionsanlage für Larven gebaut werden oder kann diese Anlage auch für andere Futtermittel genutzt werden?
- Wie ist die Aminosäure und Fettsäure Zusammensetzung der Larven
- Ist der Chitin Gehalt ein Problem bei der Futterformulierung
- Futterrezepturen auf Basis der Larven der Schwarzen Soldatenfliege sind häufig noch nicht klar, bzw. im Experimentierstadium.

Neben Futtermittelherstellern wurden auch Interessenverbände wie z.B. Bayerischer Bauernverband, Bayerischer Müllerbund, Jungbauernschaft, Ringberater befragt. Sowohl bei den Futtermittelunternehmen wie auch bei den Interessensverbänden ist deutliches Interesse an dem Thema der regionalen Proteinproduktion vorhanden. Viele sehen das Thema aber noch als nicht Praxisreif und sehen auch die günstigen Preise von Soja und Fischmehl als Hemmnis einer breiten Marktdurchdringung. Bei Produzenten von Heimtierfutter war

hingegen ein sehr hohes Interesse und auch eine sehr hohe Zahlungsbereitschaft zu erkennen. Dort sind auch schon erste Produktlinien im Markt, welche laut Aussagen diverser Hersteller zu den Wachstumstreibern des Produktportfolios gehören.

2. Erstellen von Futtermischungen mit regionalen Reststoffen und Test auf Futtermittelnutzung

Die Larven der Schwarzen Soldatenfliegen können eine Reihe von organischen Reststoffen verwerten. Je höher der Futteranteil des Larvenfutters an organischen Reststoffen ist, welche nicht anderweitig als Tierfutter verwendet werden können, desto nachhaltiger und ökologischer kann die Produktion erfolgen. Im Rahmen des Projektes wurde als erstes eine gut verfügbare und lagerstabile Grundfutmischung für Insektenlarven erarbeitet. Dazu wurden vorwiegend gut verfügbaren Industrieresten wie z.B. Bierschrot und Weizenkleie getestet. Im nächsten Schritt soll diese Grundmischung mit verschiedenen regionalen Restströmen gemischt werden. Dazu sind regionale Restströme wie z.B. Zuckerrübenschnitzel, Kartoffelpulpe, Getreideschlempe, Altbrot, Fallobst, Grünschnitt und andere denkbar. Für jede Mischung wird die Produktivität (Mastzeit, Futtermittelnutzung etc.) der Insekten ermittelt. Zusätzlich werden für einige ausgewählte Versuchsreihen auch die chemische Zusammensetzung der gewonnenen Larven ermittelt (Proteingehalt, Fettsäure Spektrum, Mineralgehalt, Aminosäure Profil). Aus den Ergebnissen wurden dann Handlungsempfehlungen für die Praxis ermittelt, mit denen ganzjährig immer ein gewisser Anteil regionaler Reststoffe zusammen mit einer Grundfutmischung an die Insekten verfüttert werden können.

Für diese Vorversuche wurde eine Mastanlage im Labormaßstab an der TU München aufgebaut. Die Maßtkammer war 2 x 2 x 2 m groß und konnte insgesamt 20 Kisten (80 x 60 cm) fassen. Die Kammer verfügt über eine Klimasteuerung mit Heizung, Lüftung, CO₂ und Luftfeuchtigkeitssteuerung. Zusätzlich wurden zwei Käfige für die Vermehrung der Fliegen aufgebaut und in einem Klimagesteuerten Bereich untergebracht.

Parallel zur Erstellung einer Referenzfutmischung mussten auch eine Reihe von physikalischen Eigenschaften bei der Larvenmast getestet werden. Insbesondere wurden folgende Einflussfaktoren getestet:

- Substrat Feuchtigkeit
- Substrat pH
- Substrat Größe
- Substrat Temperatur
- Dimension des Mastbehälters
- Futterregime (Konst. / Batch)
- Futtermenge
- Vor-Fermentation des Futters
- Junglarvenmenge
- Ausbringung und Alter von Junglarven

Das Ziel dabei war ein System zu finden, bei welchem die Larven 80 % ihres Mastendgewichts mit geringstem Aufwand erreichen können. Die Feuchtigkeit spielt dabei eine große Rolle, da die Larven das Futter nicht zerkleinern können und daher bei zu niedriger Feuchtigkeit die Nahrungsaufnahme einstellen. Dieses Thema wurde zusätzlich dadurch erschwert, dass teilweise Krusten auf dem Substrat gebildet wurden oder es bei zu feuchtem Substrat und

falscher Besatzdichte zu Schimmelbildung im Substrat kam. Es wurde schnell festgestellt, dass das Futter auch mechanisch zerkleinert werden muss. Den z.B. nur angebrochene Maiskörner konnten unverdaut im Kompost nach der Mast gefunden werden. Daher wurde eine Hammermühle beschafft und das Futter mit einem 3 mm Sieb zerkleinert. Dadurch konnte die Futtermittelnutzung um bis zu 30 % erhöht werden.

Bei der Futtermenge wurde festgestellt, dass eine zu geringe Futtermenge zu einem schnellen austrocknen führt. Eine zu große Futtermenge kann wiederum zu anaeroben Zuständen im Bodenbereich der Mastkisten führen. Dadurch breiten sich Bakterien aus und die Larven bleiben auf der Oberfläche des Substrates. Eine Schichtdicke von ca. 5 cm hat sich indes als Ideal erwiesen. Als große Herausforderung bei den Versuchen hat sich herausgestellt, dass alle beschriebenen Einflussfaktoren miteinander verbunden sind. So hat z.B. die Besatzdichte einen erheblichen Einfluss auf die benötigte Futtermenge etc. In den frühen Phasen wurde in der Regel alle 2 – 3 Tage neues Futter oder zumindest Wasser zugegeben. Im Laufe der Zeit konnten die Parameter so optimiert werden, dass nur noch eine Fütterung für den gesamten Mastzyklus notwendig ist. Dies ist eine enorme Erleichterung für die Mast auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das technische Konzept für die Mastanlage entsprechend ausgelegt. Neben dem Futter spielt die Klimatechnik eine wichtige Rolle für eine erfolgreiche Mast. In der Regel wurden die Mastbehälter mit 30 – 35 °C warmer Luft umgeben. Die Temperatur im Substrat war in der Regel einige Grad niedriger, was sich durch die permanente Verdampfung von Wasser erklärt. Um diese Verdunstung besser regulieren zu können wurde ein Vernebler installiert, um die Luftfeuchtigkeit künstlich zu erhöhen.

Parallel zu den Mastversuchen wurde auch eine umfangreiche Literaturrecherche zu den physiologischen Bedürfnissen der Larven sowie auch zu Hygiene Anforderungen und Möglichen Krankheitserregern durchgeführt. Es sind zwar eine Vielzahl von Krankheitserregern für die Spezies Diptera bekannt, bisher jedoch keine für die Schwarze Soldatenfliege. Im gesamten Ablauf des Pilotbetriebs wurden die Tiere stets nach Krankheiten überprüft und keine Auffälligkeiten festgestellt. Es konnten jedoch zwei wichtige Einflussfaktoren für die Tiergesundheit festgestellt werden. Das eine ist der CO₂ Gehalt der Klimakammer. Wenn dieser einen zu hohen Wert erreicht, führt dies zum Tod der Tiere. Es wurde daher ein mehrfaches System zur Überwachung des CO₂ Wertes entwickelt. Dieses System regelt die Lüftung entsprechend. Es kann im Notfall Notlüftungsklappen öffnen und Alarme per SMS und E-Mail absetzen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Temperatur im Substrat. Diese kann teilweise sehr hoch werden, was die Larven ebenfalls negativ beeinflusst. Dies wurde zum einen bei der Auslegung der Lüftungskapazität berücksichtigt. Zusätzlich wurden verschiedene pH-Werte des Substrates beim Beginn der Mast getestet und eine Reduzierung des pH Wertes am Anfang der Mast hat sich als positiv herausgestellt. Dies kann z.B. durch die Fermentation des Futters erreicht werden.

