

# Ergebnisbericht „Ökonomische Analyse“

Im Rahmen des EIP-Agri Projekts

„Larvenzucht zur Futtermittelherstellung“

von

Simon Weinberger

Ecofly GmbH

## 1. Einleitung

### 1.1. Allgemein

Die Nutzung von Insekten als Futtermittel in der Fütterung von Nutztieren und Heimtieren gilt als aussichtsreiche Alternative für problematische Proteinträger wie Fischmehl und Soja. In den letzten Jahren wurde dieser Ansatz intensiv erforscht und zahlreiche Unternehmen haben sich auf die Produktion von Insekten und deren Verarbeitung zu Futtermitteln spezialisiert. Speziell die Produktion der schwarzen Soldatenfliege hat sich als potentialträchtige Möglichkeit für das Recycling unterschiedlichster organischer Produkte erwiesen. Neben der effizienten Umsetzung von Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie kann sich die Schwarze Soldatenfliege auch von organischen Abfällen oder beispielsweise Hühnermist ernähren. Trotz einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien und einer wachsenden Anzahl an Produzenten für Insektenprotein ist die Nutzung von Insektenprotein in der Landwirtschaft noch nicht angekommen.

### 1.2. Einflussfaktoren für das zukünftige Nutzungspotential

Für die zukünftige Nutzung der Insektenzucht als alternative Proteinquelle gibt es drei maßgebliche Bedingungen:

- Verfügbarkeit (in t/Jahr)

- Eignung als Futtermittel (% Inklusionsrate bzw. FCR)
- Preis (€/t)

Damit die Nutzung von Insektenprotein als attraktive Alternative zu anderen Proteinträgern werden kann, ist es nicht zwangsläufig notwendig, dass Insektenprotein in jeder der drei Kennzahlen besser abschneidet als herkömmliche Proteinquellen. Tatsächlich muss für alle wesentlichen Stake-Holder ein signifikanter Netto-Vorteil durch eine Umstellung auf Insektenprotein entstehen. Auch ein Vorteil im Bereich der Nachhaltigkeit könnte durch die Möglichkeit einer besseren Vermarktbarkeit einen wirtschaftlichen Mehrwert darstellen.

## 2. Wirtschaftliche Betrachtung

### 2.1. Verfügbarkeit

Eine Grundvoraussetzung für die Nutzung von Insektenprotein in der Futtermittelproduktion ist eine konstante und sichere Verfügbarkeit. Insektenprotein kann, wie andere Protein-Futtermittel auch, lediglich eine Komponente in der Herstellung eines vollständigen Futtermittels darstellen. Die Herstellung von sogenannten Mischfuttermitteln, die in der Fütterung von Hühnern, Schweinen und Fischen typischerweise verwendet werden, passiert in spezialisierten Betrieben. Die Etablierung eines neuen Rohstoffes ist in diesen Betrieben schon vor der Produktion mit einem entsprechenden Aufwand verbunden. Neben der Bereitstellung von Lagerkapazität und der Investition in geeignete Verarbeitungsmaschinen muss auch eine entsprechende Erfahrung in der Verarbeitung einzelner Komponenten erworben werden. Versorgungssicherheit spielt hierbei eine zentrale Rolle. Unter diesem Gesichtspunkt wird klar, dass lediglich Futtermittel, die sicher und konstant und in einem entsprechenden Maßstab verfügbar sind, als Komponente in einem Mischfuttermittel in Frage kommen. Die „International Platform of Insects for Food and Feed“ (IPIFF) prognostiziert für das Jahr 2030 ein europäisches Produktionsvolumen von 260.000t für insekten-basierte Lebens- und Futtermittel [1]. Laut diesem IPIFF-Report lag die Produktionskapazität 2019 bei etwa 500t. Eine weitere Prognose von der Abteilung RaboResearch der Rabobank [2] schätzt das potenzielle Marktvolumen für den gleichen Zeitraum weltweit auf 500.000t Insektenprotein. Diese Studie schätzt das derzeitige Marktvolumen weltweit auf etwa 10.000t. Diese Studien legen das Potential für die zukünftigen Chancen von Insektenprotein als Futtermittel deutlich dar, zeigen aber auch auf wie überschaubar die derzeitigen Produktionskapazitäten sind.

Für den österreichischen Markt sind keine Zahlen für die derzeitige oder in Entwicklung befindliche Produktionskapazität von Insektenprotein verfügbar. Es gibt einige österreichische Start-Ups die sich mit der Produktion von Insektenprotein befassen, diese befinden sich allerdings durchwegs in der Pilot-Phase und planen, die Produktion in den nächsten Jahren zu skalieren. Momentan werden kleinere Mengen vor allem zum Zweck der Forschung und Entwicklung produziert.

Das zukünftige Wachstum des europäischen Insekten-Sektors hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab. Die Forschung und Entwicklung von Produktionsprozessen und geeigneten Anlagen spielt dabei eine zentrale Rolle. Die Skalierung der Insektenproduktion stellt die Produzenten auf technologischer und biologischer Ebene vor maßgebliche Herausforderungen. Zudem sehen sich

Produzenten mit einer schwierigen und zum Teil unsicheren Genehmigungslage für die Errichtung großer Produktionsanlage konfrontiert. Ein weiteres Hemmnis für die Skalierung der Insektenprotein-Herstellung sind gesetzliche Einschränkungen in Bezug auf die Verwendung von Futtersubstraten für die Insektenzucht. Insekten werden auf EU-Ebene per Definition als Nutztiere eingestuft und unterliegen damit den Futtermittel-Richtlinien. Die Verfütterung von Abfällen jeglicher Art ist damit ausgeschlossen.

## 2.2. Eignung als Futtermittel

Die Eignung von Insektenprotein als Futtermittel wird seit etwa 15 Jahren intensiv erforscht. Vor allem die Fütterung monogastrischer Nutztiere, wie etwa Hühner, Schweine oder Fische ist dabei von Interesse. In freier Wildbahn ernähren sich Hühnervögel, Schweine und karnivore Fische zu einem beträchtlichen Anteil von unterschiedlichsten Insekten.

