

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

**Speiseinsekten – ein Nahrungsmittel mit Zukunft? Akzeptanz, Potentiale und
Probleme in Deutschland**

Bachelorarbeit

im Studiengang Gesundheitswissenschaften

vorgelegt von

Frederike Rauer



Hamburg

am 23. Dezember 2022

Erstgutachter: Prof. Dr.	Joachim Westenhöfer	(HAW Hamburg)
Zweitgutachterin: MSc	Jana Fischer	(Verbraucherzen- trale Hamburg)

Abstract

Einleitung / Hintergrund: Infolge der wachsenden Weltbevölkerung steigt der Bedarf an Lebensmitteln. Zudem wird die Nachfrage nach Protein immer höher. Gleichzeitig kommen ökologische, gesundheitliche und ethische Bedenken in der Bevölkerung bezüglich des Fleischkonsums auf. Speiseinsekten gelten als eine gesunde und umweltfreundliche Alternative und dienen bereits etwa zwei Milliarden Menschen als wichtige Nahrungsquelle. In der westlichen Welt sind Speiseinsekten bislang noch wenig verbreitet. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung, inwiefern Speiseinsekten ein Nahrungsmittel mit Zukunft für Deutschland darstellen.

Methoden: Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine systematische Literaturrecherche anhand definierter Suchbegriffe in zwei wissenschaftlichen Datenbanken durchgeführt.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der Arbeit zeigen ein hohes Potential von Insekten für Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft auf. Probleme liegen vor allem in den Bereichen der Ablehnung durch die Bevölkerung, der Lebensmittelsicherheit, des Tierwohls und der Umwelt vor.

Diskussion / Schlussfolgerungen: Viele gesundheitliche, ökologische und wirtschaftliche Herausforderungen hinsichtlich der Lebensmittel und des Umweltschutzes könnten durch den Einsatz von Speiseinsekten als Nahrungsmittel bewältigt werden. Eine vollständige Risikobewertung ist infolge der mangelhaften Forschungslage zurzeit noch nicht möglich. Verbindliche Regelungen sowie weitere Forschung sind notwendig.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1. Einleitung	1
2. Hintergrund	3
2.1 Weltweiter Verzehr von Speiseinsekten.....	3
2.2 Arten essbarer Insekten.....	4
2.3 Zucht, Haltung und Schlachtung.....	6
2.4 Rechtlicher Hintergrund in der EU	8
2.5 Aktuelle Marktlage	10
3. Methoden	12
3.1 Recherche bei Livivo	13
3.2 Recherche bei PubMed	14
3.3 Selektion und Analyse der Ergebnisse	14
4. Ergebnisse	16
4.1 Potentiale	16
4.1.1 Akzeptanz in der Bevölkerung Deutschlands	16
4.1.2 Ernährungsphysiologie	18
4.1.2.1 Proteine	19
4.1.2.2 Lipide, Fettsäuren und Energie	19
4.1.2.3 Mikronährstoffe	21
4.1.2.4 Ballaststoffe	22
4.1.2.5 Bioaktive Stoffe.....	22
4.1.2.6 Enzyme.....	22
4.1.3 Umwelt und Nachhaltigkeit	23
4.1.3.1 Haltung	23
4.1.3.2 Futter	25
4.1.3.3 Treibhausgase	26
4.1.3.4 Wasserverbrauch.....	27
4.1.4 Alternative zu Fleisch.....	29
4.1.5 Wirtschaftliche und soziale Potentiale.....	30
4.1.6 Unter-, Mangel- und Fehlernährung.....	31
4.2 Probleme.....	33
4.2.1 Ablehnung in der Bevölkerung Deutschlands.....	33

4.2.2 Lebensmittelsicherheit	34
4.2.2.1 Allergien.....	36
4.2.2.2 Übertragung von Krankheiten	37
4.2.2.3 Bakterien und Mykotoxine.....	37
4.2.2.4 Antinährstoffe.....	38
4.2.2.5 Schwermetalle	38
4.2.3 Zucht und Tierwohl	39
4.2.3.1 Zucht.....	39
4.2.3.2 Tierwohl	40
4.2.4 Umwelt	42
4.2.5 Psychologische Barrieren	43
4.2.5.1 Fremdheit	43
4.2.5.2 Ekel.....	43
4.2.5.3 Neophobie	44
4.2.6 Kennzeichnung der Produkte.....	45
5. Handlungsempfehlungen.....	46
6. Diskussion.....	48
7. Fazit	53
Literaturverzeichnis	54
Anhang.....	59
Anhang 1: Flow Chart der Rechercheergebnisse sowie Selektion in Livivo	59
Anhang 2: Flow Chart der Rechercheergebnisse sowie Selektion in PubMed	60
Eidesstattliche Erklärung	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: verzehrte Insektenarten nach Land, Quelle: eigene Darstellung nach Fiebelkorn, 2017, S. 105	4
Abbildung 2: Insektenverzehr nach Gruppen in Prozent, Quelle: eigene Darstellung nach Heinrich-Böll-Stiftung, 2018, S. 45.....	5
Abbildung 3: Vergleich Landverbrauch in m ² für 1 kg Protein zwischen Insekten und konventionellen Nutztieren, Quelle: eigene Darstellung nach Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11 & van Huis, 2022, S. 165.....	24
Abbildung 4: Vergleich des Wasserbedarfs bei Insekten und konventionellen Nutztieren in l für 1 g Protein, Quelle: eigene Darstellung nach Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11 & van Huis, 2022, S. 165.....	27
Abbildung 5: Fünf Freiheiten nach Brambell, Quelle: eigene Darstellung nach Delvendahl et al., 2022, S. 4	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Proteingehalte einiger Insektenarten je 100 g Trockengewicht im Vergleich zur täglichen Empfehlung der DGE für Erwachsene in g, Quelle: eigene Darstellung nach Böhme & Adam, 2020, S. 68 & DGE, 2017.....	19
Tabelle 2: Lipid- und Energiegehalte einiger Insektenarten je 100 g Trockengewicht, Quelle: eigene Darstellung nach Böhme & Adam, 2020, S. 68.....	20
Tabelle 3: Mikronährstoffgehalte einiger Insektenarten in mg/100 g Trockengewicht im Vergleich zu den Empfehlungen der DGE in mg/d, Quelle: eigene Darstellung nach Böhme & Adam, 2020, S. 68 & DGE, o.J.....	21
Tabelle 4: Essbarer Anteil verschiedener Insekten- und Nutztierarten in Prozent, Quelle: eigene Darstellung nach Umweltbundesamt, 2019, S. 73.....	28

Abkürzungsverzeichnis

ACE	Angiotensin-Converting-Enzym
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BzfE	Bundeszentrum für Ernährung
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DVO	Durchführungsverordnung
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EU	Europäische Union
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
HCVO	Health-Claims-Verordnung
IPIFF	International Platform of Insects for Food and Feed
LMHV	Lebensmittelhygieneverordnung
LMIV	Lebensmittelinformationsverordnung
NCBI	National Center for Biotechnology Information
NLM	U.S. National Library of Medicine
VO	Verordnung

1. Einleitung

Im Vergleich zum 18. Jahrhundert leben heute knapp sieben Mal mehr Menschen auf der Erde. Die Weltbevölkerung ist auch weiterhin stark am Ansteigen (Ordoñez-Araque, Quishpillo-Miranda & Ramos-Guerrero, 2022, S. 1). Damit einhergehend steigt auch der weltweite Bedarf nach einer ausreichenden Lebensmittelversorgung. Steigende Einkommen und die Verstädterung beeinflussen die Ernährung zusätzlich (van Huis, 2016, S. 294). Neben den Milliarden von Tieren werden im Jahre 2050 voraussichtlich etwa 9,6 Milliarden Menschen ernährt werden müssen. Um den Bedarf dieser zukünftigen Weltbevölkerung zu decken, müsste die derzeitige Nahrungsmittelproduktion um 60 % und die Produktion tierischer Proteine um 70 bis 80 % gesteigert werden (Lumanlan, Williams & Jayasena, 2022, S. 6317).

Die Nachfrage nach Nahrungseiweiß ist besonders groß. In der westlichen Welt ist Fleisch die bislang am meisten verzehrte Quelle für Eiweiß und ein wichtiger Bestandteil der Ernährung. Etwa 15 % der Gesamtenergie der Ernährung wird durch den Verzehr von Fleisch gedeckt (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 10). Der Fleischkonsum in Deutschland ist im Laufe der letzten Jahre zurückgegangen (BLE, 2022). Der weltweite Fleischkonsum steigt jedoch und hat sich innerhalb der letzten 20 Jahre mehr als verdoppelt (Heinrich-Böll-Stiftung, 2021, S. 10). Bis 2050 soll die Nachfrage nach Fleisch vor allem in den Entwicklungsländern um 73 % ansteigen und parallel dazu soll sich die weltweite Fleischproduktion verdoppeln. Hintergrund ist hier vor allem ein global steigendes Einkommen sowie die wachsenden Bevölkerungszahlen (Umweltbundesamt, 2019, S. 23). Während im globalen Süden oftmals ein Mangel an tierischen und pflanzlichen Proteinen herrscht, liegt in Deutschland und der EU eher eine Überversorgung vor. Durch den Konsum von Alternativen anstelle von Fleisch kann somit keine mangelhafte Proteinversorgung erfolgen, wie häufig befürchtet wird. Fleisch gilt in der westlichen Welt jedoch als Symbol für Wohlstand und Ansehen. Dadurch erschwert diese kulturell gewachsene Selbstverständlichkeit des Fleischkonsums einen Ernährungswandel (Umweltbundesamt, 2019, S. 11).

Zeitgleich steigen die mit der konventionellen Fleischproduktion verbundenen ökologischen, gesundheitlichen und ethischen Bedenken der Bevölkerung (Kröger, Dupont, Büsing & Fiebelkorn, 2022, S. 1; Umweltbundesamt, 2019, S. 10). So sorgt die intensive Viehproduktion und Überweidung für steigende Treibhausgasemissionen sowie einem irreversiblen Verbrauch an Land- und Wasserressourcen. Dadurch werden der Klimawandel und andere umweltschädliche Folgen begünstigt. Die landwirtschaftliche Produktion tierischer Lebensmittel ist eine große Bedrohung für die Flora und Fauna und verbraucht rund 70 % des

Süßwassers auf der Erde (Lumanlan et al., 2022, S. 6317; Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 2). Infolge der steigenden Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln werden landwirtschaftlich genutzte Flächen immer weiter ausgedehnt. Für die Produktion tierischer Lebensmittel und für Futtermittel werden aktuell etwa 80 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Erde verwendet. Durch die Ausdehnung der intensiven Viehwirtschaft werden Waldflächen und Flächen für den Ackerbau verdrängt, wodurch Ressourcen verloren gehen und das Ökosystem verändert wird (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 2).

Auch hinsichtlich der Gesundheit wird der hohe Konsum tierischer Produkte in Deutschland diskutiert. Insbesondere der hohe Konsum von Fleisch begünstigt viele ernährungsbedingte Gesundheitsauswirkungen und Krankheiten. So stehen Übergewicht, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Hypertonie oder Diabetes Typ 2 oftmals in Zusammenhang mit einem übermäßigen Fleischkonsum (Umweltbundesamt, 2019, S. 20). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt als Höchstmenge 30 kg Fleisch pro Jahr. Der aktuelle Verzehr ist jedoch doppelt so hoch. Zudem spielt das Tierwohl zunehmend eine Rolle für die Verbraucher*innen. Neben Haltung, Transport und Schlachtung wird auch der Antibiotikaeinsatz sowie die Keimbelastung kritisch betrachtet (Umweltbundesamt, 2019, S. 11).

Um den genannten Entwicklungen entgegenzusteuern, werden verschiedene Handlungsoptionen und Alternativen untersucht. Neben Änderungen in der konventionellen Tierhaltung wird auch eine Vielzahl von Fleischersatzprodukten diskutiert (Kröger et al., 2022, S. 1). Der Umsatz von Fleischalternativen steigt seit 2008 jährlich um etwa 30 % (Umweltbundesamt, 2019, S. 10). Laut der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) bieten vor allem Speiseinsekten ein großes Potential für eine nachhaltige und umweltfreundliche Ernährung der Bevölkerung. Da Insekten wechselwarme Tiere sind, gelten sie entsprechend der Leitsätze des Deutschen Lebensmittelbuchs für Fleisch und Fleischerzeugnisse nicht als Fleisch. Die Leitsätze beziehen sich nur auf warmblütige Tiere (Deutsches Lebensmittelbuch, 2015, S. 1). Die Entomophagie, so der fachwissenschaftliche Ausdruck für den Verzehr von Insekten, hat in den letzten Jahren sowohl in den Medien als auch in der Wissenschaft, Lebensmittelindustrie und Politik zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen (FAO, 2013, S. 1; Kröger et al., 2022, S. 1; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 189). Der Verzehr von Speiseinsekten ist in Deutschland jedoch noch wenig verbreitet und akzeptiert (Verbraucherzentrale, 2022).

Ausgehend von diesem Hintergrund beschäftigt sich die vorliegende Bachelorarbeit mit folgender Forschungsfrage: Inwiefern können Speiseinsekten ein Nahrungsmittel mit Zukunft

für Deutschland darstellen? Ziel der Arbeit ist, die Akzeptanz, die Potentiale sowie die Probleme des Verzehr von Speiseinsekten für Deutschland zu untersuchen. Hierfür wird vorab ein allgemeiner Überblick über den Verzehr, die Arten essbarer Insekten sowie ihrer Zucht und Haltung gegeben. Im Anschluss wird der rechtliche Hintergrund dargestellt und mit anderen Ländern verglichen. Daraufhin wird die aktuelle Marktlage beleuchtet. Danach folgt der Methodenteil, in dem das Vorgehen für die systematische Literaturrecherche beschrieben wird. In den Ergebnissen schließen sich im ersten Teil die ermittelten Potentiale an, wobei die Akzeptanz in der Bevölkerung, die Ernährungsphysiologie, Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte, Speiseinsekten als Alternative zu Fleisch, wirtschaftliche und soziale Vorteile sowie Unter-, Fehl- und Mangelernährung dargestellt werden. Im zweiten Teil werden die Probleme untersucht, wobei der Fokus auf der Ablehnung der Bevölkerung, Lebensmittelsicherheit, Zucht und Tierwohl, Umwelt, psychologischen Barrieren und Kennzeichnung der Produkte liegt. Darauffolgend werden Handlungsempfehlungen für Wissenschaft, Politik, Handel und Verbraucher*innen gegeben. Anschließend folgt eine Diskussion der Ergebnisse und Methoden. Zum Schluss wird ein Fazit gezogen, welches die Erkenntnisse dieser Arbeit zusammenfasst.

2. Hintergrund

2.1 Weltweiter Verzehr von Speiseinsekten

Insekten stellen mit etwa einer Million Arten weltweit über die Hälfte aller lebenden Tierarten auf der Erde dar. Bislang sind noch nicht alle Insektenarten bekannt und fast täglich werden neue Arten entdeckt. Für die Ökologie und Wirtschaft sind Insekten schon lange von großer Bedeutung. Sie helfen bei der Bestäubung von Pflanzen, bei der Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft sowie der Aufbereitung von bioorganischen Abfällen. Zudem stellen Insekten viele wirtschaftlich bedeutsame Produkte wie beispielsweise Honig oder Seide her (Fiebelkorn, 2017, S. 104).

Aus archäologischen Funden geht hervor, dass Menschen Insekten verschiedener Entwicklungsstadien (Eier, Larven, Puppen, ausgewachsen) bereits in prähistorischen Zeiten als Nahrungsmittel verzehrten (Böhme & Adam, 2020, S. 66). Für etwa zwei Milliarden Menschen dienen Insekten heute als wichtige Nahrungsquelle oder gelten sogar als Delikatesse (Verbraucherzentrale, 2022). Vor allem in tropischen und subtropischen Regionen wie Afrika, Asien, Süd- und Mittelamerika sind Insekten ein grundlegender Bestandteil der

Ernährung. So werden in 36 afrikanischen Ländern, in 29 asiatischen Ländern, in 23 amerikanischen Ländern und in elf europäischen Ländern Insekten verzehrt (Acosta-Estrada, Reyes, Rosell, Rodrigo & Ibarra-Herrera, 2021, S. 12). Wie in Abbildung 1 dargestellt, werden die meisten Insektenarten in Mexiko verzehrt, darauf folgen China, Thailand und Brasilien (Fiebelkorn, 2017, S. 105).



Abbildung 1: verzehrte Insektenarten nach Land, Quelle: eigene Darstellung nach Fiebelkorn, 2017, S. 105

Häufig wird angenommen, dass Insekten nur in Zeiten von Hungersnöten als Lebensmittel dienen. Meistens sind sie aber ein Grundnahrungsmittel, das wegen des Geschmacks und der Nährwerte verzehrt wird. Manche Insektenarten wie beispielsweise die Mopanewürmer (*Gonimbrasia belina*) in Südafrika oder die Eier der Weberameise (*Oecophylla*) in Südostasien werden als Delikatesse angesehen und können sehr teuer sein (FAO, 2013, S. 2).

Einige Insektenarten werden nur in bestimmten Regionen, innerhalb bestimmter ethnischer Gruppen oder in bestimmten Gemeinschaften konsumiert. Auch die Verfügbarkeit spielt eine Rolle. In ländlichen Regionen werden mehr Insekten gegessen als in städtischen. Jedoch sinkt der Verzehr von Insekten in den Tropen, da sich durch westliche Einflüsse und eine veränderte Bildung die traditionellen Essgewohnheiten umstellen (van Huis, Rumpold, Maya & Roos, 2021, S. 565). In der westlichen Welt sind Speiseinsekten bislang noch wenig verbreitet (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 12). Nichtsdestotrotz wird prognostiziert, dass die Insektenzucht bis 2025 weltweit um das zehnfache steigen soll (Delvendahl, Rumpold & Langen, 2022, S. 2).

2.2 Arten essbarer Insekten

Heute werden weltweit über 2000 Insektenarten konsumiert (BfR, 2016). In Abbildung 2 ist dargestellt, welche Gruppen überwiegend verzehrt werden. Am häufigsten werden mit etwa 31 % Insekten aus der Ordnung der Käfer (*Coleoptera*) verzehrt, gefolgt von Raupen und Schmetterlingen (*Lepidoptera*) mit 17 %. Am dritthäufigsten werden Ameisen, Bienen und Wespen (*Hymenoptera*) mit 15 % konsumiert. Darauf folgen Heuschrecken (*Orthoptera*) mit 13 % und Wanzen (*Hemiptera*) mit 11 %. Der geringste Verzehr verteilt sich auf Termiten (*Isoptera*) und Libellen (*Odonata*) mit jeweils 3 %, Fliegen (*Brachycera*) und Schaben

(*Blattodea*) mit jeweils 2 %, Spinnen (*Arachnida*) mit 1 % und andere mit 2 % (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 2; Heinrich-Böll-Stiftung, 2018, S. 45).

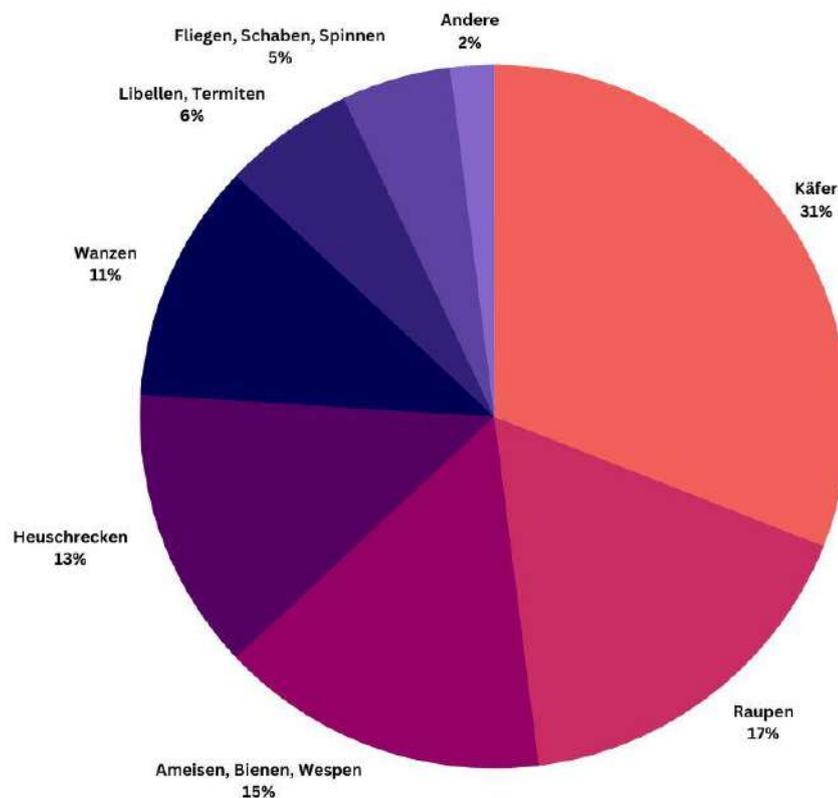


Abbildung 2: Insektenverzehr nach Gruppen in Prozent, Quelle: eigene Darstellung nach Heinrich-Böll-Stiftung, 2018, S. 45

Für den menschlichen Verzehr werden hauptsächlich drei Arten gezüchtet. Die erste Art umfasst die Familie der Schwarzkäfer (*Tenebrionidae*). Zu diesen zählen der Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*), der Glänzendschwarze Getreideschimmelkäfer (*Alphitobius diaperinus*) und der Große Schwarzkäfer (*Zophobas morio*) (van Huis, 2022, S. 162). Vor allem die Larven der genannten Käferarten werden als Nahrungsmittel genutzt. Diese werden Mehl- oder Buffalowürmer genannt (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Die zweite Art umschließt die Heuschrecken und Grillen (*Orthoptera*). Dazu zählt das Heimchen (*Acheta domesticus*), die Kurzflügelgrille (*Gryllodes sigillatus*), die Zweifleckgrille (*Gryllus bimaculatus*) und die Wanderheuschrecke (*Locusta wanderia*). Zu der dritten Art gehören einige Schmetterlingsarten (*Lepidoptera*) wie die Große Wachsmotte (*Galleria mellonella*) und der Seidenspinner (*Bombyx mori*). Auch hier werden hauptsächlich die Larven verzehrt (van Huis, 2022, S. 162).

