

Insekten – Nahrungsquelle der Zukunft?

Vorwissenschaftliche Arbeit

Eingereicht am BORG Lienz

Eingereicht von: Magdalena Köll
Klasse: 8M
Betreuerin: MMag. Maria Wendlinger

Matrei in Osttirol, den 16. Februar 2020

Abstract

Der kontinuierliche Anstieg der Weltbevölkerung fordert ein Umdenken in unserer heutigen Ernährungsweise. Um die problematische Ernährungssituation auf unserem Planeten zu bewältigen, wurde daher in den letzten Jahren vermehrt auf Insekten als Nahrungsmittel gesetzt.

Seit jeher bilden Insekten einen wichtigen Bestandteil der traditionellen Ernährung vieler Kulturen. Während sie vor allem in Entwicklungsländern seit Jahrtausenden ein alltägliches Nahrungsmittel sind, begegnet man dieser Vorstellung in westlichen Staaten hingegen überwiegend mit Abneigung.

Eine Ergänzung der menschlichen Ernährung mit Insekten weist jedoch viele gesundheitliche und ökologische Vorteile auf. Damit kann ein bedeutsamer Beitrag geleistet werden, unsere Ernährungsweise gesünder und nachhaltiger zu gestalten. Der Verzehr von Insekten bringt zwar auch gewisse Risiken mit sich, diese können jedoch mithilfe einer artgerechten Haltung und entsprechender Hygiene in der Zucht größtenteils eingedämmt werden.

Um die Grundlage für eine Nahrungsergänzung mittels Insekten zu gewährleisten, ist neben einer wachsenden gesellschaftlichen Akzeptanz natürlich auch die Expansion des Sektors der Insektenzucht notwendig. Diese wird vor allem von den gesetzlichen Regelungen in diesem Bereich abhängen, die voraussichtlich in nächster Zeit getroffen werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Entomophagie weltweit	7
2.1 Geschichtlicher Hintergrund	7
2.2 Globale Verbreitung	8
2.3 Gründe für Entomophagie	10
2.4 Kulturelle Unterschiede	11
2.5 Traditionelles Einsammeln	12
2.6 Zubereitung	12
3. Gesundheitliche Aspekte	14
3.1 Nährwerte	14
3.2 Gesundheitliche Risiken	19
3.2.1 Allergien	19
3.2.2 Chemische Gefahren	20
3.2.3 Mikroorganismen	21
3.2.4 Zoonosen	21
3.2.5 Andere Gefahren	22
4. Anzucht, Verarbeitung und Vermarktung	23
4.1 Industrielle Zucht	23
4.2 Private Zucht	25
4.3 Verarbeitung	25
4.3.1 Trocknen	25
4.3.2 Blanchieren	26
4.3.3 Extraktion	27
4.4 Lagerung und Haltbarkeit	28

4.5	Ökologische Aspekte	29
4.5.1	Treibhausgas- und Ammoniakemissionen	29
4.5.2	Futter	31
4.5.3	Wasser-, Platz- und Energieverbrauch.....	31
4.6	Rechtsgrundlage	32
4.6.1	Novel-Food-Verordnung.....	32
4.6.2	Tierschutz	34
5.	Schluss.....	36
6.	Quellenverzeichnis	38
	Abbildungsverzeichnis	
	Glossar	

1. Einleitung

Einem bekannten Sprichwort nach hält Essen und Trinken Leib und Seele zusammen. Was und wie gegessen wird, ist von Kultur zu Kultur verschieden. Aber egal, an welchem Ort wir leben, bildet unsere Ernährung einen wichtigen Bestandteil unseres Alltags.

Doch leider wirft dieses Thema auch viele Probleme auf. Weltweit leiden über 820 Millionen Menschen an Hunger, während gleichzeitig 40 Millionen Unter-Fünfjährige fettleibig oder übergewichtig sind (Golser, 2019, S. 3). Sei es Mangel- und Unterernährung in Entwicklungsländern oder Übergewicht und Fettleibigkeit in Industriestaaten, die derzeitige Ernährungssituation erfordert eindeutig Verbesserungsbedarf.

Zudem wird die Weltbevölkerung bis 2050 voraussichtlich die 10-Milliarden-Grenze überschreiten (Berner zitiert nach Mair, 2019, S. 24), was zusätzlichen Druck auf die Ernährungssituation ausübt. Ein weiteres Problem sind die ökologischen Schwierigkeiten, mit denen unser Planet seit einigen Jahren zunehmend zu kämpfen hat. Daher sollte sich die zukünftige Nahrungsmittelproduktion auch möglichst umweltfreundlich und nachhaltig gestalten.

Aufgrund der Problematik, welche die aktuelle Ernährungssituation aufwirft, haben in den letzten Jahren zahlreiche Wissenschaftler und Organisationen die Ergänzung der menschlichen Ernährung mit Insekten angepriesen. Im Rahmen dieser Vorwissenschaftlichen Arbeit soll nun analysiert werden, in welchem Ausmaß Insekten wirklich zu einer gesunden und nachhaltigen Ernährung beitragen können.

Der menschliche Verzehr von Insekten wird im Fachbegriff als *Entomophagie* bezeichnet und wird tatsächlich in vielen Kulturen schon seit Jahrtausenden praktiziert. Das zweite Kapitel befasst sich daher mit den geschichtlichen, geographischen und kulturellen Aspekten dieses Themas und erläutert insbesondere, warum Entomophagie beim Großteil der westlichen Bevölkerung Abneigung auslöst.

Ebenfalls beschäftigt sich diese Arbeit mit den gesundheitlichen Chancen und Risiken, welche eine Nahrungsergänzung mit Insekten mit sich bringt. Dabei wird

im dritten Kapitel eine Übersicht über die Nährwerte von Insekten gegeben und außerdem erörtert, inwiefern Entomophagie einen schädlichen Einfluss auf die Gesundheit haben kann.

Da sich in den letzten Jahren in Europa zunehmend Unternehmen etabliert haben, die Insekten für den menschlichen Verzehr produzieren, wird im letzten Kapitel auf die Anzucht, die Verarbeitung und die Vermarktung eingegangen. Unter anderem wird gezeigt, durch welche ökologischen Vorteile sich die Insektenzucht gegenüber der Erzeugung anderer tierischer Proteine hervorhebt. Ebenso ist die Frage nach den rechtlichen Grundlagen nicht unbedeutend und bildet somit den abschließenden Teil dieser Arbeit.

2. Entomophagie weltweit

2.1 Geschichtlicher Hintergrund

Insekten sind schon seit Jahrtausenden Bestandteil der traditionellen Ernährung vieler Menschen (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen [FAO], 2013, S. 1). Wie genau Insekten den Weg in die menschliche Ernährung gefunden haben, kann aber nicht gesagt werden (FAO, 2010, S. 5). Man nimmt jedoch an, dass die ersten Anfänge der Entomophagie mit dem Ernten von Früchten zusammenhängen. Diese Vermutung beruht auf der Tatsache, dass Primaten – die nächsten Verwandten der Menschen – Insekten essen, während sie auf der Suche nach Früchten sind. (S. 27)

Auf allen Kontinenten – außer der Antarktis – kann nachgewiesen werden, dass Entomophagie existiert hat oder es noch tut. Allerdings hat sie sich in Europa auf die südlicheren Regionen beschränkt und ist dort im Laufe der Zeit auch wieder fast bis gänzlich verschwunden. (S. 41)

Ramos-Elorduy gibt an, dass die Anfänge der Entomophagie bis in die Steinzeit zurückreichen. Dafür gibt es zahlreiche Beweise, die bis heute in Form von Bildern, Skulpturen und Totems überlebt haben. (2009, S. 276) Frühe Nachweise lassen sich außerdem in der Bibel, im Koran und in der heiligen jüdischen Schrift finden (FAO, 2013, S. 40-41). Im Nahen Osten und in China datieren die frühesten Aufzeichnungen aus dem zweiten und ersten Jahrtausend vor Christus (FAO, 2010, S. 41). Insekten waren damals in China nicht nur ein Lebensmittel der ärmeren Bevölkerung, sondern wurden manchmal auch als Anerkennung dem König oder hohen Beamten geschenkt (S. 85). Außerdem wird vermutet, dass die Azteken in Mesoamerika Insekten als eine ihrer Hauptproteinquellen verzehrten (FAO, 2013, S. 37).

Der erste Hinweis auf Entomophagie in Europa – nämlich im antiken Griechenland – lässt sich in Aristoteles Werk *Historia Animalium* finden. Darüber hinaus existieren weitere Belege im antiken Rom. Diodorus von Sizilien führt in seinen Werken an, dass die Bewohner von Äthiopien Heuschrecken und Grillen verspeisen, und auch der römische Naturphilosoph und Naturalist Plinius der Ältere spricht in seiner Enzyklopädie *Historia Naturalis* von diesem Thema. Er berichtet

von einem Gericht namens *Cossus*, das von den Römern sehr begehrt wurde und aus den Larven des Großen Eichenbocks bestand. (S. 41) Des Weiteren war vor etwa 200 Jahren die Maikäfersuppe ein bekanntes Gericht in Deutschland (Halloran, Flore, Vantomme & Roos, 2018, S. 338).

2.2 Globale Verbreitung

Für mehr als 3000 ethnische Gruppen in 113 Staaten zählen Insekten zur alltäglichen Ernährung (Bundesministerium für Gesundheit [BMG], 2016, S. 42). Sie sind Bestandteil der traditionellen Ernährung von mindestens zwei Milliarden Menschen auf der ganzen Welt (Bernard & Womeni, 2017, S. 234). Jongema gibt an, dass es weltweit über 2100 essbare Insektenarten gibt (2017).