Grundsätzlich sollte festgehalten werden, dass Fütterungs-Studien nur selten eine allgemeine Schlussfolgerung zulassen. Da es sich bei Insektenmehl nicht um einen standardisierten Rohstoff handelt, können die Qualitätsunterschiede der verwendeten Rohstoffe von Studie zu Studie stark schwanken. Die Schwankungsbreite der publizierten Ergebnisse zwischen unterschiedlichen Untersuchungen ist zum Teil erheblich. Einflussfaktoren, wie etwa die Aufzucht der Insekten oder die Verarbeitung der Insekten zu einem Protein-Konzentrat können in diesem Zusammenhang zu deutlichen unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Der Ersatz von Soja-Protein durch Soldatenfliegen-Protein (engl. Black Soldier Fly, kur **BSF**) bei der Aufzucht von Ferkeln wurde in mehreren Studien untersucht. Biasato et.al konnten zeigen, dass ein Ersatz von bis zu 65% des Soja-Mehls in der Futtermischung zu keinen negativen Folgen bei Wachstum oder Tiergesundheit führte [3]. BSF-Mehl stellte dabei 10% der Gesamtration dar. Neumann et.al führten 2018 einen Vergleich zwischen herkömmlichen Futtermischungen und einem 100%-igen Ersatz von Soja gegen BSF-Mehl durch [4]. Dabei wurden keine negativen Auswirkungen auf die Wachstums-Parameter und eine erhöhte Protein-Verwertung beobachtet. Altmann et.al. konnten in einer Studie von 2019 zeigen, dass ein vollständiger Ersatz von Soja durch BSF-Mehl zu keiner negativen Auswirkung in der Fleischqualität von Schweinen führt [5]. Die vorliegenden Daten legen nahe, dass der Ersatz von Soja durch Insektenmehl bei Schweinen ohne Einbußen in Futtermittelverwertung, Tiergesundheit und Fleischqualität möglich ist.

Die Fütterung von Geflügel mit Insekten-haltigen Futtermittel wurde seit 2000 in mehr als 75 Studien untersucht. Eine Metastudie aus dem Jahr 2019 legt nahe, dass eine Inklusionsrate von bis zu 10% Insektenmehl in Geflügelfutter keine negativen Auswirkungen mit sich bringt [6]. Während höher

Inklusionsraten in mehreren Studien zu geringeren Zuwachsraten führen, konnte bei einer Inklusion von 8% ein positiver Effekt auf die Gewichtszunahme und die Futterraufnahme erzielt werden [7]. Auch bei anderen Geflügelsorten konnten geringe Inklusionsraten zu positiven Effekten führen. Aus diesen aktuellen Studien kann geschlossen werden, dass der Einsatz von Insektenmehl in der Geflügelfütterung in niedrigen Konzentrationen keine negativen Auswirkungen mit sich bringt und in einigen Fällen zu signifikanten Leistungssteigerungen führen kann.

Die Fütterung von unterschiedlichen Fischarten mit insekten-basierten Futtermitteln wurde in den letzten Jahren verstärkt untersucht. Besonders viel Beachtung hat die Nutzung von Insekten in Futtermittel für Salmoniden gefunden. M. Renna et. al konnten 2017 zeigen, dass ein Einsatz von bis zu 40% Insektenmehl im Futter für Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) zu vergleichbaren Ergebnissen wie herkömmliche Futtermittel führt [8]. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer Studie aus dem Jahr 2021 beobachtet (Gaudioso et.al), bei der eine fischmehl-freie Variante mit 45% Insektenmehl gegenüber Fischmehl-oder Sojahaltigen Varianten positiv abschnitt [9]. Der Einsatz von Insektenmehl konnte in dieser Studie mit einer höheren Vielfalt der Darm-Flora und einem gestärkten Immunsystem korreliert werden. Lediglich eine Mischung aus Insekten-Mehl und Geflügel-Mehl im Verhältnis 1:5 schnitt in diesem Fütterungsversuch besser ab. Neben Forellen wurden auch zahlreiche Studien an Lachsen (*Salmo salar*) durchgeführt. Belgith et.al ersetzten bis zu 60% der Futterzusammensetzung durch Insektenmehl und konnten keine wesentlich negativen Effekte auf Futterraufnahme, Wachstumsrate und Futtermittelverwertung feststellen [10]. Zudem konnte ein positiver Effekt erzielt werden, wenn die Insektenlarven auf Algenüberresten gezüchtet wurden, da damit marine Nährstoffe wie etwa langkettige ungesättigte Fettsäuren oder Jod, angereichert werden. Durch die Inklusion eines Protein-Hydrolysates aus BSF-Larven konnten Roques et.al. 2020 eine gesteigerte Futtermittelverwertung beobachten im Vergleich mit pflanzlich-basiertem Futter [11]. In dieser Studie wurden bis zu 15% Insekten-Protein eingesetzt und das mit deutlich positivem Effekt. Roques et.al. konnten in dieser Studie zeigen, dass mit dem Einsatz von Insektenmehl eine Fischmehl-freie Ernährung von Lachsen ohne maßgebliche physiologische Nachteile möglich ist.

Die hier vorgestellten Studien legen das Potential von Insekten-basierten Futtermittel in der Landwirtschaft und Aquakultur deutlich dar. Ebenso zeigen diese Arbeiten den Bedarf an verstärkter Forschung zu diesem Themenkomplex auf. Die Nutzung von Insekten in der Nutztierfütterung ist eine relativ junge Entwicklung und weitere wissenschaftliche Anstrengungen sind unerlässlich, um das volle Potential dieser alternativen Proteinquelle auszuschöpfen.