Damit eine Insektenart als Nahrungsmittel ausgewählt wird, muss sie einige Kriterien erfüllen:

- a) ein schnelles Populationswachstum
- b) ein kurzer Entwicklungszyklus
- c) eine hohe Überlebensrate
- d) eine hohe Gewichtszunahme pro Tag
- e) eine hohe Umwandlungsrate von Futtermittel in Körpergewicht
- f) die Fähigkeit, auf sehr eng begrenztem Raum zu leben
- g) eine Verwendung kostengünstiger Futtersubstrate
- h) eine geringe Anfälligkeit für Krankheiten (Umweltbundesamt, 2019, S. 40; van Huis, 2022, S. 163)

Beispielsweise lassen sich manche Insektenarten leichter in gestapelten Behältnissen züchten als andere. Grillen unterscheiden sich sehr hinsichtlich ihrer Krankheitsanfälligkeit. Mögliche Probleme können häufig durch die Wahl einer anderen Art behoben werden (Umweltbundesamt, 2019, S. 40; van Huis, 2022, S. 163).

2.3 Zucht, Haltung und Schlachtung

In Gebieten, in denen Insekten traditionell verzehrt werden, werden diese hauptsächlich in ihren natürlichen Lebensräumen wild gesammelt. Dabei werden verschiedene Methoden genutzt. Sie können mit den Händen abgesammelt, mithilfe von Stangen aus Pflanzen und Bäumen gerüttelt oder mit Netzen gefangen werden. Lichtfallen helfen in der Nacht, die Insekten anzulocken und von der Falle abzusammeln (BzfE, 2021; Umweltbundesamt, 2019, S. 38). Ungenießbare Insektenarten werden vor Ort aussortiert. Da bei der Ernte Aspekte der Nachhaltigkeit selten beachtet werden, werden die Erträge zunehmend durch Übersammlung, Umweltverschmutzung oder veränderte Lebensräume bedroht (Umweltbundesamt, 2019, S. 37).

Manche Insektenarten werden auch in tropischen Regionen gezüchtet. Heuschrecken werden zum Beispiel auf Kleinfarmen für den lokalen Markt oder die Selbstversorgung in Asien produziert. Für die Aufzucht werden hier oftmals Betonringe oder Plastikbehältnisse verwendet, die mit Reishülsen ausgestreut und mit Eierkartons versehen werden. Als Futter dienen den Heuschrecken Tierfutter, Gemüseabfälle, Gras und Reis (Umweltbundesamt, 2019, S. 38).

Die Aufzucht der Insekten für Deutschland oder andere EU-Mitgliedstaaten findet ausschließlich kontrolliert auf Insektenfarmen statt, beispielsweise in den Niederlanden,

Kanada oder Thailand (Umweltbundesamt, 2019, S. 38; Verbraucherzentrale, 2022). Somit trägt der hiesige Verzehr von Insekten nicht zum allgemeinen Insektensterben bei (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). 2012 wurde von der FAO festgelegt, dass für eine industrielle definierte Produktion eine Tonne Insekten am Tag hergestellt werden muss (Umweltbundesamt, 2019, S. 38). In solchen Produktionssystemen können bis zu 250 t Insekten am Tag produziert werden (BzfE, 2021). Bislang sind diese Systeme überwiegend für Futtermittel und weniger für Lebensmittel im Einsatz (Umweltbundesamt, 2019, S. 38).

Je nach Insektenart und Entwicklungsstadium unterscheiden sich die Ansprüche bei der Zucht. So spielen Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichtverhältnisse und Futtermittel eine wichtige Rolle (BzfE, 2021). Für die Gesundheit und Produktivität der Insekten sind eine konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit, ein geregeltes Lichtniveau sowie die Zufuhr mit Sauerstoff und Abfuhr von Kohlendioxid sowie weiteren Stoffwechselgasen essenziell. Mögliche Kontaminationen von außen, wie zum Beispiel Insektizide, die durch die Belüftung in die Produktion eindringen, müssen verhindert werden. Als Futtermittel eignen sich Bioabfälle oftmals nur bedingt, da sie Insekten nicht immer optimal mit Nährstoffen versorgen können und dadurch die Gesundheit, das Wachstum und den Proteingehalt negativ beeinflussen (Umweltbundesamt, 2019, S. 39-40). Die Grundsätze der Hygienevorschriften und rechtlichen Anforderungen bezüglich der Lebensmittelsicherheit müssen von den Produzent*innen eingehalten werden (Verbraucherzentrale, 2022). Dazu zählt in der EU, dass Speiseinsekten nicht mit Catering-Abfällen, Exkrementen oder fleisch- bzw. fischhaltigen Lebensmittelabfällen gefüttert werden. Anfallende Abfallströme bei der Produktion müssen entsprechend aufbereitet oder entsorgt werden, damit sie Mensch und Umwelt nicht gefährden (Umweltbundesamt, 2019, S. 40).

Die Fütterung der Insekten wird etwa 24 Stunden vor dem Töten eingestellt, um so Verunreinigungen mit Magen- und Darminhalten auszuschließen (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Schlachtreife Insekten werden durch Kälte oder Hitze getötet. Im Anschluss bestehen verschiedene Möglichkeiten der Verarbeitung und des Verzehrs. Insekten können als Ganzes angeboten werden, als gemahlene oder pastöse Form oder als Extrakt aus Protein, Fett oder Chitin zur Anreicherung von Lebensmitteln. Mögliche Kontaminationen durch Bakterien, Viren, Pilze oder Parasiten werden meist durch geeignete Verfahren verhindert. Eine Möglichkeit sind thermische Verfahren wie Pasteurisation oder Sterilisation. Eine andere Option sind nichtthermische Verfahren wie Bestrahlung oder hoher Druck. Durch Kühlung, Einfrieren oder die Reduktion der Wasserkonzentration (Trocknung, Räuchern) können Insekten haltbar gemacht werden (Umweltbundesamt, 2019, S. 40).

2.4 Rechtlicher Hintergrund in der EU

Das EU-Lebensmittelrecht sorgt dafür, dass nur sichere Lebensmittel auf den Markt gelangen. Jedes neuartige Lebensmittel muss deshalb geprüft und zugelassen werden. Die Sicherheit der Lebensmittel wird dabei durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) überprüft. Anschließend entscheidet die EU-Kommission über die Zulassung für den Markt (BzfE, 2021). Lebensmittel mit oder aus Insekten benötigen innerhalb der EU eine Zulassung nach der Novel-Food-Verordnung für neuartige Lebensmittel (VO (EU) 2015/2283), die am 1. Januar 2018 verbindlich in Kraft getreten ist. Wenn Insekten nicht bereits vor dem 15. Mai 1997 in der EU in einem nennenswerten Umfang gegessen wurden, müssen sie gesundheitlich bewertet und zugelassen werden, bevor sie in den Handel kommen (Europäisches Parlament und der Rat, 2015, S. 2; Verbraucherzentrale, 2021a, S. 4).

In den vergangenen Jahren sind etwa 15 Anträge zu unterschiedlichen Insekten bei der EFSA gestellt worden (BzfE, 2021). Der gelbe Mehlwurm (*Tenebrio molitor*) ist das erste Insekt, das im Mai 2021 als neuartiges Lebensmittel in der EU zugelassen wurde. Er darf seitdem im Ganzen, gemahlen oder als Zutat in Lebensmitteln mit einem maximalen Anteil von 10 % angeboten werden (BzfE, 2021; Kröger et al., 2022, S. 1-2; Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Darauf folgten die Zulassungen der Europäischen Wanderheuschrecke (*Locusta migratoria*) im November 2021 und der Heimchen (*Acheta domesticus*) im März 2022. Weitere Anträge, beispielsweise für den Buffalowurm (*Alphitobius diaperinus*) und die Kurzflügelgrille (*Gryllodes sigillatus*), sind bereits gestellt worden. Die Zulassung kann dabei mehrere Monate in Anspruch nehmen (Kröger et al., 2022, S. 1-2; Verbraucherzentrale, 2022; Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Der Zulassungsantrag muss verschiedene Informationen enthalten, unter anderem die Beschreibung des Herstellungsverfahrens, die genaue Zusammensetzung des Lebensmittels, wissenschaftliche belegte Daten dazu, dass von dem neuartigen Lebensmittel kein Sicherheitsrisiko für die menschliche Gesundheit ausgeht sowie einen Vorschlag für die Bedingungen der beabsichtigten Verwendung. Alternativ kann auch ein Nachweis erbracht werden, der besagt, dass das Lebensmittel in einem Drittstaat bereits seit mindestens 25 Jahren verzehrt wurde und dass dabei keine Sicherheitsbedenken auftraten (Europäisches Parlament und der Rat, 2015, S. 11-13). Wenn ein Antrag für ein bestimmtes Lebensmittel genehmigt wurde, können auch andere Lebensmittelunternehmen diese Lebensmittel im Rahmen der genehmigten Verwendung in den Verkehr bringen, ohne dass sie erneut einen Zulassungsantrag stellen müssen (Schiel, Wind, Braun & Koethe, 2020, S. 78). Jedoch sind bereits einige weitere Insektenprodukte im Handel erhältlich, da sie nach einer Übergangsregelung der Novel-Food-Verordnung (DVO (EU) 2017/2469, Art. 8 Abs. 5) bis zu einer endgültigen Entscheidung vertrieben werden

dürfen. Dabei handelt es sich um Lebensmittel, die bis 2018 nicht als neuartig eingestuft wurden und deshalb bereits im Handel erhältlich waren (Europäisches Parlament und der Rat, 2017, S. 5-6). Die Übergangsregelung gilt nur für Produkte, bei denen nachweislich keine Beanstandung vorliegt und die bereits einen Antrag der Übergangsregelung bei der zuständigen Behörde vorliegen haben. Überwacht wird dies vom jeweiligen Bundesland (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Dadurch können Produkte auf dem Markt angeboten werden, die noch nicht von der EFSA bewertet worden sind, weshalb gesundheitliche Risiken beim Verzehr nicht ausgeschlossen werden können (Verbraucherzentrale, 2022).

Die Lebensmittelbasisverordnung (VO 178/2002) besagt neben allgemeinen Grundsätzen der Lebensmittelsicherheit, dass Insekten, die zur Futtermittelherstellung gezüchtet werden, nicht als Lebensmittel verwendet werden dürfen (VO 178/2002 Art. 2 a) (Europäisches Parlament und der Rat, 2008, S. 11; Schiel et al., 2020, S. 79). Für die Erfüllung der Anforderungen der Verordnung ist das Lebensmittelunternehmen verantwortlich (Europäisches Parlament und der Rat, 2008, S. 20; Schiel et al., 2020, S. 79).

Lebensmittel mit Insekten müssen außerdem die allgemeinen Kennzeichnungsvorschriften nach der EU-Lebensmittelinformationsverordnung Nr. 1169/2011 (LMIV) einhalten (Europäisches Parlament und der Rat, 2015, S. 6). Dazu zählen unter anderem die Angaben einer Bezeichnung des Lebensmittels, eines Zutatenverzeichnisses und eines Mindesthaltbarkeitsdatums (Europäisches Parlament und der Rat, 2011, S. 28). Der Mehlwurm muss beispielsweise die Bezeichnung „Getrocknete Larven von *Tenebrio molitor* (Mehlkäfer)“ tragen. Für Produkte, die aufgrund der Übergangsregelung auf dem Markt erhältlich sind, gibt es keine gesetzlich vorgeschriebene Bezeichnung. Bei ihnen gilt, dass sie so bezeichnet werden müssen, dass die verwendete Insektenart erkennbar ist. Wenn Lebensmittel Speiseinsekten als Zutat enthalten, müssen diese mit ihrer Bezeichnung in der Zutatenliste aufgeführt werden. Der Anteil muss in der Zutatenliste genannt werden, wenn in der Bezeichnung des Produktes oder durch Bilder oder Hinweise auf dem Etikett auf ein Insekt hingewiesen wird (BzFE, 2021). Bislang ist eine Allergenkennzeichnung auf Produkten mit Speiseinsekten nicht verpflichtend. Nur für Lebensmittel mit oder aus dem getrockneten Mehlwurm (*Tenebrio molitor*) schreibt die EU-Kommission vor, dass diese mit dem Hinweis gekennzeichnet werden müssen, dass ihr Verzehr bei Menschen mit einer bekannten Allergie gegen Krebstiere sowie Hausstaubmilben allergische Reaktionen auslösen können. Dieser Hinweis muss sich nahe der Zutatenliste finden lassen (BzFE, 2021). Da Insektenprodukte Keime enthalten können, sollten die verwendeten Speiseinsekten vor dem Verzehr erhitzt oder mit einem anderen Verfahren behandelt werden. Jedoch liegen auch hier noch keine gesetzlichen Vorgaben vor (Verbraucherzentrale, 2021b).

In der Lebensmittelhygieneverordnung (LMHV), die die Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Lebensmitteln regelt, existieren bislang noch keine konkreten Regelungen für Speiseinsekten. Hierzu zählen beispielsweise die Zulassung und Identitätskennzeichnung der insektenproduzierenden und -verarbeitenden Betriebe (Verbraucherzentrale, 2022).

Im Vergleich zu Deutschland sind einige Länder bereits fortgeschrittener bei der Handhabung und Zulassung von Speiseinsekten als Lebensmittel. Die Schweiz gilt in Europa als Pionier beim Verkauf von Insektenprodukten. Bereits 2008 wurde ein Verein mit dem Ziel der Legalisierung des Verkaufs von Insekten als Nahrungsmittel gegründet. Seit Mai 2017 sind dort Mehlwürmer (*Tenebrio molitor*), Heimchen (*Acheta domestica*) und Europäische Wanderheuschrecken (*Locusta migratoria*) als sichere Speiseinsekten zugelassen und werden seit August 2017 als Lebensmittel verkauft. Die ersten insektenhaltigen Lebensmittel wie Hackbällchen und Burger waren bei der Supermarktkette Coop erhältlich (Böhme & Adam, 2020, S. 67). In Holland wurden im Oktober 2014 drei Insektenarten für die Zucht und den Verkauf zugelassen. Dafür wurden Mehlwürmer (*Tenebrio molitor*), Buffalowürmer (*Alphitobius diaperinus*) und eine Grillenart aufgrund ihrer Nährwerte, Toxizität, Zucht und Verarbeitungsmöglichkeiten ausgewählt. Belgien verfasste im selben Zeitraum eine Liste mit zehn Insektenarten, die sich als Nahrungsmittel eignen (Böhme & Adam, 2020, S. 67). In Österreich ist bereits eine Leitlinie für gezüchtete Insekten als Lebensmittel verfügbar. Unter anderem besagt diese, dass Speiseinsekten nach der Tötung einer Hitzebehandlung oder einer anderen Behandlung mit anderen Methoden wie Hochdruck unterzogen werden müssen, bevor sie in den Handel gelangen. Dadurch sollen alle Keime abgetötet werden (Verbraucherzentrale, 2022).

2.5 Aktuelle Marktlage

Laut der International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF) stellten 2020 über 42 europäische Unternehmen Lebensmittel auf Insektenbasis her. Im Jahr 2019 wurden weltweit mehr als 250 Lebensmittel auf Insektenbasis erfasst (Lumanlan et al., 2022, S. 6318).

Insektenprodukte werden aktuell in verschiedenen Formen angeboten:

- a) ganze Insekten
- b) gemahlene Insekten
- c) verarbeitete Insekten in Snacks (zum Beispiel Proteinriegel, Kekse, Chips)
- d) Insekten als Fleischersatz in Würsten, Burgern und Schnitzeln
- e) in Grundnahrungsmitteln wie Teigwaren oder Brot
- f) weitere Produkte wie Insektenspeiseöl, Liköre oder Eis (van Huis et al., 2021, S. 564)

Auch in manchen Restaurants stehen Insekten auf der Speisekarte (Verbraucherzentrale, 2022). Frischware oder lebende Speiseinsekten werden derzeit nicht im Handel angeboten (BzfE, 2021).

In der westlichen Welt werden verarbeitete und damit nicht erkennbare Insekten bevorzugt. Proteinriegel können bis zu 20 % Insektenanteil enthalten und mit Kakao, Schokolade, Erdnüssen oder Früchten wie Preiselbeeren, Bananen und Orangen aromatisiert sein. Diese Aromen überdecken die der Insekten. Chips mit Insekten werden wie die herkömmlichen Chips in Geschmacksrichtungen wie Barbecue, Paprika oder Meersalz vermarktet. Grundnahrungsmittel wie Brot oder Nudeln können durch die Zugabe von Insekten mit Proteinen und Nährstoffen angereichert werden und erhalten so einen erhöhten Nährwert (van Huis et al., 2021, S. 565).

Im stationären Handel lassen sich jedoch nur wenige Produkte finden. Ein Großteil der Insektenprodukte ist über den Onlinehandel erhältlich. Während 2019 noch einige Supermärkte damit warben, ihr Sortiment an Insektenprodukten auszuweiten, scheint das Angebot momentan eher zurückzugehen (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 5). Auch lässt sich über den Nutzen vieler aktueller Produkte diskutieren, da sie oftmals nur einen geringen Insektenanteil, aber viel Salz und Zucker enthalten (Verbraucherzentrale, 2021a). Zudem sind Insektenprodukte häufig teuer (Verbraucherzentrale, 2021b).

3. Methoden

Um die in Kapitel 1 aufgestellte Forschungsfrage zu beantworten, wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Für diese Literaturrecherche wurde sich an dem Format des Scoping Review orientiert. Dieses dient dazu, einen Überblick über den aktuellen Stand der Wissenschaft zu geben und ist besonders geeignet für Themen wie die Entomophagie, die noch relativ neu sind. Dabei werden auch inhaltliche Grenzen und Wissenslücken aufgezeigt. Die Qualität der betrachteten Studien spielt eine untergeordnete Rolle, da hier Einschränkungen den Überblick über das vorhandene Wissen schmälern würden. Scoping Reviews können auch bei der praktischen Umsetzung erarbeiteter Thematiken unterstützen und so als zukünftige Orientierungshilfe dienen. Ziel ist, die Evidenz eines Themas zu ermitteln und darzustellen (von Elm, Schreiber & Haupt, 2019, S. 2).

Die Recherche wurde im Oktober und November 2022 durchgeführt. Für die Durchführung der systematischen Literaturrecherche wurden zu Beginn einige Suchbegriffe festgelegt, die sich nach den in Kapitel 1 dargestellten relevanten Kriterien richten. Folgende Suchbegriffe wurden verwendet:

- a) edible insects
- b) insect consumption
- c) entomophagy
- d) insect products
- e) acceptance
- f) Germany
- g) benefits
- h) risks

Anhand der Suchbegriffe wurden zwei englischsprachige Datenbanken für die Literaturrecherche genutzt. Die Datenbank „Livivo“ wird vom Informationszentrum Lebenswissenschaften ZB Med geführt und bietet wissenschaftliche Informationen und Literatur zu den Themen Medizin, Gesundheit, Ernährung, Umwelt und Agrarwirtschaft. Die Datenbank „PubMed“ wird von dem National Center for Biotechnology Information (NCBI) und der U.S. National Library of Medicine (NLM) geführt und stellt Publikationen im Bereich der Medizin und Gesundheitswissenschaften zur Verfügung. Da auf das Inkrafttreten der Novel-Food-Verordnung viele Veränderungen im Bereich der Entomophagie folgten, wurden für die Recherche Ergebnisse ab dem Jahr 2018 oder später bevorzugt. Ausnahmen bildeten zwei ältere Publikationen, die in der ermittelten Literatur häufig erwähnt und zitiert wurden und als Grundwissen betrachtet werden können. Diese wurden mit in die Bachelorarbeit aufgenommen. Für einen Vergleich in Kapitel 4.2.5 wurde nachträglich eine Studie von

Ooninx & de Boer aus dem Jahr 2012 betrachtet, da keine neueren Studien zu diesem Thema vorliegen. Auf potentiell relevante Studien, die über Referenzlisten relevanter Artikel gefunden wurden, war kein Zugriff möglich.

Im Folgenden wird die Literaturrecherche bei den beiden Datenbanken dargestellt, wobei das Ergebnisscreening in einer Kurzfassung erfolgt. Eine ausführliche Übersicht des Ergebnisscreenings findet sich unter Anhang 1 und 2.

3.1 Recherche bei Livivo

Für die Suchstrategie bei der Datenbank Livivo wurde die Freitextsuche gewählt, damit keine relevanten Ergebnisse ausgeschlossen werden. Mehrere Suchstrings wurden dabei durchgeführt. Diese lassen sich in insgesamt vier Kategorien einteilen. Zum einen wurde die Kategorie „Insekten als Nahrungsmittel“ mit den Suchbegriffen „edible insects“, „insect consumption“, „entomophagy“ und „insect products“ gewählt. Diese Suchbegriffe wurden mithilfe des Booleschen Operators OR nach einem Oder-Prinzip angeordnet. Diese erste Kategorie wurde mit der zweiten Kategorie „Akzeptanz“ verbunden, zu der die Suchbegriffe „acceptance“ und „Germany“ zählen. Da der Fokus dieser Bachelorarbeit auf der Akzeptanz in Deutschland liegt, wurden die beiden Suchbegriffe der Kategorie „Akzeptanz“ mit dem Booleschen Operator AND verbunden. Die dritte Kategorie „Potentiale“ wurde mit dem Suchbegriff „benefits“ dargestellt, die vierte Kategorie „Probleme“ mit dem Suchbegriff „risks“. Der Boolesche Operator AND hat die Kategorien miteinander verbunden, wobei die erste Kategorie jeweils mit der zweiten, dritten und vierten kombiniert wurde. Da die Suchbegriffe der ersten Kategorie jeweils aus mehr als einem Wort bestanden, wurde zusätzlich eine Phrasensuche für diese Suchbegriffe angewendet, indem die Suchbegriffe in Anführungszeichen gesetzt wurden. Dadurch ergaben sich folgende Suchstrings und entsprechende Trefferzahlen:

1. (“edible insects” OR “insect consumption” OR entomophagy OR “insect products”) AND acceptance AND Germany → 8 Treffer
2. (“edible insects” OR “insect consumption” OR entomophagy OR “insect products”) AND benefits → 220 Treffer
3. (“edible insects” OR “insect consumption” OR entomophagy OR “insect products”) AND risks → 202 Treffer

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse und der Selektion bei der Recherche in Livivo ist in Anhang 1 ersichtlich.