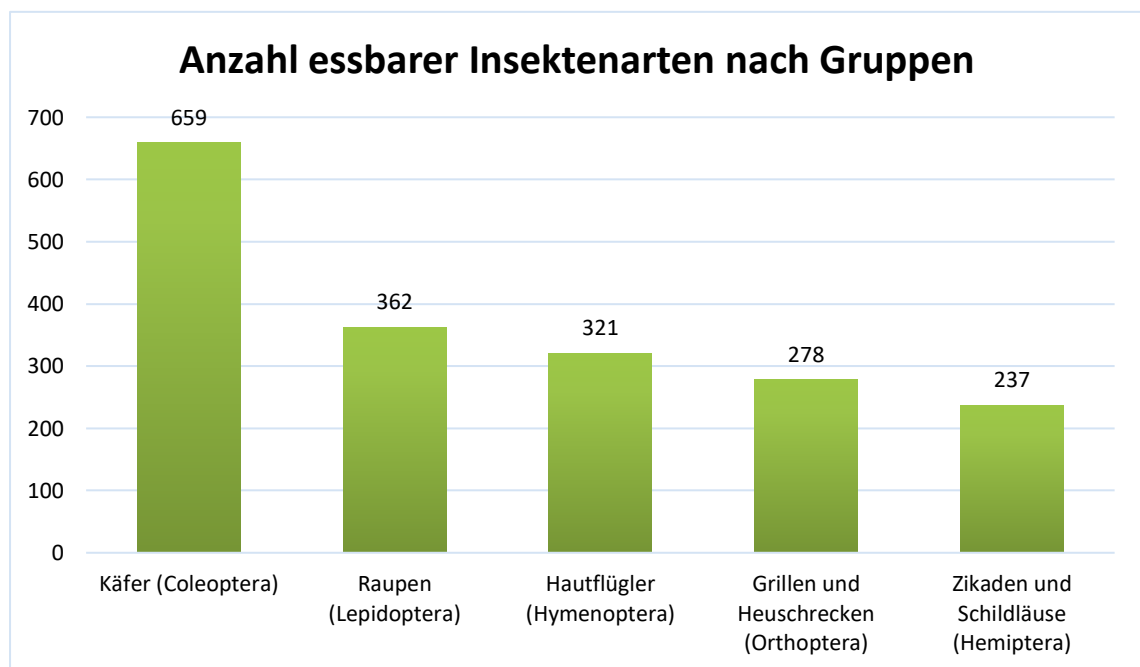


Abb. 1: Anzahl essbarer Insektenarten nach Gruppen

Wie man in Abbildung 1 erkennen kann, ist die größte Gruppe der essbaren Insekten die der Käfer. Etwa halb so viele essbare Arten haben die Raupen und Hautflügler vorzuweisen. Zwischen 200 und 300 essbare Arten gibt es innerhalb der Gruppe der Grillen und Heuschrecken und der Zikaden und Schildläuse. (Jongema, 2017)

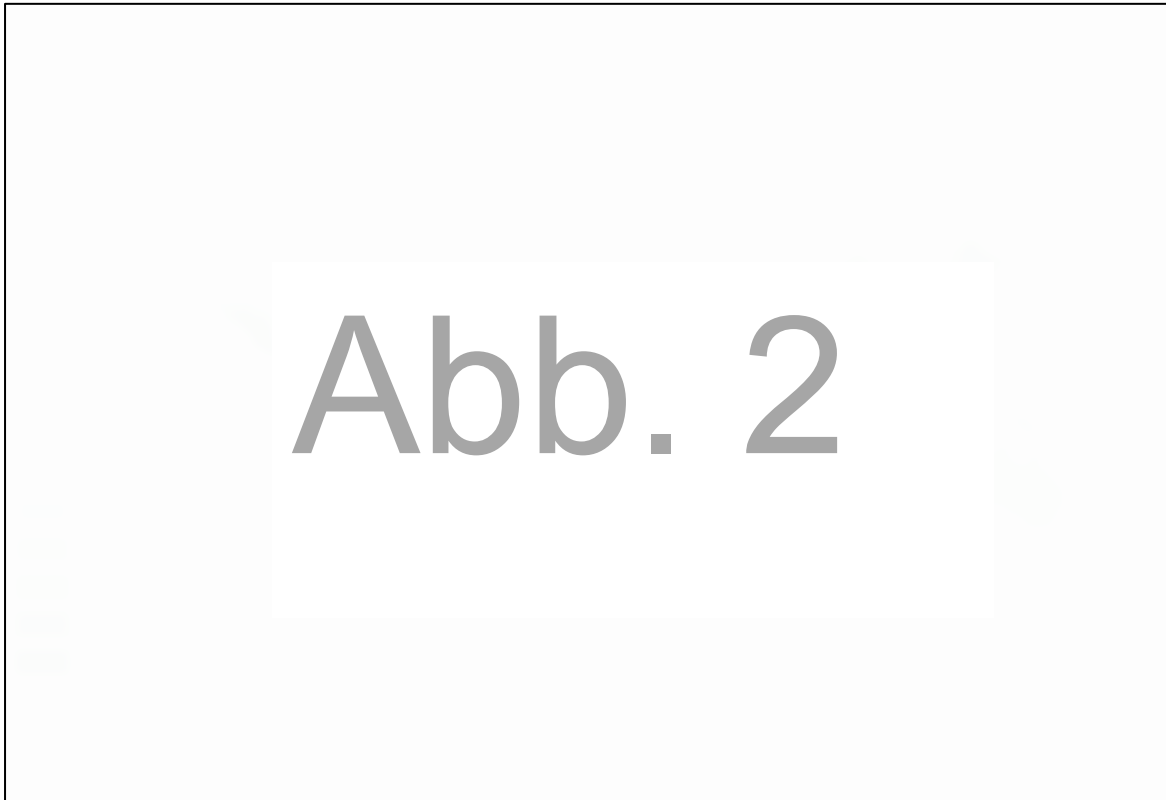


Abb. 2: Weltweite Verbreitung essbarer Insektenarten

In Abbildung 2 ist ersichtlich, dass die meisten Insektenarten in den Kontinenten Nordamerika, Südamerika, Afrika und Asien gegessen werden. Außerdem kann abgelesen werden, dass Insekten hauptsächlich in Staaten verzehrt werden, die in den tropischen Klimazonen der Erde liegen. Einige wenige Ausnahmen, in denen Entomophagie trotz des gemäßigten Klimas weit verbreitet ist, sind China, Japan und Mexiko. (ebd.)

Dass Insekten vor allem in den Tropen gegessen werden, hat mehrere Gründe, so die FAO. Einerseits sind Insekten in tropischen Gebieten tendenziell größer und dadurch leichter einzusammeln. Andererseits sind sie in den Tropen aufgrund der konstanten Temperaturen das ganze Jahr über verbreitet, während sie in kälteren Regionen nur in den Sommermonaten anzutreffen sind. (2013, S. 36-37) Das BMG ergänzt, dass außerdem das fehlende Vorkommen von großen Säugetieren wie Rindern und Schweinen in den Tropen ein weiterer Grund sein kann (2016, S. 42).

Die FAO macht allerdings darauf aufmerksam, dass Entomophagie heutzutage auch in den tropischen Gebieten immer mehr abnimmt. Dieser Bestandteil vieler

traditioneller Kulturen wird von der Modernisierung und dem immer stärker werdenden Einfluss der westlichen Gesellschaft verdrängt. (2010, S. 3) Dazu kommt, dass viele umweltbezogene Faktoren – wie zum Beispiel Umweltverschmutzung, Abholzungen und Waldbrände – die Verfügbarkeit von Insekten deutlich eindämmen. Sicher ist, dass der Klimawandel auch in Zukunft die Verfügbarkeit essbarer Insekten in freier Wildbahn noch mehr einschränken wird. (FAO, 2013, S. xiii-xiv)

Die FAO betont in ihrem Bericht, wie wichtig es ist, die Tradition der Entomophagie in tropischen Ländern zu erhalten und sie dort zu fördern, wo Nahrungssicherheit nicht immer gewährleistet ist. Außerdem sind Strategien gefragt, die helfen, Insekten als Nahrungsmittel auch in Industriestaaten zu verbreiten. (2013, S. 141)

2.3 Gründe für Entomophagie

Insekten werden weltweit aus unterschiedlichen Gründen konsumiert. Sie sind in Teilen Afrikas, Asiens und Lateinamerikas eine regelmäßige Nahrungsquelle oder sogar eine Delikatesse (FAO, 2010, S. 202; FAO, 2013, S. 76). In ländlichen und ärmeren Regionen werden sie aber auch in Notlagen verzehrt (Gates, 18.03.2013, 32:55-42:32). Des Weiteren werden Insekten in rituellen oder medizinischen Zusammenhängen verwendet (FAO, 2010, S. 202). Allerdings betont van Huis, dass es oftmals schwierig ist, zwischen tatsächlich wirksamen medizinischem Gebrauch und Aberglauben zu unterscheiden. Wenn nämlich beispielsweise dichtbehaarte Raupen verspeist werden, um Glatzen zu vermeiden, kann das auch auf die *Signaturenlehre*¹ zurückzuführen sein. (2018, S. 206)

Ramos-Elorduy erklärt, dass Insekten in Mexiko außerdem als ein Symbol für Stärke, Energie und Spiritualität gesehen und daher gegessen werden. Manchmal wurden Insekten sogar als heilige Objekte anerkannt. So zum Beispiel der heilige Käfer *Ateuches sacer* in Ägypten oder die Wanzenart *Edessa cordifera* in Mexiko. Letzterer wird von den dortigen Einwohnern die Eigenschaft zugeschrieben, die Region zu beschützen und direkt mit Gott kommunizieren zu können. Im

¹ Die Signaturenlehre besagt, dass äußerliche Merkmale in der Natur – zum Beispiel Formen oder Farben – Hinweise darauf geben, welche Krankheiten mit welchen Mitteln geheilt werden können („Signaturenlehre“, 1999).

Hinduismus wiederum wird die Biene *Apis laboriosa* als das einzige Tier angesehen, das mit Gott kommunizieren kann. (2009, S. 275)

Obgleich Insekten in der westlichen Welt nicht als Nahrungsmittel angesehen und einer eher primitiven und mittellosen Lebensweise zugeschrieben werden, beweist eine Umfrage in Thailand, dass viele Einwohner Insekten sogar anderen Lebensmitteln vorziehen. Drei Viertel der Befragten gaben an, Insekten zu essen, weil sie lecker schmeckten und eine gute Zwischenmahlzeit seien. Hingegen konsumiert nur jeder Fünfte Insekten, weil sie eine leicht verfügbare Nahrungsquelle sind. (FAO, 2010, S. 174)

2.4 Kulturelle Unterschiede

Während also Entomophagie in den tropischen Regionen der Welt stark ausgeprägt ist, begegnen ihr viele Menschen in westlichen Ländern mit Ekel und sehen Insekten nicht als genießbares Lebensmittel an. Am ehesten sind in der westlichen Gesellschaft junge Personen mit einem höheren Bildungsniveau dazu bereit, Insekten zu probieren (Melgar-Lalanne, Hernández-Álvarez & Salinas-Castro, 2019, S. 1167).

Die FAO hebt in diesem Zusammenhang hervor, dass – anders als bei anderen grundlegenden menschlichen Emotionen – die Ursprünge des Ekelgefühls in der jeweiligen Kultur liegen, in der ein Mensch aufgewachsen ist. Kultur und Essgewohnheiten liegen nah beieinander. Die Ablehnung der westlichen Gesellschaft gegenüber Entomophagie ist also kulturell zu begründen. (2013, S. 35-36) Auch die Tatsache, dass Insekten von der westlichen Bevölkerung allgemein als Schädlinge betrachtet werden, die Ernten und Nahrungsmittel zerstören, kann einen Teil zum Widerwillen gegenüber Entomophagie beitragen (BMG, 2016, S. 45-46).

Nichtsdestotrotz schätzt das BMG die Möglichkeit, Insekten in die alltägliche Ernährung der westlichen Bevölkerung zu integrieren, als nicht unrealistisch ein, da auch Meeresfrüchte wie Shrimps oder Weichtiere wie Schnecken einen Teil der westlichen Ernährung bilden. Nicht nur optisch, sondern auch zoologisch unterscheiden sich diese Tiere nicht wesentlich von Insekten. (S. 46) Auch die FAO betont, dass sich in einer globalisierten Welt Essgewohnheiten schnell ändern

und anpassen können (2013, S. 59). Laut Yen kann der Abneigung gegenüber essbaren Insekten am besten durch Bildung und Aufklärung entgegengewirkt werden (2009, S. 294).