## 2.3. Preisentwicklung

Ein wesentlicher Faktor für die zukünftige Rolle von Insektenprotein in der Nutztierfütterung ist der Rohstoff-Preis. Lebensmittelproduzenten stehen in der Regel unter einem massiven Kostendruck und sind zu einer rigorosen Kosten-Nutzen-Abschätzung gezwungen. Der Einsatz eines neuen Rohstoffes muss entweder durch einen niedrigeren Preis oder einen anderen, meist wirtschaftlich messbaren, Nutzen gerechtfertigt werden. Zusätzliche Argumente für den Einsatz eines bestimmten Futtermittels können etwa Tiergesundheit, Versorgungssicherheit oder die Möglichkeit zu einer besseren Vermarktung sein.

Die Produktion von Insektenprotein steckt in Europa in den Kinderschuhen. Die Prognose eines zukünftigen Rohstoff-Preises ist darum ausgesprochen schwierig und von einer Vielzahl an Einflussfaktoren abhängig. Folgende Positionen stellen den wesentlichen Teil der Kosten in der Produktion von Insektenprotein dar:

- Futterkosten (v.a. Substrat)
- Energiekosten
- Personalkosten
- Anlagenabschreibung

### 2.3.1. Futterkosten

Grundsätzlich lassen sich Insekten auf unterschiedlichsten Nährsubstraten züchten. Vor allem die Larven der schwarzen Soldatenfliege zeichnen sich durch eine ausgesprochen große Bandbreite von einsetzbaren Rohstoffen als Nahrungsquelle aus. Neben herkömmlichen Futtermitteln oder Preconsumer-Abfällen lassen sich auch Bio-Abfälle oder sogar Nutztier-Mist als Futterquelle nutzen. Da es sich bei der Zucht von Insekten zum Zweck der Futtermittelherstellung nach der EU-Verordnung 2017/893 jedoch definitionsgemäß um Nutztierhaltung handelt, gelten die europäischen Futtermittelbestimmungen. Für die Zucht von Insekten sind demnach ausschließlich zugelassene Futtermittel zulässig. Die EU-Verordnung 183/2005 für Futtermittelhygiene schließt den Einsatz von Speiseabfällen oder tierischem Eiweiß eindeutig aus. Es können also, mit wenigen Ausnahmen, nur pflanzliche Futtermittel als Nährsubstrat für die Insektenzucht eingesetzt werden. Da diese Futtermittel auch zur Fütterung herkömmlicher Nutztiere eingesetzt werden können und mit einem entsprechenden Marktpreis gehandelt werden, stellt der Zukauf von Futtermitteln den Hauptkostenfaktor in der Insektenzucht dar. Insekten können ihr Futter ausgesprochen effizient zu Biomasse umwandeln. Je nach Futtermittelmischung ist ein Futterkoeffizient (FCR) von 1,0 bis 1,5 möglich. Das bedeutet, dass für die Zucht von einem Kilogramm Larvenfrischmasse 1,0 bis 1,5

Kilogramm Substrat-Trockenmasse aufgebracht werden muss. Bei ausgesprochen nährstoffarmen Futtermitteln kann dieser Wert auch deutlich darüber liegen. Der erzielbare Futterkoeffizient ist von der Nährstoffkonzentration und der Verdaulichkeit der Ausgangsrohstoffe abhängig. Insekten können aber auch Futtermittel verwerten, die eine zu niedrige Qualität für die direkte Verfütterung an Geflügel oder Schweine aufweisen. Da bei der Verarbeitung der Insektenlarven zu Proteinmehl das enthaltene Wasser (ca. 70%) abgetrennt wird, ergibt sich ein Futtermittelbedarf von mindestens 3 Kilogramm Trockenmasse pro Kilogramm Insektenmehl.

### **2.3.2. Energiekosten**

In einer Insektenzuchtanlage besteht neben dem Verbrauch von elektrischer Energie auch ein Bedarf an Wärmeenergie. Grundsätzlich ist es zwar möglich einen maßgeblichen Anteil der Prozesswärme aus dem Abluftstrom zurückzugewinnen, allerdings ist eine Grundheizung, vor allem im Winter, unumgänglich. Die maßgeblichen elektrischen Verbraucher sind Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen. Auch die Futteraufbereitung und die Siebung der Larven ist mit Energieaufwand verbunden. Speziell für die Reproduktion der schwarzen Soldatenfliege wird eine leistungsstarke Beleuchtung benötigt, die je nach technischer Ausführung relativ energieintensiv sein kann.

Die optimale Wachstumstemperatur für die Larven der schwarzen Soldatenfliegen beträgt 28-32°C. Ein Teil der benötigten Wärmeenergie muss durch eine externe Wärmequelle bereitgestellt werden. Ab einem gewissen Stadium wird bei der biologischen Umsetzung durch die Larven jedoch Wärmeenergie frei, sodass keine zusätzliche thermische Energie zugeführt werden muss. Der Prozess heizt sich also ab einem gewissen Zeitpunkt selbst. In dieser Phase kann es sogar zu einem Überschuss an Wärme kommen, der aktiv abgeführt werden muss. Vorausgesetzt diese Wärme kann über eine technische Einrichtung zurückgewonnen werden, ist es möglich eine Insektenzuchtanlage im Regelbetrieb mit relativ geringem zusätzlichem Heizbedarf zu betreiben.

Neben dem Energieaufwand im Zuchtprozess wird auch in der Verarbeitung der Insektenlarven zu einem Insektenmehl Energie benötigt. Einerseits ist die Verarbeitung notwendig, um die entsprechende Lagerfähigkeit herzustellen. Andererseits muss aus den Insekten ein verarbeitetes tierisches Protein (Processed Animal Protein) hergestellt werden, um es mit einer Zulassung als Einzelfuttermittel in der EU in Verkehr bringen zu dürfen. Für die Verarbeitung gibt es unterschiedliche technische Möglichkeiten. Einerseits besteht die Möglichkeit die Larven zu trocknen und anschließend durch ein mechanisches oder chemisches Verfahren die Fettphase von der Trockenmasse abzutrennen. Eine zweite Möglichkeit ist die Nutzung eines Zentrifugalverfahrens. Hierbei wird ein

großer Teil des Wassers und die Fettphase direkt aus der Larven-Frischmasse abgetrennt und der verbleibende Feststoff anschließend getrocknet. In beiden Verfahren wird sowohl thermische als auch elektrische Energie benötigt. Das Ausmaß der benötigten Energie hängt jedoch stark von der Dimensionierung der Anlage und dem technischen Prozess der Verarbeitung ab.