Am Anfang wurde vor allem Biertreber und Weizenkleie als Futter getestet. Von beiden Futtermitteln war bekannt, dass diese gut für die Larvenmast geeignet sind. Es hat sich dabei herausgestellt, dass Weizenkleie deutlich besser geeignet ist als Biertreber. Biertreber ist in der Regel noch sehr grob und daher nur schwer für die Larven aufzunehmen. Weizenkleie hat den Vorteil, dass sie sehr klein gemahlen ist. Zusätzlich kann Weizenkleie sehr großen Mengen Wasser aufnehmen. Daher wurden alle Parameter wie Klimaprogramm und Besatzdichte etc. auf Weizenkleie optimiert. Darauf aufbauend wurden dann verschiedene Reststoffe mit Weizenkleie in unterschiedlichen Mengenverhältnissen gemischt und auf deren Futtermittelnutzung untersucht. Bei vielen Reststoffen war eine 100 % Einsatz nicht möglich.

Dies lag in den meisten Fällen daran, dass viele Reststoffe Wasser nicht gut binden können und daher zu schnell austrocknen. Viele Reststoffe können jedoch z.B. bis zu 50 % mit Weizenkleie gemischt werden und nach wie vor mit einer sehr hohen Verwertung als Futter genutzt werden. Weizenkleie war in der Betrachtung also das Referenzfuttermittel welches durch ein nachhaltigeres und günstigeres Futtermittel ausgetauscht werden sollte. Nach den Mastversuchen wurde die Futtermittelverwertung ermittelt und angelehnt an die Löhraustauschmethode ein Futterwert bzw. Wertigkeit für die verschiedenen Futtermittel berechnet. Dabei wurde folgendes festgestellt:

Futtermittel	Futtermittelverwertung (TS Futtermittel / FM Larven)	Futtermittelwertigkeit (Austausch von Weizenkleie mit 150 Euro / Tonne FM)	Verarbeitung notwendig
Weizenkleie	1,5	150 Euro	Nein
Biertreber	2,9	20 Euro	Mahlen, sehr schwierig, da feucht. Sielierung für Lagerung
Grassilage	2,1	25 Euro	Mahlen
Kartoffel	2,6	20 Euro	Pürieren
CCM	2,5	22 Euro	Zerkleinern
Altbrot	1,9	35 Euro	Zerkleinern
Rapspresskuchen	1,6	75 Euro	Zerkleinern
Gemüsereste gemischt	2,1	25 Euro	Zerkleinern
Obsttreber	2,3	30 Euro	Nein

Es wurden auch verschiedene Kombinationen von Reststoffen getestet und die Gesamtnährstoffe bestimmt. Als Ideal haben sich Futtermittelrationen mit folgender Nährstoffzusammensetzung herausgestellt:

	TS	Rohprotein (nXP)	Rohfaser	Kohlenhydrate	Rohasche	ME in MJ	Fett
Referenz Rezeptur 1 kg	880	176	98,8	216,08	55	8,984	82
FCR = 1,2 - 1,3	88%	17,60%	10%	22%	6%	8,98	8%
pro 1 kg FM		17%	3%	1%	5%	0%	8%

Es wurden mehrere Chargen von Larven mit der auf Weizenkleie basierenden Futterrezeptur im Labor auf deren Nährstoffwerte, Aminosäuren Zusammensetzung sowie Fettsäuremuster untersucht. Dabei wurden folgende Werte gemessen:

Nährwerte	Ganze Larven, frisch/gefroren	Ganze Larven, getrocknet
Feuchtegehalt	Ca. 65 – 70 %	Ca. 8 – 12 %
Farbe		Braun bis Schwarz
Nährstoffe:		

Rohprotein	16 % (14 – 18 %)	43 % (40 – 45 %)
Rohfett	11 % (10 – 12 %)	21 % (20 – 22 %)
Rohasche	3,5 % (3 – 4 %)	9,5 % (9 – 10 %)
Kohlenhydrate	4 % (3 – 5 %)	14,7 % (13 – 16 %)
NDF	5 % (4 – 6 %)	13,9 % (12 – 16 %)
- davon Chitin	2 – 3 %	6 % (5 - 8 %)
Energiegehalt	5,5 MJ/kg TS (5 – 6 MJ)	15,3 MJ/kg TS (12 – 18 MJ)

Vitamine und Mineralien	mg/100g TS
Vitamin E	6,7
Calcium	2900
Phosphor	350
Natrium	100
Eisen	200
Zink	61

Aminosäure	TS (g/kg)
Cystein	4,2
Asparagine	34,6
Threonine	16,4
Serine	18,2
Glutamin	44,2
Proline	25,7
Glycin	23,0
Alanine	32,5
Valine	25,6
Methionine	8
Isoleucine	15,8
Leucine	28,3
Tyrosine	25,5
Phenylalanin	19,4

Lysin	25,1
Histidine	13,3
Arginine	20,1
Tryptophan	5,4

Fettsäuren	% des gesamten Fett
C 10:0	0,84
C 12:0	32,1
C 14:0	6,5
C 14:1	0,1
C 15:0	0,3
C 16:0	12,6
C 16:1	2,2
C 17:0	0,7
C 17:1	0,4
C 18:0	2,0
C 18:1 c9	13,6
C 18:2 c9	24,7
C 19:0	0,6
C 18:3 c 6-9-12	0,1
C 18:3 c 9-12-15	2,0
C 20:0	1,1
C 20:1c	0,1

Zusätzlich wurde der Kompost ebenfalls im Labor untersucht sowie mit externen Kooperationspartner eine Messung des biogaspotenzials durchgeführt:

Eigenschaften	Frischmasse	Trockensubstanz
Trockensubstanz	45,8 % FS	
Wasser	54,2 % FS	
pH Wert	7,45	
Asche	8,7 % FS	19,1 % TS

Organische Substanz	37,1 % FS	80,9 % TS
Nährstoffe		
Gesamtstickstoff (N)	1,68 % FS	3,66 % TS
Amoniumstickstoff (NH4-N)	0,70 % FS	1,53 % TS
Phosphat (P2O5) gesamt	3,78 % FS	8,25 % TS
Kaliumoxid (K2O) gesamt	1,64 % FS	3,58 % TS
Calcium (CaO) gesamt	0,55 % FS	1,20 % TS
Magnesium (MgO) gesamt	0,86 % FS	1,87 % TS
Schwefel (S) gesamt	0,213 % FS	0,464 % TS
Spurenelemente		
Kupfer (Cu) gesamt		269 mg / Kg TS
Zink (Zn) gesamt		351 mg / Kg TS
Bor (B) gesamt		8,0 mg / Kg TS
Eisen (Fe) gesamt		752 mg / Kg TS
Mangan (Mn) gesamt		332 mg / Kg TS
Molybdän (Mo) gesamt		3,45 mg / Kg TS

Biogaspotential von Insektenfraß. Messung gemäß VDI 4630

Eigenschaften	
Trockensubstanz g/Kg	46,4
Organische Trockensubstanz g/kg	35,5
pH Wert Versuchsende	7,6