3.2 Recherche bei PubMed

Die Recherche bei PubMed wurde ebenfalls mithilfe der Freitextsuche und denselben Suchstrings wie bei Livivo durchgeführt. Folgende Trefferzahlen wurden durch die Suchstrings bei PubMed ermittelt:

1. (“edible insects” OR “insect consumption” OR entomophagy OR “insect products”) AND acceptance AND Germany → 8 Treffer
2. (“edible insects” OR “insect consumption” OR entomophagy OR “insect products”) AND benefits → 76 Treffer
3. (“edible insects” OR “insect consumption” OR entomophagy OR “insect products”) AND risks → 93 Treffer

Auch hier findet sich eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse und der Selektion der Recherche in PubMed in Anhang 2.

3.3 Selektion und Analyse der Ergebnisse

Je nach Datenbank ergab sich mithilfe der Suchstrings eine Trefferanzahl von 8 bis 220. Bei der Recherche wurden insgesamt 607 Treffer erzielt. Infolge der zeitlichen Begrenzung auf Ergebnisse ab 2018 verringerte sich die Trefferanzahl auf 590, wobei die Reichweite zwischen 6 und 218 je Suchstring variierte. Drei Publikationen wurden im Nachgang wieder mit in die Arbeit aufgenommen, da sie in der Literatur oft erwähnt wurden und allgemeingültige Informationen enthielten. Bei den höheren Trefferzahlen in vier der sechs Suchvorgänge wurden die Sichtung auf die jeweils ersten 50 Suchergebnisse begrenzt, wobei nach abnehmender Relevanz durch die Suchmaschine sortiert wurde. Weitere Eingrenzungen der Suchergebnisse wurden nicht vorgenommen. Fünf Publikationen konnten ausgeschlossen werden, da sie bereits durch einen anderen Suchstring gesichtet wurden. Außerdem war trotz der Verwendung des hochschuleigenen Netzwerkes der HAW Hamburg sowie des Netzwerkes der Universität Hamburg der Zugriff auf insgesamt zwölf potentiell relevante Publikationen nicht möglich. Dadurch wurden insgesamt 170 Publikationen gesichtet und auf ihre Relevanz für die vorliegende Arbeit hin untersucht. Dabei wurden folgende Einschlusskriterien anhand der zu untersuchenden Thematik und der vorliegenden Literatur definiert:

1. Publikationen, bei denen die Akzeptanz in Deutschland untersucht wurde
2. Publikationen über Potentiale und Probleme von Speiseinsekten in der allgemeinen menschlichen Ernährung
3. Publikationen mit einem allgemeinen Überblick der Speiseinsekten über die Gesundheit, Umwelt, Nachhaltigkeit, Wirtschaft

Ausschlusskriterien waren dementsprechend:

1. Publikationen, bei denen die Akzeptanz in anderen Ländern als Deutschland untersucht wurde
2. Publikationen, in denen Insekten als Tierfutter untersucht wurden oder nur für bestimmte Personengruppen betrachtet wurden (z. B. Schwangere)
3. Publikationen zu einzelnen Insektenarten, einzelnen Nährstoffen oder bestimmten Krankheiten (z. B. COVID-19)

Anhand dieser Ein- und Ausschlusskriterien wurden die Treffer der Suchvorgänge zunächst anhand ihrer Titel selektiert. Sobald der Titel der Publikation nicht den vorliegenden Kriterien entsprach, wurde diese als nicht relevant für Beantwortung der Forschungsfrage betrachtet und folglich aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Durch diese Selektion wurden 147 Treffer aussortiert. Im Anschluss erfolgte die Sichtung der Abstracts, um einen Überblick über die vorliegende Forschungsarbeit zu erhalten. Mithilfe der Ein- und Ausschlusskriterien wurden so weitere drei Treffer ausgeschlossen. Nach der Sichtung der Volltexte erwies sich eine weitere Publikation als nicht relevant für die vorliegende Arbeit. Folglich wurden 151 irrelevante Suchergebnisse anhand der festgelegten Kriterien für die weitere Verwendung in dieser Arbeit ausgeschlossen. Des Weiteren lagen insgesamt vier Doppelungen bei den Publikationen innerhalb der beiden Datenbanken vor. Final wurden somit 15 Publikationen für die Beantwortung der Forschungsfrage verwendet.

Zusätzlich wurden zwölf Publikationen aus der unsystematischen Literaturrecherche des Hintergrundes bei der Beantwortung der Forschungsfrage einbezogen, da sie zusätzliche allgemeingültige und relevante Aspekte aufzeigen. Dazu zählen Veröffentlichungen des BfR, des Umweltbundesamts, der Verbraucherzentralen, der FAO, dem BzfE und der Heinrich-Böll-Stiftung. Die unsystematische Literaturrecherche für den Hintergrund wurde vor der systematischen Literaturrecherche im Oktober 2022 durchgeführt. Dabei wurden gezielt bekannte Institutionen aus Studium und Praktikum auf relevante Informationen untersucht. Dabei zählten die Verbraucherzentralen, das BfR und das BzfE als erste reliable Quellen. Querverweise auf weitere Publikationen und Institutionen führten schnell zu einem guten

Überblick über die Entomophagie. Anhand dieser Grundlage wurde zunächst die Gliederung, danach der Hintergrund (Kapitel 2) sowie erste Teile der Ergebnisse verfasst (Kapitel 4).

4. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche dargestellt. Dabei wird zunächst auf die Potentiale der Entomophagie eingegangen. Im Anschluss daran folgt eine Übersicht der Probleme.

4.1 Potentiale

4.1.1 Akzeptanz in der Bevölkerung Deutschlands

Als Futtermittel werden Insekten bereits von vielen Menschen akzeptiert. Als Lebensmittel sind Insekten in Deutschland jedoch noch nicht so beliebt (BfR, 2016). Laut einer telefonischen Umfrage des BfR im April 2016 mit 1000 Befragten kennen bereits 72 % der Befragten Insekten als Lebensmittel und 60 % als Futtermittel (BfR, o. J., S. 6). Etwa 14 % aller Befragten haben Insekten bereits einmal verzehrt, vor allem im Ausland (BfR, o. J., S. 7). In einer Online-Umfrage im Jahr 2018 mit 800 Personen wurde herausgestellt, dass fast 70 % der Befragten den Verzehr von Insekten nicht grundsätzlich ablehnen. Ein Viertel der Befragten kann sich vorstellen, Insekten regelmäßig zu konsumieren und knapp die Hälfte würden Insekten probieren wollen. 47 % können sich eine zukünftige Präsenz von Insekten in Supermärkten, Restaurants und Kantinen in Deutschland vorstellen (Böhme & Adam, 2020, S. 70).

Generell erwartet ein Großteil der deutschen Bevölkerung laut Verbraucherbefragung des BfR keine gesundheitlichen Risiken durch den Verzehr von Speiseinsekten (BfR, 2016). Die Akzeptanz der Entomophagie wird sogar häufig durch wahrgenommene gesundheitliche Vorteile positiv beeinflusst (Kröger et al., 2022, S. 16; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 193). Als vorteilhaft wird vor allem der hohe Eiweißgehalt gesehen. Die Befragten nannten außerdem die Vielzahl an Vitaminen und Nährstoffen sowie das Potential als zusätzliche Nahrungsquelle für die Weltbevölkerung als Vorteile der Speiseinsekten. Außerdem schätzen sie den Aufwand für die Züchtung als gering ein (BfR, 2016). Auch die wahrgenommene geringe Umweltbelastung, die mit Insekten als Lebensmittel verbunden ist, hat einen positiven Effekt auf die Verbraucherakzeptanz (Kröger et al., 2022, S. 16; Orsi, Voegelé & Stranieri, 2019, S. 5; Verbraucherzentrale, 2020). Des Weiteren wird der Verzehr von Insekten als eine Möglichkeit zur Reduktion des Fleischkonsums gesehen (Verbraucherzentrale, 2020).

In verschiedenen Studien wurden soziodemografische Faktoren untersucht, die die Akzeptanz von Insekten als Nahrungsmittel beeinflussen. Insgesamt zeigte sich nur bei der Variable

Geschlecht ein eindeutiger Einfluss. Aus einer Vielzahl von Studien wird deutlich, dass Männer eher dazu bereit sind, Insekten zu verzehren, als Frauen (Kröger et al., 2022, S. 5-6; Ullmann, 2020, S. 53). Eine zwischen Dezember 2018 und Januar 2019 durchgeführte Online-Umfrage mit 402 Personen (Orsi et al., 2019, S. 7) zeigte, dass vor allem junge Männer Insekten als Nahrung akzeptieren. Der Bildungsgrad hatte hingegen keine Auswirkungen auf die Akzeptanz (Orsi et al., 2019, S. 13). Auch die Studie des BfR zeigt, dass junge Männer zwischen 18 und 30 Jahren Insekten als Lebensmittel am häufigsten akzeptieren (BfR, 2016).

Auch die Vertrautheit mit der Entomophagie hat einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz von Insekten als Nahrung. So zeigten mehrere Interventionsstudien, dass das Probieren insektenhaltiger Lebensmittel die Vertrautheit mit und die Akzeptanz des Verzehrs von Insekten erhöhte (Kröger et al., 2022, S. 9). Wenn Insekten bereits konsumiert wurden, ist auch die Akzeptanz des Verzehrs höher (Kröger et al., 2022, S. 12). Positive Geschmackserlebnisse erhöhen die generelle und zukünftige Essbereitschaft von Insekten (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48).

In einer Online-Studie von 2018 mit 518 Befragten wurde die Akzeptanz von verarbeiteten und unverarbeiteten Speiseinsekten untersucht (Ullmann, 2020, S. 22). Dabei stellte sich heraus, dass die Suche nach neuen und intensiven Erfahrungen (Sensation Seeking) einen positiven Effekt auf die Akzeptanz von Insekten als Nahrungsmittel hat. Vermutlich werden Speiseinsekten als etwas Innovatives und Besonderes wahrgenommen und deren Verzehr als ein außergewöhnliches Erlebnis (Ullmann, 2020, S. 61-66; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 193). Außerdem wurde deutlich, dass verarbeitete Insekten gegenüber den unverarbeiteten von den Befragten bevorzugt werden. Dies könnte daran liegen, dass verarbeitete Insekten meist in bereits bekannten Lebensmitteln wie beispielsweise Burgern verwendet werden und dadurch das Produkt nicht mehr sonderlich unvertraut erscheint (Ullmann, 2020, S. 84).

Die Aufmachung der Insektenprodukte spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei deren Akzeptanz. So werden Produkte bevorzugt, auf denen keine Insekten oder Teile von ihnen abgebildet waren (Kröger et al., 2022, S. 14). Darüber hinaus wirkt sich auch die Menge des Insektenanteils in einem Produkt auf den Verzehr aus. Bei Verkostungen wurden Produkte mit einem geringeren Anteil an Insekten bevorzugt (Kröger et al., 2022, S. 14-15). Neben dem Geschmack ist auch das Aussehen ein wichtiger Faktor für den regelmäßigen Verzehr von Lebensmitteln (van Huis, 2022, S. 169).

Oftmals werden Insekten eher als Produkt, Rohstoff oder Lebensmittel wahrgenommen statt als Tier. Deswegen wird der Verzehr von Insekten auch zum Teil von sich vegetarisch ernährenden Menschen akzeptiert. Speiseinsekten werden von ihnen nicht als unmoralische Nahrungsquelle wie Fleisch betrachtet. Veganer hingegen halten die Entomophagie eher für unmoralisch (Böhme & Adam, 2020, S. 70; Delvendahl et al., 2022, S. 9; Kröger et al., 2022, S. 12).

4.1.2 Ernährungsphysiologie

Insekten gelten als ernährungsphysiologisch wertvoll und enthalten unter anderem viele Proteine, Vitamine und Nährstoffe. Deshalb werden sie für die zukünftige Ernährung der Weltbevölkerung als besonders relevant angesehen (BfR, 2016). Die Nährwerte der Insekten unterscheiden sich sehr und hängen von verschiedenen Faktoren ab:

- a) Futtermittel, Erntezeitpunkt / Alter, Geschlecht (biotische Faktoren)
- b) Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichtverhältnisse (abiotische Faktoren)
- c) Verarbeitung und Konservierung (FAO, 2013, S. 1; van Huis et al., 2021, S. 554)

Im Vergleich zu herkömmlichem Fleisch sind Insekten sogar teilweise nahrhafter (Umweltbundesamt, 2019, S. 36). Vor allem nimmt die Ernährung einen großen Einfluss auf die Nährwerte eines Insekts. Besonders geeignet sind Futtermittel wie Obst und Gemüse oder Reste von Teigwaren wie beispielsweise Brot. Durch die richtige Wahl an Futtermitteln lässt sich die Nährwertzusammensetzung positiv beeinflussen (Schlüter et al., 2016, S. 5; van Huis et al., 2021, S. 555). Für die Entwicklung der Insekten spielt die Temperatur eine große Rolle. Diese wirkt sich aber auch auf die Nährwerte aus. So gehen höhere Temperaturen mit einem niedrigeren Fettsäuregehalt einher (van Huis et al., 2021, S. 555). Da bei gefriergetrockneten Insekten das Wasser entzogen wurde, sind ihre Anteile an Fetten, Kohlenhydraten und Proteinen deutlich höher. Bei tiefgefrorenen Insekten können die Anteile hingegen deutlich niedriger sein (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021).

4.1.2.1 Proteine

Der Hauptbestandteil bei der Nährstoffzusammensetzung von Insekten sind die Proteine (van Huis et al., 2021, S. 556). Viele Speiseinsekten enthalten einen hohen Anteil an Proteinen. Im Durchschnitt liegt der Proteingehalt zwischen 35 und 77 %, bezogen auf die Trockenmasse (Acosta-Estrada et al., 2021, S 8; BfR, 2016; BzFE, 2021). Beim Frischgewicht schwankt der Proteingehalt zwischen 10 und 25 % (Schlüter et al., 2016, S. 5). In Tabelle 1 sind die Proteingehalte einiger Insektenarten dargestellt. Im Vergleich mit der Empfehlung der DGE wird deutlich, dass bereits 100 g Insekten den täglichen Proteinbedarf eines Erwachsenen decken können.

Tabelle 1: Proteingehalte einiger Insektenarten je 100 g Trockengewicht im Vergleich zur täglichen Empfehlung der DGE für Erwachsene in g, Quelle: eigene Darstellung nach Böhme & Adam, 2020, S. 68 & DGE, 2017

	Heuschrecken (<i>Schistocerca gregaria</i>)	Grillen (<i>Grylloides sigillatus</i>)	Mehlwürmer (<i>Tenebrio molitor</i>)	Empfehlung der DGE für Erwachsene (g/d)
Protein (%)	76	70	52,4	57-67

Die Wahl des Futtermittels nimmt einen großen Einfluss auf den Proteingehalt. So enthalten mit Weizenkleie gefütterte Heuschrecken beispielsweise einen doppelt so hohen Proteingehalt wie mit Mais gefütterte. Insekten enthalten mehr Protein als pflanzliche Nahrungsmittel wie Nüsse, Hülsenfrüchte oder Getreide (Heinrich-Böll-Stiftung, 2019, S. 44). Der menschliche Körper kann Insektenproteine in etwa so gut verwerten wie Pflanzenproteine (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 5).

Möglich ist auch eine Extraktion der Proteine aus Insekten. Bislang wird dies jedoch nicht durchgeführt, da es sich wirtschaftlich noch nicht rentiert. Weitere Forschung ist notwendig, um zu ermitteln, welche Methoden sich zur Extraktion eignen und wie diese an die verschiedenen Insektenarten angepasst werden müssen (Schlüter et al., 2016, S. 5; Umweltbundesamt, 2019, S. 42).

4.1.2.2 Lipide, Fettsäuren und Energie

Nach Proteinen enthalten Insekten als zweitgrößten Bestandteil Lipide. Der durchschnittliche Fettgehalt von Speiseinsekten liegt zwischen 13 und 33 %, bezogen auf die Trockenmasse (BfR, 2016; BzFE, 2021). Jedoch sind auch höhere Fettgehalte von bis zu 77 % möglich (van

Huis et al., 2021, S. 557). In Tabelle 2 sind die Lipidgehalte einiger Insektenarten dargestellt. Lipide befinden sich im Fettkörper, der den Insektendarm umgibt und als das zentrale Energiereservoir ein wichtiger Ort des Stoffwechsels bei Insekten ist (Schlüter et al., 2016, S. 5). Insektenlipide enthalten fettlösliche Nährstoffe sowie bioaktive Moleküle, die bei Erkrankungen wie koronarer Herzkrankheit, Krebs und Entzündungen helfen können (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 10). Auch hier ist eine Extraktion der Lipide aus Insekten möglich, bedarf jedoch weiterer Forschung, bevor sie als gängige Methode durchgeführt werden kann. Vermutlich ist dafür eine Anpassung an Insektenart und deren Entwicklungsstadium notwendig (Schlüter et al., 2016, S. 6).

Insekten enthalten teils hohe Gehalte an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Verbraucherzentrale, 2022). Zum Teil sind diese ähnlich hoch wie bei einigen Fischarten (BzFE, 2021). Diese essenziellen Fettsäuren wirken sich positiv auf die Gesundheit eines Menschen aus. Zum Beispiel sorgen sie für eine Resistenz gegen Pilzinfektionen (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 9). Das Fettsäurespektrum hängt teilweise stark von der Fettsäurezusammensetzung des Insektenfutters ab. So wurde gezeigt, dass die Fettsäurespektren durch Futter selektiv verstärkt werden können (van Huis et al., 2021, S. 557).

Der Energiewert von Insekten, bezogen auf die Frischmasse, ist mit dem von Fleisch vergleichbar (BfR, 2016; BzFE, 2021). Je nach Insektenart enthalten sie zwischen 100 und 500 kcal pro 100 g (Heinrich-Böll-Stiftung, 2019, S. 44; Verbraucherzentrale, 2020, S. 7). Die Energiegehalte ausgewählter Insektenarten werden in Tabelle 2 abgebildet.

Tabelle 2: Lipid- und Energiegehalte einiger Insektenarten je 100 g Trockengewicht, Quelle: eigene Darstellung nach Böhme & Adam, 2020, S. 68

	Heuschrecken (<i>Schistocerca gregaria</i>)	Grillen (<i>Grylloides sigillatus</i>)	Mehlwürmer (<i>Tenebrio molitor</i>)
Lipide (%)	13	18,2	24,7
Energie (kcal/100g)	432	452	444

4.1.2.3 Mikronährstoffe

Neben Proteinen und Lipiden enthalten Insekten viele wichtige Nährstoffe. Dazu zählen zum einen Mikronährstoffe wie Phosphor, Kupfer, Eisen, Calcium, Magnesium, Mangan, Selen und Zink (BzfE, 2021; Imathiu, 2020, S. 3; Umweltbundesamt, 2019, S. 36; van Huis et al., 2021, S. 557-558). Diverse Mikronährstoffgehalte einiger Insektenarten sind in Tabelle 3 dargestellt. Beim Vergleich mit den Empfehlungen der DGE wird hier deutlich, dass oftmals eine geringe Menge von Speiseinsekten zur Deckung des täglichen Bedarfs eines Erwachsenen ausreicht.

Tabelle 3: Mikronährstoffgehalte einiger Insektenarten in mg/100 g Trockengewicht im Vergleich zu den Empfehlungen der DGE in mg/d, Quelle: eigene Darstellung nach Böhme & Adam, 2020, S. 68 & DGE, o.J.

	Heuschrecken (<i>Schistocerca gregaria</i>)	Grillen (<i>Gryllodes sigillatus</i>)	Mehlwürmer (<i>Tenebrio molitor</i>)	Empfehlung der DGE für Erwachsene (mg/d)
Eisen	8,4	4,2	3,3	15 (Frauen) 10 (Männer)
Calcium	70	130	41	1000 (Frauen & Männer)
Zink	18,6	13,9	11,2	7 (Frauen) 11 (Männer)
Magnesium	82	101	304	300 (Frauen) 350 (Männer)

Zum anderen enthalten Insekten Vitamine wie Riboflavin, Pantothenensäure und Biotin (BzfE, 2021; Imathiu, 2020, S. 3; Umweltbundesamt, 2019, S. 36; van Huis et al., S. 557-558). Einige Heuschrecken- und Käferarten sind außerdem reich an Folsäure (BzfE, 2021; Imathiu, 2020, S. 3). Zudem weisen Insekten einen recht niedrigen Natriumgehalt auf, sodass sie sich gut für eine natriumarme Ernährung für Personen mit hoher Natriumempfindlichkeit eignen (Imathiu, 2020, S. 3).

Obwohl andere Arten von Vitaminen in relativ geringen Mengen vorkommen, wird angenommen, dass die Vitaminkonzentration in essbaren Insekten durch die Wahl des Futters beeinflusst oder kontrolliert werden kann (Imathiu, 2020, S. 3).

4.1.2.4 Ballaststoffe

Speiseinsekten können einen hohen Anteil von Chitin enthalten. Dieser macht mindestens 10 % der gesamten Trockenmasse aus und ist ein Teil des Außenskeletts. Chitin ist ein unlöslicher Ballaststoff, der vermutlich größtenteils unverändert vom menschlichen Körper ausgeschieden wird (BzfE, 2021; Imathiu, 2020, S. 3). Ballaststoffe bieten eine Vielzahl gesundheitlicher Vorteile. Eine hohe Aufnahme senkt das Risiko von koronarer Herzkrankheit, Bluthochdruck, Schlaganfall, Fettleibigkeit, Diabetes, Darmkrebs und Magen-Darm-Erkrankungen. Chitin hat zudem immunstärkende Eigenschaften sowie antimikrobielle und entzündungshemmende Wirkungen (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 10; Stull, 2021, S. 705). Durch die Förderung der Vermehrung natürlich vorkommender Mikrobiota im Darm trägt Chitin außerdem als Präbiotikum indirekt dazu bei, das Auftreten von mikrobiellen Lebensmittelvergiftungen und Verdauungsschwierigkeiten zu verhindern (Imathiu, 2020, S. 3). Insekten enthalten auch größere Mengen an Glykogen. Glykogen wird in den Zellen des Fettkörpers und in den Muskeln gespeichert und dient vor allem der Muskelversorgung und als Energiespeicher (Schlüter et al., 2016, S. 6).