### **2.3.3. Personalkosten**

Obwohl sich die Zucht von Insekten ausgesprochen gut automatisieren lässt, ist der Betrieb einer Produktionsanlage in jedem Fall mit einem gewissen Personalaufwand verbunden. Je nach Größe der Anlage und Automatisierungsgrad lässt sich der Personaleinsatz pro Tonne Endprodukt jedoch stark reduzieren. In einer wenig automatisierten Anlage, in der die Manipulation der Produktionseinheiten manuell bewerkstelligt werden muss, ist die Beschickung von Kunststoffwannen mit Futtermittel und die Ernte der Larven mit dem größten Arbeitsaufwand verbunden. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad liegen die Hauptaufgaben des Produktionspersonals in der Anlagensteuerung, der Qualitätskontrolle und der Betreuung der Reproduktionsanlage. Die Vermehrung der Larven ist apparativ weitaus komplexer als die Larvenmast, weshalb in diesem Bereich stets ein gewisser Anteil an manueller Arbeit zu verrichten sein wird. Administrative Aufgaben, so wie in jedem anderen landwirtschaftlichen oder gewerblichen Betrieb, sind ebenfalls mit Personalaufwand verbunden.

### **2.3.4. Anlagenabschreibung**

Die Investitionskosten für die Errichtung einer Insektenzuchtanlage hängen stark von der Größe und dem Automatisierungsgrad ab. Hier verfolgen alle Produzenten ein eigenes, meist selbst entwickeltes Konzept. Die Größe der Anlage ist zudem durch äußere Rahmenbedingungen, wie etwa Rohstoffverfügbarkeit oder Platzangebot, beschränkt. Zudem nehmen die Komplexität und das Produktionsrisiko in sehr großen Anlagen zu. Während eine Produktionsanlage für die Herstellung von einigen Tonnen Insekten-Larven pro Jahr für deutlich unter 100.000 errichtet werden kann, muss für eine industrielle Anlage im Bereich von ein Tausend Jahrestonnen mit einem mittleren Millionen-Betrag gerechnet werden. Die Investitionskosten pro Jahrestonnen Insektenmehl nehmen mit der Größe der Anlage zwar ab, große Teile der Investitionskosten skalieren aber linear mit der Produktionskapazität. Große Unterschiede in den Investitionskosten ergeben sich durch den angestrebten Automatisierungsgrad der Anlage. Hier werden neben vollautomatisierten Hochregallagern und ausgeklügelten Logistik-Systemen auch teilautomatisierte Prozesse angestrebt. Für die technische Ausführung einer Insekten-Produktionsanlage gibt es noch keine standardisierten Lösungen, weshalb eine Abschätzung der Investitionskosten pro Jahrestonnen Produktionskapazität nicht seriös getroffen werden kann.



### 2.3.5. Modellrechnungen für unterschiedliche Skalierungsmodelle

Eine Prognose zu den zukünftigen Produktionsstrukturen in der Zucht von Insekten kann zum momentanen Zeitpunkt nur als Schätzung betrachtet werden. Auf Basis einer Modellrechnung können jedoch unterschiedliche Szenarien gegenübergestellt und verschiedene Annahmen auf ihre Wirkung untersucht werden. Dazu wurde die Aufteilung der Herstellungskosten für drei verschiedene Anlagengrößen mit unterschiedlichen Basisannahmen berechnet. Verglichen wurden dabei folgende Parameter:

- Substratkosten
- Personalkosten
- Kosten für elektrische Energie und thermische Energie
- Anlagenabschreibungen

Dieser Modellvergleich beschränkt sich ausschließlich auf die Aufzucht von Soldatenfliegen-Larven vom Junglarven-Stadium bis zur Ernte. Sowohl die Vermehrung der Insekten als auch die Verarbeitung der Larven zu Insektenprotein wurden dabei nicht einbezogen. Investitionskosten und Betriebskosten für diese Anlagenteile können zum momentanen Zeitpunkt nur sehr ungenau beziffert werden, da es noch keine Referenzanlage in entsprechenden Größenordnungen gibt. Ebenso vernachlässigt wurden administrative Aufwände.

Folgende Annahmen wurden für die drei Modelle jeweils getroffen:

- Modell A

In Modell A wird die Zucht von Soldatenfliegen-Larven in einer Kleinanlage mit einer Produktionskapazität von 100 Tonnen Larven-Frischmasse pro Jahr dargestellt. Es wird angenommen, dass eine entsprechende Kleinanlage pro Tonne Output mit relativ hohen Anlagenabschreibungen behaftet ist, da die Investitionskosten vieler notwendige Anlagenteile nicht linear mit der Produktionskapazität skalieren. Zudem wurde angenommen, dass für die Betreuung der Anlage eine Vollzeit-Arbeitskraft benötigt wird, was im Vergleich zu den anderen Modellen einen relativ hohen Personalkosten-Anteil pro Tonne Endprodukt ergibt. Es wurde davon ausgegangen, dass die Futtersubstrate für einen durchschnittlichen Preis von 150 €/Tonne bezogen werden, was dem durchschnittlichen Preis für gängige Insekten-Futtermittel wie etwa Weizenkleie in den letzten Jahren entspricht. In diesem Szenario wurde angenommen, dass eine entsprechende Kleinanlage über einen relativ niedrigen Technisierungsgrad verfügt, da sich ein höherer Automatisierungsgrad in dieser Größenordnung nicht rechnen würde. Da die Futterumsetzung in der Insektenzucht maßgeblich von

der technischen Ausstattung im Zuchtbereich, vor allem bei der Lüftungstechnik, abhängt, gehen wir für die Kleinanlage von einem relativ hohen Futterkoeffizienten von 1,6 aus. Auch die Energieeffizienz von Kleinanlage lässt sich weniger gut optimieren als jene von größeren Produktionsbetrieben, weshalb die Kosten für elektrische und thermische Energie pro Tonne Endprodukt als relativ hoch eingeschätzt wurden.