2.5 Traditionelles Einsammeln

In Entwicklungsländern werden die meisten Insekten schlicht und einfach mit der Hand oder mithilfe von simplen Werkzeugen wie Netzen, Äxten, Schaufeln, Spaten und Klingen gesammelt (Ramos-Elorduy, 2009, S. 277; Gates, 18.03.2013, 10:50-51:35; FAO, 2013, S. 136). Das Einsammeln übernehmen vorwiegend Frauen und Kinder (Bernard & Womeni, 2017, S. 238).

Van Huis beschreibt einige Methoden zum Sammeln von Insekten genauer. Eine gängige Vorgehensweise ist es, Lichtquellen zu verwenden, von denen die Insekten angezogen werden. Oft wird ein Gefäß mit Wasser unter der Lichtquelle angebracht, in das die Insekten hineinfallen. Ebenso wird mithilfe von Geräuschen gearbeitet. Zum Beispiel wird beim Sammeln von Termiten mit einem Stein auf den Boden geklopft, um Regen zu simulieren. Das veranlasst die Termiten dazu, an die Erdoberfläche zu kommen, wo sie dann eingesammelt werden können. In Afrika erkennen Frauen anhand von Geräuschen im Baumstamm, ob sich der Sagowurm – die Larve einer bestimmten Rüsselkäferart – schon weit genug entwickelt hat, um gegessen zu werden. (2018, S. 201)

Manchmal werden Insekten auch direkt aus den Nestern eingesammelt. Eine Methode bei Termiten ist es, Grashalme in ein Loch des Termitenhügels zu stecken, in welche die Tiere dann hineinbeißen. So können sie ohne Probleme an den Halmen herausgezogen und in einer Schüssel gesammelt werden. (S. 202)

Ein nützliches Hilfsmittel für höhergelegene Insektennester auf Bäumen ist ein langer Stock, an dessen Ende ein Kescher angebracht ist. Wird mit dem Stock in das Nest hineingestochen, fallen die Insekten heraus und direkt in den Kescher hinein. (Gates, 18.03.2013, 48:02-50:40)

2.6 Zubereitung

Vor der Zubereitung ist es wichtig, darauf zu achten, dass manche Insektenarten vorbehandelt werden müssen. Nicht nur das gründliche Waschen, sondern auch

die Entfernung ungenießbarer Teile – wie zum Beispiel der Flügel oder des Darms – darf nicht vergessen werden. (Halloran et al., 2018, S. 96)

Insekten können sehr vielfältig zubereitet werden. Sie können gekocht, gedämpft, gedünstet, gebraten oder geröstet werden. Danach hat man die Möglichkeit, sie entweder nur noch zu salzen und als Ganzes zu servieren oder sie zum Beispiel zu Salaten oder Chutneys weiterzuverarbeiten. (BMG, 2016, S. 42; Halloran et al., 2018, S. 97) In Entwicklungsländern werden Insekten überwiegend als Ganzes auf Straßenmärkten angeboten (Ramos-Elorduy, 2009, S. 277).

3. Gesundheitliche Aspekte

3.1 Nährwerte

Aufgrund der Vielfalt an Insektenarten ist es schwierig, allgemeine Aussagen über die Nährwertzusammensetzung zu machen. Diese ist allerdings nicht nur von der Insektenart, sondern auch vom Entwicklungsstadium, dem Lebensraum und dem Futter sowie von der Verarbeitung und der Zubereitung abhängig. (Bernard & Womeni, 2017, S. 239)

Dieses Kapitel soll trotzdem eine Übersicht über die Nährwerte von Insekten geben. Als Datengrundlage dient dazu der 2013 von Rumpold und Schlüter verfasste Bericht *Nutritional composition and safety aspects of edible insects*, in dem die Nährwerte von 236 Insektenarten in verschiedenen Entwicklungsstadien dokumentiert und nach Gruppen sortiert sind. Die Durchschnittswerte, die sich für die fünf am häufigsten verzehrten Gruppen ergeben, sind in Abbildung 3 angegeben.

Des Weiteren ist ersichtlich, wie viel Prozent des täglichen Nährwertbedarfs mit diesen Werten gedeckt sind. Als Basis werden hierfür die gemeinsamen *Referenzmengen*² [RM] der österreichischen, deutschen und schweizerischen Gesellschaften für Ernährung verwendet. Bei den Referenzmengen handelt es sich – sofern eine Unterscheidung erforderlich ist – um jene für Frauen im Alter von 25 bis 51 Jahren. (Schweizerische Gesellschaft für Ernährung [SGE], 2015)

Die Angaben in Abbildung 3 zeigen, dass Insekten größtenteils aus Proteinen bestehen. Besonders Grillen und Heuschrecken haben mit durchschnittlich 61,3 g pro 100 g Trockenmasse einen übermäßig großen Anteil an Proteinen. Aber auch bei den anderen Gruppen ist der Proteingehalt mit 40,7 g bis 48,3 g sehr hoch. Rumpold und Schlüter geben zudem an, dass Insekten einen sehr gesundheitsfördernden Gehalt an essenziellen Aminosäuren vorweisen (2013, S. 811). Der Proteinanteil ist im ausgewachsenen Stadium höher und wird durch das Futter beeinflusst (Manhartseder, 2014, S. 8).

² Referenzmengen sind „Empfehlungen, Schätzwerte und Richtwerte“ für die Zufuhr von Nährstoffen (SGE, 2015).

100 g Trockenmasse enthalten durchschnittlich:

	Coleoptera <i>Käfer</i>		Lepidoptera <i>Raupen</i>		Hymenoptera <i>Hautflügler</i>		Orthoptera <i>Grillen & Heuschrecken</i>		Hemiptera <i>Zikaden & Schildläuse</i>	
		% der RM		% der RM		% der RM		% der RM		% der RM
Energie	490,3 kcal	23,3%	508,9 kcal	24,2%	484,5 kcal	23,1%	426,3 kcal	20,3%	479,0 kcal	22,8%
Fett	33,4 g	49,3%	27,7 g	40,8%	25,1 g	37,0%	13,4 g	19,8%	30,3 g	44,7%
<i>davon gesättigte Fettsäuren</i>	12,9 g	x	10,3 g	x	7,5 g	x	4,3 g	x	13,3 g	x
Kohlenhydrate	13,2 g	5,3%	18,8 g	7,5%	20,3 g	8,1%	12,9 g	5,2%	6,1 g	2,4%
Ballaststoffe	10,7 g	35,8%	6,6 g	22,0%	5,7 g	19,0%	9,6 g	31,8%	12,4 g	41,3%
Proteine	40,7 g	84,8%	45,3 g	94,5%	46,5 g	96,8%	61,3 g	127,8%	48,3 g	100,7%
<i>davon essenzielle Aminosäuren</i>	13,5 g	x	15,2 g	x	16,9 g	x	20,1 g	x	12,1 g	x

Abb. 3: Nährwerte

Der durchschnittliche Fettgehalt liegt in Insekten zwischen 25,1 g und 33,4 g und bildet somit den zweitgrößten Anteil. Nur Grillen und Heuschrecken haben mit 13,4 g einen relativ geringen Fettgehalt. Der Anteil an gesättigten Fettsäuren liegt zwischen 4,3 g und 13,2 g. Mlcek, Rop, Borkovcova und Bednarova erläutern, dass der Fettgehalt im Larven- und Puppenstadium eines Insekts in der Regel größer als im ausgewachsenen Stadium ist. Zudem enthalten Weibchen mehr Fett als Männchen. Der Gehalt an essenziellen Fettsäuren, welcher weitgehend vom Futter abhängt, ist im Vergleich mit anderen tierischen Fetten höher. (2014, S. 150)

Insekten enthalten die einfach ungesättigte Ölsäure, die zweifach ungesättigte Linolsäure und die dreifach ungesättigte Linolensäure. Abbildung 4 vergleicht den Anteil dieser essenziellen Fettsäuren in den Insektenarten Mehlwürmer, Heimchen, Rüsselkäfer und Seidenraupen mit jenem der konventionellen Nutztiere Hühner, Schweine und Rinder.

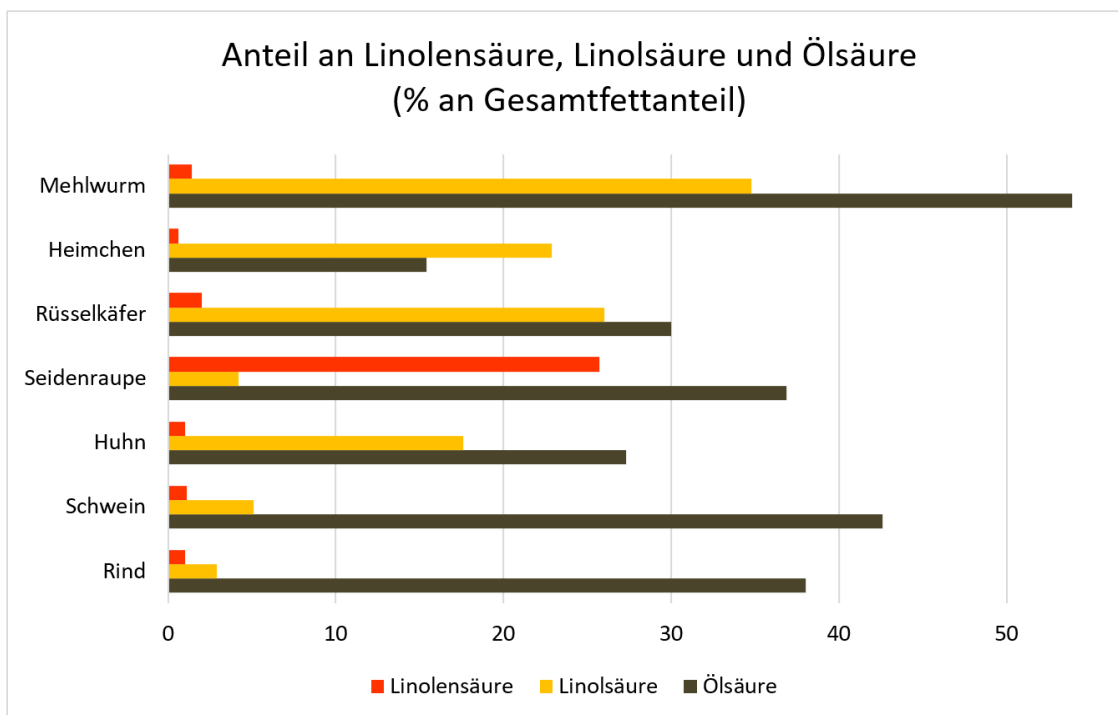


Abb. 4: Anteil an Linolensäure, Linolsäure und Ölsäure

Alle Insektenarten – mit Ausnahme der Seidenraupen – beinhalten mehr Linolensäure als die konventionellen Nutztiere. Seidenraupen stechen dafür mit einem übermäßig hohen Gehalt an Linolensäure hervor, während Mehlwürmer den größten Anteil an Ölsäure vorweisen. (Fiebelkorn, 2017, S. 108)