4.1.2.5 Bioaktive Stoffe

Zusätzlich zu den bereits erwähnten ernährungsphysiologischen Vorteilen weisen Insekten durch bioaktive Stoffe zahlreiche gesundheitliche Vorteile auf (van Huis et al., 2021, S. 560). Bioaktive Verbindungen sind Stoffe, die sich auf die physiologischen oder zellulären Aktivitäten des Menschen auswirken, der sie verzehrt. Die Bioaktivität der Verbindungen kann unter anderem eine antioxidative, kardioprotektive, antimikrobielle, antimykotische, entzündungshemmende und antitumorale Wirkung haben. Antioxidantien können die Oxidation in Lebensmitteln verlangsamen und das Risiko chronischer Krankheiten senken (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 6). Außerdem kann der bioaktive Stoff Angiotensin-Converting-Enzym (ACE) in Insekten enthalten sein, der zur Behandlung von Bluthochdruck genutzt wird und positive Effekte auf Fettstoffwechselstörungen und Fettabbau bei Menschen haben kann (van Huis, 2022, S. 166).

4.1.2.6 Enzyme

Da sich Insekten an diverse Lebensräume und Futtermittel angepasst haben, wird eine Vielzahl von Verdauungsenzymen vom Insekt selbst oder von Bestandteilen der

Darmmikrobiota produziert. Die genomische Analyse von Insekten und die metagenomische Analyse der Insektenmikrobiota ermöglichten die Identifizierung von Genen, die für die Entstehung von Enzymen verantwortlich sind. Diese Enzyme könnten in der Lebensmitteltechnologie verwendet werden, aber bisher wurde noch nicht über industrielle Anwendungen von Insektenenzymen berichtet. Die Komplexität der Insekten könnte es schwierig machen, ausreichend reine Enzymfraktionen zu gewinnen. Für ihren Einsatz in der Lebensmittelproduktion muss zunächst geklärt werden, ob sich die Verarbeitungsschritte bei der Isolierung und Reinigung von Insektenenzymen, von denen für herkömmliche Quellen unterscheiden. Außerdem sollten Methoden zur Extraktion von Enzymen aus Insekten eine vollständige Dekontamination des Produkts gewährleisten. Des Weiteren muss noch geklärt werden, ob mögliche antinutritive Eigenschaften bestimmter Insektenenzyme bei der Verwendung in der Lebensmittelproduktion ein Risiko darstellen (Schlüter et al., 2016, S. 5).

4.1.3 Umwelt und Nachhaltigkeit

Die Entomophagie bietet eine Vielzahl von Vorteilen für die Umwelt und Nachhaltigkeit. Damit diese beurteilt werden können, müssen einige Rahmenbedingungen definiert und fokussiert werden. Dazu zählt die Insektenart, die verwendeten Futtermittel und der Produktionsort. Als Insektenfutter kann beispielsweise Hühnerfutter wie Getreide, Fischmehl und Sojamehl, aber auch Abfall dienen. Beim Produktionsort kann sowohl das dort vorherrschende Klima oder seine Distanz zur Natur betrachtet werden (Umweltbundesamt, 2019, S. 72).

4.1.3.1 Haltung

Im Allgemeinen haben Insekten wenige Ansprüche an Platz oder Umgebung. Dadurch wird eine artgerechte Haltung stark erleichtert. Auch ist ihr Lebenszyklus recht kurz, bei Larven liegt dieser beispielsweise zwischen vier und fünf Wochen. Insekten vermehren sich in einer kurzen Zeitspanne und brauchen dabei wenig Platz, da sie sich auch in der Natur teilweise dicht zusammendrängen (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021).

Zum Landverbrauch der Insektenproduktion liegen bislang nur wenige Erkenntnisse vor. Wie in Abbildung 3 dargestellt, benötigen Insekten etwa 20 m² Landfläche, um ein Kilogramm Protein zu produzieren, während Hühner für die gleiche Menge 40 bis 55 m², Schweine 45 bis 70 m² und Rinder 145 bis 250 m² Landfläche brauchen (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11; van Huis, 2022, S. 165).

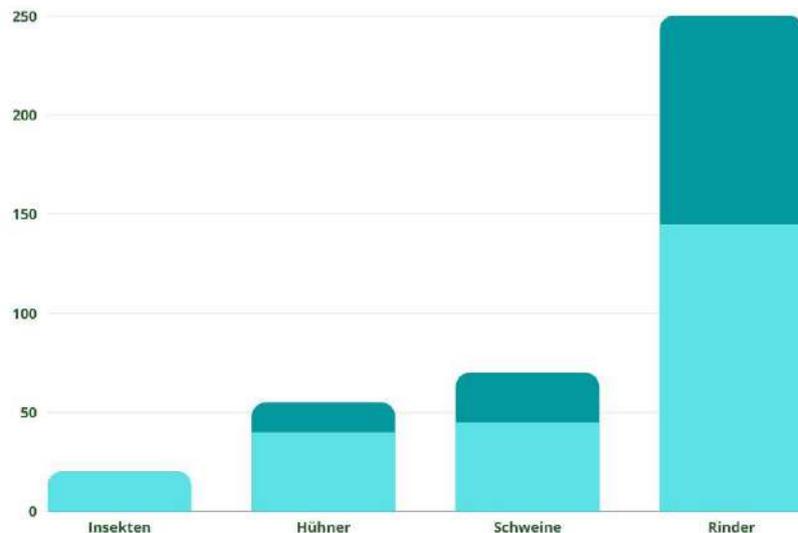


Abbildung 3: Vergleich Landverbrauch in m² für 1 kg Protein zwischen Insekten und konventionellen Nutztieren, Quelle: eigene Darstellung nach Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11 & van Huis, 2022, S. 165

Ein Großteil des Flächenbedarfs der Insektenproduktion steht in einem engen Zusammenhang mit der Futtermittelproduktion. Oonincx & de Boer (2012, S. 3) ermittelten in ihrer Studie aus dem Jahre 2012, dass für die Produktion von Mehlwürmern nur 0,2 % des insgesamt verfügbaren Landes genutzt wurden, während die für diesen Betrieb verwendeten Futtermittel mit 99 % der Landnutzung verbunden waren. Deshalb ist eine effiziente Futtermittelverwertung von Insekten bei der Betrachtung des Flächenbedarfs ein wichtiger Aspekt. Zur Futtermittelproduktion für Insekten wird insgesamt weniger Fläche benötigt als für die konventionelle Futtermittelproduktion. So werden für die Futtermittelproduktion von 100 g verzehrfähiger Insekten beispielsweise rund 0,15 m² Land benötigt, für die gleiche Menge verzehrfähigen Hühnerfleischs hingegen zwischen 0,385 und 0,389 m² (Oonincx & de Boer, 2012, S. 3). Da die Verfügbarkeit von Land einen wichtigen Faktor für die Ernährungssicherheit der Weltbevölkerung darstellt, kann die Produktion von Speiseinsekten eine nachhaltige Alternative zur herkömmlichen Fleischproduktion sein (FAO, 2013, S. 1; Umweltbundesamt, 2019, S. 79).

Außerdem geht die Aufzucht und der Verzehr von Insekten mit einem deutlich reduzierten Einsatz von Pestiziden einher. Dadurch lassen sich die negativen Auswirkungen auf die Umwelt und das wahrscheinliche Vorhandensein von Pestizidrückständen in Lebensmitteln verringern. Zudem kann der direkte Verzehr von Insekten, die als Schädlinge der Landwirtschaft schaden, auch dazu beitragen, den Einsatz von Pestiziden in der

Landwirtschaft zu reduzieren, indem das Potential von Pestizidrückständen in pflanzlichen Lebensmitteln und die Umweltverschmutzung durch Chemikalien erheblich verringert werden. So konnten zum Beispiel Heuschrecken im Jahr 1978 in Thailand erfolgreich bekämpft werden (Imathiu, 2020, S. 4).

Da Insekten wechselwarm (poikilotherm) sind, benötigen sie im Unterschied zu gleichwarmen (homoiotherme) Nutztieren in bestimmten Zuchtregionen keine zusätzliche Wärmezufuhr, damit sie ihre Körpertemperatur aufrechterhalten können. So können sie stattdessen ihre gesamte Energie für das Wachstum einsetzen (BfR, 2016; Umweltbundesamt, 2019, S. 73). Auch wenn der Energieaufwand bei der Zucht von Insekten recht hoch ist, ist er immer noch deutlich niedriger als bei der Rinderhaltung (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021).

4.1.3.2 Futter

Im Vergleich zu konventionellen Nutztieren können Insekten ihr Futter deutlich effizienter in wertvolle Nährstoffe umwandeln (BfR, 2016; Umweltbundesamt, 2019, S. 73). Während Hühner knapp 5 kg, Schweine etwa 9 kg und Rinder etwa 25 kg Futter benötigen, um 1 kg Gewicht aufzubauen, reichen Insekten dafür durchschnittlich 2 kg Futter aus (Umweltbundesamt, 2019, S. 74).

Insekten können auf organischen Abfallströmen wie beispielsweise Lebensmittelabfällen, Nebenprodukte oder tierischen Abfällen gezüchtet werden und diese dadurch zersetzen (FAO, 2013, S. 1; van Huis, 2022, S. 166). Weltweit wird etwa ein Drittel aller Lebensmittel weggeworfen, das entspricht rund 1,3 Milliarden t pro Jahr. Somit kann die Zucht von Speiseinsekten eine effektive Lösung für das Management von Lebensmittelabfällen sein (Lumanlan et al., 2022, S. 6318; Umweltbundesamt, 2019, S. 39). Außerdem können durch die Verwendung organischer Abfälle als Futtermittel Kosten für herkömmliches Futter in der Insektenproduktion gespart werden. Manche Insektenarten eignen sich besonders gut für die Zucht auf organischen Abfällen, beispielsweise die Larven der Soldatenfliege (*Hermetia illucens*). Die genutzten organischen Abfälle und Nebenprodukte sind sehr von der Insektenart abhängig. Während Heimchen (*Acheta domesticus*) auf getrockneten organischen Abfällen von Obst und Gemüse sowie getrockneten Nebenprodukten des Bierbrauens nur sehr schlecht wachsen, entwickeln sich Mehlwürmer besonders gut auf diesen Materialien. Je nach Art muss also auf die verwendeten Futtermittel geachtet werden, sodass es hier noch weiterer Forschung bedarf (Umweltbundesamt, 2019, S. 39).

4.1.3.3 Treibhausgase

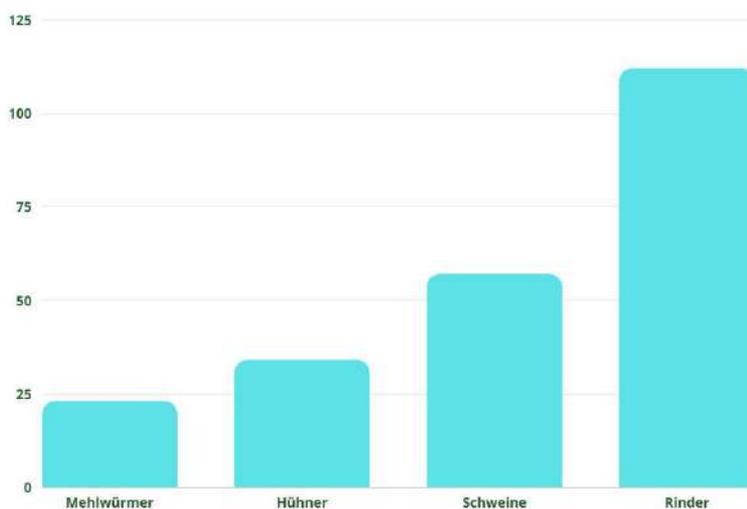
Die konventionelle Viehzucht ist einer der Sektoren, die am meisten zum Klimawandel beitragen. Besonders die Treibhausgase Methan (CH_4), Kohlendioxid (CO_2) und Lachgas (N_2O) führen zu einem Temperaturanstieg und damit zu Veränderungen im Ökosystem. Eine weitere Ursache des Klimawandels ist die landwirtschaftliche Produktion, da sie natürliche Ökosysteme in allen Ländern der Erde verdrängt und für einen großen Ausstoß von Treibhausgasen sorgt (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 2). Die Produktion von Rindern ist für 78 % der entstehenden Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die hauptsächlich erzeugten Gase sind Methan (43 %), Lachgas (29 %) und Kohlendioxid (27 %), die durch Fermentation, Gülle, Landnutzungsänderungen und fossile Brennstoffe entstehen (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 10). Durch Atmung, Stoffwechsel und Fäkalien der Insekten werden ebenfalls Treibhausgase freigesetzt. Diese Emissionen setzen sich aus Kohlendioxid, Lachgas, Ammoniak und Methan zusammen. Jedoch geben Insekten deutlich weniger Treibhausgase ab als konventionelle Nutztiere (FAO, 2013, S. 1; Fiebelkorn, 2017, S. 107; Umweltbundesamt, 2019, S. 74; Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). So bilden Mehlwürmer, Heuschrecken und Grillen bei einem Kilogramm Massezuwachs bis zu 100-mal weniger Treibhausgase als Rinder und Schweine. Begründen lässt sich dies einerseits durch die bessere Futtermittelverwertung der Insekten, andererseits durch die geringe bis fehlende Bildung von Methan. Während Methan als hoch klimarelevantes Gas in großen Mengen bei der Verdauung von konventionellen Nutztieren anfällt, bilden sich nur kleine Mengen an Methan bei der Zucht von Termiten, Blatthornkäfern oder Kakerlaken (Fiebelkorn, 2017, S. 107; Umweltbundesamt, 2019, S. 74). Bei konventionellen Nutztieren entsteht Ammoniak vor allem aus der Gülle und sorgt häufig für eine Versauerung und Überdüngung des Bodens mit Stickstoff. 64 % der weltweiten Ammoniak-Emissionen sind auf die konventionelle Landwirtschaft zurückzuführen. Insekten bilden deutlich weniger Ammoniak (Fiebelkorn, 2017, S. 107). Bei ihnen liegt die abgegebene Menge Ammoniak bei 1 mg pro Tag je Kilogramm Körpergewicht, bei Schweinen beläuft sich die Menge im Vergleich auf bis zu 2000 mg pro Tag je Kilogramm Körpergewicht (Lumanlan et al., 2022, S. 6318).

Bei der Betrachtung der Kohlendioxidäquivalente, die ein relatives Maß für Kohlendioxidemissionen darstellen, schneiden Insekten ebenfalls deutlich besser ab als konventionelle Nutztiere (Lumanlan et al., 2022, S. 6318). Während bei der Produktion von 100 g Hühnerfleisch etwa 0,45 kg CO_2 -Äquivalente entstehen, fallen für dieselbe Menge an Speiseinsekten nur etwa 0,14 bis 0,15 kg CO_2 -Äquivalente an (Umweltbundesamt, 2019, S. 74).

Allerdings beeinflussen weitere Faktoren die Treibhausgasbilanz bei der Insektenproduktion. Dazu zählen entstehende Emissionen durch den Futtermittelanbau oder einen Produktionsort außerhalb der Tropen, wo eine Beheizung unerlässlich ist. Die Körpertemperatur der wechselwarmen Insekten passt sich ihrer Umgebungstemperatur an und ihr Stoffwechsel wird erst bei höheren Temperaturen aktiv. So ist die Beheizung einer Aufzuchtanlage für Mehlwürmer für etwa ein Viertel der gebildeten Treibhausgase verantwortlich. Jedoch sorgt die Beheizung der Zuchtanlagen auch dafür, dass die Energie aus dem Futter direkt in Wachstum umgesetzt werden kann und nicht für die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur verwendet werden muss. Dabei nimmt das verwendete Futtermittel einen großen Einfluss auf die Emissionen und Umwelt. Bei einer Mehlwurmwzucht sorgen Herstellung und Transport des Futtermittelgetreides für etwa 42 % der Gesamtemissionen. Soja- und Fischmehl sorgen für eine besonders hohe Treibhausgasbilanz. So geht Sojaanbau mit einer Landumnutzung und Abholzung von Regenwäldern einher, während die Herstellung von Fischmehl viel Energie verbraucht (Umweltbundesamt, 2019, S. 74).

4.1.3.4 Wasserverbrauch

Im Vergleich zu konventionellen Nutztieren haben Insekten einen deutlich geringeren Wasserbedarf und -verbrauch (FAO, 2013, S. 1; Verbraucherzentrale Hamburg, 2021).



Wie in Abbildung 4 dargestellt, benötigen Mehlwürmer rund 23 l Wasser, um 1 g Protein herzustellen. Hühner brauchen dafür im Vergleich etwa 34 l, Schweine 57 l und Rinder 112 l (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11; van Huis, 2022, S. 165).

Abbildung 4: Vergleich des Wasserbedarfs bei Insekten und konventionellen Nutztieren in l für 1 g Protein, Quelle: eigene Darstellung nach Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11 & van Huis, 2022, S. 165

Der durchschnittliche jährliche Wasser-Fußabdruck liegt bei 631 m³ pro Rind, 521 m³ pro Schwein, 26 m³ pro Huhn und 0,003 m³ pro Mehlwurm (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 10).

Zur Berechnung des Wasser-Fußabdrucks bei der Insektenproduktion werden sämtliche Wasserverbräuche und -verunreinigungen der unterschiedlichen Produktionsschritte betrachtet. Dazu zählen Verbräuche bei der Futtermittelproduktion, für das Tierwachstum sowie für die Reinigung der Produktionsanlagen. Die Futtermittelproduktion hat dabei den größten Einfluss auf den Wasserverbrauch. Diese hängt wiederum von der Zusammensetzung und Herkunft des Futters sowie von den verzehrten Futtermengen ab. Beispielsweise verbraucht die Fütterung mit Karotten deutlich weniger Wasser als die Fütterung mit Mischgetreide (Umweltbundesamt, 2019, S. 76).

Da Insekten wechselwarme Tiere sind, produzieren sie bei gleicher Futtermenge mehr essbare Masse als konventionelle Nutztiere (Umweltbundesamt, 2019, S. 76). Um die gleiche Menge Fleisch zu produzieren, wird somit weniger Futter benötigt, wodurch der Wasserverbrauch für den Futtermittelanbau niedriger ist. Zusätzlich können Insekten ihren Wasserbedarf über ihre Nahrung decken, sodass ihnen kein zusätzliches Trinkwasser zur Verfügung gestellt werden muss. Des Weiteren lässt sich der niedrige Wasser-Fußabdruck der Insekten durch ihren hohen essbaren Anteil erklären. Während bei konventionellen Nutztieren meist nur ein geringerer Anteil des gesamten Tieres verzehrt wird, können Insekten zu 80 bis 100 % verzehrt werden (Umweltbundesamt, 2019, S. 77-78). Tabelle 4 gibt einen Überblick über den essbaren Anteil verschiedener Insektenarten und konventioneller Nutztiere im Vergleich.

Tabelle 4: Essbarer Anteil verschiedener Insekten- und Nutztierarten in Prozent, Quelle: eigene Darstellung nach Umweltbundesamt, 2019, S. 73

	Mehl- würmer (<i>Tenebrio molitor</i>)	Wanderheu- schrecken (<i>Locusta migratoria</i>)	Heimchen (<i>Acheta domesticus</i>)	Hühner	Schweine	Rinder
Essbarer Anteil (%)	100	80	80	55	55	50

Jedoch bestehen auch beim Wasserverbrauch große Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Insektenarten. Beispielsweise verbraucht in Thailand die Produktion von Mehlwürmern etwa zehnmal so viel Wasser wie die Produktion von Grillen (Umweltbundesamt, 2019, S. 78).

4.1.4 Alternative zu Fleisch

Mit einem höheren Einkommen sowie einer höheren Bildung steigt der Fleischkonsum pro Kopf in Deutschland und anderen Industrieländern. Im Vergleich zu Frauen verzehren Männer etwa doppelt so viel Fleisch (Heinrich-Böll-Stiftung, 2021, S. 11). In einer Onlineumfrage von 2020 mit rund 1200 Teilnehmenden zwischen 15 und 29 Jahren ermittelte die Heinrich-Böll-Stiftung, dass Jugendliche und junge Erwachsene etwa doppelt so häufig auf Fleisch verzichten wie die Gesamtbevölkerung. Ein geringer Fleischkonsum geht oftmals mit einem ausgeprägteren Umwelt-, Ernährungs- und Tierschutzbewusstsein einher. Besonders wird die heutige Form der Tierhaltung kritisiert (Heinrich-Böll-Stiftung, 2021, S. 34). Aufgrund der bereits dargestellten Vorteile gelten Speiseinsekten als ernährungsphysiologisch wertvolle und umweltfreundliche Alternative zum Fleisch (BfR, 2016; BzfE, 2021).

In der Fleischproduktion in Deutschland werden täglich mehr als zwei Millionen Tiere geschlachtet (Fiebelkorn, 2017, S. 105). Ein hoher Fleischkonsum sorgt häufig für zahlreiche gesundheitliche Probleme wie Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Fettleibigkeit und Krebs. Dies liegt vor allem daran, dass herkömmliches Fleisch einen hohen Anteil an ungesunden Fettsäuren enthält. Insekten enthalten hingegen hauptsächlich gesunde Fettsäuren, die verschiedene gesundheitliche Vorteile bieten (Kapitel 4.1.2.2) (Lumanlan et al., 2022, S. 6322). Insekten sind allgemein eine ernährungsphysiologisch günstige Nahrungsquelle (Kapitel 4.1.2). Einige Insektenarten weisen einen deutlich höheren Energie-, Protein-, Fett- und Mikronährstoffgehalt auf als herkömmliche tierische Proteinquellen wie Rind- oder Schweinefleisch (Fiebelkorn, 2017, S. 106). Besonders hervorzuheben ist ihr Potential als alternative tierische Proteinquelle zu Fleisch. Durch die steigende Weltbevölkerung werden auch immer mehr Proteinquellen benötigt (BzfE, 2021). Zeitgleich steigt die Nachfrage nach hochwertigem tierischen Protein (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 5).