- Modell B

Modell B beschreibt eine Anlagengröße, die für einen modernen landwirtschaftlichen Betrieb in Mitteleuropa als umsetzbar erachtet wird. Die Produktionskapazität eines solchen Betriebs könnte sich in Zukunft auf mehrere tausend Tonnen Larven-Frischmasse pro Jahr belaufen. In dieser Größenordnung lässt sich bereits eine entsprechende Automatisierung einplanen, die zur Reduktion der benötigten Arbeitskräfte pro Tonnen produziertem Endprodukt führt. Durch die Automatisierung der wesentlichen Manipulationsschritte wird ein Personaleinsatz von etwa 2 Vollzeitäquivalenten pro 1000 Tonnen jährlicher Produktionskapazität als realistisch eingeschätzt. Trotz des höheren Automatisierungsgrades sind die Investitionskosten pro Tonne jährlicher Produktionskapazität im Vergleich zu Modell A deutlich niedriger. Vor allem die Prozessschritte der Futterzubereitung und der Ernte sind mit erheblichen Kosten für Modell A verbunden, während diese Investitionskosten in Modell B weniger stark ins Gewicht fallen. Auch höhere Investitionen in Lüftungs- und Anlagentechnik sind in einer solchen Anlage durch die höhere Produktionskapazität möglich. Darum wurde angenommen, dass hier ein sehr vorteilhafter Futterkoeffizient von 1,2 erreicht werden kann. Die Futtersubstrate für dieses Szenario werden im Vergleich zu Modell A mit einem günstigeren Wert von 120 €/Tonne zugekauft. Der größere Verbrauch an Futtermittel ermöglicht den Einkauf von Großmengen und damit günstigere Einkaufspreise. Auch Kosten für Energie und Wärme können in Modell B im Vergleich zu Modell A als deutlich erniedrigt angenommen werden. Der größere Output ermöglicht Investitionen in Wärmerückgewinnung und einen optimierten Strompreis durch die höhere Anschlussleistung.

- Modell C

Modell C beschreibt eine Anlagengröße die auch international als industrielle Insektenproduktion betrachtet werden kann und von einigen Unternehmen angestrebt wird. Hierbei handelt es sich um Produktionskapazitäten von 10.000 Tonnen Insektenfrischmasse jährlich und mehr. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass ein ausgesprochen günstiger Zugriff auf Futtersubstrate vorhanden ist, also lediglich eine Transport- oder Übernahegebühr in Höhe von 20€/Tonne Futter anfallt. Diese Variante wäre beispielsweise denkbar, wenn tatsächliche Abfälle verwertet werden können und die

Insektenzucht als „Entsorgungsbetrieb“ agiert. Momentan ist die Verfütterung von Abfällen an Nutzinsekten zwar auf EU-Ebene untersagt, einige Unternehmen in diesem Bereich sehen die Möglichkeit einer Aufhebung dieses Verbots aber als realistische Perspektive. Da es sich bei tatsächlichen Abfällen um Nährsubstrate mit einer niedrigeren Qualität im Vergleich zu zugelassenen Futtermitteln handelt, wird angenommen, dass der Futterkoeffizient bei einem Wert von 1,4 liegt. Es wird davon ausgegangen, dass in dieser Größenordnung eine vollautomatisierte Produktionsanlage zu einer weiteren Senkung der Personalkosten im Vergleich zu Modell A und Modell B führt. Da zusätzliche Investitionskosten in die Automatisierung und die Aufbereitung von organischen Abfällen notwendig wären, sind die Anlagenabschreibungen im Vergleich zu Szenario B höher, jedoch immer noch deutlich niedriger als für Modell A. In diesem Modell wurde zudem angenommen, dass ein ausgesprochen günstiger Zugang zu elektrischer und thermischer Energie besteht. Die notwendige Anschlussleistung ermöglicht einen niedrigen Strompreis und idealer Weise könnte eine derartige Anlage in der Nähe einer günstigen Abwärmequelle platziert werden. Die Energiekosten werden in Modell C also als deutlich niedriger als in Modell A und Modell B angenommen.

In Abbildung 1 sind die Produktionskosten von einer Tonne Larven-Frischmasse in den Modellen A, B und C vergleichend dargestellt. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass die Produktionskosten mit zunehmender Größe der Anlage unter den beschriebenen Annahmen abnimmt. In Modell A schlägt vor allem der Personalkostenanteil im Vergleich zu Modell A und B zu Buche. Eine arbeitsintensive Produktion in Kleinanlagen mit niedrigem Automatisierungsgrad führt zu erheblichen Kostennachteilen im Vergleich zu den anderen Modellen mit Teil-oder Vollautomatisierung. In Modell B stellt das Futtersubstrat den Hauptkostenfaktor der Produktionskosten dar. Ca. 44% der Gesamtkosten für die Herstellung von Soldatenfliegenlarven liegen in diesem Modell in der Beschaffung von Futtermitteln. Wenn dieser Kostenfaktor, wie in Modell C ersichtlich, maßgeblich reduziert werden könnte, wäre ein Produktionspreis von unter 200 €/Tonne Soldatenfliegenlarven-Frischmasse denkbar. Bei deutlich schlechteren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie etwa in Modell A, können die Kosten für die Produktion von einer Tonne Soldatenfliegenlarven bei knapp 800€ und je nach Personaleinsatz auch deutlich darüber liegen.