Insekten enthalten des Weiteren einen wesentlichen Gehalt an Ballaststoffen, welcher zwischen 5,7 g und 12,4 g liegt. Die am häufigsten vorkommende Art der Ballaststoffe in Insekten ist *Chitin*³, aus dem ungefähr die Hälfte ihres *Exoskeletts*⁴ besteht (Halloran et al., 2018, S. 344). Da Chitin der pflanzlichen Cellulose sehr ähnlich ist, wird es oft als unverdaulich angesehen. Jedoch wurde in den menschlichen Magensäften das Enzym *Chitinase* gefunden, das für die Verdauung von Chitin verantwortlich ist. Allerdings ist die Chitinase-Aktivität in westlichen Staaten – in denen Chitin in der Ernährung fast keine Rolle spielt – niedriger als in tropischen Ländern. (FAO, 2013, S. 74; FAO, 2010, S. 209; Rumpold & Schlüter, 2013, S. 820)

Chitin kann sogar positive Effekte auf die Gesundheit haben. Van Huis erläutert, dass sich Chitin und seine *Derivate*⁵ positiv auf Asthma oder andere Lungenerkrankungen auswirken (2018, S. 207). Chitin trägt außerdem dazu bei, den *Cholesterinwert*⁶ zu senken (Bernard & Womeni, 2017, S. 242) und das Immunsystem zu stärken (BMG, 2016, S. 43). Wird es allerdings in großen Mengen verzehrt, kann es zu Ansammlungen im Dickdarm und dadurch zu Verdauungsproblemen kommen (Macher, 2016, S. 58).

Des Weiteren sind Insekten reich an Riboflavin/Vitamin B2, Pantothenensäure/Vitamin B5 und Biotin/Vitamin B7. Die Gruppen Orthoptera und Coleoptera enthalten zudem Folsäure/Vitamin B9. Niedrigere Werte ergeben sich für Vitamin A, Vitamin C, Vitamin E, Niacin/Vitamin B3 und Thiamin/Vitamin B1. Rumpold und Schlüter schlussfolgern, dass essbare Insekten eine gute Vitaminquelle sein können, aber spezifisch ausgewählt werden müssen, um gewünschte Vitamine zu erhalten. (2013, S. 817)

³ Chitin ist ein stickstoffhaltiger Mehrfachzucker, aus dem das Exoskelett der Insekten hauptsächlich besteht („Chitin“, 1999).

⁴ Das Exoskelett ist ein Außenskelett, das den Körper der Insekten umschließt („Exoskelett“, 2020).

⁵ Entsteht aus einer chemischen Verbindung heraus eine andere chemische Verbindung, so nennt man diese ein Derivat („Derivat“, 2020).

⁶ Cholesterin ist eine wichtige Kohlenstoffverbindung, die in allen tierischen Geweben vorkommt („Cholesterin“, 2020).

Im Hinblick auf Mineralstoffe enthalten Insekten für gewöhnlich relativ wenig Calcium, Kalium und Natrium, dafür aber viel Phosphor. Manche Arten sind zudem reich an Magnesium, Eisen und Kalzium. Als besonders reich an Zink gelten Arten aus der Gruppe der Grillen und Heuschrecken. Außerdem sind Insekten eine gute Mangan- und Kupferquelle. (ebd.) Der Mineralstoffgehalt in Insekten ist höher, wenn sie mit mineralstoffreichem Futter gefüttert werden (Mlcek et al., 2014, S. 151).

In Abbildung 5 wird der Mineralstoffgehalt ausgewählter Insektenarten mit jenem von Hühnern, Schweinen und Rindern verglichen.

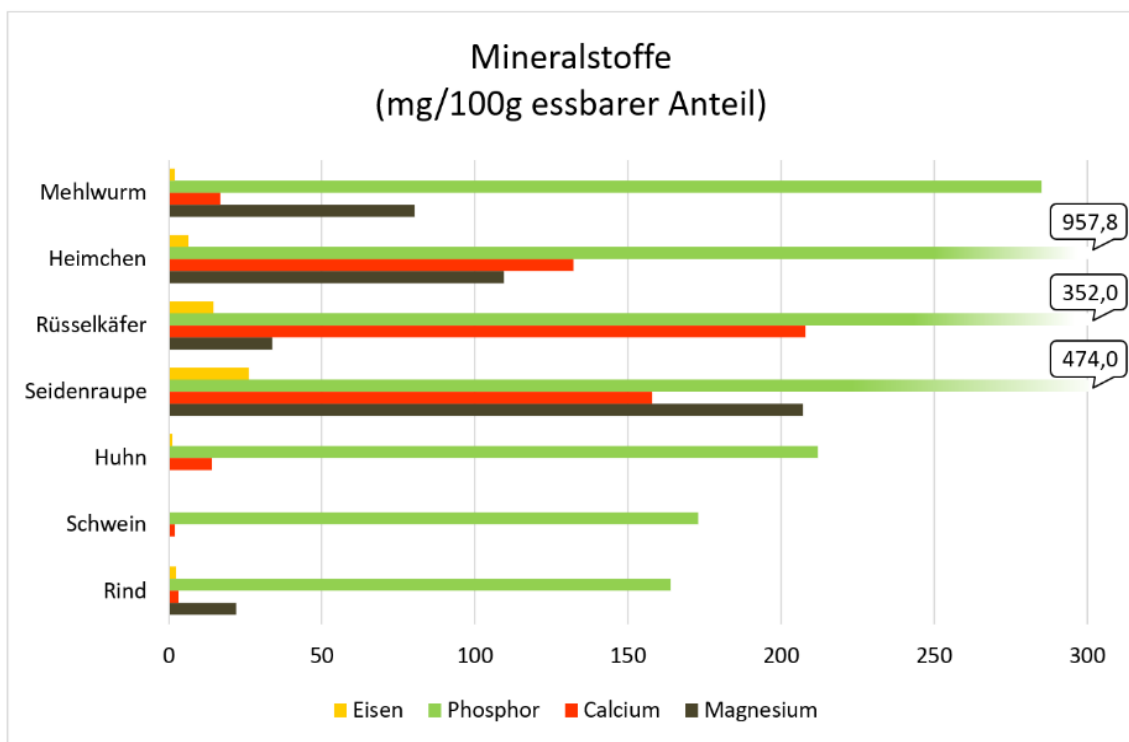


Abb. 5: Mineralstoffe

Heimchen, Rüsselkäfer und Seidenraupen stechen mit einem besonders hohen Phosphorgehalt hervor. Auch der Anteil an Calcium und Magnesium ist bei den Insektenarten höher als bei den konventionellen Nutztieren. Mit Ausnahme des Mehlwurms enthalten zudem alle Insektenarten einen bedeutenden Anteil an Eisen. (Fiebelkorn, 2017, S. 108)

3.2 Gesundheitliche Risiken

3.2.1 Allergien

Das Risiko, dass der Verzehr von Insekten eine allergische Reaktion hervorruft, ist relativ gering. In einigen wenigen Fällen kann es allerdings dazu kommen. Eine allergische Reaktion beim Verzehr einer Insektenart bedeutet aber nicht automatisch, dass eine Allergie gegenüber allen Arten besteht (Pali-Schöll, Binder, Moens, Polesny & Monsó, 2019 S. 2762).

Laut der FAO sind Menschen, die durch ihr Arbeitsumfeld häufig mit Insekten in Kontakt kommen, anfälliger dafür, eine Allergie zu entwickeln. Beim Verzehr von Heuschrecken wurden außerdem in manchen Fällen asthmatische Symptome beobachtet. (2013, S. 123)

Studien hinsichtlich *Kreuzallergien*⁷ ergaben, dass bei Menschen, die auf Krustentiere und Hausstaubmilben allergisch reagieren, auch beim Verzehr von Insekten allergische Reaktionen auftreten können. Des Weiteren gibt es Hinweise darauf, dass eine Kreuzallergie zwischen Garnelen und Insekten besteht. (Belluco et al., 2013, S. 303)

Mehrere Studien deuten zudem darauf hin, dass das Chitin im Exoskelett der Insekten ein Allergen ist. Auf der anderen Seite gibt es aber auch Belege dafür, dass Chitin die Immunreaktion von manchen Bevölkerungsgruppen verbessern könnte. (FAO, 2013, S. 124)

Trotz aller Bedenken stellt Entomophagie für den Großteil der Menschheit keine erhebliche allergische Gefahr dar, so die FAO (2013, S. 123). Rumpold und Schlüter empfehlen aber trotzdem, besonders beim ersten Verzehr von essbaren Insekten in Hinsicht auf Allergien achtsam zu sein (2013, S. 820).

⁷ Bei einer Kreuzallergie treten nicht nur beim Kontakt mit dem eigentlichen Allergen allergische Reaktionen auf, sondern auch bei Allergenen, die biologisch mit dem eigentlichen Allergen verwandt sind („Kreuzallergie“, 2020).

3.2.2 Chemische Gefahren

Manche Insektenarten sondern chemische Substanzen ab, um sich gegen ihre natürlichen Feinde zu verteidigen. Diese Substanzen wirken als Gift und sind daher beim Verzehr eine ernstzunehmende gesundheitliche Gefahr für Menschen. (Macher, 2016, S. 55) Werden diese Insekten gegessen, kann es zu Übelkeit, Erbrechen, Sehstörungen oder noch schlimmeren Folgen kommen (Rumpold & Schlüter, 2013, S. 820).

Bei giftigen Insekten wird grundsätzlich zwischen *phanerotoxischen* und *kryptotoxischen* Insekten unterschieden. Phanerotoxische Insekten produzieren Giftstoffe, die aber beim Verzehr im Zuge der Verdauung inaktiviert werden. (Macher, 2016, S. 56) Kryptotoxische Insekten hingegen nehmen Toxine über die Umwelt oder über ihr Futter auf. Solche Toxine können zum Beispiel Pestizide, Fungizide, Metalle oder Antibiotika sein. (Mäke, 2017, S. 13) Der Verzehr kryptotoxischer Insekten stellt eine mögliche Gefahrenquelle für Menschen dar (Macher, 2016, S. 56).

Rumpold und Schlüter berichten davon, dass Insekten, die auf mit Pestizid behandelten Feldern gefressen haben, Pestizide in sich anreichern. Wenn man sie allerdings während der Zucht mit qualitativ hochwertigem Futter versorgt, stellt eine mögliche Verunreinigung mit Pestiziden keine Gefahr dar. (2013, S. 820)

Eine Studie an Mehlwürmern zeigte, dass Insekten dazu tendieren, Schwermetalle wie Kupfer, Kadmium, Zink und Blei in ihren Körpern anzureichern, wenn sie auf Feldern gefressen haben, deren Boden diese Metalle enthält (van der Spiegel, Noordam & van der Fels-Klerx, 2013, S. 664). Jedoch besteht auch hier keine Gefahr, wenn Insekten gezüchtet werden, weil sie dann nicht mehr in freier Wildbahn fressen.