Gausausbeute	NI/kg FM	NI/kg TS	NI/kg org. TS
Gasausbauete	194	418	546
Methanausbeute	109	234	306

Konzentration	zum	CH4 (Vol%)	CO2 (Vol%)	H2S (ppm)	H2 (ppm)
Endzeitpunkt					
Tag 25		56	44	77	0

Vergleich zu Maissilage	Biogasausbeute (NI/kg org. TS)	Methanausbeute (NI/kg org. TS)
Insektenfraß	546	306
Maissilage gut	650	340
Maissilage schlecht	590	310
Grassilage gut	580	305
Grassilage schlecht	530	275

Das Biogaspotential von Insektenfraß entspricht 85 % dem von guter Maissilage bezogen auf die organische TS. Eine Tonne Maissilage hat eine organische Trockensubstanz von ca. 30 % und eine Tonne Insektenfraß von 36 %. Das heißt, eine Tonne Insektenfraß Frischmasse entspricht nahezu dem Biogaspotenzial von einer Tonne Maissilage. Das eröffnet eine sehr interessante Kaskadennutzung. Viele Reststoffe können also erst von Insekten das Protein entzogen werden, bevor die Kohlenhydrate in der Biogasanlage genutzt werden. Dadurch ist bei fast gleichem Einsatz eine deutlich höhere Wertschöpfung möglich.

Neben der Mast der Larven, stellt sich jedoch die zuverlässige Eigewinnung als enorm große Herausforderung dar. In den Versuchskäfigen wurden verschiedene Einflussfaktoren getestet, wie z.B.

- Temperatur Luft
- Temperatur Lock-Substrat
- pH Lock-Substrat
- Test verschiedener Lockmittel
- Lichtintensität
- Lichtwellenlänge
- Beleuchtungszeit
- Sitzflächen (Pflanzen)
- Material für Eiablage
- Eiablage Ort und Größe
- Fliegendichte
- Anzahl Puppen / Zeiteinheit

Temperatur und Luftfeuchtigkeit haben dabei den größten Einfluss auf die Eiablage. Es wurden sowohl Batchsysteme (all-in all-out) sowie kontinuierliche System erprobt, bei welchem kontinuierlich neue Puppen in die Käfige eingebracht werden. Beide Systeme hatten ähnliche Eiablage raten. Das kontinuierliche System hatte jedoch eine deutlich geringe Schwankung. Es wurde recht schnell klar, dass die Eiproduktion deutlich komplexer ist als die Mast. Ein Möglicher Ansatz kann daher sein, die Eiproduktion und die Mast zu entkoppeln. Analog zur Ferkelproduktion und Schweinemast auf jeweils spezialisierten Betrieben in der klassischen Tiermast.

3. Futtermittelrechtliche Anforderungen an die Verarbeitung der Insekten auf landwirtschaftlichem Betrieb und einsetzbare Futtermittel für die Insekten

Es wurde eine Recherche bzgl. der rechtlichen Anforderungen für den Betrieb der Anlage durchgeführt (Veterinärrecht, Futtermittlerecht etc.) Es wurde eine Ausschreibung für ein Rechtsgutachten erstellt und in enger Abstimmung mit dem Gutachter die Inhalte des Gutachtens besprochen. Es wurde Kontakt zu den relevanten Behörden für die Beaufsichtigung der Pilotanlage aufgenommen und mit Ihnen das vorgehen abgestimmt. Der Betrieb der Anlage wurde beim zuständigen Veterinäramt und Futtermittelüberwachung registriert. Es wurde ein erster Entwurf eines Sachverständigen Gutachtens erstellt und dabei für den Betrieb der Pilotanlage wichtige rechtliche Anforderungen geklärt. Während des Pilotbetriebs wurde das Projekt von dem Sachverständigen kontinuierlich begleitet und alle Erkenntnisse in einem Gutachten dokumentiert. Im Laufe des Projektes gab es auch signifikante Änderungen der Rechtslage. So wurde insbesondere die Tierische Nebenprodukte Verordnung aktualisiert und einige Lockerungen und Klarstellungen für die Insektenproduktion eingefügt. Diese wurden auch im finalen Rechtsgutachten dokumentiert. Hier werden die wichtigsten Auszüge aus dem Gutachten dargestellt. Das vollständige Gutachten kann kostenfrei von der FarmInsect GmbH unter info@farminsect.eu angefragt werden.

Die Fliegenlarven der Schwarzen Soldatenfliege werden als landwirtschaftliche Nutztiere betrachtet und dürfen ausschließlich mit EU-rechtskonformen Futtermitteln gefüttert werden. Sie unterliegen somit ihrerseits dem Verfütterungsverbot nach Artikel 7 und Anhang IV der Verordnung (EG) Nr. 999/2001 sowie den in der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 festgelegten Verfütterungsvorschriften.

Mögliche Verarbeitungsformen der Schwarzen Soldatenfliege laut EU Futtermittelkatalog 68/2013

Allgemein hat sich dazu die Futtermittelüberwachung im Mai 2021 von der Regierung Oberbayern, geäußert: „Insektenlarven (derzeit zulässige Insektenarten siehe Anhang X Kap. II Abschn. 1 Buchst. A. Nr. 2 der VO (EU) Nr. 142/2011) können sowohl unverarbeitet (tot oder lebendig) als Einzelfuttermittel in den Verkehr gebracht werden (vgl. VO (EG) Nr. 68/2013 Anhang Ziffern 9.16.1 und 9.16.2), als auch im Rahmen eines Prozesses nach tierischem Nebenprodukte-Recht (TNP-Recht) zu Insektenmehl verarbeitet und dieses Produkt als Einzelfuttermittel / Futtermittelausgangserzeugnis in den Verkehr gebracht und zur Herstellung von Mischfuttermitteln verwendet werden, wobei die Vorgaben des TNP-Rechtes (insbesondere VO (EG) Nr. 1069/2009, VO (EG) Nr. 142/2011, VO (EG) Nr. 999/2001) zu beachten sind.“

Einzelfuttermittelkategorie: 9.16.1 Wirbellose Landtiere lebend

Im EU Futtermittelkatalog 68/2013 (9.16.1) ist das Verfüttern lebender Insekten unter nachfolgenden Vorgaben vorgesehen: „Lebende wirbellose Landtiere in allen Entwicklungsstadien, ausgenommen Arten mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit von Pflanzen, Tieren und Menschen“. Demnach ist das Verfüttern lebender wirbelloser Landtiere wie z.B. der Soldatenfliegenlarve grundsätzlich gestattet, soweit nationale Behörde keine zusätzlichen Sonderregelungen vorsehen. Auch der internationale Verband der Insektenerzeuger, die International Platform of Insects for food and feed (IPIFF 2019) erklärt,

dass lebende Insekten grundsätzlich in Europa an Nutztiere und Heimtiere verfüttern werden dürfen, soweit diese im Einklang mit futtermittelrechtlichen Vorschriften erzeugt wurden. In einem Papier (Strategisches Sicherheitskonzept von Insekten als Futtermittel) der DG SANTÉ vom November 2016 wird hinsichtlich der Lebendfütterung aber ausgeführt, dass lebende Insekten nicht an Wiederkäuer verfüttert werden dürfen. Es gibt auch Europäische Mitgliedsstaaten, die das Verfüttern lebender Insekten ausdrücklich verbieten, z.B. hat Österreich in 2017 die Verfütterung lebender Insekten an Nutztiere (außer für Versuchszwecke) abgelehnt¹. Insofern ist vor der Ausweitung der Geschäftstätigkeit mit lebenden Insektenlarven als Futtermittel auf einen anderen europäischen Mitgliedsstaat als Deutschland, die nationale Futtermittelüberwachung zu kontaktieren.