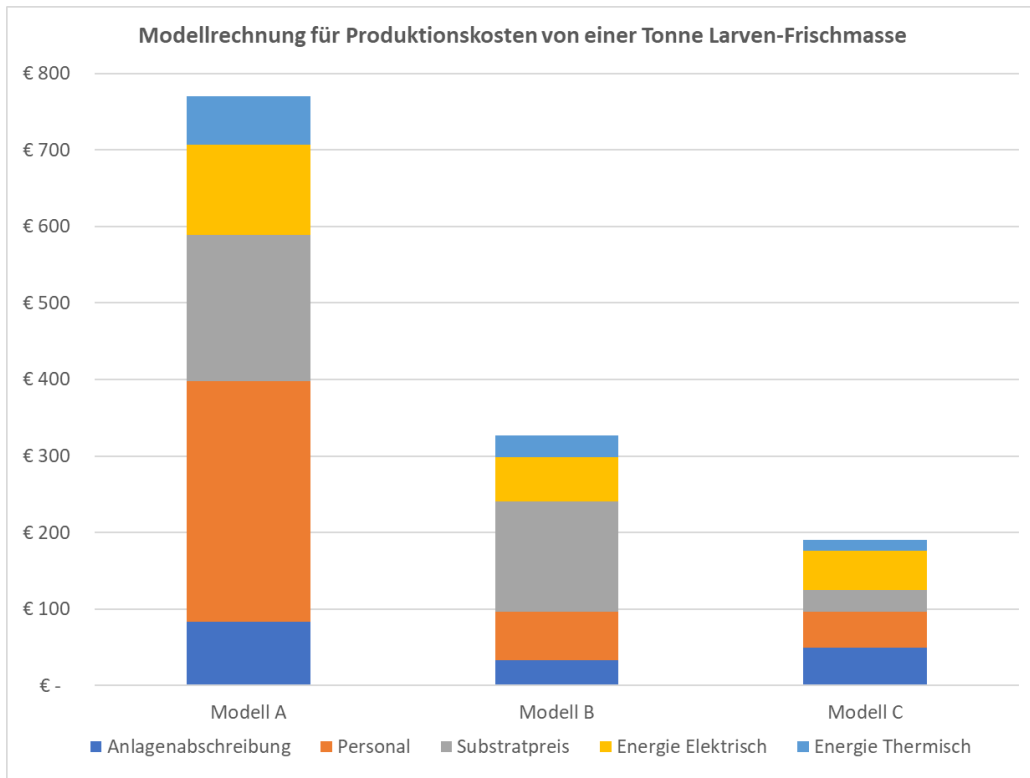


Abbildung 1. Zusammensetzung der Produktionskosten von Soldatenfliegenlarven in der vorliegenden Modellrechnung.

In Abbildung 2 sind die für die Modellrechnung herangezogenen Kostenpositionen als Anteil an den Gesamtkosten dargestellt. Dabei wird deutlich, dass sich die Hauptkostenfaktoren bei der Zucht von Soldatenfliegenlarven je nach Anlagengröße und Rahmenbedingungen ändern können. Während bei Modell A, die Kleinanlage mit einem relativ geringen Output, vor allem der hohe Personalkostenanteil auffällt, sind in Modell B die Substratkosten der Hauptkostenfaktor. Bei Modell C, der

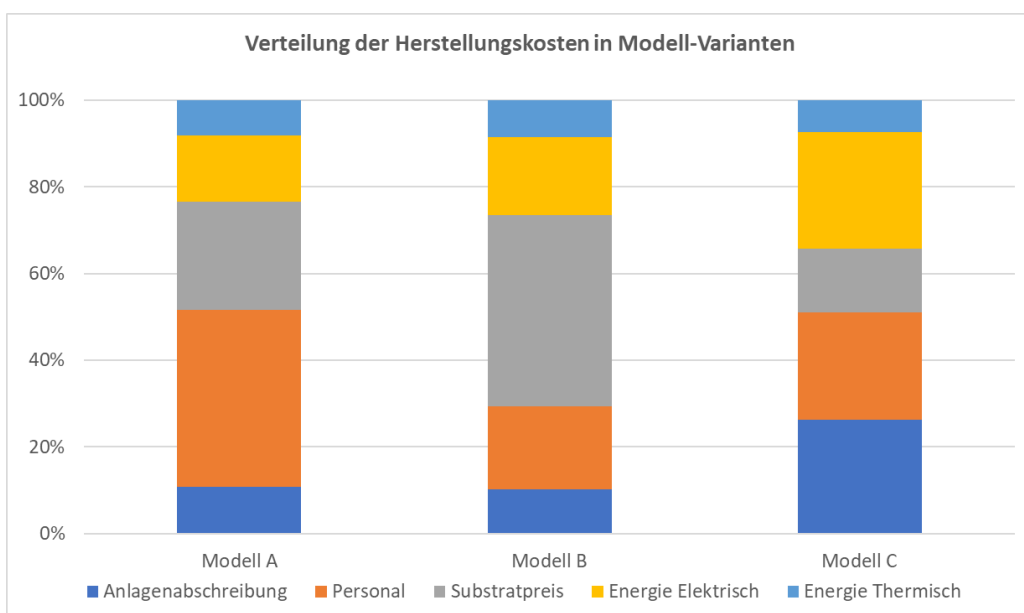


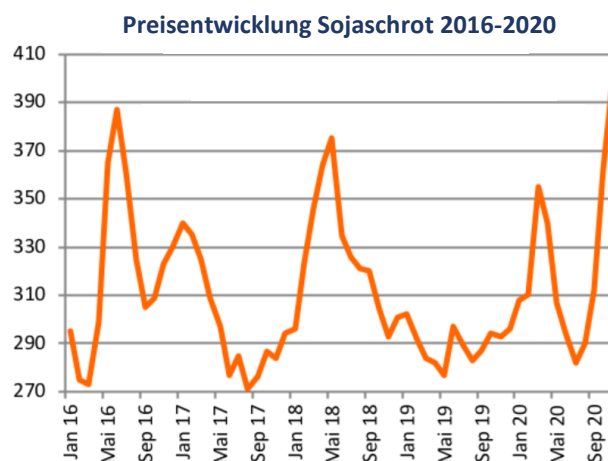
Abbildung 2. Prozentuelle Aufteilung der für die Modellrechnung herangezogenen Kostenpositionen für die Modelle A, B und C.

hochtechnisierten Großanlage, machen Anlagenabschreibungen und Personalkosten gemeinsam etwa die Hälfte der Kosten aus. Da die Gesamtkosten der Produktion in Modell C insgesamt relativ niedrig sind, spielen die Energiekosten, die einer weniger großen Kostendegression unterliegen, eine größere Rolle. Abschließend lässt sich sagen, dass ab einer gewissen Produktionskapazität die Substratkosten als Hauptkostenfaktor der maßgebliche Hebel zur Optimierung der Produktionskosten ist. Die Nutzung von Futtersubstraten die nicht an den Marktpreis herkömmlicher Futtermittel gekoppelt sind, würde der Insektenzucht einen großen wirtschaftlichen Vorteil einbringen.