Die FAO rät davon ab, Insekten über einem Feuer zu räuchern, da sich bei diesem Vorgang *Karzinogene*⁸ bilden können (2010, S. 49). Manche Insekten können außerdem Substanzen enthalten, die giftig für das Gehirn, die Nieren oder die Leber sein können (Belluco et al., 2015, S. 28).

⁸ Als Karzinogene bezeichnet man Faktoren, die krebserregend wirken („Karzinogen“, 2020).

Jedoch können sogar giftige oder ungenießbare Insekten mithilfe der richtigen Verarbeitung essbar gemacht werden (Yen, 2009, S. 292-293).

3.2.3 Mikroorganismen

Unabhängig davon, ob Insekten in freier Wildbahn gesammelt oder gezüchtet werden, können sie mit krankheitserregenden Mikroorganismen wie Bakterien, Viren und Pilzen infiziert sein (FAO, 2013, S. 119). Macher räumt allerdings ein, dass Insekten zu den wirbellosen Tieren gehören und sich deswegen wesentlich von Wirbeltieren – also auch von Menschen – unterscheiden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass Mikroorganismen, die zwar für Insekten selbst schädlich sind, für Menschen keine große Gefahr darstellen. (2016, S. 59) Des Weiteren kann auch die Vielzahl an Mikroorganismen in der Darmflora von Insekten als ungefährlich für Menschen eingestuft werden (FAO, 2013, S. 119).

Trotzdem können Insekten mit *Pathogenen*⁹ belastet sein, die zwar nicht für sie selbst, aber für Menschen schädlich sind. Hygienische Bedingungen während der Zucht und qualitativ hochwertiges Futter sind entscheidend, um solchen Gefahren vorzubeugen. (Macher, 2016, S. 59)

Während der Zucht können Insekten außerdem von Hefen und Pilzen befallen werden. Ursache dafür sind die Substrate, auf denen sie gezüchtet werden. Um einen Befall von Hefen und Pilzen zu vermeiden, sollte darauf geachtet werden, dass das Substrat nicht feucht und die Gehege sauber sind. (S. 62)

Die FAO befürwortet die industrielle Zucht von Insekten, weil dabei die hygienischen Bedingungen und das Futter besser kontrolliert werden können und somit Gefahren im Hinblick auf Mikroorganismen abgeschwächt werden (FAO, 2013, S. 119).

3.2.4 Zoonosen

Zoonosen sind Krankheiten, die von Tieren auf Menschen oder auch umgekehrt übertragen werden (Macher, 2016, S. 26). Bisher wurde das Risiko von Zoonosen bei Insekten noch nicht gut erforscht. Da sich aber Menschen und Insekten

⁹ Als Pathogene bezeichnet man Faktoren, die Krankheiten auslösen können („pathogen“, 2020).

*taxonomisch*¹⁰ wesentlich unterscheiden, vermutet die FAO, dass das Risiko von Zoonosen eher gering ist. (2013, S. 66)

Während der Zucht kann das Risiko allerdings dann steigen, wenn Insekten unter unhygienischen Bedingungen gezüchtet werden oder mit Insekten aus freier Wildbahn in Kontakt kommen (ebd.). Auch Macher betont, dass gute Haltungsbedingungen im Hinblick auf Zoonosen besonders wichtig sind, und hebt abermals die Notwendigkeit für qualitativ hochwertiges Futter hervor (2016, S. 26).

3.2.5 Andere Gefahren

Eine weitere mögliche Gefahr geht von unverdaulichen Anteilen wie Sprungbeinen oder Flügeln aus. Diese können nämlich zu Darmdurchbrüchen führen und müssen daher unbedingt vor dem Verzehr entfernt werden. Sprungbeine können sogar nur operativ wieder aus dem Darm entfernt werden. (FAO, 2013, S. 122)

Außerdem muss auch auf *antinutritive Substanzen*¹¹ Acht gegeben werden. Beispielsweise enthält die Afrikanische Seidenraupe das Enzym *Thiaminase*, das Thiamin/Vitamin B1 im Körper abbaut. In Nigeria führte der Verzehr dieser Raupe bei vielen Menschen zu Thiaminmangel und in der Folge zu Koordinationsstörungen. (Rumpold & Schlüter, 2013, S. 817)

¹⁰ Die Taxonomie teilt alle Lebewesen in systematische Kategorien ein („Taxonomie“, 2020).

¹¹ Antinutritive Substanzen verhindern, dass die mit der Nahrung aufgenommenen Nährstoffe vollständig vom Körper verwertet werden („antinutritive Substanzen“, 2001).

4. Anzucht, Verarbeitung und Vermarktung

4.1 Industrielle Zucht

Insektenzucht wird schon lange im Bereich der Forschung praktiziert. Dafür werden Insekten meist im kleinen oder mittleren Ausmaß gezüchtet. Jedoch ist die Insektenzucht auch in großen Mengen für kommerzielle Zwecke möglich. (Halloran et al., 2018, S. 13)

Traditionell werden Insekten in der Wildnis gesammelt (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1170). Die FAO wirft allerdings ein, dass das Sammeln in der Natur einen enormen Druck auf manche Insektenvölker mit sich bringen kann. Sollen Insekten also in Zukunft auch in westlichen Ländern ein alltägliches Nahrungsmittel werden, so ist es besser, Insekten in industriellen Betrieben zu züchten. (2013, S. 60) Für van Huis stellt das Sammeln in der Natur ebenso keine Option dar, da essbare Insekten schon jetzt unter Lebensraumveränderungen und Umweltverschmutzung leiden (2018, S. 207).

Auch das BMG betont, dass „[f]ür eine kommerzielle Produktion von Insekten [...] künstliche Zuchtanlagen unabdingbar“ sind, denn Insekten in freier Wildbahn sind zu sehr von der Jahreszeit und der Wetterlage abhängig (2016, S. 47). Hinzu kommt, dass bei industriell gezüchteten Insekten die hygienischen Bedingungen und das Futter besser kontrolliert werden können und somit die Gefahr einer Verunreinigung mit Mikroorganismen sinkt (FAO, 2013, S. 119).

Im Bereich der Industrie erfolgt die Zucht in größeren Gebäuden. Insekten unterschiedlicher Entwicklungsstadien sollten getrennt gehalten werden, weil dadurch beim Ausbrechen einer Krankheit nicht die ganze Zucht betroffen ist. (Halloran et al., 2018, S. 14)

Um Insekten zu züchten, ist *entomologisches*¹² Grundwissen erforderlich. Ebenso sind das richtige Futter und die richtige Behausung wichtig. (S. 13) Eine Optimierung des Futters kann außerdem die Nährstoffzusammensetzung in In-

¹² Die Entomologie ist die „wissenschaftliche Erforschung der Insekten“ („Entomologie“, 2020).

sekten verbessern und eine Anpassung der Lichtverhältnisse kann die Produktion steigern (FAO, 2013, S. 102). Insekten benötigen während der Zucht eine relativ hohe Umgebungstemperatur von bis zu 30 °C und eine Luftfeuchtigkeit von bis zu 70 % (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1171).

Für viele Insektenzüchter stellen Krankheiten und Schädlinge ein Problem dar (van Huis, 2017, S. 3-4). Um einer Verunreinigung mit Mikroorganismen vorzubeugen, ist es wichtig, dass die Haltungsbedingungen dem natürlichen Lebensraum der Insekten ähneln. Des Weiteren können auch das Futter oder die Belüftungsanlagen zu Verunreinigungen beitragen. (Macher, 2016, S. 59) Züchtet man Insekten abseits ihres natürlichen Lebensraumes, muss man sich zudem der Gefahr bewusst werden, dass manche Individuen der Zucht entkommen und so das natürliche Gleichgewicht in der neuen Umwelt durcheinanderbringen könnten (Halloran et al., 2018, S. 346).

Allgemein eignen sich Insekten sehr gut dazu, industriell gezüchtet zu werden, da sie nicht viel Platz brauchen, ihr Lebenszyklus kurz ist und sie auch mit Bioabfällen gefüttert werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Insektenzucht sowohl in ländlichen Gebieten als auch in Städten möglich ist. (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1171)

In Europa gibt es vorwiegend kleine und mittelgroße Unternehmen, die Insekten züchten. Viele davon haben Insekten ursprünglich als Tierfutter produziert, aber dann die lebensmittelhygienischen Standards an eine Produktion für den menschlichen Konsum angepasst. (Fiebelkorn, 2017, S. 107) Für den menschlichen Verzehr werden vorwiegend Mehlwürmer, Glänzendschwarze Getreideschimmelkäfer, Heimchen und Kurzflügelgrillen gezüchtet. Vor allem die Niederlande und Frankreich sind in der Insektenzucht sehr produktiv. (Halloran et al., 2018, S. 472)

Insektenzüchter in Europa züchten mittels Produktionstechniken, bei denen die meisten Prozesse automatisiert sind. Aufgrund der fortschrittlichen Technik und der Optimierung der Haltungsbedingungen ist die europäische Insektenindustrie weltweit führend. Ob sie diese Führung beibehalten kann, wird allerdings von den gesetzlichen Regelungen abhängen, welche die EU in den nächsten Jahren bezüglich dieses Bereiches trifft. (S. 473)

Laut van Huis ist die Insektenzucht ein wirtschaftlich vielversprechender Sektor (2017, S. 4). Derzeit sind in Europa ein paar hundert Menschen in diesem Sektor beschäftigt. Halloran et al. vermuten jedoch, dass die Zahl bis 2050 auf ein paar Tausend ansteigen wird. (2018, S. 473-474)

4.2 Private Zucht

Bislang sind auch schon einige Möglichkeiten entstanden, essbare Insekten direkt zu Hause in der eigenen Küche zu züchten.

Ein Beispiel hierfür wäre das Projekt *Hive* der österreichischen Designerinnen Katharina Unger und Julia Kaisinger, die eine Mehlwurmfarm für die Zucht in den eigenen vier Wänden entwickelt haben. Diese ist, so Unger in einem Interview, aus dem Wunsch nach mehr Unabhängigkeit von der Lebensmittelproduktion entstanden. (Unger, 02.07.2018, S. 62)

Die Mehlwürmer können dabei mit Küchenabfällen gefüttert werden. Als ideale Zusammensetzung gibt Unger 60 % Gemüse und 40 % Kohlenhydrate an. Die Abfälle dürfen allerdings nicht verdorben sein. Eine Gefahr, dass die Mehlwürmer aus dem Gehege ausbrechen oder Krankheiten übertragen könnten, besteht laut Unger nicht. (S. 65-66)

4.3 Verarbeitung

Bevor Insekten auf den Markt kommen, werden sie mittels verschiedener Methoden wie Trocknen, Blanchieren oder Extrahieren verarbeitet. Des Weiteren werden sie auch in andere Produkte – wie zum Beispiel Schokolade – integriert oder zu Granulat, Mehl oder Pasten weiterverarbeitet. Das hat den Vorteil, dass die Insekten in diesen Produkten nicht auf den ersten Blick ersichtlich sind und somit Hemmschwellen gegenüber dem Konsum von Insekten abgeschwächt werden können. (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1167; BMG, 2016, S. 46)

4.3.1 Trocknen

Beim Trocknen werden einerseits traditionelle Verfahren wie das Rösten oder die Trocknung an der Sonne und andererseits moderne Verfahren wie die Gefrier-trocknung oder die Mikrowellentrocknung eingesetzt (Melgar-Lalanne et al.,

2019, S. 1174). Je nachdem, welche Methode angewandt wird, kann es zu unterschiedlichen Auswirkungen auf die Qualität des Produkts kommen.