Neben den bereits genannten Umweltauswirkungen hat die jährlich wachsende Nachfrage nach Lebensmitteln tierischen Ursprungs zu einer kontinuierlichen Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen geführt. Gegenwärtig werden etwa 80 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Erde für die Produktion von Tierfutter und Viehweiden genutzt. Durch die Ausdehnung der intensiven Viehwirtschaft werden zudem landwirtschaftliche Flächen verdrängt, die für Ackerbau oder Waldflächen bestimmt waren, was zu einem Verlust natürlicher Ressourcen beiträgt, der wiederum zu Veränderungen im Umweltsystem führen wird (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 2).

Um konventionelle Nutztiere und Speiseinsekten miteinander vergleichen zu können, muss der jeweilige essbare Anteil betrachtet werden (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 10). So ist der essbare Anteil bei Insekten wie bereits erwähnt (Kapitel 4.1.3.4) mit 80 bis 100 % viel größer als bei konventionellen Nutztieren mit 50 bis 55 % (Fiebelkorn, 2017, S. 107; Umweltbundesamt, 2019, S. 73; Verbraucherzentrale, 2022).

Das Risiko für die Übertragung von Infektionskrankheiten, die von Tieren auf Menschen übertragen werden können und umgekehrt (Zoonosen), ist bei Insekten nicht höher als bei konventionellen Nutztieren (Fiebelkorn, 2017, S. 106).

4.1.5 Wirtschaftliche und soziale Potentiale

Zum einen ist eine Kombination aus Insektenzucht und konventioneller Tierhaltung möglich. Dabei könnten Insekten zum Beispiel die anfallende Abwärme sowie organische Abfälle dazu nutzen, hochwertiges Protein herzustellen. Dies könnte anschließend wiederum als hochwertiges Tierfutter für Hühner, Schweine und Rinder genutzt werden (Fiebelkorn, 2017, S. 107).

Zum anderen kann die Insektenzucht neue wirtschaftliche und unternehmerische Chancen bieten (BzFE, 2021; FAO, 2013, S. 1). Vor allem für benachteiligte Länder außerhalb Europas entstehen so neue Möglichkeiten. So kann Deutschland andere Länder unterstützen, indem es gezüchtete oder gesammelte Insekten von ihnen kauft (FAO, 2013, S. 1). Insekten können auch von den Ärmsten der Gesellschaft, wie zum Beispiel Menschen ohne Grundbesitz, gesammelt und verarbeitet werden, wodurch diese ihren Lebensunterhalt verbessern können und die wirtschaftliche Lage gestärkt wird (FAO, 2013, S. 1; Imathiu, 2020, S. 2). Für einige Gemeinschaften in verschiedenen Teilen der Welt stellt das Sammeln, die Verarbeitung und der Verkauf von Wildinsekten einen wichtigen Teil des Lebensunterhalts dar (Imathiu, 2020, S. 3). Afrikanische Sammler von Insekten erzielen beispielsweise ein durchschnittliches Monatseinkommen von 180 bis 600 US-Dollar, was etwa 30 bis 75 % ihres Haushaltseinkommens entspricht (van Huis, 2016, S. 295). Der Handel mit essbaren Insekten war schon immer ein Hauptbestandteil der Diversifizierung der Lebensgrundlagen vieler ländlicher Gemeinschaften. Dies kann daran liegen, dass Insekten eine natürlich vorkommende Ressource sind, für deren Handhabung nur sehr wenig oder kein technisches Wissen erforderlich ist (Imathiu, 2020, S. 3). Zudem ist der finanzielle Aufwand für Ernte, Zucht und Verarbeitung relativ gering (FAO, 2013, S. 1).

In Regionen, in denen Entomophagie praktiziert wird, sind essbare Insekten das wichtigste Ersatzmittel, wenn ein Nahrungsmangel herrscht. Das Sammeln von Insekten aus der Wildnis wird häufig von Frauen und Kindern praktiziert, insbesondere in ländlichen Gebieten, die neben der Verbesserung der Ernährung auch als Geldeinkommen dienen. In einigen Regionen wie zum Beispiel Thailand erzielen Speiseinsekten bessere Preise als herkömmliche tierische Proteinquellen wie Geflügel, Schwein, Rind, oder Fisch. Das Ernten und Züchten von Insekten kann Arbeitsplätze und unternehmerische Möglichkeiten sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern schaffen und dabei helfen, den Lebensstandard insbesondere der letzteren zu verbessern. In Thailand ist zum Beispiel die Insektenzucht, insbesondere die Grillenzucht, eine nachgewiesene Strategie zur Sicherung des Lebensunterhalts, die den Lebensstandard der Bauern als alternative Einkommensquelle erhöht und das Sozial- und Humankapital verbessert (Imathiu, 2020, S. 3).

4.1.6 Unter-, Mangel- und Fehlernährung

Die weltweite Ernährungssicherheit hat sich in den letzten Jahrzehnten verbessert, jedoch waren die Fortschritte nicht einheitlich (Stull, 2021, S. 695). Einer von vier Menschen weltweit (rund 1,9 Milliarden) ist mangel- und unterernährt (Lumanlan et al., 2022, S. 6322), obwohl weltweit ausreichend Nahrungsmittel zur Verfügung stehen. An Unterernährung sterben mehr Menschen als an AIDS, Malaria und Tuberkulose zusammen (Stull, 2021, S. 695). Die zunehmende globale Ernährungskrise und unzureichende Nährstoffe in der täglichen Ernährung können einige Gesundheitsprobleme verursachen. Eine geringe Aufnahme von Proteinen oder essenziellen Aminosäuren über die Nahrung ist ein weltweites Problem, das zu verringertem Wachstum bei Kindern, Muskelschwund, Müdigkeit und schwerer Unterernährung führt (Lumanlan et al., 2022, S. 6322). Unterernährung schwächt wiederum das Immunsystem und ist für mehr als 45 % (> 3 Millionen) der jährlichen Todesfälle bei Kindern unter fünf Jahren in Entwicklungsländern verantwortlich (Stull, 2021, S. 695). Eine schlechte Ernährung mit unzureichenden Nährstoffen ist eine der Hauptursachen für die Unterernährung von Kindern. Eisen-, Zink-, Vitamin-B12- und Vitamin-A-Mangel sind seit Jahrzehnten als globale Probleme der öffentlichen Gesundheit bekannt und führen zu Anämie, Wachstums- und Entwicklungsschwäche sowie anderen gesundheitlichen Folgen (van Huis et al., 2021, S. 558). Lebensmittel tierischen Ursprungs mit hochwertigem Protein und Mikronährstoffen können zur Verbesserung der Ernährungsqualität von Kindern beitragen, die unter Armut und Unterernährung leiden (FAO, 2013, S. 1; van Huis et al., 2021, S. 558). Diese sind jedoch häufig teuer und für benachteiligte Bevölkerungsgruppen nicht zugänglich (van Huis et al., 2021, S. 558).

Zeitgleich belasten Übergewicht und Adipositas die Gesundheitssysteme in anderen Regionen. Die Doppelbelastung durch gleichzeitige Unter- und Überernährung stellt auch viele Regierungen vor Herausforderungen (Stull, 2021, S. 696). Die Entomophagie könnte dazu beitragen, Hunger und Unterernährung zu bekämpfen (Lumanlan et al., 2022, S. 6323) sowie ernährungsbedingte Gesundheitsprobleme zu bekämpfen, indem Mikro- und Makronährstoffe bereitgestellt werden (Stull, 2021, S. 696; van Huis et al., 2021, S. 558). Besonders für Entwicklungsländer kann der hohe Fettgehalt von Insekten von Vorteil sein, da Mangelernährung dort öfter durch einen Energie- als durch einen Proteinmangel entsteht (van Huis, 2016, S. 297). Einige Insektenarten enthalten zudem viel Zink und Eisen. Auch hier haben Insekten Potential, da weltweit mehr als 17 % der Menschen unter einem Zinkmangel und 25 % unter einem Eisenmangel leiden (Imathiu, 2020, S. 3; van Huis, 2016, S. 298).

Lebensmittel auf Getreidebasis sind seit langer Zeit ein Grundnahrungsmittel vieler Kulturen auf der ganzen Welt. Die am häufigsten konsumierten Getreidearten sind Reis, Weizen und Mais. Allerdings fehlen einigen Getreidearten wichtige Nährstoffe. Beispielsweise ist Mais eine mangelhafte Quelle für Eisen, Kalzium sowie Zink und enthält nur 8 % Protein (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 2). Deshalb wird in Ländern, in denen Mikronährstoffmängel als mittelschwere oder schwere Probleme der öffentlichen Gesundheit gelten, Getreidemehl mit ausgewählten Vitaminen und Mineralstoffen angereichert, um so die Aufnahme von Mikronährstoffen zu verbessern und Mangelerscheinungen vorzubeugen (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 2; Lumanlan et al., 2022, S. 6322). Insektenmehle wurden bereits verwendet, um 5 bis 40 % des Getreidemehls in Grundnahrungsmitteln oder Snacks zu ersetzen, wobei der ideale Ersatz etwa 10 % beträgt (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 2). So wird durch die Zugabe von Insektenmehl in einigen Getreideprodukten deren Nährstoffgehalt erhöht, ohne die Produktqualität oder die technologischen Eigenschaften der Produkte zu beeinträchtigen (Lumanlan et al., 2022, S. 6323). Durch diese einfache Anreicherung kann Mangelernährung in Bevölkerungsgruppen, die einen schweren Zugang zu proteinreicher Nahrung haben, vorgebeugt werden (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 5).

4.2 Probleme

4.2.1 Ablehnung in der Bevölkerung Deutschlands

Trotz der Vielzahl der dargestellten Potentiale der Entomophagie werden Insekten in Deutschland nicht regelmäßig verzehrt. Ein Großteil der Bevölkerung Deutschlands (87,6 %) hat laut Ullmann noch nie Insekten gegessen oder sonstige Erfahrungen mit der Entomophagie gemacht (2020, S. 78). Der Mehrheit der Bevölkerung (knapp 57 %) ist nicht bekannt, dass Lebensmittel aus Insekten in Deutschland erhältlich sind. Die von Orsi et al. durchgeführte Online-Umfrage (2019, S. 12) zeigt außerdem, dass mehr als die Hälfte der Befragten sich nicht vorstellen können, ganze Insekten zu essen. Im Vergleich können sich 62 % vorstellen, verarbeitete Insektenprodukte zu essen. Fast 40 % würden Produkte essen, die nicht direkt sichtbare Insektenbestandteile enthalten, und nur 22 % sind bereit, ganze Insekten zu essen (Orsi et al., 2019, S. 12). Diese Erkenntnisse decken sich mit der Studie von Ullmann. Bei dieser war gut die Hälfte der Befragten dazu bereit, einen Insektenburger zu probieren, während nur rund ein Fünftel der Befragten ganze Insekten probieren würde (Ullmann, 2020, S. 75).

Die Bereitschaft, neuartige Lebensmittel zu probieren, wird vor allem durch kulturelle und soziale Faktoren beeinflusst (Böhme & Adam, 2020, S. 68). Die Vorstellung, Insekten zu konsumieren, löst bei westlichen Verbraucher*innen häufig negative emotionale Reaktionen aus. Zu diesen negativen emotionalen Erfahrungen zählen zum Beispiel Abneigung, Angst und Ekel (siehe auch Kapitel 4.2.6). Laut zahlreicher Studien reduzieren negative Emotionen wie Ekel die Verbraucherakzeptanz von Insekten als Lebensmittel (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48; Kröger et al., 2022, S. 10; Orsi et al., 2019, S. 14; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 192). So sorgt die Ekelbarriere bei knapp der Hälfte der Bevölkerung für eine Ablehnung der Speiseinsekten (BfR, o. J., S. 9). Erklären lässt sich dies möglicherweise damit, dass die deutsche Bevölkerung bislang noch nicht sehr viel über Insekten als Lebensmittel sowie deren Herstellung und Verarbeitung weiß (Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 192).

Subjektive Risiken, die häufig mit dem Verzehr von Insekten verbunden werden, sind die Übertragung von Krankheiten (55 %), Vergiftungen (26 %) sowie Allergien und Unverträglichkeiten (17 %) (BfR, o. J., S. 10). So sind Menschen, die von gesundheitsschädlichen Folgen des Insektenkonsums überzeugt sind, deutlich zurückhaltender gegenüber dem Verzehr von Insekten (Kröger et al., 2022, S. 16; Umweltbundesamt, 2019, S. 45).

Des Weiteren sprechen laut Umfrage der Verbraucherzentralen von 2020 die Unsicherheit über den Geschmack, die hohen Preise der Produkte sowie deren geringe Verfügbarkeit im Handel gegen die Entomophagie (Verbraucherzentrale, 2020). Auch fehlende Gewohnheiten spielen eine Rolle für den regelmäßigen Verzehr eines Lebensmittels (BzfE, 2021; Umweltbundesamt, 2019, S. 45). Ebenfalls werden Bedenken bezüglich des Arten- und Umweltschutzes genannt (Umweltbundesamt, 2019, S. 45). Böhme & Adam (2020, S. 70) stellten fest, dass Frauen weniger bereit sind, Insekten regelmäßig zu essen, als Männer. So lehnen rund 81 % der befragten Frauen den Verzehr von Insekten ab, bei Männern liegt der Anteil bei nur 39 % (Böhme & Adam, 2020, S. 70). Diese Erkenntnis deckt sich mit weiteren Studien (BfR, 2016; Kröger et al., 2022, S. 5-6; Orsi et al., 2019, S. 7; Ullmann, 2020, S. 53). Die Ablehnung von Insekten als Lebensmittel wirkt sich nachteilig auf deren Vermarktung aus (BfR, 2016). Insgesamt befürworten laut Umfrage des BfR 47 % der Befragten die Nutzung von Insekten als Lebensmittel für Menschen. 48 % sind eher dagegen (BfR, o. J., S. 11).

4.2.2 Lebensmittelsicherheit

Insekten können eine Quelle biologischer und chemischer Kontaminanten sein, die die Gesundheit der Verbraucher*innen beeinträchtigen können (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 16). Gesundheitliche Gefahren lassen sich jedoch zum Teil nur schwer erkennen. Bislang wurden in der EU nur drei ausführliche wissenschaftliche Gutachten zu den Sicherheits- und Gesundheitsaspekten von Insekten als neuartiges Lebensmittel herausgegeben, die Mehlwürmer, Wanderheuschrecken und Heimchen abdecken (Kröger et al., 2022, S. 2). Insgesamt besteht noch Forschungsbedarf zu den Gesundheitswirkungen des Insektenverzehr (Umweltbundesamt, 2019, S. 80).

Neben der hohen Biodiversität der Insekten nehmen weitere Faktoren wie Fütterung, Verarbeitung und Lagerungsbedingungen einen großen Einfluss auf die Lebensmittelsicherheit von Speiseinsekten (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 14; Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 9-10; Schlüter et al., 2016, S. 4). Über den Einsatz von Antibiotika, Hormonen oder anderen Chemikalien liegen bislang keine neutralen Kontrollergebnisse vor. Zuchtbetriebe in Europa behaupten jedoch, dass ihre Insekten ohne jeglichen Einsatz von Chemikalien produziert werden (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021).

Abgesehen von der Körperoberfläche und den Mundwerkzeugen ist der wichtigste Lebensraum für Mikroorganismen der Darm. Die Verwendung von Insekten als Lebensmittel birgt potentielle mikrobiologische Risiken, da Insekten als Vektoren für Mikroorganismen

dienen können, die für Menschen, Tiere und Pflanzen pathogen sind. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Übertragung von Mikroorganismen mechanisch durch Kontakt mit der Oberfläche eines Insektenkörpers erfolgt oder ob die Mikroorganismen im Inneren des Insekts überleben und sich vermehren können, ohne dass das Insekt selbst krank wird. Zu den Krankheitserregern, die durch Insekten übertragen werden können, gehören Viren, Bakterien, Pilze und andere Parasiten des menschlichen Verdauungstrakts. Insektenspezifische pathogene Mikroorganismen gelten als harmlos für den Menschen, da sie eine andere Gewebespezifität aufweisen und daher wahrscheinlich nur die Zellen oder Gewebe von Insekten besiedeln können. Bisher wurden keine insektenspezifischen pathogenen Mikroorganismen beschrieben, die für die menschliche Gesundheit schädlich sind (Schlüter et al., 2016, S. 6). Da es bei fast allen Insektenarten nicht möglich ist, den Darm mit seiner Mikrobiota zu entfernen, ist das Verhältnis von Darminhalt zur Gesamtmasse von besonderem Interesse für die Zubereitung von Speiseinsekten. Das Volumen des Darmtrakts schwankt je nach Art zwischen 0,05 und 2 ml. Bei einigen Insektenarten wurden durchschnittliche Bakteriendichten von 10^6 bis 10^{12} Bakterien pro ml Darminhalt festgestellt. Die mikrobielle Biomasse macht 1 bis 10 % des gesamten Insektenkörpers aus und hängt von der jeweiligen Insektenart ab. Bei der Verarbeitung von Insekten muss daher von einer unvermeidlich hohen mikrobiellen Kontamination ausgegangen werden, die durch geeignete Verarbeitungsschritte beseitigt werden muss (Schlüter et al., 2016, S. 7). Die Einhaltung von Gesundheits- und Hygienevorschriften ist somit essenziell (Stull, 2021, S. 707). Vor allem mikrobielle Gefahren sind eines der schwerwiegendsten Probleme der Lebensmittelsicherheit. Einige Länder mit traditionellem Insektenverzehr wie Thailand haben Leitlinien für landwirtschaftliche Anbaumethoden entwickelt. Andere Länder wie Belgien oder die Niederlande raten den Herstellern, sich auf die Hygienekriterien der EU-Verordnung für Hackfleisch (EG 1441/2007) zu beziehen. Im Durchschnitt liegt die mikrobielle Kontamination frischer Insekten über den in dieser Verordnung festgelegten Grenzwerten (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 14).

Viele potentiell krankheitserregende Mikroorganismen und Kontaminationen lassen sich durch einfache Verarbeitungsschritte reduzieren. Dazu zählen zum Beispiel gründliches Waschen und Erhitzen. Je nach Zubereitung lassen sich die Gesundheitsrisiken von Insekten mit denen anderer tierischer Proteine vergleichen (Stull, 2021, S. 707).

4.2.2.1 Allergien

Der Insektenverzehr kann laut EFSA und anderen Fachinstitutionen allergische Reaktionen auslösen (BzfE, 2021). Für Allergien beziehungsweise Kreuzallergien gegen Insekten gibt es verschiedene Expositionsarten: Injektion, Inhalation, Hautkontakt und Verschlucken (Schlüter et al., 2016, S. 9). Besonders bei Personen mit Krustentier- und Hausstaubmilbenallergien sind allergische Reaktionen beim Verzehr möglich. Außerdem können auch Beschäftigte auf Insektenfarmen durch Einatmen oder Kontakt mit Insektenmaterial gefährdet sein, weshalb dort auf einen ausreichenden Arbeitsschutz geachtet werden muss (Umweltbundesamt, 2019, S. 80; van Huis et al., 2021, S. 564). Allergische Reaktionen können zum einen durch einige Arten von Proteinen, die in essbaren Insekten vorkommen, einschließlich Argininkinase oder Tropomyosin, ausgelöst werden (Imathiu, 2020, S. 5; Kröger et al., 2022, S. 2; van Huis et al., 2021, S. 564). Zum anderen kann Chitin allergische Reaktionen auslösen, indem es die Bildung von allergenspezifischen IgE-Antikörpern fördert, die eine zentrale Rolle im Pathomechanismus unmittelbarer Überempfindlichkeitsreaktionen spielen (Schlüter et al., 2016, S. 8). Auch das verwendete Futtermittel spielt für ein potentielles Auftreten von allergischen Reaktionen eine wichtige Rolle. So können beispielsweise Allergene aus dem Futter, wie Gluten und Soja, aufgenommen werden und dadurch zu allergischen Reaktionen führen (Kröger et al., 2022, S. 2; Verbraucherzentrale, 2022).

Thermische Verarbeitung wie Blanchieren, Kochen, Braten oder Backen konnte zwar die Löslichkeit von Mehlwurmallergenen verändern, aber ihre Allergenität wurde nicht verringert (van Huis et al., 2021, S. 564). Insgesamt kann festgestellt werden, dass nur wenige verfügbare lebensmitteltechnologische Verfahren, wie Fermentation und Hydrolyse, in der Lage sind, allgemein eine signifikante Reduktion der Lebensmittelallergenität zu erreichen. Deshalb müssen neue Methoden zur Allergenminimierung von Insekten entwickelt werden (Schlüter et al., 2016, S. 9). Laut FAO ist das Risiko, allergisch auf Insekten zu reagieren, allerdings eher gering (2013, S. 2).

Vereinzelte allergische Episoden, einschließlich anaphylaktischer Reaktionen, sind im Zusammenhang mit dem Verzehr von Insekten dokumentiert worden (Schlüter et al., 2016, S. 8). Dabei können Haut (z. B. Nesselsucht, Juckreiz, Hautausschlag, Hitzewallungen, Angioödem), Magen-Darm-Bereich (z. B. Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall) und Atmung (z. B. Asthma, Atemnot) betroffen sein. Darüber hinaus kann die Dauer der Symptome von wenigen Minuten bis zu sechs Stunden reichen (Pan et al., 2022, S. 7).

Deshalb müssen die bereits zugelassenen Lebensmittel mit einem Hinweis versehen sein, dass ihr Verzehr bei Menschen mit einer bekannten Allergie gegen Krebstiere sowie Hausstaubmilben allergische Reaktionen auslösen kann (BzFE, 2021). Weitere Produkte sind von dieser Allergenkennzeichnung jedoch nicht betroffen (Verbraucherzentrale, 2021b).