### 2.3.6. Derzeitige Marktpreise und Preisentwicklung

In den letzten Jahren wurden einige Studien zur voraussichtlichen Preisentwicklung von Insektenprotein publiziert. Einer Studie der Rabobank [2] zur Folge wird der Preis für Insektenmehl in den nächsten Jahren von 3.500-5.500€/t im Jahr 2021 mit zunehmenden Produktionskapazitäten auf 1.500-2.500€/t im Jahr 2030 fallen. 2030 rechnen die Autoren dieser Studie mit einem weltweiten Marktpotential von 500.000t. Eine Studie des WWF errechnet einen möglichen Produktionspreis von 500£/t (ca. 585 €/t) Insektenmehl bei einem Produktionsvolumen von 57.000t jährlich für das Jahr 2030 in Großbritannien [12]. Die große Spanne dieser Schätzungen macht klar, dass eine fundierte Prognose für einen zukünftigen Produktionspreis schwierig ist.

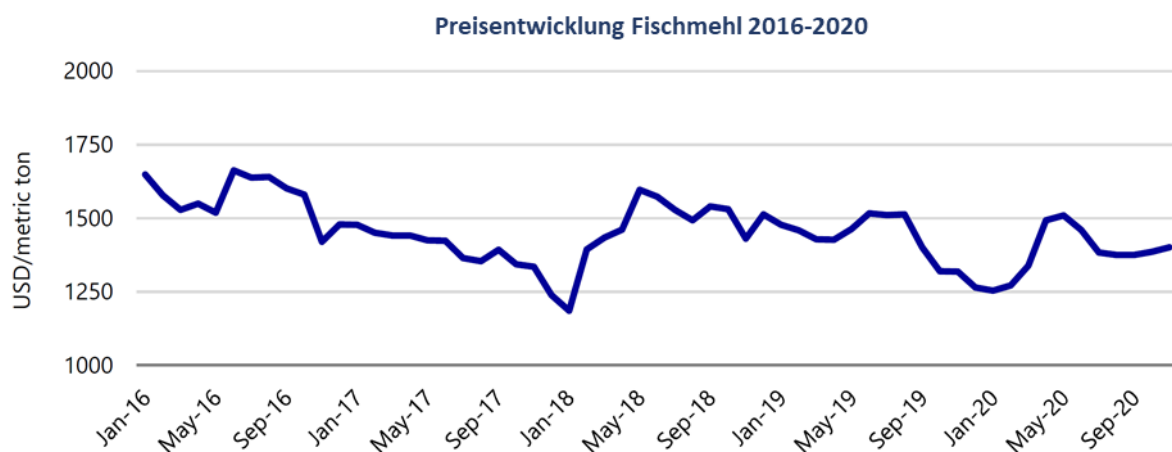
Ein anderer Zugang für die Schätzung des zukünftigen Marktpreises von Insektenmehl ist der Vergleich zu vergleichbaren Proteinlieferanten. Soja ist nach Mais und Weizen die mengenmäßig meistgehandelte Nutzpflanze. Die weltweite Produktion belief sich im Jahr 2019 auf über 300.000.000 Tonnen [13], allein Österreich importiert jährlich ca. 500.000t Sojafuttermittel [14]. Sojaschrot enthält je nach Verarbeitungsverfahren 44-48% Rohprotein (RP) mit einem relativ ausgewogenen Aminosäurespektrum. Der Preis von Sojaschrot (44% RP) bewegte sich in den Jahren 2016 bis 2020 zwischen 270 – 400€/t (siehe Abbildung 1). Der Proteingehalt von Insektenmehl ist mit bis zu 62% zwar deutlich höher als jener von Sojaschrot, allerdings bewegt sich der momentane Marktpreis von



Insektenprotein zwischen 3.000 – 5.500 €/t. Umgerechnet auf den Rohproteingehalt kostet Insektenprotein damit das 7 – 20-fache von Soja. Auch wenn unter den gegebenen gesetzlichen Voraussetzungen langfristig eine deutliche Preissenkung von Insektenprotein zu erwarten ist, ist der Proteinpreis von Soja nicht in Reichweite. Der flächendeckende Ersatz von Sojaprotein durch Insektenprotein ist unter den momentanen Voraussetzungen also weder in Bezug auf die Produktionsmengen noch in Bezug auf die Produktionspreise möglich. Bereits das eingesetzte Futtermittel pro kg Insektenmehl übertrifft bei üblichen Marktpreisen den Kilopreis von Sojaschrot.