Beispielsweise kann das Trocknen die Nährwertzusammensetzung der Insekten verändern. Die verschiedenen Trocknungsmethoden können außerdem die Verdaulichkeit beeinflussen. So fand man zum Beispiel bei der Soldatenfliege heraus, dass die Verdaulichkeit dieses Insekts bei der Ofentrocknung deutlich größer ist als bei anderen Methoden. (S. 1177-1178)

Das Trocknen an der Sonne ist die traditionellste Trocknungsmethode. Dieses Verfahren kann eine Verunreinigung durch manche Mikroorganismen verhindern und schädliche Komponenten wie *Neurotoxine*¹³ entfernen. (S. 1175) Mithilfe der Gefriertrocknung wird zwar eine lange Haltbarkeit erreicht, jedoch ist sie für die industrielle Produktion sehr kostspielig. Trotzdem geben Melgar-Lalanne et al. an, dass in Europa verkaufte Insekten für gewöhnlich gefriergetrocknet sind. (S. 1177) Während des Vertriebs und der Lagerung ist das Trocknen eine wirksame Methode, um die Haltbarkeit zu erhöhen, weil es die *Wasseraktivität*¹⁴ herabsetzt und somit bewirkt, dass sich Mikroorganismen langsamer vermehren (S. 1174-1175).

Nach der Trocknung können Insekten zerkleinert, pulverisiert oder püriert und anderen Nahrungsmitteln beigemischt werden (Mlcek et al., 2014, S. 148-149). Das Vermahlen ganzer Insekten zu nicht wiedererkennbarem Pulver ist eine der bevorzugten Technologien, um den menschlichen Konsum von Insekten in westlichen Ländern zu verstärken (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1175).

4.3.2 Blanchieren

Das Blanchieren wird oft als Vorbehandlung genutzt. Durch die Behandlung mit zuerst kochendem und danach kaltem Wasser werden Enzyme inaktiviert, die für den Lebensmittelverderb und Lebensmittelvergiftungen verantwortlich sind. Des

¹³ Neurotoxine sind Substanzen, die das Nervensystem schädigen („Neurotoxine“, 2000).

¹⁴ Die Wasseraktivität ist ein Maß „für die Verfügbarkeit von Wasser in Lebensmitteln oder Speisen und Zubereitungen“ („Aw-Wert, Wasseraktivität“, 2019).

Weiteren setzt diese Methode die Anzahl bestimmter Bakterien herab und reduziert auch Hefe- und Schimmelpilze. Blanchieren ist allerdings wirkungslos gegenüber *bakteriellen Sporen*¹⁵. (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1174)

Melgar-Lalanne et al. fordern, dass diese Methode für jede Insektenart spezifisch angepasst werden sollte, um die antimikrobielle Wirkung mit minimalem Qualitätsverlust zu steigern. Außerdem wird empfohlen, das Blanchieren mit anderen Techniken zu ergänzen, damit auch bakterielle Sporen vermindert werden. (ebd.)

4.3.3 Extraktion

Eine weitere Verarbeitungsmethode stellt die Extraktion dar, bei der Nährstoffe wie Proteine, Fette und Polysaccharide extrahiert werden (Melgar-Lalanne et al., 2019, S. 1178). Das BMG hebt vor allem diese Verarbeitungsmethode als eine vielversprechende Möglichkeit zur Ekelbekämpfung in der westlichen Gesellschaft hervor (2016, S. 46).

Die Extraktion von Protein erfolgt durch den Einsatz von Wasser, organischen Lösungsmitteln und Enzymen (ebd.). Die Deutsche Forschungsgemeinschaft [DFG] sieht bei der Extraktion von Proteinen vor allem im Chitin des Exoskeletts einen problematischen Faktor, da sich dieses an die strukturgebenden Proteine des Skeletts bindet. Wird dieses Chitin mit dem Protein zusammen extrahiert, kann das die Verdaulichkeit des Insektenproteins senken. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass sich die Zusammensetzung der Aminosäuren nicht so verändert, dass das Protein an Qualität verliert. (2016, S. 5-6)

Fette können aus Insekten mittels *überkritischem Kohlenstoffdioxid*¹⁶ oder *Petrolether*¹⁷ extrahiert werden. Bei der Extraktion von Fetten ist es möglich, dass auch

¹⁵ Als Sporen können Bakterien überdauern und sich ausbreiten („Bakteriensporen“, 2001).

¹⁶ Als überkritisches Kohlenstoffdioxid bezeichnet man „Kohlenstoffdioxid in einem fluiden Zustand über seiner kritischen Temperatur und seinem kritischen Druck“ („Überkritisches Kohlenstoffdioxid“, 2019).

¹⁷ Petrolether ist „ein farbloses Gemisch verschiedener, gesättigter Kohlenwasserstoffe“ („Petrolether“, 2019).

andere unerwünschte Substanzen mitextrahiert werden. Ein Beispiel dafür sind *Ecdysteroide*¹⁸, die eine *pharmakologische*¹⁹ Wirkung haben können.

Zu den Polysacchariden, die extrahiert werden können, zählen das Chitin im Exoskelett und das Kohlenhydrat *Glykogen*, welches im Fettkörper und in den Muskeln der Insekten vorkommt (S. 7). Chitin ist für die Lebensmittelindustrie von großem Nutzen, da aus Chitin in weiterer Folge *Chitosan* gewonnen werden kann, das wegen seiner antimikrobiellen Wirkung in Lebensmitteln eingesetzt wird. (S. 8)

4.4 Lagerung und Haltbarkeit

Insekten richtig zu lagern ist laut Melgar-Lalanne et al. besonders wichtig, da die Gefahr von Verunreinigungen ansonsten ansteigt. Das gilt besonders dann, wenn Insekten nicht mit thermalen Methoden vorbehandelt wurden. Welche Voraussetzungen für die richtige Lagerung von Insekten gegeben sein müssen, hängt von der jeweiligen Art und von der Verarbeitungsmethode ab. Während für frische Insekten das Einfrieren bei -20 °C empfohlen wird, stellt bei getrockneten und pulverisierten Insekten eine Kühlung bei 5 °C bis 7 °C die beste Lagerung dar. Zusätzlich kann die richtige Verpackung die Haltbarkeit erheblich steigern. (2019, S. 1184-1185)

Eine Studie, welche Mehlwürmer, Heimchen und Grillen untersuchte, fand heraus, dass die Lagerung frischer Insekten bei Kühlschranktemperaturen nicht ausreicht, um sie vor dem Verderben zu bewahren. Gekochte Insekten sind jedoch im Kühlschrank über zwei Wochen haltbar. (Belluco et al., 2015, S. 27)

¹⁸ Ecdysteroide sind Hormone, die in Insekten für die Häutung und Fortpflanzung zuständig sind (DFG, 2016, S. 7).

¹⁹ Die Pharmakologie ist die „Lehre vom Aufbau und den Wirkungen (und Nebenwirkungen) chemischer Stoffe“ („Pharmakologie“, 2000).

4.5 Ökologische Aspekte

Die Massenproduktion von Fleisch hat bekanntermaßen negative Folgen für die Umwelt und das Klima. In der Insektenzucht wirken sich hingegen viele Faktoren weniger schädlich auf die Umwelt aus. (FAO, 2013, S. 59)



Abb. 6: Ökologische Aspekte

Abbildung 6 gibt eine Übersicht über die ökologischen Vorteile, welche die Zucht der drei Insektenarten Mehlwürmer, Heimchen und Wanderheuschrecken gegenüber der Zucht von Hühnern, Schweinen und Rindern aufweist. Die Nachhaltigkeitsindikatoren, die in der Abbildung angegeben sind, werden im Folgenden näher beschrieben.

4.5.1 Treibhausgas- und Ammoniakemissionen

Die drei bedeutendsten Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Die Produktion von Treibhausgasen ist ein folgenschwerer Grund für den Klimawandel. (Oonincx et al., 2010, S. 1) Etwa 18 % der Treibhausgasemissionen gehen auf das Konto der Viehzucht. Damit ist dieser Sektor sogar für mehr Treibhausgasemissionen verantwortlich als das Transportwesen. (Macher, 2016, S. 24) Außerdem produziert dieser Sektor einen großen Teil an Ammoniak (NH_3), das zu Salpeterbildung und Übersäuerung des Bodens führt. Die Viehzucht ist für 64 % der vom Menschen verursachten Ammoniakemissionen verantwortlich. (Oonincx et al., 2010, S. 1)

Die CO_2 -Produktion von Insekten hängt von der Art, dem Entwicklungsstadium, der Temperatur, dem Futter und dem Aktivitätslevel ab. Ein großer Vorteil ist, dass Methan (CH_4) bei Insekten nur von Kakerlaken, Termiten und Skarabäus-

Käfern produziert wird. (Oonincx et al., 2010, S. 4-5) Auch die Ammoniakemissionen sind bei Insekten um ein Vielfaches geringer als bei konventionellen Nutztieren (Fiebelkorn, 2017, S. 108).

Die Diagramme in Abbildung 7 vergleichen die CO_2 -Äquivalente²⁰ von Insekten mit denen von Schweinen und Rindern.