Einzelfuttermittelkategorie: 9.16.2 Wirbellose Landtiere tot

Im Futtermittelkatalog 68/2013 (9.16.2) wird zudem als Futtermittel aufgeführt: Tote wirbellose Tiere können in allen Entwicklungsstadien Einzelfuttermittel (Rohprotein, Rohfett, Rohasche sind kennzeichnungspflichtig) sein, wenn sie keine „negativen Auswirkungen auf die Gesundheit von Pflanzen, Tieren und Menschen, behandelt oder unbehandelt“ haben.

3.3.3 Einzelfuttermittelkategorie: 9.4.1 Verarbeitetes Tierisches Protein (VTP)

Im Futtermittelkatalog 68/2013 (9.4.1) wird weiterhin als Futtermittel aufgeführt: Verarbeitetes tierisches Protein (Deutsche Abkürzung: VTP; auf Englisch: Processed Animal Protein, abgekürzt PAP,). Das ist ein Erzeugnis, das durch Erhitzen, Trocknen und Mahlen von ganzen Landtieren oder Teilen von Landtieren, einschließlich Wirbellosen, in allen Entwicklungsstadien gewonnen wird und aus dem das Fett teilweise extrahiert oder physikalisch entzogen worden sein kann. Bei Extraktion mit Lösungsmitteln kann das Erzeugnis bis zu 0,1 % Hexan enthalten. Für die Herstellung von VTPs allgemein gelten laut Kapitel II spezielle Anforderungen (an VTPs und andere Folgeprodukte) laut Durchführungs-Verordnung (EU) Nr. 142/2011. Bezüglich der Verfütterung von Insekten VTPs ist folgendes in der Verordnung 142/2011 Anhang X, Kapitel II geregelt: VTP darf aus Soldatenfliegen (*Hermetia illucens*) zur Herstellung von Futtermitteln für Nutztiere, ausgenommen Pelztiere, gewonnen werden. Seit dem Jahr 2017 ist auch das Herstellen von VTPs in der „BSE-Verordnung“ EU VO Nr. 999/2001 zur Fütterung an Tiere in Aquakultur geregelt. Dabei gilt laut Anhang IV, Kapitel IV, Abschnitt F, dass die Herstellung von VTPs ausschließlich in zugelassenen Verarbeitungsanlagen erfolgen darf, die nur Produkte aus Nutzinsekten herstellen. Die entsprechende Verarbeitungsmethode empfiehlt sich mit dem zuständigen Veterinäramt ggf. Futtermittelüberwachung abzugleichen. Bei der Herstellung von Mischfuttermitteln für Tiere in Aquakultur die VTPs von Nutzinsekten enthalten, müssen die Betriebe für diesen Zweck zugelassen sein und ausschließlich Futtermittel für Tiere in Aquakultur herstellen. Sollten die Betriebe auch andere Mischfuttermittel für andere Tierarten, ausgenommen für Pelztiere, herstellen muss die Behörde eine Vor-Ort-Inspektion durchführen. Mischfuttermittel für Wiederkäuer müssen in jeder Stufe (Herstellung, Abpackung, Transport) streng getrennt verarbeitet werden.

Aufstellung der möglichen Futtermittelkategorien mit Bezug auf die jeweilige Verfütterungsmöglichkeit

Lebende (gekühlte) Fliegenlarven zur Verfütterung an Geflügel, Schweine, Heimtiere und Fische in Aquakultur

Soweit die Tiere unter den oben genannten Bedingungen (Erfüllung aller baulicher, personeller, tierschutzrelevanter Voraussetzungen) gehalten werden, ist das Verfüttern von lebenden Insekten an Geflügel, Schweine, Heimtiere und Fische im Prinzip nach EU Recht möglich. Im Futtermittelkatalog Nr. 68/2013 ist das Füttern von lebenden Insekten nur dann

nicht gestattet, wenn es negative „Auswirkungen auf die Gesundheit von Pflanzen, Tieren und Menschen“ geben würde. Das bestätigt auch die IPIFF (IPIFF 2019): „Lebende Insekten dürfen allgemein auf EU Ebene an Nutztiere (außer Wiederkäuer) und Heimtiere verfüttert werden, soweit dem keine Nationale Sonderregelungen entgegenstehen. Vor der Aufnahme des Verkaufs lebender Fliegenlarven als Futtermittel in anderen Mitgliedsstaaten außer Deutschland, ist eine Klärung dieser Nationalen Sonderregelung unabdingbar.“ Die Lebendfütterung berührt nicht das TNP Recht (VO (EG) 1069/2009), da die Verordnung nur für „tierische Nebenprodukte und ihre Folgeprodukte“ gilt (Artikel 2.1.). Außerdem wurde vom Laves am 12.09.2022 ergänzt: „Wenn ein Landwirt seine eigengezüchteten Larven an seine Schweine oder Hühner, oder Heimtiere verfüttert, kommt es drauf an, in welcher Form das passiert. Verfüttern von lebenden Insekten stellt futtermittelrechtlich kein Problem dar.“ (Wang and Shelomi 2017) ergänzte in dem Zusammenhang, dass lebensfähige Fliegenlarven und Puppen gefahrenlos gegessen werden dürfen, das gilt aber nicht für nicht abgetötete Fliegeneier. Bei Konsum dieser Fliegeneiern gab es zumindest beim Menschen Fälle von Myasis (Befall von Fliegenlarven im Darm). Fliegeneier sind nur dann kein Problem, wenn diese weiterverarbeitet sind.

Tote (gefrorene/erhitzte/getrocknete) ganze Fliegenlarven zur Verfütterung an Geflügel, Schweine und Fische in Aquakultur

Tote ganze Larven, die getrocknet und / oder erhitzt wurden, sind laut der Definition der Verordnung (EG) Nr. 142/2011 schon als verarbeitetes tierisches Protein (VTP) zu betrachten (wenn ausschließlich Material der Kategorie 3 verwendet wurde). Als Kategorie 3 Material laut der Verordnung (EG) 1069/2009 gelten wirbellose Wasser- und Landtiere, wenn es sich nicht um krankheitserregende Arten für Mensch und Tier handelt. Auch die Behandlung im Fleischwolf macht aus toten, ganzen Larven ein VTP. Das VTP muss so verarbeitet sein, dass es direkt als Futtermittelausgangserzeugnis oder als anderes Futtermittel verwendet werden kann. Damit ist geregelt, dass Insekten VTP grundsätzlich verfüttert werden darf, aber durch die BSE-Verordnung (VO (EG) Nr. 999/2001) gibt es weitere Einschränkungen: Insekten VTP darf nur an Tiere in Aquakultur, Geflügel, Schweine und Heimtiere verfüttert werden dürfen. Laut der IPIFF 2022 gelten folgende Einschränkungen: „Insekten-VTP müssen in Verarbeitungsanlagen hergestellt werden, die gemäß Artikel 24 Absatz 1 Buchstabe a der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 zugelassen und ausschließlich für die Verarbeitung bestimmt sind“. [aus Herstellung von Erzeugnissen aus Zuchtinsekten „Verordnung (EG) Nr. 999/2001; Anhang IV, Kapitel III, Abschnitt F, 1 (a).]“ Bezüglich der Verfütterung der eigengezüchteten und verarbeiteten Larven an die Tiere im eigenen Bestand (egal ob Nutztier oder Heimtier) muss eine Anfrage beim zuständigen Veterinäramt erfolgen. Diese entscheiden eigenständig, auf welche Weise und nach welchem Verfahren dies erfolgen darf (Laves, Email 12.09.2022).