4.2.2.2 Übertragung von Krankheiten

Bislang ist noch wenig darüber bekannt, welche Krankheiten Insekten befallen können. Zwar ist die Wahrscheinlichkeit für Zoonosen gering, aber dennoch möglich (FAO, 2013, S. 1; Verbraucherzentrale, 2022). Im Vergleich zu Wirbeltieren und Vögeln stellen Insekten ein geringeres Risiko dar, zoonotische Infektionen auf Menschen und Tiere zu übertragen. Hier bedarf es jedoch weiterer Forschung (FAO, 2013, S. 2). Pathogene Mikroorganismen, die häufig mit dem Ausbruch von durch Lebensmittel übertragenen Krankheiten in Verbindung gebracht werden, wurden in einigen essbaren Insektenarten gefunden. Berichte über durch Entomophagie verursachte mikrobielle Lebensmittelinfektionen und -vergiftungen liegen bereits vor (Imathiu, 2020, S. 6). Da Insekten Zoonosen nur als Vektoren übertragen, sind die zoonotischen Risiken von essbaren Insekten gering, wenn sie in einer kontrollierten Umgebung aufgezogen werden. Daraus lässt sich schließen, dass eine Insektenart, die selbst keine Toxine produziert und in einer schadstofffreien, hygienischen Umgebung auf schadstofffreien, hygienischen Substraten gemäß den gängigen Futtermittel- und Lebensmittelgesetzen aufgezogen wird, wenig Sicherheitsrisiken bieten kann (Imathiu, 2020, S. 6; van Huis et al., 2021, S. 564).

4.2.2.3 Bakterien und Mykotoxine

Die wichtigsten mikrobiellen Risiken bei Insekten sind eine hohe Gesamtzahl aerober Bakterien und das Vorhandensein von sporenbildenden Bakterien, die auch thermischen Behandlungen standhalten können. In Insekten wurden mehrere lebensmittelverderbende und pathogene Bakterien identifiziert. Dazu gehören Bacillaceae, Enterobacteriaceae, Enterococcaceae, Staphylococcaceae, Sporen und sporenbildende Bakterien, Hefen und Schimmelpilze und Milchsäurebakterien (van Huis et al., 2021, S. 563).

Mykotoxine, die im Hinblick auf ihre negativen Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit und Ernährungssicherheit als die wichtigsten Lebensmittelkontaminanten angesehen werden, sind Sekundärmetabolite, die von vielen phytopathogenen und lebensmittelverderbenden Schimmelpilzen produziert werden, hauptsächlich der Gattungen *Fusarium*, *Aspergillus* und *Penicillium*. Mykotoxine können im Futtersubstrat vorhanden sein, auf dem essbare Insekten aufgezogen werden. Begrenzte Studien wurden durchgeführt, um das Auftreten und das

Ausmaß der Kontamination von essbaren Insekten zu bestimmen. Nach Angaben der FAO können Mykotoxine, die in essbaren Insekten nachgewiesen und quantifiziert wurden, von der Kontamination des Futtersubstrats durch die drei oben genannten Gattungen von Schimmelpilzen sowie von der Produktion im Darm der Insekten stammen. Diese Beobachtung zeigt, dass essbare Insekten ein potentielles Problem für die Lebensmittelsicherheit darstellen können, insbesondere wegen der akuten und chronischen Auswirkungen, die diese Toxine auf die Gesundheit von Mensch und Tier haben können (Imathiu, 2020, S. 5).

4.2.2.4 Antinährstoffe

Antinährstoffe sind natürlich vorkommende Substanzen in Lebensmitteln, die die Aufnahme, Verdauung, Absorption und Verwertung von Makro- und Mikronährstoffen hemmen. Diese Stoffe, die in pflanzlichen Lebensmitteln häufiger und in höherer Konzentration als in tierischen Lebensmitteln vorkommen, können je nach Art und Konzentration in Lebensmitteln auch andere gesundheitsschädliche Auswirkungen auf die Verbraucher*innen haben (Imathiu, 2020, S. 6). Verschiedene Arten von Antinährstoffen, wie Tannin, Oxalat, Hydrocyanid oder Phytat, wurden in einer Vielzahl essbarer Insektenarten in unterschiedlichen Konzentrationen nachgewiesen (Imathiu, 2020, S. 6; van Huis et al., 2021, S. 564). Das toxische Potential von Antinährstoffen und der Antinährstoffgehalt sollten durch die Wahl geeigneter Zucht- und Verarbeitungsbedingungen minimiert werden (Schlüter et al., 2016, S. 7).

4.2.2.5 Schwermetalle

Die Kontamination von Lebensmitteln mit Schwermetallen kann sowohl akute als auch chronische gesundheitliche Beeinträchtigungen bei Mensch und Tier verursachen. Zur Sicherheit von essbaren Insekten in Bezug auf Schwermetalle liegen derzeit nur begrenzte Erkenntnisse vor. Eine mögliche Anreicherung von Schwermetallen in essbaren Insekten, die nachweislich von vielen Faktoren wie Insektenart, Wachstumsphase und Futtersubstrat abhängt, wurde dokumentiert. So wurde eine Anreicherung von Schwermetallen wie Cadmium, Blei, Quecksilber und Arsen in Insekten nachgewiesen, deren Ausmaß von Metallelement, Insektenart und dessen Wachstumsstadium abhängig ist. Zwei besonders besorgniserregende Schwermetalle sind Cadmium und Arsen, da sie sich möglicherweise in der Schwarzen Soldatenfliege sowie in Mehlwürmern anreichern, zwei Hauptinsektenarten, die insbesondere in westlichen Ländern als Nahrungs- und Futtermittel von großem Interesse sind (Imathiu, 2020, S. 6).

4.2.3 Zucht und Tierwohl

Bei der Zucht von Speiseinsekten liegen bisher keine Vorschriften oder Regelungen für Hygiene- und Umweltmaßnahmen, Tierhaltung, Schlachtung und Zulassung von insektenverarbeitenden Betrieben vor (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 4). Generell sollten nur Insekten konsumiert werden, die für den menschlichen Verzehr gezüchtet sind. Selbst gesammelte Insekten ernähren sich häufig von Abfällen und können von Parasiten befallen sein. Auch das Insektensterben spielt hier eine Rolle. Insekten aus Angel- oder Zoofachgeschäften sollten ebenfalls nicht verzehrt werden, da dort die hygienische Sicherheit nicht gewährleistet wird (Verbraucherzentrale, 2022).

4.2.3.1 Zucht

Da Insekten zu den Lebewesen zählen, sollten eine artgerechte Haltung und geeignete Futtermittel beachtet werden. Bislang existieren keine Haltungsvorschriften für Insekten in Deutschland. Hier bedarf es an weiterer Forschung, wie viel Platz welche Insektenart benötigt und welche Arzneimittel eingesetzt werden (Verbraucherzentrale, 2022). Außerdem werden Produktionsbedingungen bislang noch nicht unabhängig und transparent kontrolliert. Hygienemaßnahmen wie das regelmäßige Entfernen von Kot und die Desinfektion der Zuchteinheiten nach jedem Produktionszyklus sind besonders wichtig (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021).

Für die Futtermittel der Insekten gelten die allgemeinen Anforderungen der Futtermittelhygiene-Verordnung. In dieser sind Kriterien festgelegt, die für die Fütterung von zur Lebensmittelproduktion bestimmten Tieren gelten. Unter anderem wird dort bestimmt, dass Lebensmittelabfälle nicht verfüttert werden dürfen und welche Zusatzstoffe für die Futtermittel erlaubt sind (Verbraucherzentrale, 2022).

Der deutsche Öko-Zertifizierer Naturland hat eigene Richtlinien für eine ökologische Insektenzucht definiert. Zusätzlich zu den allgemeinen Vorschriften für die Insektenproduktion gibt er separate Tierhaltungsvorschriften für bestimmte Insektenarten vor. Neben Aspekten zu Transport und Schlachtung werden hier auch spezifische Anforderungen an Futter, Klima und Beleuchtung aufgeführt (Delvendahl et al., 2022, S. 6). Dabei werden vor allem ökologisch-pflanzliche Nebenprodukte und Reststoffe aus der ökologischen Produktion als Futtermittel verwendet. Außerdem sollen keine Produkte verfüttert werden, die mit Lebensmitteln des menschlichen Verzehrs konkurrieren (Verbraucherzentrale, 2022).

4.2.3.2 Tierwohl

Das Wohlergehen der Tiere gewinnt für die Menschen zunehmend an Bedeutung. Vor allem die Tierhaltung wird kritisch betrachtet (Delvendahl et al., 2022, S. 2). Derzeit existieren wenige artspezifische Vorschriften für den Schutz von Insekten. Sie fallen gemäß EU-Verordnung in die Kategorie „Nutztiere“, wo Gesundheits- und Hygienevorschriften für die Produktion vorgeschrieben werden. In Deutschland gilt das Tierschutzgesetz auch für wirbellose Tiere wie Insekten, aber die meisten Vorschriften, wie die Notwendigkeit der Schmerzvermeidung oder Betäubung beim Schlachten, gelten nur für Wirbeltiere (Delvendahl et al., 2022, S. 2).

Ein Ansatz für das Wohlergehen von Nutztieren sind die Fünf Freiheiten nach Brambell. Diese werden in Abbildung 5 dargestellt:

Freiheit von Hunger und Durst

- Zugang zu frischem Wasser und tiergerechtem Futter

Freiheit von Unbehagen

- geeignete Unterbringung mit Ruhebereich und Schutz vor Witterung

Freiheit von Schmerz, Verletzung und Krankheit

- Prävention, Kontrollen, schnelle Behandlung

Freiheit zum Ausleben normalen Verhaltens

- ausreichendes Platzangebot, geeignete Sozialstruktur

Freiheit von Angst und Leiden

- Vermeidung von unnötigem Leid durch fundierte Ausbildung

Abbildung 5: Fünf Freiheiten nach Brambell, Quelle: eigene Darstellung nach Delvendahl et al., 2022, S. 4

Die Tierschutzvorschriften der Europäischen Kommission spiegeln diese Freiheiten wider. Dabei bestehen artspezifische Mindeststandards, da verschiedene Arten unterschiedliche Anforderungen und Probleme hinsichtlich des Wohlergehens haben (Delvendahl et al., 2022, S. 3). Es gibt mehrere Richtlinien für die Produktion einiger Insektenarten. Diese sind jedoch nicht verbindlich. In den wenigsten Richtlinien wird Tierschutz als ausdrücklicher Aspekt genannt, sodass jeder Zuchtbetrieb anders damit umgehen kann. Unterschiede in der Biologie lassen darauf schließen, dass sich das Wohlergehen der Insekten von den Wirbeltieren unterscheidet. So wird eine hohe Besatzdichte bei konventionellen Nutztieren häufig mit einem schlechteren Wohlergehen der Tiere in Verbindung gebracht. Bei der Insektenzucht wird eine hohe Besatzdichte jedoch als unproblematisch angesehen, da Insekten von Natur aus in

großen Gruppen auf kleinem Raum leben. Doch auch hier gibt es Unterschiede bei den verschiedenen Insektenarten. Die Larven der Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) können beispielsweise in hohen Populationsdichten überhitzen (Delvendahl et al., 2022, S. 4). Die Fünf Freiheiten könnten als Grundlage für den Schutz von Insekten dienen. Vorteil des Ansatzes ist, dass bewährte Grundsätze vorliegen, die verschiedene Aspekte des Tierschutzes umschließen (Delvendahl et al., 2022, S. 4).

Fraglich ist jedoch, wie Angst und Bedrängnis bei Insekten gemessen werden können und ob sich Stress negativ auf Insekten auswirkt. Hier liegt kein wissenschaftlicher Konsens vor. Des Weiteren können Stressreaktionen artspezifisch sein. Bei Grillen führt eine hohe Besatzdichte beispielsweise zu einem verringerten Wachstum. Bei einigen Insektenarten beginnt das Puppenstadium unter Hunger früher und dauert länger. Dies deutet darauf hin, dass Stressreaktionen Insekten negativ beeinflussen können (Delvendahl et al., 2022, S. 5). Ebenso unklar ist, ob Insekten Schmerzen empfinden können. Zwar haben Insekten nach aktuellem Forschungsstand kein Leid- oder Schmerzempfinden wie Säugetiere, jedoch ist unklar, ob sich das Verständnis von Schmerzen miteinander vergleichen lässt (Umweltbundesamt, 2019, S. 79; Verbraucherzentrale, 2022). So wurde nachgewiesen, dass Insekten über sensorische Neuronen verfügen, die auf Verletzungen und schädigende Reize reagieren, doch bedeutet dies nicht unbedingt, dass sie sich dieser Reaktion bewusst sind (Delvendahl et al., 2022, S. 5; Umweltbundesamt, 2019, S. 79). Da Insekten nicht verbal kommunizieren können, ist nicht einfach zu untersuchen, ob sie Schmerzen subjektiv empfinden. Zwar gibt es eine Reihe von Kriterien, anhand derer sich beurteilen lässt, ob bestimmte Tierarten Schmerzen empfinden können, zum Beispiel physiologische und verhaltensbezogene Reaktionen. Jedoch besteht bis heute kein eindeutiger Konsens darüber, ob Insekten die Fähigkeit haben, subjektiv zu fühlen, wahrzunehmen und zu erleben. Mehrere Studien zeigen, dass Insekten Hinweise auf ein Schmerzempfinden aufweisen. So zeigen Taufliegen (*Drosophila*) ein schmerzähnliches Verhalten bei schädlichen Reizen wie Hitze oder Säure (Delvendahl et al., 2022, S. 5). Jedoch ist eine generelle Aussage zum Schmerzempfinden der Insekten auch aufgrund der Vielzahl der Arten schwierig (Umweltbundesamt, 2019, S. 79).

Um den Insekten eine möglichst schonende Tötung zu gewährleisten, bedarf es weiterer Forschung. Hauptsächlich werden Insekten durch Einfrieren getötet (Verbraucherzentrale, 2022). Dies kommt dem natürlichen Leben der Insekten, die bei niedrigen Temperaturen in eine Art Kältestarre fallen, sehr nahe (Umweltbundesamt, 2019, S. 45).

Eine artgerechte Tierhaltung der Insekten sollte angestrebt werden. Dabei sollte sich die Haltung an den natürlichen Umweltbedingungen orientieren und äußere Faktoren, wie

Temperatur und Luftfeuchtigkeit, an die betreffende Insektenart angepasst werden. Dafür müssen artspezifische Anforderungen erforscht werden (Umweltbundesamt, 2019, S. 79). Da Insekten nach jetzigen Erkenntnissen weniger Schmerzen empfinden als Säugetiere, lässt sich aus ethischer Sicht die Insektenhaltung der konventionellen Tierhaltung vorziehen. Bei Tierexperimenten gilt der Grundsatz, Tiere zu verwenden, die das geringste Schmerz- und Stressempfinden haben. Dieser Grundsatz könnte sich auch auf die Fleischproduktion übertragen lassen (Umweltbundesamt, 2019, S. 79).

4.2.4 Umwelt

Für die Insektenzucht in kalt-gemäßigten und gemäßigten Klimazonen wie Deutschland müssten Anlagen für einige Monate beheizt werden, um die notwendige Betriebstemperatur für Wachstum und Vermehrung der Insekten zu erreichen (Verbraucherzentrale, 2022). Dafür wird Energie benötigt. In einer Studie von Oonincx & de Boer wurde unter anderem der Energieverbrauch einer Mehlwurm-Zuchtfarm untersucht. Neben Emissionen durch Produktion und Transport von Futtermitteln waren 35 % des Energieverbrauchs auf das zum Heizen verwendete Gas zurückzuführen (Oonincx & de Boer, 2012, S. 3). Für die Mehlwurmproduktion wird im Schnitt 48 % mehr Energie als bei der Milchproduktion und 33 % mehr Energie als bei der Hühnerproduktion aufgewendet. Der Energieverbrauch für die Schweinefleischproduktion ist ähnlich und für die Rindfleischproduktion etwa 1 bis 1,6-fach so hoch wie die Mehlwurmproduktion (Oonincx & de Boer, 2012, S. 3). Hinsichtlich ihres Energieverbrauchs könnte eine nachhaltige Produktion von Insekten somit nur in den Tropen möglich sein (Fiebelkorn, 2017, S. 107).

Exotische Insektenarten können sich in neuen Umgebungen durch eine vielfältige evolutionäre Anpassungsfähigkeit etablieren. Darüber hinaus können Arten, die derzeit ein geringes invasives Potential haben, dieses Potential erhöhen, da der Klimawandel die mittlere globale Temperatur nach oben treibt, was zur Ausbreitung von Insektenarten in weitreichende Gebiete führen kann (Lourenço, Calado, Medina & Ameixa, 2022, S. 3). Die Kosten invasiver Arten für Umwelt und Produktion sind enorm. So wird eine Verringerung der weltweiten Nahrungsmittelproduktion um 14 % als Ergebnis geschätzt. Hinweise zeigen auf, dass sich Arten wie die Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) unter bestimmten Bedingungen tatsächlich in diesen und anderen Gebieten etablieren könnten. Ohne wissenschaftliche Beweise, dass von invasiven Arten keine Gefahr ausgeht, sollte genügend Vorsorge getroffen werden, damit sich adventive Arten nicht unkontrolliert ausbreiten können (Berggren, Jansson & Low, 2019, S. 134).

4.2.5 Psychologische Barrieren

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 erwähnt, ist in den westlichen Ländern der Verzehr von Insekten häufig mit negativen Emotionen wie Fremdheit, Ekel oder Neophobie verbunden. Allerdings können sich Ernährungsmuster und Esskulturen schnell verändern (FAO, 2013, S. 3). So wurden früher einige Lebensmittel abgelehnt, die heute als beliebt gelten. Ein gutes Beispiel dafür ist der Verzehr von Sushi (Böhme & Adam, 2020, S. 69; FAO, 2013, S. 3). Nachdem es zu Beginn auf Ablehnung stieß, wurde es innerhalb von einem Jahrzehnt ohne Mitwirkung von Wissenschaft und Politik zu einem beliebten Nahrungsmittel. Dabei trugen in das Sushi einfließende westliche Geschmacksrichtungen, ein gutes Marketing sowie das gesunde Image der japanischen Ernährung zum Erfolg bei. Auch Hummer war früher wenig begehrt, sondern diente vor allem als Essen für arme Menschen, Sklaven oder Gefangene. Erst seit dem Ende des 19. Jahrhunderts zählt der Hummer als Luxusgut und Statussymbol. Ähnliche Abläufe ließen sich bei Chiasamen, Quinoa oder Kombucha beobachten (Böhme & Adam, 2020, S. 69). Durch positiv gestaltete Aspekte wie ein vielfältiges Angebot, eine gute Verfügbarkeit oder ein fairer Preis kann der Widerwillen gegen neue Lebensmittel beeinflusst werden. Produktgestaltung und -arten tragen ebenfalls zu einer Offenheit und Neugier bei (Böhme & Adam, 2020, S. 69).

4.2.5.1 Fremdheit

Die soziale und kulturelle Umgebung, in der Menschen aufwachsen und leben, hat einen großen Einfluss auf die Akzeptanz von Lebensmitteln. Die westliche Bevölkerung ist bislang wenig vertraut mit dem Verzehr von Insekten. Da andere Proteinquellen wie Fleisch ausreichend zur Verfügung stehen, besteht kein Bedarf darin, Insekten regelmäßig als Nahrungsmittel zu verzehren (Böhme & Adam, 2020, S. 69; Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48). In anderen Kulturkreisen hingegen werden Speiseinsekten als vertraut und nahrhaft wahrgenommen. In der westlichen Welt wird der Verzehr von Insekten aufgrund ihrer Neuartigkeit vor allem mit Gesundheitsrisiken, Kontaminationen oder einer rückständigen Ernährung in Verbindung gebracht (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48).

4.2.5.2 Ekel

Einige Insektenarten spielen bereits eine wichtige Rolle in der Lebensmittelherstellung. Dazu zählen beispielsweise die Honigbiene oder die Scharlach-Schildlaus (*Coccus cacti*) bei der Extraktion des Farbstoffs Echtes Karmin (E 120). Trotzdem werden Insekten meist als Lebensmittelschädlinge wahrgenommen (BzFE, 2021). Eines der größten Hindernisse für die Etablierung der Entomophagie in der westlichen Welt ist der Ekel vor Insekten (FAO, 2013, S.

3; Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48). Ekel ist eine grundlegende menschliche Emotion und zählt zu den intensivsten Abwehrgefühlen eines Menschen. Als gesteigerte Form von Abneigung in Kombination mit einem Widerwillen gegenüber einem bestimmten Objekt dient Ekel evolutionär betrachtet als Schutzmechanismus vor möglichen Gesundheitsschäden und ist dadurch tief im Unterbewusstsein verankert (Fiebelkorn, 2017, S. 109). Eine Ekelreaktion kann durch eine ungewohnte Konsistenz und Textur, einen ungewohnten Anblick, durch erwartete Gesundheitsschäden oder Unsicherheiten hinsichtlich der Herkunft eines Lebensmittels ausgelöst werden (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 12; Fiebelkorn, 2017, S. 109; Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48; Kröger et al., 2022, S. 10). Durch das Gefühl des Ekels wird ein geringer Geschmack erwartet, wodurch wiederum ein Widerwillen gegen den Verzehr entsteht (Böhme & Adam, 2020, S. 69). Positive Geschmackserlebnisse helfen dabei, diese negative Reaktion zu überwinden (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48). Je nach Kultur und individueller Erfahrung kann Ekel unterschiedlich ausgeprägt sein. So wird der Verzehr von Insekten in Süd- und Ostasien sowie in Teilen Afrikas und Amerikas nicht als ekelig wahrgenommen, während er in den westlichen Ländern meist Ekel hervorruft (Ullmann, 2020, S. 17).