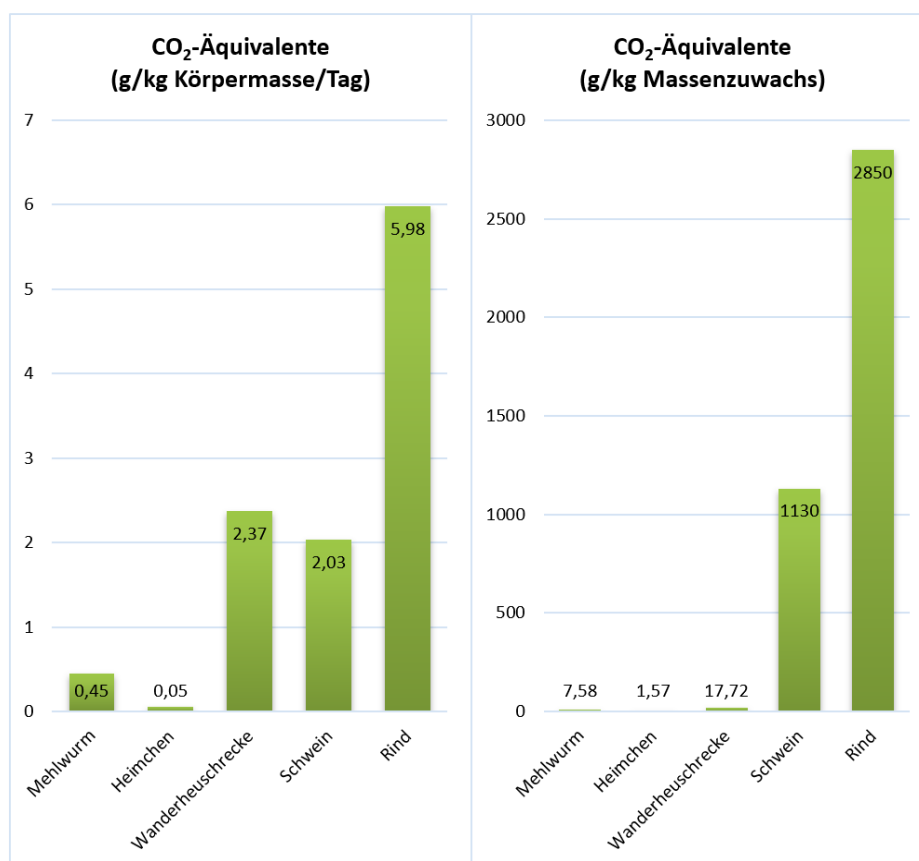


Abb. 7: Vergleich der CO₂-Äquivalente

Während die Tiere beim Vergleich von g/kg Körpermasse/Tag keine größeren Unterschiede aufweisen, schneiden Schweine und Rinder beim Vergleich von g/kg Massenzuwachs deutlich schlechter ab (Oonincx et al., 2010, S. 4). Wenn man zusätzlich bedenkt, dass bei Insekten ca. 80-100 % und bei konventionellen Nutztieren nur 50-55 % der Anteile auch wirklich gegessen werden können, stellt sich die Zucht von Insekten nicht nur als umweltfreundlicher, sondern auch als effizienter heraus (Fiebelkorn, 2017, S. 108).

²⁰ Die Wirkung von Methan und Lachgas – also ihr Treibhauspotenzial – kann auch in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt werden. Da sich die verschiedenen Treibhausgase unterschiedlich stark auf den Treibhauseffekt auswirken, werden CO₂-Äquivalente dazu verwendet, ihre Wirkung zu vergleichen. (Paschotta, 2019)

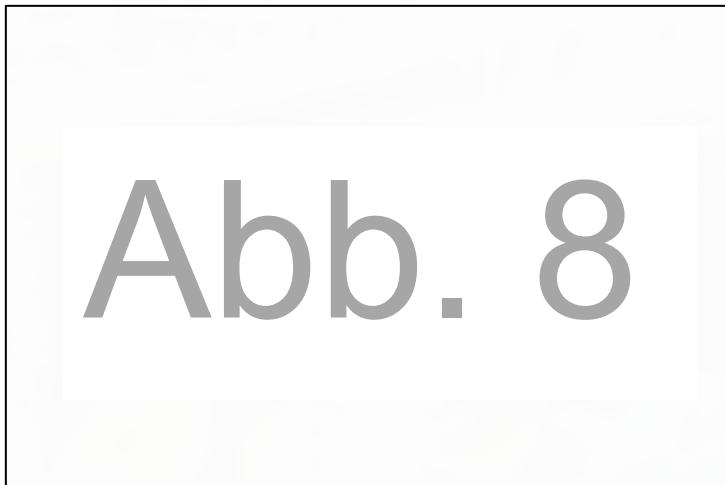
4.5.2 Futter

Laut Abbildung 6 besitzen Insekten eine bessere *Futterverwertung* als Hühner, Schweine und Rinder. Das bedeutet, dass sie weniger Futter für die Zunahme von einem Kilogramm an Gewicht benötigen, was ressourcen- und somit umwelt-schonender ist (FAO, 2013, S. 60). Während die Futterverwertung von Mehlwürmern und Heimchen nur bei 2,1 kg bzw. 2,2 kg liegt, ist sie bei Hühnern und Schweinen schon eindeutig höher. Bei Rindern beträgt sie sogar das 11-fache gegenüber jener von Mehlwürmern. (Fiebelkorn, 2017, S. 108)

Die FAO hebt hervor, dass Insekten besonders umweltfreundlich gezüchtet werden können, wenn sie mit Bioabfällen gefüttert werden (2013, S. 60-61). Melgar-Lalanne et al. behaupten allerdings, dass Futter mit hohem Proteingehalt (ungefähr 20 %) und hohem Fettgehalt (ungefähr 9 %) nötig ist, um die besten Resultate hinsichtlich Futterverwertung und Nährstoffzusammensetzung zu erhalten (2019, S. 1171). Durch die Fütterung von Insekten mit organischem Abfall können außerdem gesundheitliche Gefahren auftauchen (FAO, 2013, S. 61). Laut Macher ist die Gefahr, dass Insekten mit Pathogenen belastet sind, am größten, wenn qualitativ hochwertiges Futter durch qualitativ minderwertiges Futter ersetzt wird (2016, S. 60). Auch van Huis warnt, dass die Fütterung durch Bioabfälle die Qualität des Endprodukts verschlechtern könnte (2017, S. 4).

4.5.3 Wasser-, Platz- und Energieverbrauch

Wasserknappheit ist ein immer größer werdendes Problem in vielen Teilen der Welt. Bereits 2025 werden schätzungsweise 1,8 Milliarden Menschen in Gebieten leben, in denen absolute Wasserknappheit herrscht. (FAO, 2013, S. 64) Die Landwirtschaft verbraucht ungefähr 70 % des weltweit verfügbaren Süßwassers. Ein Drittel davon fällt auf die Viehzucht. (Miglietta, De Leo, Ruberti & Massari, 2015, S. 6191) Aus Abbildung 6 ist ersichtlich, dass Heimchen nur zwei Liter Wasser für die Produktion von einem g Protein benötigen. Damit liegt ihr Wasserverbrauch deutlich unter dem von Hühnern, Schweinen und Rindern, welche zwischen 34 und 112 Liter brauchen. (Fiebelkorn, 2017, S. 108) Miglietta et al. geben an, dass der Wasserverbrauch von Mehlwürmern bei 23 Litern für ein g Protein liegt. Auch dieser Wert ist niedriger als jener der konventionellen Nutztiere. (2015, S. 6197)



Bei einer artgerechten Haltung benötigt die Viehzucht relativ viel Platz. Insekten hingegen brauchen weniger, weil sie – wie in Abbildung 8 ersichtlich – üblicherweise in Kisten gezüchtet werden, die übereinander gelagert sind.

Abb. 8: Insektenzucht der niederländischen Firma *Protifarm*

(Gere, Radványi & Héberger,

2019, S. 358) Während Mehlwürmer für die Produktion von einem kg essbarer Tiermasse nur 18 m² erfordern, liegen die Werte für Hühner und Schweine zwischen 42 m² und 64 m². Rinder benötigen sogar 144-258 m². (Fiebelkorn, 2017, S. 108)

Dass Insekten ihr Futter besser verwerten können als konventionelle Nutztiere, kommt daher, dass sie *wechselwarme Tiere*²¹ sind und deswegen keine Energie benötigen, um ihre Körpertemperatur aufrechtzuerhalten. Diese Energie können sie stattdessen ins Wachstum investieren. Allerdings brauchen Insekten während der Zucht eine relativ hohe Betriebstemperatur, die in gemäßigten Klimazonen künstlich erzeugt werden muss und so wiederum Energie benötigt. Deswegen beläuft sich auch der in Abbildung 6 angegebene Energieverbrauch von Mehlwürmern auf einen ähnlichen Wert wie jener von Hühnern, Schweinen und Rindern. (S. 107)

4.6 Rechtsgrundlage

4.6.1 Novel-Food-Verordnung

Die Verarbeitung und Lagerung von Insekten und Insektenprodukten müssen in der EU nach den gleichen Gesundheits- und Hygienestandards erfolgen wie bei herkömmlichen Nahrungsmitteln (Pali-Schöll et al., 2019, S. 2761).

²¹ Als wechselwarm werden Tiere bezeichnet, deren „Körpertemperatur entsprechend der Temperatur der Umgebung wechselt“ („Wechselwarmblüter“, 2020).

Laut der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit [AGES] ist im Normalfall keine Zulassung erforderlich, wenn man ein Lebensmittel in der EU auf den Markt bringen will (2019). Eine Ausnahme bilden alle Lebensmittel, die in der Novel-Food-Verordnung der EU als *neuartige Lebensmittel* definiert sind. Laut der alten Novel-Food-Verordnung (EG) Nr. 258/97 – die bis zum 31.12.2017 gültig war – fielen Insekten nicht unter neuartige Lebensmittel und durften so in der EU auch ohne Zulassungsverfahren in den Verkehr gebracht werden (AGES, 2019; Fiebelkorn, 2017, S. 109). Die neue Novel-Food-Verordnung (EU) 2015/2283 – die seit dem 01.01.2018 für alle Mitgliedsstaaten verbindlich ist – definiert prinzipiell alle Lebensmittel als neuartig, die vor dem 15.05.1997 „in der Union nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwendet wurden“ und bestimmt ausdrücklich, dass auch „ganze Insekten und Teile davon“ als neuartige Lebensmittel eingestuft werden und somit eine Zulassung erforderlich ist (EU-Parlament & Europäischer Rat [ER], 2015, S. 2).

Will man ein neuartiges Lebensmittel in der EU in den Verkehr bringen, muss es einer standardisierten Sicherheitsbeurteilung unterzogen werden (Pali-Schöll et al., 2019, S. 2761). Für traditionelle Lebensmittel aus Drittländern gibt es seit der neuen Novel-Food-Verordnung außerdem die Möglichkeit, auf erleichtertem Weg eine Zulassung zu erreichen, wenn das Lebensmittel „in mindestens einem Drittland mindestens 25 Jahre lang als Bestandteil der üblichen Ernährung einer bedeutenden Anzahl von Personen verwendet worden“ ist (EU-Parlament & ER, 2015, S. 3). Da Insekten in vielen Ländern schon lange einen Teil der traditionellen Ernährung vieler Menschen bilden, könnten Insekten auf diesem Weg sogar eine erleichterte Zulassung erreichen.