Die Haltung von Insekten unterliegt den Richtlinien und Verordnungen der Haltung von Nutztieren

In der TierSchNutztV werden Insekten zu den Nutztieren gezählt. Laut Begriffsbestimmung (§ 2) sind Nutztiere: „landwirtschaftliche Nutztiere (...), die zu anderen landwirtschaftlichen Zwecken gehalten werden oder deren Nachzucht zu diesen Zwecken gehalten werden soll“. Auch in der Verordnung EU VO 1069/2009 (Art. 3, 6.) gilt das Insekt als Nutztier. Damit gelten für Insekten, die in der EU gehalten werden die gleichen europäischen Gesetze wie für andere Nutztiere auch. Somit müssen spezielle Anforderungen an die Baumaßnahmen, an die Fütterung, Überwachung und Pflege eingehalten werden. Als Konsequenz gilt auch, dass die Haltung von Insekten dem zuständigen Veterinäramt angezeigt werden muss. Für die Haltung von Insekten gilt das Tiergesundheitsrecht (VO (EU) 2016/429), dass Zuständigkeiten für die

Tiergesundheit und Maßnahmen zum Schutz vor biologischen Gefahren regelt. Das Futter der Insekten unterliegt der Verordnung (EG) 178/2002, der EU VO Nr. 767/2009 und der Futtermittelhygiene Verordnungen (VO Nr. 183/2005). Insekten fallen aber nicht unter die Richtlinie zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere, denn diese Richtlinie gilt nicht für wirbellose Tiere (Artikel 1, 2d).

Anlagen-Bau

Die IPIFF (IPIFF 2019) empfiehlt auf Grundlage der VO 183/2005 vor dem Anlagebau folgendes zu beachten:

- Elektrizität, Licht (natürlich und/oder artifiziell), Gas, Trinkwasser und adäquate Abfallentsorgung muss verfügbar sein.
- Reinigungsmöglichkeit/Desinfektion der Tierhaltungsanlage, sowie aller Maschinen, die mit den Tieren, dem Equipment oder deren Futtermittel muss gegeben sein.
- Die gesamte Tierhaltungsanlage sowie das Equipment und sämtliche Räumlichkeiten sollen leicht zu reinigen sein.
- Falls notwendig muss eine spezielle Konstruktion vor Dreck, Regenwasser, Kondensation und Verunreinigung durch Schimmel gebaut werden, die die Tiere schützt und die Qualität des Futters erhält.
- Die Insekten sollen so gehalten werden, dass sie nicht entkommen können, aber dass auch keine Kontamination mit anderen Tieren/Mikroorganismen möglich ist.
- Alle Fenster und Türen müssen regelmäßig kontrolliert werden, ob sie schließen und somit vor Ungeziefer schützen.
- Gefährliche Substanzen müssen separat von den Tieren aufbewahrt werden.
- Räumliche Trennung der Tiere von den Futtermitteln.
- Nur autorisierte Personen dürfen zu den Insekten oder deren Futtermittel/Equipment. Dies ist durch ein Befugnis-Schild kenntlich zu machen.

Das Grundstück soll vor Folgendem geschützt sein:

- dem Nachbargrundstück und jeder Form von möglicher Kontamination (z.B. anderen landwirtschaftlichen Betrieben, Industrieanlagen etc.).
- Gebieten, in denen Müll nicht effektiv entsorgt werden kann.
- Flüssen, Kanälen oder anderen Wasserreservoirs.
- Überschwemmungsgebieten.
- Gebiete bei denen mögliche Infektionen nicht ausgeschlossen werden können.
- Umgebungslautstärke, auf die manche Insekten negativ reagieren. Außerdem soll das Grundstück über befestigte Verkehrsflächen verfügen. Ideal wäre es, die Behörde beim Bau der Anlage direkt zu kontaktieren. Empfehlenswert wäre es, den Beamten einen fertigen Bauplan vorzulegen, in dem der Grundriss der Produktionsstätte mit der Einzeichnung der geplanten Lagerräumlichkeiten, der Sanitärräume (Toiletten, Umkleieräume einschl. Waschbecken) und der Reinigungsvorrichtung für Container Behälter und Fahrzeuge aufgezeigt wird.

Die Futtermittel/Substrat für die Fliegenlarven müssen sicher und EU rechtskonform sein

Futtermittel für Insekten

Durch eine Vielzahl von Verordnungen ist geregelt, dass Futtermittel für Insekten EU-rechtskonform produziert werden müssen:

- Der Futtermittelhersteller muss nach der Futtermittelhygiene Verordnung (VO (EG) 183/2005) registriert sein.
- Das Futtermittel muss entsprechend der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 Art. 11 gekennzeichnet sein. Dabei darf das Etikett den Verwender nicht irreführen.

- Es gelten die Regeln des Katalogs für Einzelfuttermittel (VO (EU) 68/2013) und die der Lebensmittel-Basisverordnung (VO (EG) 178/2002).
- Es dürfen ausschließlich EU zugelassene Futtermittelzusatzstoffe bzw. Vormischungen, die nur diese enthalten, verwendet werden (nach EU VO 1831/2005 und EU VO 429/2008). Eben wie im EU Register für Futtermittelzusatzstoffe zusammengefasst.
- Es dürfen keine unerwünschten Stoffe über den definierten Höchstmengen in den Futtermitteln vorhanden sein (Richtlinie 2002/32/EG, Salmonellen VO 2160/2003).
- Es greift die tierische Nebenprodukte Verordnung (VO (EG) Nr. 1069/2009) und die „BSEVerordnung“ (VO (EG) Nr. 999/2001) bei der Fütterung von Insekten.
- Ebenfalls gilt die Verordnung (EU) Nr. 142/2011, Anhang XIV mit den Sondervorschriften für die Fütterung von Nutzinsekten: „Verarbeitetes tierisches Protein aus Nutzinsekten darf in die Union eingeführt werden, sofern es gemäß folgenden Bedingungen hergestellt wurde: (...)“ Das Futtersubstrat für Insekten darf demnach nur Produkte nichttierischen Ursprungs oder folgende Produkte tierischen Ursprungs aus Material der Kategorie 3 enthalten:
 - 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.

Die IPIFF gibt in ihrer Guidance vom Juni 2022 (IPIFF 2022) folgende Empfehlungen: Um zu verhindern, dass durch das Futtermittel Pathogene, chemische Verunreinigungen oder andere (Kreuz-) Kontaminationen zu den Insekten eingetragen werden, sollte folgendes beachtet werden: a) Das gewählte Substrat sollte der Insektenspezies angepasst sein und dabei auch die Widerstandsfähigkeit der Tiere in Bezug auf Mykotoxine, Bakterien und viralen Erkrankungen bedacht werden. b) Jedes Substrat muss rückverfolgbar sein. c) Alle Geräte, die zum Füttern verwendet werden, sollten als solche gezeichnet und nur für diesen Zweck benutzt werden. Die Reinigung der Geräte sollte nach einem speziellen Plan erfolgen.