Abbildung 1: Preisentwicklung von Sojaschrot (44% RP) in den Jahren 2016 bis 2020 [15]

Neben Sojaschrot dient Fischmehl vor allem in der Aquakultur als maßgeblicher Proteinlieferant. Fischmehl ist in unterschiedlichsten Qualitäten mit einem Rohproteingehalt von 60 – 72% erhältlich und zeichnet sich durch hervorragende Verdaulichkeit und einen hohen Gehalt an essentiellen Aminosäuren wie Lysin und Methionin aus. Weltweit werden ca. 18 Millionen Tonnen Fisch ausschließlich für die Produktion von Fischmehl gefangen und verarbeitet [16]. Alleine in Europa werden jährlich ca. 600.000 Tonnen Fischmehl produziert [17]. Der Fischmehl-Preis ist ausgesprochen volatil und hängt von Einflussfaktoren wie beispielsweise Dieselpreis, diversen Wetterphänomenen und Fanglizenzen ab. Der Fischmehlpreis hat sich in den Jahren von 2016 bis 2017 in einem Bereich zwischen 1200 – 1700 USD/t bewegt (siehe Abbildung 2). In einer Vielzahl von Studien konnte gezeigt werden, dass Insektenmehl als direkter Ersatz für Fischmehl dienen kann. Um Fischmehl langfristig durch Insektenmehl ersetzen zu können, sollte sich der Marktpreis von Insektenmehl also im Bereich des Fischmehlpreises bewegen. Vorausgesetzt die notwendigen Technologien zur Produktion von Insektenmehl im industriellen Maßstab sind vorhanden, ist ein Marktpreis im Bereich von 2000 – 2500€/t langfristig realistisch. Dieser Bereich kann auch unter den gegebenen gesetzlichen Voraussetzungen, also mit dem Einsatz von zugelassenen Futtermitteln als Nährsubstrat, erreicht werden. Zudem ist mit einer langfristigen Preissteigerung von Fischmehl zu rechnen, da die Produktionskapazitäten in den letzten Jahren trotz steigender Nachfrage stagniert sind.



Ein maßgeblicher Kostenfaktor für die Erzeugung von Insektenprotein sind die eingesetzten Futtermittel. Da „Nutzinsekten“ die später zu Futtermittel verarbeitet werden, innerhalb der EU lediglich mit zugelassenen Futtermitteln gefüttert werden dürfen, ist die Fütterung der Hauptkostenfaktor für die Erzeugung von Insektenmehl. Grundsätzlich können Fliegenlarven jedoch eine große Bandbreite an organischen Materialien verarbeiten und zu Biomasse umwandeln. Auch die Nutzung von organischen Abfällen, wie etwa Küchenabfällen, wären mit Hilfe der Insekten sehr effizient möglich. Wenn Abfallquellen als Nährsubstrat für die Aufzucht von Insekten verwendet werden könnten, würde das die Produktionskosten für Insektenprotein deutlich senken. Unter dieser Bedingung wäre ein langfristiger Marktpreis unter jenem von Fischmehl denkbar. Eine Studie der Universität für Bodenkultur [18] aus dem Jahr 2017 errechnet ein Potential von über 900.000t von Lebensmittel-Abfällen, die grundsätzlich für die Insektenzucht geeignet wären. Damit könnten über 80.000t Insektenprotein hergestellt werden. Diese Menge würde etwa 14% der europäischen Fischmehl Produktion entsprechen.

### 3. Quellenverzeichnis

- [1] IPIFF, An Overview of the European market of insects as feed, **2021**.
- [2] RaboResearch, No Longer Crawling: Insect Protein to Come of Age in the 2020s, February **2021**.
- [3] Biasato, I., Renna, M., Gai, F. *et al.* Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features. *J Animal Sci Biotechnol* **10**, 12 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x>
- [4] Neumann C, Velten S and Liebert F 2018. N balance studies emphasize the superior protein quality of pig diets at high inclusion level of algae meal (*Spirulina platensis*) or insect meal (*Hermetia illucens*) when adequate amino acid supplementation is ensured. *Animals* **8**, 1–14.
- [5] Altmann BA, Neumann C, Rothstein S, Liebert F and Mörlein D 2019. Do dietary soy alternatives lead to pork quality improvements or drawbacks? A look into micro-alga and insect protein in swine diets. *Meat Science* **153**, 26–34.

- [6] Nassim Moula and Johann Detilleu, A Meta-Analysis of the Effects of Insects in Feed on Poultry Growth Performances. *Animals* **2019**, 9, 201. doi:10.3390/ani9050201
- [7] Khan, S.; Khan, R.U.; Sultan, A.; Khan, M.; Hayat, S.U.; Shahid, M.S. Evaluating the suitability of maggot meal as a partial substitute of soya bean on the productive traits, digestibility indices and organoleptic properties of broiler meat. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2016, 100, 649–656.
- [8] Renna et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology* (2017) 8:57. DOI 10.1186/s40104-017-0191-3
- [9] Gaudioso, G.; Marzorati, G.; Faccenda, F.; Weil, T.; Lunelli, F.; Cardinaletti, G.; Marino, G.; Olivotto, I.; Parisi, G.; Tibaldi, E.; et al. Processed Animal Proteins from Insect and Poultry By-Products in a Fish Meal-Free Diet for Rainbow Trout: Impact on Intestinal Microbiota and Inflammatory Markers. *Int. J. Mol. Sci.* **2021**, 22, 5454. <https://doi.org/10.3390/ijms22115454>
- [10] Ikram Belghit, Nina S. Liland, Rune Waagbø, Irene Biancarosa, Nicole Pelusio, Yanxian Li, Åshild Krogdahl, Erik-Jan Lock. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 491 (2018) 72–81.
- [11] Simon Roques et al. Integrative Metabolomics for Assessing the Effect of Insect (*Hermetia illucens*) Protein Extract on Rainbow Trout Metabolism. *Metabolites* **2020**, 10, 83; doi:10.3390/metabo10030083
- [12] World Wildlife Fund United Kingdom and Tesco, The future of Feed: A WWF Roadmap to accelerating Insect Protein in UK Feeds, **2021**.
- [13] FAOSTAT, Produktionsstatistik der FAO 2019, <http://www.fao.org/faostat>, abgerufen am 24.09.21.
- [14] Martin Schlatzer und Thomas Lindenthal, Fibl Österreich, Österreichische und europäische Alternativen zu Palmöl und Soja aus Tropenregionen, **2019**.
- [15] Olaf Zinke, Agrarheute, 11.11.2020
- [16] FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture, **2020**.
- [17] European Fishmeal and Fishoil Producers, Europe is leading producer of fishmeal and fishoil, **2018**.
- [18] Verena Baumann und Martin Schönhart, Potential of fly larvae from biogenic waste as a source of protein to replace soybean in Austrian livestock feeding, *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, Band 26: 259-268, **2017**.