4.2.5.3 Neophobie

Nahrungs- oder Lebensmittelneophobie bezeichnet eine anhaltende Angst vor dem Verzehr unbekannter beziehungsweise neuartiger Lebensmittel und hängt von der Kultur und den sozialen Normen ab (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 12; Ullmann, 2020, S. 15). Unter anderem wird ein schlechter Geschmack erwartet (Fiebelkorn, 2017, S. 109). Auch Unsicherheiten über die Herkunft eines Produktes sowie Gefühle des Ekels und den damit verbundenen Risiken können zu einer Neophobie führen (Ullmann, 2020, S. 16). Da Neophobie eng mit dem Angstgefühl verbunden ist, ist es schwierig, Neophobie nur einer Oberkategorie zuzuordnen (Kröger et al., 2022, S. 9f). Wenn Insekten von Menschen mit Nahrungsneophobie als neue, ungewöhnliche Nahrung wahrgenommen werden, bleibt auch deren Verzehr aus. Dadurch kann der Mangel an Vertrautheit mit Insekten als Lebensmittel nicht überwunden werden (Böhme & Adam, 2020, S. 69). Auch hier wird angenommen, dass der Widerwille gegen neuartige Lebensmittel als Schutzmechanismus gegen unbekannte und vermeintlich giftige Nahrungsmittel dient (Ullmann, 2020, S. 15). Außerdem ist eine Neophobie gegen neue Zucht- und Produktionstechniken möglich. So sind Insekten vielen Menschen noch unbekannt und unterliegen oft falschen Vorstellungen (Fiebelkorn, 2017, S. 109).

4.2.6 Kennzeichnung der Produkte

Bei der Kennzeichnung von Insektenprodukten sind wie für alle Lebensmittel die Vorgaben der Lebensmittelinformationsverordnung (LMIV) und der Health-Claims-Verordnung (HCVO) einzuhalten (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 4). Nach einem Marktcheck der Verbraucherzentralen liegen bei der Kennzeichnung der Produkte jedoch einige Mängel vor. So fehlen beispielsweise häufig Hinweise auf mögliche Allergien, die durch den Verzehr von Speiseinsekten hervorgerufen werden können. Vor allem Personen mit Krustentier- und Hausstaubmilbenallergien können allergische Reaktionen auf Insekten zeigen (siehe Kapitel 4.2.2.1). Da rohe Insekten Krankheitserreger enthalten können, sollten sie vor dem Verzehr erhitzt oder anderweitig thermisch behandelt werden. Dieser Hinweis fehlte bei knapp 60 % der im Marktcheck untersuchten Insektenprodukte (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 17).

Zudem wird teilweise mit unzulässigen gesundheits- und nährwertbezogenen Angaben geworben (Verbraucherzentrale, 2021a). So darf zum Beispiel erst ab 20 % Proteingehalt bezogen auf den Brennwert mit der Aussage „proteinreich“ geworben werden (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 4). Bei den in dem Marktcheck untersuchten Produkten lag der Eiweißgehalt häufig unter diesen 20 % (Verbraucherzentrale, 2021b). Des Weiteren wurde mit Vitaminen und Mineralstoffen geworben, deren tatsächlicher Gehalt aber nicht wie vorgeschrieben in der Nährwerttabelle aufgeführt wurde (Verbraucherzentrale, 2021b).

In Deutschland ist bisher noch keine Bio-Zertifizierung für Insekten möglich, in Kanada hingegen schon. Auch wenn über die genauen Vorgaben und Rahmenbedingungen wenig bekannt ist, erkennt Deutschland diese Zertifizierung aufgrund des Äquivalenzabkommens mit Kanada an (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Die Herkunft der Insekten muss nicht auf dem Produkt gekennzeichnet werden (Verbraucherzentrale, 2022).

5. Handlungsempfehlungen

Um die Akzeptanz von Insekten als Nahrungsmittel in Deutschland zu erhöhen und insektenbasierte Lebensmittel in der deutschen Esskultur zu etablieren, gibt es mehrere Möglichkeiten. Vor allem besteht noch viel Forschungsbedarf, insbesondere bezüglich von Insekten ausgehender Gesundheitsrisiken, der Verwendung von organischen Abfällen als Futtermittel sowie des Tierwohls (BfR, 2016; Schlüter et al., 2016, S. 5; Verbraucherzentrale, 2021a, S. 16). Rechtliche Regelungen für die Verwendung von organischen Abfällen als Futtermittel könnten einen positiven Einfluss auf das Wachstum der Insektenproduktion in Europa haben und zudem vorteilhaft für die Umweltauswirkungen der Produktion sein (Umweltbundesamt, 2019, S. 93). Dafür sollten die Abfallströme in zuverlässig großen Mengen in konstanter Qualität verfügbar sein und keine gesundheitlichen Risiken darstellen (van Huis et al., 2021, S. 567).

Die deutsche Bevölkerung sollte über die Vorteile von Insekten als neuartiges Lebensmittel und ihre nachhaltige Produktion aufgeklärt werden (Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 192; Umweltbundesamt, 2019, S. 46). Neben den Medien können hier auch Bildungseinrichtungen und Supermärkte Informationen vermitteln (Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 193). Der Wissenstransfer kann dabei helfen, die Wahrnehmung von Insekten als Schädlinge abzuwenden und sie stattdessen als nachhaltige Ressource anzusehen sowie die Angst vor ihnen zu reduzieren (Kröger et al., 2022, S. 9-18). Besonders von Expert*innen und Wissenschaftler*innen gegebene Empfehlungen haben eine positive Auswirkung auf die Akzeptanz (Kröger et al., 2022, S. 11).

Die Lebensmittelindustrie kann dabei helfen, das Image von Speiseinsekten zu steigern. Wichtig ist, den Verbraucher*innen einen einfachen Zugang zu Insektenprodukten zu ermöglichen. Die Produkte müssen leicht in den Alltag integriert werden können, ausreichend verfügbar und bezahlbar sein sowie ansprechend gestaltet werden (Böhme & Adam, 2020, S. 71; FAO, 2013, S. 3). Durch clevere Marketingstrategien und eine stetige Präsenz von qualitativ hochwertigen Lebensmitteln aus Insekten in Restaurants und Supermärkten kann zu einer Normalität und Gewöhnung der Produkte beigetragen werden (Böhme & Adam, 2020, S. 71; Fiebelkorn, 2017, S. 110).

Positive Erlebnisse und Einstellungen sowie ein wiederholter Verzehr können dabei helfen, den Ekel und andere negative Emotionen gegenüber von Insekten abzulegen (Ullmann, 2020, S. 87). Eine Möglichkeit, der Abwehrhaltung beizukommen, sind Verkostungen auf Veranstaltungen, Messen, in Restaurants und Supermärkten (BzfE, 2021; Hartmann &

Siegrist, 2017, S. 48; Orsi et al., 2019, S. 5; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 192; Umweltbundesamt, 2019, S. 46). Neben der Optik sind vor allem der Geschmack und Geruch wichtige Faktoren, die zu einem regelmäßigen Konsum bestimmter Nahrungsmittel führen. Optimal ergänzt werden die Verkostungen durch eine anschließende Bewertung der verzehrten Produkte, damit Verbraucher*innen Verbesserungsmöglichkeiten geben können. Sobald sich mit dem Geschmack vertraut gemacht wurde, können Vorstellungen und Wünsche zu den entsprechenden Produkten eher geäußert werden, wodurch die Produkte für die Verbraucher*innen optimiert und angepasst werden können und somit eine Nachfrage entstehen kann (Böhme & Adam, 2020, S. 71). Sollten Produkte bei einer Verkostung schlecht schmecken, wird die Abneigung gegen Insekten zusätzlich verstärkt und die Wahrscheinlichkeit einer zweiten Verkostung sinkt (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 49).

Um den Einstieg in die Entomophagie zu erleichtern, sollten zu Beginn verarbeitete, also nicht mehr erkennbare Insekten verzehrt werden (BzFE, 2021; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 193; Umweltbundesamt, 2019, S. 46). Eine Zubereitung in vertrauten Gerichten oder mit bekannten Geschmäckern fördert die Akzeptanz von unbekanntem Lebensmitteln, da dadurch negative Geschmackserwartungen und Unsicherheiten gesenkt werden (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48; Kröger et al., 2022, S. 15; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 193; Umweltbundesamt, 2019, S. 46). Zudem sollten anfangs Insektenarten wie Heuschrecken oder Ameisen gewählt werden, die eher positiv gesehen werden und wenig Ekel hervorrufen (Fiebelkorn, 2017, S. 110; Umweltbundesamt, 2019, S. 46).

6. Diskussion

Im Zuge der Ermittlung der Ergebnisse stellte sich heraus, dass der Verzehr von Speiseinsekten mit einigen Potentialen und Problemen einhergeht. Auf der einen Seite sind Insekten als Lebensmittel bekannt (BfR, o. J., S. 7) und werden von einem Großteil der deutschen Bevölkerung nicht grundsätzlich abgelehnt (Böhme & Adam, 2020, S. 70). Die Akzeptanz der Entomophagie wird häufig durch wahrgenommene gesundheitliche Vorteile (Kröger et al., 2022, S. 16; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 193) und eine als gering eingeschätzte Umweltbelastung (Kröger et al., 2022, S. 16; Orsi et al., 2019, S. 5) positiv beeinflusst. Zusätzlich wird der Verzehr von Insekten als eine Möglichkeit zur Reduktion des Fleischkonsums gesehen (Verbraucherzentrale, 2020). Durch eine Vertrautheit mit Speiseinsekten und positive Geschmackserlebnisse (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48; Kröger et al., 2022, S. 9-12) und eine ansprechende Aufmachung der Produkte (Kröger et al., 2022, S. 14; van Huis, 2022, S. 169) wird die Akzeptanz weiter gefördert.

Die erkannten Vorteile der Bevölkerung Deutschlands decken sich mit dem bisherigen wissenschaftlichen Stand. So enthalten Insekten unter anderem viele Proteine (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 8; BfR, 2016; BzfE, 2021), Lipide (BfR, 2016; BzfE, 2021), einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren (BzfE, 2021; Verbraucherzentrale, 2022), Nährstoffe und Vitamine (BzfE, 2021; Imathiu, 2020, S. 3; Umweltbundesamt, 2019, S. 36; van Huis et al., 2021, S. 557-558), Ballaststoffe (BzfE, 2021; Imathiu, 2020, S. 3; Schlüter et al., 2016, S. 6) und bioaktive Stoffe (van Huis et al., 2021, S. 560). Der Gehalt ist dabei abhängig von verschiedenen Faktoren wie Futtermittel, Temperatur oder Verarbeitung (FAO, 2013, S. 1; Schlüter et al., 2016, S. 5; van Huis et al., 2021, S. 554-555). Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte werden von Insektenart, verwendeten Futtermitteln und dem Produktionsort beeinflusst (Umweltbundesamt, 2019, S. 72). Generell haben Insekten wenig Anspruch an Platz oder Umgebung (Verbraucherzentrale Hamburg, 2021) und weisen einen deutlich geringeren Landverbrauch auf als konventionelle Nutztiere (Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 11; van Huis, 2022, S. 165). Zudem müssen nur wenig Pestizide bei der Zucht eingesetzt werden (Imathiu, 2020, S. 4). Insekten können ihr Futter effizienter in wertvolle Nährstoffe umwandeln als konventionellen Nutztiere (BfR, 2016; Umweltbundesamt, 2019, S. 73-74) und können außerdem auf organischen Abfallströmen wie beispielsweise Lebensmittelabfällen, Nebenprodukten oder tierischen Abfällen gezüchtet werden (FAO, 2013, S. 1; van Huis, 2022, S. 166). Des Weiteren geben Insekten deutlich weniger Treibhausgase ab (FAO, 2013, S. 1; Fiebelkorn, 2017, S. 107; Umweltbundesamt, 2019, S. 74; Verbraucherzentrale Hamburg, 2021) und weisen einen deutlich geringeren Wasserbedarf und -verbrauch im Vergleich zu konventionellen Nutztieren vor (FAO, 2013, S. 1; Ordoñez-

Araque et al., 2022, S. 10-11; van Huis, 2022, S. 165; Verbraucherzentrale Hamburg, 2021). Außerdem ist ihr essbarer Anteil mit 80 bis 100 % sehr hoch (Umweltbundesamt, 2019, S. 77-78). Aufgrund der bereits genannten Potentiale können Speiseinsekten als ernährungsphysiologisch wertvolle, umweltfreundliche und nachhaltige Alternative zum Fleisch betrachtet werden (BfR, 2016; BzfE, 2021). Außerdem können sie als alternative tierische Proteinquelle zu Fleisch dienen (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 5; BzfE, 2021). So weisen einige Insektenarten einen deutlich höheren Energie-, Protein-, Fett- und Mikronährstoffgehalt auf als herkömmliche tierische Proteinquellen (Fiebelkorn, 2017, S. 106). Eine Kombination aus Insektenzucht und konventioneller Tierhaltung kann dafür sorgen, dass Ressourcen effizient genutzt bzw. geschont werden (Fiebelkorn, 2017, S. 107). Die Produktion von Insekten kann Arbeitsplätze und unternehmerische Möglichkeiten sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern schaffen und dabei helfen, den Lebensstandard insbesondere der letzteren zu verbessern (BzfE, 2021; FAO, 2013, S. 1; Imathiu, 2020, S. 3). So kann Deutschland andere Länder unterstützen. Außerdem verursachen Mangel- und Unterernährung (Lumanlan et al., 2022, S. 6322), eine unzureichende Nährstoffzufuhr (Lumanlan et al., 2022, S. 6322; van Huis et al., 2021, S. 558) sowie Übergewicht und Adipositas (Stull, 2021, S. 696) Gesundheitsprobleme und belasten die Gesundheitssysteme. Die Entomophagie könnte dazu beitragen, diese Probleme zu bekämpfen (Lumanlan et al., 2022, S. 6323; Stull, 2021, S. 696; van Huis et al., 2021, S. 558). So kann eine Anreicherung von Lebensmitteln mit Insektenmehl die Aufnahme von Mikronährstoffen verbessern und Mangelerscheinungen vorbeugen (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 2; Lumanlan et al., 2022, S. 6322).

Auf der anderen Seite hat ein Großteil der Bevölkerung Deutschlands noch keine Erfahrungen mit der Entomophagie gemacht (Ullmann 2020, S. 78). Subjektiv empfundene Risiken (BfR, o. J., S. 10; Kröger et al., 2022, S. 16; Umweltbundesamt, 2019, S. 45), Aspekte des Arten- und Umweltschutzes (Umweltbundesamt, 2019, S. 45), fehlende Gewohnheiten (BzfE, 2021; Umweltbundesamt, 2019, S. 45), negative emotionale Reaktionen (Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48; Kröger et al., 2022, S. 10; Orsi et al., 2019, S. 14; Ullmann & Fiebelkorn, 2019, S. 192), Unsicherheit über Geschmack, hohe Preise der Produkte sowie deren geringe Verfügbarkeit im Handel (Verbraucherzentrale, 2020) sprechen laut der betrachteten Studien gegen die Entomophagie. Auch diese genannten Aspekte decken sich zum Großteil mit den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnissen. Die Lebensmittelsicherheit bei Speiseinsekten wird vor allem durch ihre hohe Biodiversität, Fütterung, Verarbeitung und Lagerungsbedingungen beeinflusst (Acosta-Estrada et al., 2021, S. 14; Ordoñez-Araque et al., 2022, S. 9-10; Schlüter et al., 2016, S. 4). Deshalb ist die Einhaltung von Gesundheits- und Hygienevorschriften essenziell (Stull, 2021, S. 707). So kann der Verzehr von Insekten allergische Reaktionen auslösen, besonders

bei Personen mit Krustentier- und Hausstaubmilbenallergien (BzFE, 2021; Umweltbundesamt, 2019, S. 80; van Huis et al., 2021, S. 564). Die Wahrscheinlichkeit für Zoonosen ist gering, lässt sich aber nicht ausschließen. Gegenüber herkömmlichen Fleisch sind Insekten allerdings nicht risikobehafteter (FAO, 2013, S. 1-2; Verbraucherzentrale, 2022). Insekten können Bakterien (van Huis et al., 2021, S. 563), Mykotoxine (Imathiu, 2020, S. 5), Antinährstoffe (Imathiu, 2020, S. 6; van Huis et al., 2021, S. 564) oder Schwermetalle enthalten (Imathiu, 2020, S. 6), die sich wiederum akut und chronisch auf die Gesundheit der Menschen auswirken können. Bei der Zucht existieren bislang keine Regelungen für Hygiene- und Umweltmaßnahmen, Tierhaltung, Schlachtung und Zulassung von insektenverarbeitenden Betrieben (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 4). Unterschiede in der Biologie lassen vermuten, dass sich das Wohlbefinden der Insekten von den Wirbeltieren unterscheidet (Delvendahl et al., 2022, S. 4). Jedoch ist noch unklar, wie Angst oder Stress bei Insekten gemessen werden können (Delvendahl et al., 2022, S. 5). Zwar haben Insekten nach aktuellem Forschungsstand kein Schmerzempfinden wie Säugetiere, jedoch ist noch nicht geklärt, ob sich das Verständnis oder Bewusstsein von Schmerzen miteinander vergleichen lässt (Delvendahl et al., 2022, S. 5; Umweltbundesamt, 2019, S. 79; Verbraucherzentrale, 2022). Bei der Insektenzucht in gemäßigten Klimazonen wie Deutschland müssen Anlagen für einige Monate beheizt werden, um die notwendige Betriebstemperatur für Wachstum und Vermehrung der Insekten zu erreichen, wodurch viel Energie verbraucht wird (Oonincx & de Boer, 2012, S. 3; Verbraucherzentrale, 2022). Außerdem können eingeführte, nicht einheimische Insektenarten invasiv werden, auch bedingt durch die steigenden Temperaturen im Zuge des Klimawandels (Lourenço et al., 2022, S. 3). Der Verzehr von Insekten ist wie bereits erwähnt oftmals mit negativen Emotionen wie Fremdheit, Ekel oder auch Neophobie verbunden. Jedoch können sich Ernährungsmuster und -kulturen schnell verändern (FAO, 2013, S. 3). Vor allem die soziale und kulturelle Umgebung, in der Menschen aufwachsen und leben, hat einen großen Einfluss auf die Akzeptanz von Lebensmitteln. In der westlichen Welt besteht bislang wenig Vertrautheit mit oder auch Bedarf an dem Verzehr von Insekten (Böhme & Adam, 2020, S. 69; Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48). Mit als größtes Hindernis bei der Etablierung der Entomophagie ist der Ekel vor Insekten (FAO, 2013, S. 3; Hartmann & Siegrist, 2017, S. 48). Bei näherer Betrachtung einiger Insektenprodukte fallen laut Marktcheck der Verbraucherzentralen diverse Kennzeichnungsmängel auf. Beispielsweise fehlen häufig Hinweise auf mögliche Allergien, die durch den Verzehr von Speiseinsekten hervorgerufen werden können. Auch der Hinweis für eine notwendige Erhitzung oder anderweitig thermische Behandlung der Produkte fehlt bei der Mehrzahl der untersuchten Insektenprodukte (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 17). Außerdem wird zum Teil mit unzulässigen gesundheits- und nährwertbezogenen Angaben (Verbraucherzentrale, 2021a) oder mit Vitaminen und

Mineralstoffen geworben, deren tatsächlicher Gehalt aber nicht wie vorgeschrieben in der Nährwerttabelle aufgeführt wurde (Verbraucherzentrale, 2021b), geworben.

Die Vielzahl an ernährungsphysiologischen, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Potentialen sowie die grundsätzliche Offenheit der deutschen Bevölkerung machen deutlich, dass Insekten ein Nahrungsmittel mit Zukunft in Deutschland werden könnten. Dafür müssen alle rechtlichen und hygienischen Fragen geklärt werden (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 17). Ausführliche, unabhängige und transparente Studien zu gesundheitlichen Risiken, Hygiene und Krankheiten, Umweltfaktoren und Tierschutz sind notwendig. Zudem müssen Insektenprodukte ausreichend gekennzeichnet werden, insbesondere bezüglich Allergien und Zubereitung (Verbraucherzentrale, 2022). Der Großteil der Bevölkerung ist mit ausreichend Protein versorgt. Infolge der derzeit noch mangelhaften Akzeptanz lässt sich noch nicht absehen, ob Gruppen mit einem speziellen Bedarf wie Senioren oder vegan lebende Menschen Insekten als Proteinquelle nutzen würden. Zudem enthalten auch viele pflanzliche Lebensmittel hochwertiges Protein (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 16). Dennoch könnten Insekten eine sinnvolle Proteinquelle darstellen. Eine regionale, nachhaltige und umweltfreundliche Produktion scheint möglich zu sein (Verbraucherzentrale, 2021a, S. 17).

In Futtermitteln werden Insekten schon seit einiger Zeit eingesetzt, insbesondere um deren Proteinanteil zu erhöhen (Verbraucherzentrale, 2022). In Europa sind sie bislang nur in Fisch- und Haustierfutter zugelassen (Umweltbundesamt, 2019, S. 93). Insekten könnten als Alternative zu traditionellen Futtermitteln wie beispielsweise Soja oder Getreide dienen oder diese ergänzen (BfR, 2016; FAO, 2013, S. 2). In einigen Ländern, darunter China, Südafrika und Spanien, werden bestimmte Insekten bereits als Futtermittel für die Aquakultur und Geflügelzucht durch biologische Umwandlung von organischem Abfall gezüchtet (FAO, 2013, S. 2). Nur 27 % der Befragten des BfR sind gegen eine Verwendung von Insekten als Futtermittel für Tiere (BfR, o. J., S. 11).