Behandlung der Larven-Ernte

Einige relevante, pathogene Bakterien, wie z.B. *Listeria monocytogenes* wurden bisher noch nie auf Insekten gefunden. Auch *Salmonella* spp. oder *E. coli* sind bisher nur selten und wenn, dann an der Oberfläche der Insekten identifiziert worden (SLU, Sciences et al. 2018). Trotzdem besteht theoretisch das Risiko, dass Insekten- Larven von *Salmonella enteritidis* oder *E. coli* kontaminiert werden könnten, wenn diese z.B. verunreinigtes Substrat erhalten (Wang and Shelomi 2017). Bei baulichen Mängeln könnte es auch zur Kontamination durch Vogelkot kommen. Oder die Elternpopulation (Zuchtfliegen) könnte bereits verunreinigt sein. Um Insekten vor pathogenen Mikroorganismen zu schützen und sie als Futtermittel tauglich zu machen, ist unabdingbar sowohl das Substrat in Futtermittelqualität zu verwenden, als auch bei der Ernte und der Weiterverarbeitung auf gute landwirtschaftliche Praxis zu achten. Da an anderer Stelle dieser Projektbeschreibung schon ausführlich auf das Substrat eingegangen wurde, soll es hier vor allem um die Ernte und die Weiterverarbeitung der Insekten gehen. Bei der Herstellung von Futtermitteln gelten die Bestimmungen der Futtermittelhygiene-Verordnung mit definierten Anforderungen an den Futtermittelunternehmer, der Futtermittel

Primärproduzent ist oder an den Futtermittelproduzenten, der andere Futtermittelprodukte herstellt, die nicht unter die Kategorie Primärproduktion gehören (VO (EU) 183/2005 Anhang I und II).

Gilt Insektenproduktion als Primärproduktion? Ist damit ein HACCP Plan notwendig oder nicht? Ist der HACCP Plan nur für Tötung und Schlachtung oder für den gesamten Prozess notwendig.

Als Primärproduzent (incl. dem Kühlen der Insekten) ist die Etablierung eines HACCP Planes nicht notwendig (VO (EG) 183/2005 Artikel 6). Welche Schritte im Detail unter Primärproduktion fallen hat die IPIFF in der Abbildung 2 mit einem schwarzen Punkt gekennzeichnet. Als Hygiene Standard genügt vermutlich der der landwirtschaftlichen Primärproduktion. Wie schon so oft von diversen Überwachungsbeamten betont, wird versucht die Insektenproduktion wie ein Hühnermästerei oder Schweineproduktion zu sehen. Entsprechende Hygienekonzepte empfiehlt es sich einzuhalten. Ein Absprechen mit dem zuständigen Veterinäramt ist darüber hinaus immer zu empfehlen. Für alle weiteren Verarbeitungsschritte (mit grünem Punkt versehen) ist ein HACCP Plan angezeigt, bei dem sämtliche Schritte der Produktion incl. Tötung/Schlachtung berücksichtigt werden müssen.

4. Test der Zucht und Verarbeitung BSF durch einen landwirtschaftlichen Betrieb mit regionalen Reststoffen. Regelmäßige Analyse über Probleme, Futtermittelverwertung und Ökonomische Kennzahlen

Aus den Erfahrungen des Pilotbetriebs, den Planungsgesprächen mit den Projektpartnern und den Interviews mit den Landwirten wurden Anforderungen für den Pilotbetrieb erstellt. Auf Grundlage der Interviews wurde auch das Maschinenkonzept angepasst. Es wurde festgestellt, dass die meisten Landwirte über ungenutzte Flächen verfügen. Daher wurde ein Maschinenkonzept entwickelt, welches sich modular in die Infrastruktur eines landwirtschaftlichen Betriebs integrieren lässt. Dadurch kann auch die Anlagengröße sehr gut an die Bedürfnisse (Futtermittelbedarf) des jeweiligen Betriebs angepasst werden. Dadurch konnten die Investitionskosten für den Landwirt deutlich gesenkt werden. Diese wurden anhand des Rechtsgutachten geprüft. Es wurden Ausschreibungen für die Anlage der Pilotanlage durchgeführt. Es wurden verschiedene Maschinenteile im Technikum auf Tauglichkeit getestet (z.B. Durchführung von Test mit verschiedenen Mühlen und Sieben). Es wurden alle Teile für die Pilotanlage bestellt und beim landwirtschaftlichen Betrieb aufgebaut.

Die Elektrische Steuerung um alle Anlagenteile miteinander zu verbinden wurde entwickelt und im Technikum getestet. Die Pilotanlage wurde erfolgreich beim landwirtschaftlichen Betrieb aufgebaut. Es wurde die Programmierung aller Teile und Sensoren durchgeführt und getestet. Anfängliche Probleme bei der Zusammenarbeit der verschiedenen Komponenten konnten vollständig behoben werden. Da sich die Pilotanlage in einem nicht frostgeschützten Gebäude befindet wurden alle wasserführenden Teile mit Frostschutz versehen. Ausserdem musste die Heizleistung der Klimakammer und die Klimasteuerung an die niedrigen Aussentemperaturen angepasst werden. Um die Reproduktion der Fliegen effizienter testen zu können wurden zusätzliche Fliegenkäfige direkt bei der Pilotanlage aufgestellt. Diese wurden nach verschiedenen Parametern optimiert. Ein Großteil der Produktion der Larven der Pilotanlage wird aktuell für die erforschung der Reproduktion

verwendet. Nach dem Aufstellen der Pilotanlage sollte erste ein reibungsloser und standardisierter Prozess durch die Farminsect GmbH gewährleistet werden, bevor die Anlage an den Landwirt als Betreiber übergeben wird.



Die Pilotanlage konnte erfolgreich in Betrieb genommen werden. Die ersten Monate lief der Prozess der Larvenproduktion noch sehr schwankend. Nach einigen Monaten hat sich dieser jedoch sehr gut eingespielt und es konnten die Ergebnisse aus dem Labor auf die Pilotanlage übertragen werden und teilweise sogar übertroffen werden. Im Dezember bis Februar waren die Temperaturen am Pilotstandort teilweise deutlich kälter als geplant (-20°C). Deshalb musste die Klimasteuerung oft angepasst werden. Es mussten auch verschiedene Umbauten am Lüftungssystem durchgeführt werden. - Es wurden verschiedene Klimaprogramme getestet, um den Einfluss auf die Entwicklungszeit und die Futtermittelverwertung von verschiedenen Klimaprogrammen zu ermitteln. Dafür waren mehrere Anpassungen der Software und der Regeltechnik der Anlage notwendig. Insgesamt hat sich im Pilotbetrieb gezeigt, dass die Umgebungsbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Klimasteuerung haben. Im Laufe des Pilotbetriebs hat sich auch gezeigt, dass insbesondere die Lüftungsleistung deutlich unterschätzt wurde. Nach Simulationen, welche durch die Daten des Pilotbetriebs durchgeführt wurden, müsste die Lüftung um den Faktor 10 größer ausgelegt werden. Das bedeutet z.B. eine Lüftungsleistung von bis zu 10.000 m³/ Stunde. Die Lüftung hat einen erheblichen Einfluss auf die Heizleistung. Deshalb ist die Pilotanlage leider auch über den Pilotbetrieb hinaus nicht verwendbar. Die Anlage hat einen hohen manuellen Eingriff erfordert, um z.B. Krustenbildung oder Überhitzen der Kisten zu verhindern. Auf Grundlage der erhobenen Daten können nun aber zukünftige Insektenprojekte deutlich genauer geplant werden.

Es wurden alle Energie- und Stoffströme an der Pilotanlage über mehrere Monate ermittelt. Darauf aufbauend wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstellt. Diese kann Landwirten dabei helfen für Ihren Betrieb abzuschätzen, ob die regionale Insektenproduktion wirtschaftlich sinnvoll ist. Das Excel Modell wurde einigen Landwirten vorgestellt und deren Feedback eingearbeitet.

Es wurde eine Analyse notwendiger Verbesserungen der Anlagenkomponenten durchgeführt. Es wurden Gespräche mit Herstellern geführt, um eine plausible Kostenschätzung für eine Serienanlage zu erhalten. Die Kostenschätzung sind in einer Investitionsrechnung in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen. Landwirte können bei der FarmInsect GmbH unter info@farminsect.eu eine kostenfreie Wirtschaftlichkeitsberechnung für Ihren individuellen Betrieb erstellen lassen. Folgend eine beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für eine Serienanlage mit einer Produktionskapazität von 600 t Larven Frischmasse pro Jahr.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Larvenmast

Parameter	Wert pro Woche	Einheit
Kosten Eingabe		
Jahresmenge Larven Frischmasse	600	t
<i>entspricht Jahresmenge getrocknete Larven</i>	220	t
Investitionskosten		
Investitionskosten Anlage	580.000	€
Montage- und Logistikkosten (Schätzung)	-	€
Investitionskosten Gebäude	-	€
Investitionskosten Gesamt	580.000	€
Finanzierungskosten		
Eigenkapital	580.000	
Darlehenshöhe	-	€
Laufzeit	15	y
Zins p.a.	-	%
monatliche Tilgung und Zinszahlung	-	€
Energiekosten		
Kosten Strom pro kWh	0,20	€
Kosten Wärme pro kWh	0,05	€
Kosten pro m3 Wasser	1,00	€
Futtermittelkosten		
Anteil hofeigenes Futter an Insektenration	50%	
Kosten für hofeigenes Futter pro Tonne TS	40	€
Kosten pro Tonne Mineralmix	800	€
Kosten pro Tonne Weizenkleie	180	€
Kosten pro Tonne Grießkleie	190	€
Kosten sonstiges hochwertiges Futter	350	€
Kosten pro Tonne Säuremix	800	€
Lohnkosten		
Vollkosten pro Stunde Hilfsarbeiter	20	€
Warenwert pro Tonne Insekten		
pro Tonne Insekten (trocken)	2.100	€
pro Tonne Larven gefroren	733	€
pro Tonne Kompost unbehandelt	45	€

Stoffströme

	Wert pro Woche	0	Einheit
Empfohlene Anzahl Ansätze pro Woche	4	208	d
Anzahl Klimakammern	4	4	Stk.
Anzahl Paletten	80	4.160	Stk.
Anzahl Mastboxen	4.160	216.320	Stk.
Larvenernte	12	606	t
Menge Kompost	18	960	t
Volumen Kompost	61	3.197	m ³
Bedarf Futtermittel (extern)	13	672	t
Volumen Futtermittel (extern)	43	2.237	m ³
Flüssige Futtermischung	52	2.727	t

Vollkostenbetrachtung pro Tonne Larven

Parameter	pro Tonne (getrocknet)	pro Tonne lebend	Einheit
Kosten für Energie und Wasser	76	28	€
Lohnkosten	125	46	€
Futtermittelkosten	377	138	€
Kosten für Junglarven	667	245	€
Investitionskosten Anlage pro Jahr	176	64	€
Gesamtkosten pro Tonne	1421	521	€
Warenwert Larven TS	2.100	733	€
Warenwert Kompost pro Tonne Larven TS	196	72	€
Deckungsbeitrag pro Tonne Larven (TS)	876	284	€

Wirtschaftlichkeit			
Durschnittlicher Strombedarf		24.128	kWh
Durschnittlicher Wärmebedarf		195.104	kWh
<i>Durschnittlicher Wärmebedarf (ohne Wärmetauscher)</i>		280.717	kWh
Wasserverbrauch		2.076	m ³
Kosten für Energie, Wärme und Wasser		16.657	€
Arbeitsstunden	27	1.372	h
Lohnkosten		27.440	€
Futterbedarf	13	672	t
Futtermittelkosten pro Jahr		83.034	€
Lieferungen Junglarven pro Jahr	1	52	-
Kosten für Junglarven pro Jahr		140.530	
Logistikkosten Jungtiere (geschätzt)		6.240	€
Gesamtkosten für Junglarven pro Jahr		146.770	€
Betriebskosten pro Jahr		273.901	€
Nutzungskosten pro Jahr (Nutzungsdauer 15 Jahre)		38.667	€
Zinskosten pro Jahr		-	€
Kosten für Investitionen pro Jahr		38.667	€
Gesamtkosten pro Jahr		312.568	€
Warenwert Larven pro Jahr		440.000	€
Warenwert Kompost pro Jahr		43.200	€
Warenwert pro Jahr		483.200	
Gesamtrendite bei Verkauf der Larven			
Gewinn vor Abschreibungen, Zinsen und Tilgung (EBITDA)		209.299	€
Gewinn vor Zins und Tilgung (EBIT)		170.632	
Unternehmergewinn pro Jahr		170.632	€
Rendite auf eingesetztes Eigenkapital p.a.		29%	
Amortisierungszeit (Eigenkapital)		2,77	y
Amortisierungszeit Gesamt		2,77	y
Rendite über Nutzungsdauer		541%	

Benötigte Infrastruktur

	Mindestanforderunge	
Spitzen Heizleistung	65	kW
<i>Spitzen Heizleistung (ohne Wärmetauscher)</i>	111	kW
Heizungsvorlauf Temperatur	75	°C
Pufferspeicher (z.B. Boiler) Heißwasser	1.000	l
Spitzen Stromleistung	43	kW
Fläche	477	m ²
Wasserleistung Kaltwasser	5.000	l/h
Wasserleistung Warmwasser	5.000	l/h
Temperatur Warmwasser mind.	65	°C
Luftumschlag WT Winter	11.400	m ³ /h
Luftumschlag WT Sommer	20.900	m ³ /h
Temperatur Ansaugluft (Sommer und Winter) mind.	20	°C
Abluftseite Druck	-30	Pa
Jahreskapazität Güllegrube (Schätzwerte, abhängig von Wärmetauscher Typ; Kondenswasser Wärmetauscher, Reinigungswasser Futterküche)	216	m ³
<i>davon Reinigungswasser Futterküche</i>	21	m ³
Internetanschluss	10	Mbit/s

Anhand der Daten kann man erkennen, dass mit der regionalen Produktion Larven für 1.400 Euro pro Tonne TS hergestellt werden können. Der Proteinanteil beträgt dabei nahezu 50 % TS. Das Aminosäurespektrum ist sehr hochwertig und mit Fischmehl vergleichbar. Daher ist davon auszugehen, dass ein wettbewerbsfähiger Ersatz von Fischmehl mit der regionalen Produktion von Insektenlarven möglich ist. Ein Ersatz von Soja ist denkbar, hierzu sind aber mehr Daten über die Futtermittelverwertung der Larven bei Geflügel und Schwein notwendig. Es ist davon auszugehen, dass die Futtermittelverwertung deutlich höher sein müsste als bei Soja, was einen höheren Wert rechtfertigen würde. Durch die Gespräche mit der Futtermittelindustrie hat sich außerdem herausgestellt, dass der Marktpreis für Insektenprotein aktuell deutlich höher liegt als für Fischmehl. In diesem Beispiel wurden dafür 2.100 Euro pro Tonne Insekten TS angesetzt. Dies eröffnet eine hochlukrative neue Betriebsart für Landwirte.

Im Rahmen des Pilotbetriebes wurden außerdem noch folgende Maßnahmen durchgeführt:

Die Laboranlage wurde erweitert, so dass dort auch die Eiablage unter verschiedenen Bedingungen getestet werden kann. Es hat sich herausgestellt, dass eine wirtschaftliche Eiproduktion ein wichtiger Schlüssel für die regionale Insektenproduktion ist. In der aktuellen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung machen die Jungtiere ca. 45 % der laufenden Betriebskosten aus. In diesem Zuge wurden auch optimierte Futterrezepturen und Fütterungsregime für die Puppenproduktion entwickelt und getestet.