Im Rahmen der Literaturrecherche wurde zunächst der Hintergrund für diese Arbeit untersucht. Dadurch sollte ein allgemeiner Überblick über Insekten als Nahrungsmittel für Menschen geschaffen werden und der jeweils aktuelle Forschungsstand dargestellt werden. Durch die unsystematische Vorgehensweise bei der Literatursuche können potentiell relevante Quellen ausgeschlossen worden sein, sodass ein vollständiger Überblick zu der jeweiligen Thematik nicht gewährleistet sein kann. Da Entomophagie vor allem in Deutschland und Europa noch nicht so lange bekannt ist, findet sich zum Teil wenig Literatur zu den betrachteten Themen. Durch den Mangel an umfassenden Publikationen kann der aktuelle Forschungsstand möglicherweise nur unvollständig wiedergegeben werden. Der Besuch einer

Insektenfarm hätte beispielsweise gute Einblicke in die Zucht, Haltung und Schlachtung der Speiseinsekten geben können. Zwar wurde eine Insektenfarm kontaktiert, diese hat jedoch bis zum Zeitpunkt der Abgabe der Arbeit nicht geantwortet. Eine selbst durchgeführte Marktanalyse hätte mitunter helfen können, den Markt aktuell darzustellen und die Produkte mit den gewonnenen Erkenntnissen aus dem Ergebnisteil zu vergleichen. Dies hätte jedoch den inhaltlich vorgegebenen Rahmen gesprengt. Zudem wird in den meisten Publikationen auf den mangelhaften Forschungsstand hingewiesen, sodass viele Aussagen noch nicht final bestätigt werden können. Die vorliegende Arbeit deckt somit nur einen Bereich des Forschungsbedarfs ab und kann keine eindeutige Aussage zum Potential von Speiseinsekten als Nahrungsmittel mit Zukunft für Deutschland geben.

Infolge der Änderungen durch das Inkrafttreten der Novel-Food-Verordnung 2018 und der damit einhergehenden Vielzahl neuer Publikationen erscheint eine Sichtung dieser aktuellen Publikationen sinnvoll, um das Potential von Speiseinsekten als Nahrungsmittel mit Zukunft für Deutschland zu betrachten. Eine systematische Literaturrecherche ließ sich deshalb einer selbstständig durchgeführten Studie vorziehen. Auf Basis der Hintergrundrecherche wurden hierfür Suchbegriffe festgelegt. Dabei lag der Fokus auf Speiseinsekten, deren Verzehr und Produkten im Zusammenhang mit deren Akzeptanz in Deutschland sowie mit Potentialen und Problemen. Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurden deshalb die Suchbegriffe so definiert, dass sie möglichst viele relevante Aspekte umfassen. Dadurch ergaben sich zum Teil hohe Trefferzahlen, insbesondere bei der Datenbank Livivo. Infolge der hohen Trefferzahlen wurde die Sichtung auf die jeweils ersten 50 Treffer eingegrenzt, sodass möglicherweise relevante Publikationen ausgeschlossen wurden. Deshalb ist die Beantwortung der Forschungsfrage im Fazit kritisch zu betrachten. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass eine repräsentative Anzahl an Publikationen gesichtet wurde, da jeweils die 50 relevantesten Treffer betrachtet und überprüft wurden. Durch die allgemein gehaltenen Suchbegriffe wurden zugleich auch viele unrelevante Publikationen für diese Arbeit aufgelistet. Vielleicht wurden auch potentiell relevante Publikationen ausgeschlossen, da Titel oder Abstract falsch interpretiert wurden. Durch die sorgfältige Überprüfung anhand der Ein- und Ausschlusskriterien sowie die zahlreichen Ergebnisse kann von einer validen Datengrundlage ausgegangen werden.

7. Fazit

Um den stetig steigenden Nahrungsbedarf der Weltbevölkerung auch in Zukunft decken zu können, müssen vorhandene Ressourcen vermehrt geschont sowie neue, alternative Nahrungsquellen gefunden werden. Zu diesen alternativen Nahrungsquellen zählen auch Speiseinsekten. Anhand der vorliegenden Ergebnisse wird das Potential von Speiseinsekten als Nahrungsmittel mit Zukunft in Deutschland deutlich. Die Akzeptanz in der deutschen Bevölkerung deckt sich mit den ermittelten Vorteilen. Keine der untersuchten Publikationen hat sich explizit mit dem Zukunftspotential der Insekten für Deutschland auseinandergesetzt. Jedoch wurden in allen Studien Potentiale für den menschlichen Verzehr aufgezeigt. Somit kann abschließend die Forschungsfrage beantwortet werden. Anhand der aufgezeigten Potentiale für Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft und soziale Unterstützung können Speiseinsekten ein Nahrungsmittel mit Zukunft für Deutschland sein.

Da bislang wenig Daten über relevante Gefahren beim Verzehr von Insekten vorliegen und nur wenige Studien über Krankheitserreger und Kontaminationen durchgeführt wurden, ist eine vollständige Risikobewertung zurzeit noch nicht möglich. Um die Probleme bei Insektenproduktion und -verzehr anzugehen und die Ablehnung der Bevölkerung Deutschlands zu senken, sind verbindliche Regelungen sowie weitere Forschung notwendig, vor allem bezüglich der Lebensmittelsicherheit, des Tierwohls und der Umwelt.

Eine Vielzahl der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Herausforderungen hinsichtlich der Lebensmittel und des Umweltschutzes könnte durch den Einsatz von Speiseinsekten als Nahrungsmittel bewältigt werden. Somit besteht die Möglichkeit, in naher Zukunft Nahrungsmittel auf Basis von essbaren Insekten in Deutschland vorzufinden. Ob Insekten in Deutschland regelmäßig in die Esskultur integriert werden, wird sich in den kommenden Jahren herausstellen. Noch bleibt offen, ob Insekten den Platz von Fleisch konventioneller Nutztiere wenigstens teilweise einnehmen können.

Literaturverzeichnis

- Acosta-Estrada, B. A., Reyes, A., Rosell, C. M., Rodrigo, D., & Ibarra-Herrera, C. C. (2021). Benefits and Challenges in the Incorporation of Insects in Food Products. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.687712>
- Berggren, Å., Jansson, A., & Low, M. (2019). Approaching Ecological Sustainability in the Emerging Insects-as-Food Industry. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(2), 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.11.005>
- Böhme, J., & Adam, Dr. S. (2020). Insekten als Nahrungsmittel in Deutschland – Potential für die Zukunft? *Ernährung im Fokus*, 1, 66–71. https://www.bzfe.de/fileadmin/resources/Oeffentlichkeitsarbeit/Service/5081_2020_eif_01_nachhaltigkeit.pdf
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2022). *Versorgungsbilanz Fleisch 2021: Pro-Kopf-Verzehr sinkt auf 55 Kilogramm*. https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/220330_Versorgungsbilanz-Fleisch.html
- Bundesinstitut für Risikobewertung. (o. J.). *Insekten als Lebens- und Futtermittel*. Abgerufen 3. November 2022, von <https://www.bfr.bund.de/cm/350/insekten-als-lebens-und-futtermittel.pdf>
- Bundesinstitut für Risikobewertung. (2016). *Insekten als Lebens- und Futtermittel—Nahrung der Zukunft?* https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2016/16/insekten_als_lebens__und_futtermitteli__nahrung_der_zukunft_-197550.html
- Bundeszentrum für Ernährung. (2021). *Essbare Insekten: Vom Exoten auf dem Weg zur alltäglichen Kost?* <https://www.bzfe.de/lebensmittel/trendlebensmittel/insekten/>
- Delvendahl, N., Rumpold, B. A., & Langen, N. (2022). Edible Insects as Food–Insect Welfare and Ethical Aspects from a Consumer Perspective. *Insects*, 13(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/insects13020121>
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung. (o. J.). *Referenzwerttabelle*. Abgerufen 7. Dezember 2022, von <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/tool/>
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung. (2017). *Wie viel Protein brauchen wir?* <https://www.dge.de/presse/pm/wie-viel-protein-brauchen-wir/>

Deutsches Lebensmittelbuch. (2015). *Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse*.

https://www.deutsche-lebensmittelbuch-kommission.de/fileadmin/Dokumente/leitsaetzefleisch_3.pdf

Europäisches Parlament und der Rat. (2008). *VERORDNUNG (EG) Nr. 178/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit*. [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20080325:de:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20080325:de:PDF](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20080325:de:PDF)

Europäisches Parlament und der Rat. (2011). *VERORDNUNG (EU) Nr. 1169/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2011 betreffend die Information der Verbraucher über Lebensmittel und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1924/2006 und (EG) Nr. 1925/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinie 87/250/EWG der Kommission, der Richtlinie 90/496/EWG des Rates, der Richtlinie 1999/10/EG der Kommission, der Richtlinie 2000/13/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2002/67/EG und 2008/5/EG der Kommission und der Verordnung (EG) Nr. 608/2004 der Kommission*. [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:de:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:de:PDF](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:de:PDF)

Europäisches Parlament und der Rat. (2015). *VERORDNUNG (EU) 2015/2283 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. November 2015 über neuartige Lebensmittel, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 1852/2001 der Kommission*. [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283&from=DA)

[lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283&from=DA](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283&from=DA)

Europäisches Parlament und der Rat. (2017). *DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2017/2469 DER KOMMISSION vom 20. Dezember 2017 zur Festlegung administrativer und wissenschaftlicher Anforderungen an die Anträge gemäß Artikel 10 der Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel*.

[https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2469&from=FR)

[lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2469&from=FR](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2469&from=FR)
Fiebelkorn, F. (o. J.). Entomophagie. Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft. *Biologie unserer Zeit*, 47(2), 104–110. <https://doi.org/10.1002/biuz.201710617>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Der Beitrag von Insekten zu Nahrungssicherung, Lebensunterhalt und Umwelt*. <https://www.fao.org/3/i3264g/i3264g.pdf>

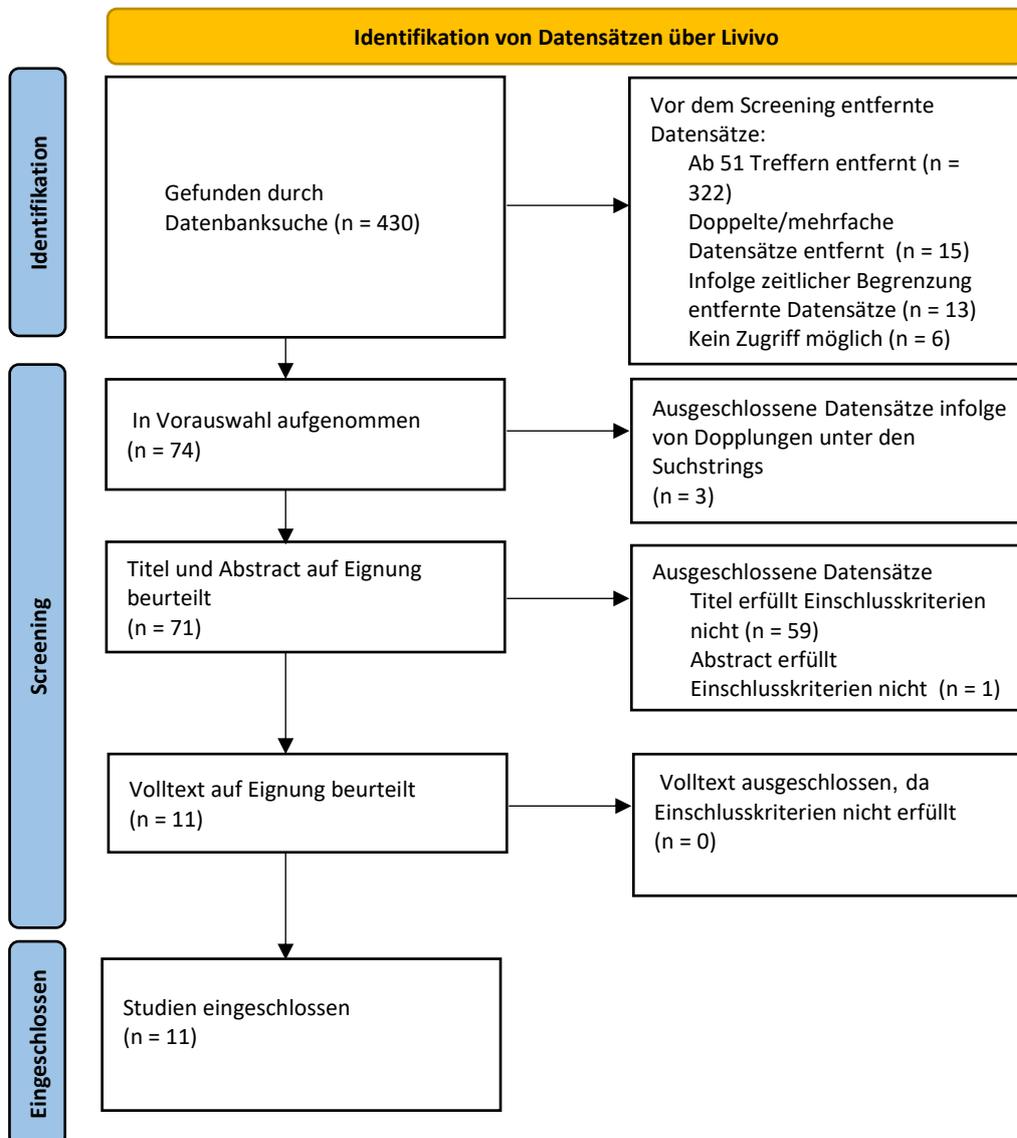
- Hartmann, C., & Siegrist, M. (2017). Insects as food: Perception and acceptance. *Ernaehrungs Umschau international*, 64(3), 44–50. <https://doi.org/10.4455/eu.2017.010>
- Heinrich-Böll-Stiftung. (2019). *Fleischatlas 2018. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel* (5. Aufl.). https://www.boell.de/sites/default/files/2019-10/fleischatlas_2018_V.pdf
- Heinrich-Böll-Stiftung. (2021). *Fleischatlas 2021. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel* (1. Aufl.). https://www.boell.de/sites/default/files/2021-01/Fleischatlas2021_0.pdf
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- Kröger, T., Dupont, J., Büsing, L., & Fiebelkorn, F. (2022). Acceptance of Insect-Based Food Products in Western Societies: A Systematic Review. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1–26. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.759885>
- Lourenço, F., Calado, R., Medina, I., & Ameixa, O. M. C. C. (2022). The Potential Impacts by the Invasion of Insects Reared to Feed Livestock and Pet Animals in Europe and Other Regions: A Critical Review. *Sustainability*, 14(10), 1–29. <https://doi.org/10.3390/su14106361>
- Lumanlan, J. C., Williams, M., & Jayasena, V. (2022). Edible insects: Environmentally friendly sustainable future food source. *International Journal of Food Science and Technology*, 57, 6317–6325. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16006>
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE*, 7(12), 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N., & Ramos-Guerrero, L. (2022). Edible Insects for Humans and Animals: Nutritional Composition and an Option for Mitigating Environmental Damage. *Insects*, 13(10), 1–13. <https://doi.org/10.3390/insects13100944>
- Orsi, L., Voegelé, L. L., & Stranieri, S. (2019). *Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany*. https://air.unimi.it/bitstream/2434/662858/8/2019_FRIN_ors_voe_str_air.pdf
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Pan, J., Xu, H., Cheng, Y., Mintah, B. K., Dabbour, M., Yang, F., Chen, W., Zhang, Z., Dai, C., He, R., & Ma, H. (2022). Recent Insight on Edible Insect Protein: Extraction, Functional Properties, Allergenicity, Bioactivity, and Applications. *Foods*, *11*(19), 1–21. <https://doi.org/10.3390/foods11192931>
- Schiel, L., Wind, C., Braun, P. G., & Koethe, M. (2020). Legal framework for the marketing of food insects in the European Union. *Ernaehrungs Umschau international*, *67*(4), 76–85. <https://doi.org/10.4455/eu.2020.015>
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jäger, H., Bandick, N., Kulling, S., Knorr, D., Steinberg, P., & Engel, K.-H. (2016). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, *61*(6), 1–14. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>
- Stull, V. J. (2021). Impacts of insect consumption on human health. *Journal of Insects as Food and Feed*, *7*(5), 695–713. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0115>
- Ullmann, L. M. (2020). *Akzeptanz von Insekten als Nahrungsmittel in Deutschland. Soziodemografische, ernährungs- und umweltpsychologische Einflussfaktoren*. Springer Spektrum. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-658-29721-3.pdf>
- Ullmann, L. M., & Fiebelkorn, F. (2019). Akzeptanz von Insekten als Nahrungsmittel in Deutschland – Eine quantitative Studie auf Grundlage der Theory of Planned Behavior und ernährungspsychologischer Einflussfaktoren. In H. Korn & H. Dünfelder (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt XVII Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt* (S. 190–193). <https://d-nb.info/1188728229/34#page=190>
- Umweltbundesamt. (2019). *Die Zukunft im Blick: Fleisch der Zukunft*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-25_trendanalyse_fleisch-der-zukunft_web_bf.pdf
- van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, *75*(3), 294–305. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
- van Huis, A. (2022). Edible insects: Challenges and prospects. *Entomological Research*, *52*, 161–177. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12582>
- van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., & Roos, N. (2021). Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. *Annual Review of Nutrition*, *41*, 551–576. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-041520-010856>

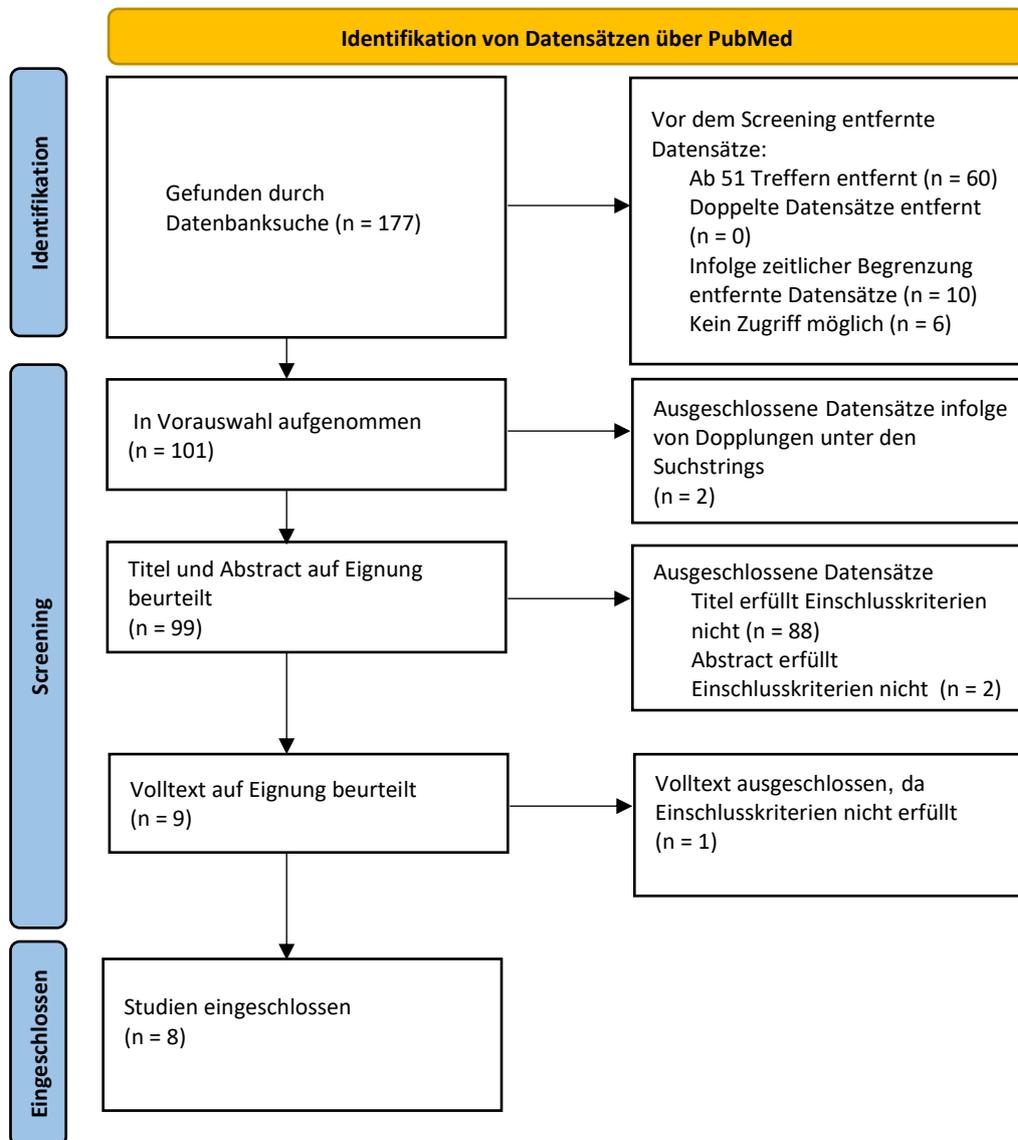
- Verbraucherzentrale. (2020). *Erwartungen und Einstellungen zum Verzehr von Insekten*.
https://www.verbraucherzentrale.de/sites/default/files/2021-02/Insekten_Umfrage_%28alle%20Grafiken%29.pdf
- Verbraucherzentrale. (2021a). *Insekten essen. Marktcheck der Verbraucherzentralen im stationären Handel*. <https://www.verbraucherzentrale.de/sites/default/files/2020-10/Marktcheck-Speiseinsekten-2020.pdf>
- Verbraucherzentrale. (2021b). *Lebensmittel mit Insekten: Marktcheck deckt fehlende Kennzeichnung auf*. <https://www.verbraucherzentrale.de/aktuelle-meldungen/lebensmittel/lebensmittel-mit-insekten-marktcheck-deckt-fehlende-kennzeichnung-auf-51871>
- Verbraucherzentrale. (2022). *Insekten essen: Eine Alternative zu herkömmlichem Fleisch?*
<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/auswaehlen-zubereiten-aufbewahren/insekten-essen-eine-alternative-zu-herkoemmllichem-fleisch-33101>
- Verbraucherzentrale Hamburg. (2021). *Insekten essen?*
<https://www.vzhh.de/themen/lebensmittel-ernaehrung/ernaehrungstrends/insekten-essen>
- von Elm, E., Schreiber, G., & Haupt, C. C. (2019). Methodische Anleitung für Scoping Reviews (JBI-Methodologie). *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 143, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2019.05.004>

Anhang

Anhang 1: Flow Chart der Rechercheergebnisse sowie Selektion in Livivo



Anhang 2: Flow Chart der Rechercheergebnisse sowie Selektion in PubMed



Die Flow Charts wurden in eigener Darstellung nach Page et al., 2021, S. 5 erstellt.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig erarbeitet und verfasst habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 23. Dezember 2022