Es wurden die notwendigen Larven für die geplanten Fütterungsversuchen mit Larven bei der LFL erzeugt. Es wurde zusätzlich ein abgestimmtes Ergänzungsfutter ohne Fischmehl mit einer Futtermühle entwickelt und hergestellt.

Es wurden verschiedene Käfigaufbauten am Pilotstandort getestet. Da sich der Pilotstandort an einem nicht beheizten Halle befindet, war es nur begrenzt möglich die notwendigen Klimabedingungen zu erreichen. Dadurch wurde die Produktivität stark reduziert. Es wurde ausserdem der Landwirtschaftliche Praxispartner in der Eigewinnung geschult. Es hat sich gezeigt, dass die Eiproduktion direkt durch den Landwirt nur sehr schwer in der Praxis umzusetzen ist. Für den Praxisbetrieb wäre es daher zu empfehlen, die Eier in einer zentralen Aufzuchtanlage zu erzeugen und an den Landwirt zu schicken. Dazu wurden erste Prototypen für eine mobile Inkubationsbox gebaut und getestet.

Es wurden Larven für die Herstellung von Fischfutterpellets produziert und tiefgefroren
Es wurden verschiedene Lohnrockner und Hersteller von Trocknungsgeräten sowie regionale Biogasanlagen kontaktiert. Auf Grund der unklaren rechtlichen Situation wurde die Trocknung zusammen mit einer Forschungseinrichtung im Labormastab durchgeführt. Das Trocknen ist technisch sehr aufwändig und es muss ein sehr hoher Trocknungsgrad erreicht werden (> 95 %) um ein Lagerstabiles Produkt zu erhalten. Durch das trocknen kommt es außerdem zu einer enzymatischen Reaktion, wodurch die Larven sich schwarz verfärben. Zusammen mit einem Forschungspartner wurden die erzeugten Larven außerdem laufend auf mikrobiologische Verunreinigungen untersucht. Alle Mikrobiologischen Parameter lagen dabei immer unter den Werten, welche für Futtermittel zugelassen sind.

5. Herstellung und Evaluierung von Fischfutter aus BSF und Futtermittelstudie in Kreislaufanlage mit Wels und Forellen

Die Herausforderungen der Importabhängigkeit von eiweißreichen Futtermitteln ist aktuell in Bayern bei der Aquakultur am stärksten ausgeprägt. Futtermittel können in vielen Aquakulturbetrieben mehr als 60% der Betriebskosten ausmachen. Die mit Abstand teuerste Zutat von Fischfutter ist Fischmehl (ca. 1600 € pro t). Trotz der massiven Reduktion von Fischmehl durch pflanzliche Proteine, orientiert sich der Preis für Fischfutter immer noch am Preis von Fischmehl und erzeugt dadurch eine Abhängigkeit vom Weltmarkt. Die Preise für Fischmehl sind in den letzten zehn Jahren stark gestiegen und gefährden die Existenz vieler einheimischer Betriebe.

Die Produktion von Fischfutter erfolgt überwiegend durch wenige große Hersteller in Küstennähe, welche guten Zugang zu Fischmehl haben. Durch die regionale Produktion von Insekten haben Aquakulturbetriebe zum ersten Mal direkten Zugang zu einer der Schlüsselzutaten von Fischfutter. Die ausschließliche Verwendung von BSF als Fischfutter würde jedoch weder ernährungsphysiologisch noch ökonomisch Sinn machen. Eine Verarbeitung von BSF zusammen mit pflanzlichen Futtermittel zu Fischfutter vor Ort oder möglichst regional, wäre daher vorteilhaft. Dazu sollen Rezepturen zur Extrusion von insektenbasierten Fischfutter-Pellets erarbeitet werden. Dabei wird vor allem darauf geachtet, dass die technischen Anforderungen an die Extrusion möglichst gering gehalten werden, um später auch von kleinen Futtermühlen oder direkt auf dem Betrieb umgesetzt zu werden.

Die Herstellung von Fischfutter ist ein komplexer Prozess. Daher soll zum einen durch die LfL verschiedene Rezepturen von Fischfutter auf Basis von Insekten erarbeitet werden. Diese Rezepturen werden durch einen externen Partner durch Extrusion als Pellets hergestellt. Das

BSF-haltige Futtermittel wird von der LfL und dem Fischzuchtbetrieb auf Qualität im Vergleich zu konventionellen Futter bewertet (z.B. Sinkeigenschaften, Abriebfestigkeit etc.). Die Futterqualität des Fischfutters hängt maßgeblich vom Aminosäureprofil, Chitingehalt und Fettsäurespektrum der Insekten ab. Diese werden zwar während der Produktion im Labor auf diese Eigenschaften untersucht, eine finale Beurteilung der Qualität ist aber nur durch einen Fütterungsversuch möglich. Dazu werden durch die LfL zwei Fütterungsversuche in einer Kreislaufanlage durchgeführt. Ein erster Fütterungsversuch wird mit Warmwasserfischen wie z.B. Wels durchgeführt. Damit sind erste Ergebnisse in kurzer Zeit und mit geringen Kosten möglich. Je nachdem wie gut die Futterverwertung in diesem ersten Versuch ist, wird gemeinsam von den OG Teilnehmern zusammen mit der LfL die Parameter für die Insektenproduktion und Fischfutterherstellung angepasst. Mit den daraus hergestellten überarbeiteten Fischfütter wird ein aufwändigerer, aber aussagekräftigerer, Fütterungsversuch mit Forellen durchgeführt. Anhand dieses Versuchs lässt sich dann auch das insektenbasierte Futtermittel mit konventionellen Futtermittel in einem ökonomischen Modell vergleichen.

Zu Beginn der Pilotproduktion von Larven hat die LfL einen ersten Vorversuch zur Fütterung lebender Larven an verschiedenen Fischarten gestartet. Die Ergebnisse dieses Versuchs werden als Grundlage für die Planung weiterer Fütterungsversuche verwendet. Es wurden dabei die Grundsätzliche Akzeptanz der Larven bei verschiedenen Fischarten getestet. Welse und Forellen haben die Larven gut aufgenommen, weshalb die ursprünglich geplante Versuchsaufbau beibehalten werden konnte.

Anschließend hat die LfL die detaillierten Fütterungsversuche geplant und durchgeführt. Im Anhang dieses Berichts findet sich die detaillierte Beschreibung des Versuchs durch die LfL, weshalb hier nicht näher auf die Ergebnisse eingegangen wird.



Zusätzlich wurde an der Herstellung von Mischfutter aus Larvenprotein gearbeitet. In den Interviews haben viele Landwirte den Wunsch geäußert die Insekten als Mischfutterpellets verarbeiten zu wollen. Diesbezüglich wurde mit Futtermühlen gesprochen und eine regionale Futtermühle gefunden, welche das Projekt mit Test zur Herstellung von Extrudierten Fischfutterpellets unterstützt hat. In einem umfangreichen Prozess wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen mit allen involvierten Behörden abgestimmt. Es durften anschließend, ganze tiefgefrorene Larven zusammen mit pflanzlichen Futtermitteln zu Mischfutterpellets verarbeitet werden. Es mussten dazu mehrere Vorversuche im Labormaßstab durchgeführt werden um das richtige technische Setup auszuwählen. Die hergestellten Futtermittel wurden anschließend auf ihre physikalischen Eigenschaften im Vergleich zu konventionellen Futtermittel untersucht und keine signifikanten Abweichungen festgestellt.