Alle neuartigen Lebensmittel, die in der EU zugelassen sind, sind in der *Unionsliste* verzeichnet (S. 4). Derzeit sind allerdings keine Insektenarten oder Insektenprodukte auf der Unionsliste zu finden und daher nicht als Lebensmittel in der EU zugelassen. Bisher sind schon mehrere Anträge für die Zulassung von Insektenarten oder Insektenprodukten bei der EU-Kommission eingelangt, über die jedoch noch nicht entschieden wurde. Bis eine Entscheidung über die Zulassung gefällt ist, dürfen aber aufgrund einer Übergangsregelung alle Erzeugnisse, die

vor der neuen Novel-Food-Verordnung nicht als neuartig galten, weiterhin vermarktet werden. (Loosen, 13.03.2019)

Die Entscheidung, ob Insekten in der EU als Lebensmittel zugelassen werden, könnte laut Loosen jederzeit fallen, da Zulassungsverfahren normalerweise weniger als 18 Monate dauern und die ersten Anträge bereits im März 2018 bei der EU-Kommission eingelangt sind (ebd.).

4.6.2 Tierschutz

In Österreich gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen über die Zucht und Haltung von Insekten (Pali-Schöll et al., 2019, S. 2764). Zwar gilt EU-weit die Richtlinie 98/58/EG, welche Nutztieren gewisse Rechte wie Bewegungsfreiheit, genügend Personal für die Tierpflege und artgerechte Unterkünfte gewährleistet, jedoch wird dort in Artikel 1 ausdrücklich bestimmt, dass die Richtlinie nicht für „wirbellose Tiere“ gilt (ER, 1998, S. 23-27). Somit haben Insekten laut Gesetzeslage keinen Anspruch auf diese Rechte.

In Artikel 13 des *Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union* heißt es außerdem, dass „die Union und die Mitgliedstaaten den Erfordernissen des Wohlergehens der Tiere als fühlende Wesen in vollem Umfang Rechnung“ tragen (EU, 2012, S. 54). Aber ob Insekten wirklich solche fühlenden Wesen sind, ist unklar. Zum heutigen Zeitpunkt gibt es noch keinen endgültigen Beweis dafür, ob Insekten Schmerz empfinden können oder nicht. (Pali-Schöll et al., 2019, S. 2763)

Um Schmerz empfinden zu können, müssen grundsätzlich zwei Voraussetzungen gegeben sein. Einerseits muss ein Lebewesen dazu fähig sein, schädliche Reize wahrzunehmen und auf diese reagieren zu können. Diese Fähigkeit wird *Nozizeption* genannt und kann sich auch nur in einer bloßen Reflexreaktion äußern und muss nicht zwingend auch zu einem Schmerzempfinden führen. Andererseits muss das Lebewesen auch das Bewusstsein besitzen, den Reiz subjektiv und emotional interpretieren und somit auch wirklich Schmerz empfinden zu können. (S. 2765)

Während schon bewiesen ist, dass Insekten auf schädliche Reize reagieren können, bleibt ungewiss, ob sie auch das Bewusstsein besitzen, diese zu fühlen. Da

also aufgrund des heutigen Wissensstandes die Möglichkeit besteht, dass Insekten Schmerz empfinden können, fordern Pali-Schöll et al., Insekten vorsorglich so zu behandeln, als ob es einen Beweis gäbe. (S. 2766-2767)

Die artgerechte Haltung hat außerdem qualitative und wirtschaftliche Vorteile. Beispielsweise erhöht das richtige Futter nicht nur das Wohlbefinden der Insekten, sondern führt auch zu einer besseren Nährstoffzusammensetzung. (S. 2768) Des Weiteren wird die Gefahr von Krankheiten durch ungeeignete Werte der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Lichtintensität verstärkt und zu wenig Platz oder Unterernährung können sogar zu Kannibalismus führen (S. 2764).

5. Schluss

Nach der vielseitigen Auseinandersetzung mit dem Thema Entomophagie folgt noch einmal eine Zusammenfassung der wichtigsten Aspekte.

Schon jahrtausendlang bilden Insekten einen Bestandteil der menschlichen Ernährung. In vielen traditionellen Kulturen werden sie einerseits als Delikatessen, aber andererseits auch in Notlagen verzehrt. Die Abneigung gegenüber Entomophagie, die man vorwiegend in westlichen Kulturen antrifft, ist kulturell zu begründen, da die Ursprünge des Ekelgefühls weitgehend von der Kultur beeinflusst werden.

Die Ergebnisse bezüglich der Nährwerte zeigen, dass diese bei Insekten von vielen Faktoren abhängig sind. Im Grunde sind Insekten jedoch sehr protein- und fettreich und des Weiteren eine gute Vitamin- und Mineralstoffquelle. Auch das Chitin im Exoskelett ist nicht – wie oft vorschnell angenommen – ein problematischer Bestandteil, sondern hat vielmehr sogar positive Effekte auf die Gesundheit.

Im Hinblick auf gesundheitliche Risiken bringen beispielsweise Mikroorganismen, Giftstoffe und Zoonosen negative Auswirkungen mit sich. Diese Gefahren können jedoch mithilfe einer hygienischen und artgerechten Zucht sowie mit der richtigen Verarbeitung eingedämmt werden. Nichtsdestotrotz können bei manchen Menschen Allergien auftauchen, aber auch hier ist das Risiko eher gering.

Um die Grundlage für eine Nahrungsergänzung mit Insekten zu gewährleisten, ist eine industrielle Produktion erforderlich. Die Insektenzucht hebt sich im Vergleich zur konventionellen Nutztierhaltung in einigen Aspekten als umweltfreundlicher hervor, da weniger Treibhausgase und Ammoniak ausgestoßen und weniger Wasser und Platz benötigt werden. Dass die Fütterung von Insekten mit Bioabfällen besonders empfehlenswert ist, konnte in dieser Vorwissenschaftlichen Arbeit nicht bestätigt werden, da somit nachweislich die pathogene Gefahr steigt und ein Qualitätsverlust die Folge sein könnte. Auch der Energiebedarf ist bei einer Zucht in gemäßigten Klimazonen kein überzeugender Faktor.

Ebenso sind die Verarbeitung und die rechtlichen Grundlagen nicht unbedeutend, um ein qualitativ hochwertiges Endprodukt zu erhalten. Doch vor allem in

Schluss

Bezug auf die Gesetzeslage gibt es aktuell noch viele Lücken, was die Zucht und Vermarktung von Insekten anbelangt.

Basierend auf den Forschungsergebnissen dieser Arbeit kann abschließend festgestellt werden, dass Entomophagie keine Wunderwaffe gegen die derzeitigen gesundheitlichen und ökologischen Probleme sein wird. Eine Nahrungsergänzung mit Insekten kann jedoch einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, unsere Ernährungsweise insgesamt ein Stück gesünder und nachhaltiger zu gestalten.

6. Quellenverzeichnis

- „antinutritive Substanzen“, 2001. In *Spektrum*. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/ernaehrung/antinutritive-substanzen/577> [06.10.2019].
- „Aw-Wert, Wasseraktivität“, 2015. In *Lebensmittellexikon*. Verfügbar unter <https://www.lebensmittellexikon.de/a0000420.php> [15.12.2019].
- „Bakteriensporen“, 2001. In *Spektrum*. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/bakteriensporen/1202> [15.12.2019].
- Belluco, S. et al., 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, S. 296-313. Verfügbar unter <https://online-library.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12014> [15.01.2020].
- Belluco, S. et al., 2015. Edible insects: a food security solution or a food safety concern? In *Animal Frontiers*, 5, S. 25-30. Verfügbar unter <https://academic.oup.com/af/article/5/2/25/4638723> [16.12.2019].
- Bernard, T. & Womeni, H., 2017. Entomophagy: Insects as Food. In V. Shields (Hg.), *Insect Physiology and Ecology*. S. 233-253. o. O.: IntechOpen. Verfügbar unter <https://www.intechopen.com/books/insect-physiology-and-ecology> [02.09.2019].
- Bundesministerium für Gesundheit [BMG], 2016. *Neue und neuartige Rohstoffe und Lebensmittel: Teil 3 aus „Neue Verfahren und Techniken bei der Lebensmittelherstellung und Lebensmittelversorgung“*. Wien: o. V. Verfügbar unter https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/0/5/0/CH4082/CMS1435845259856/lebensmittel_verfahren_teil3.pdf [22.08.2019].
- „Chitin“, 1999. In *Spektrum*. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/chitin/13547> [06.10.2019].
- „Cholesterin“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/recht-schreibung/Cholesterin> [10.02.2020].

„Derivat“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Derivat> [12.01.2020].

Deutsche Forschungsgemeinschaft [DFG], 2016. *Sicherheitsaspekte bei der Herstellung von Lebensmitteln und Lebensmittelinhaltsstoffen aus Insekten*. Verfügbar unter https://www.dfg.de/dfg_profil/gremien/senat/bewertung_lebensmittel/wissenschaft_oeffentlichkeit/index.html [07.01.2020].

„Entomologie“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Entomologie> [10.02.2020].

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen [FAO], 2010. *Forest insects as food: humans bite back*. Bangkok: o. V. Verfügbar unter <http://www.fao.org/3/i1380e/i1380e00.htm> [09.11.2019].

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen [FAO], 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Rom: o. V. Verfügbar unter <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e00.htm> [09.11.2019].

EU, 2012. Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union. In *Amtsblatt der Europäischen Union*, C 326, S. 47-199. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:12012E/TXT> [07.01.2020].

EU-Parlament, Europäischer Rat [ER], 2015. Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2015 über neuartige Lebensmittel. In *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 327, S. 1-22. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L:2015:327:TOC> [07.01.2020].

Europäischer Rat [ER], 1998. Richtlinie 98/58/EG des Rates vom 20. Juli 1998 über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere. In *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L 221, S. 23-27. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L:1998:221:TOC> [07.01.2020].

„Exoskelett“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Exoskelett> [12.01.2020].

- Fiebelkorn, F., 2017. Entomophagie – Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft. In *Biologie in unserer Zeit*, 47, S. 104-110. Verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie - Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft Biologie in unserer Zeit 472 pp 104-110](https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie_-_Insekten_als_Nahrungsmittel_der_Zukunft_Biologie_in_unser_Zeit_472_pp_104-110) [23.11.2019].
- Gates, S., 18.03.2013. In *Can Eating Insects Save the World?* London: BBC Four. Verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=Acxbx-DUKL4> [15.11.2019].
- Gere, A., Radványi, D. & Héberger, K., 2019. Which insect species can best be proposed for human consumption? In *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, S. 358-367. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/330678217_Which_insect_species_can_best_be_proposed_for_human_consumption [12.12.2019].
- Golser, T., 2019. Zu wenig, zu viel, das Falsche. In *Kleine Zeitung*, 16. Oktober 2019, S. 3.
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P. & Roos, N., 2018. *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Kopenhagen, Rom: Springer. Verfügbar unter <https://b-ok.org/book/3574073/e02a95> [07.09.2019].
- Jongema, Y., 2017. *Worldwide list of recorded edible insects*. Verfügbar unter <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> [14.08.2019].
- „Karzinogen“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/recht-schreibung/Karzinogen> [03.01.2020].
- „Kreuzallergie“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/recht-schreibung/Kreuzallergie> [06.02.2020].
- Macher, F., 2016. *Insekten in der menschlichen Ernährung: Das Protein der Zukunft?* (Diplomarbeit). Veterinärmedizinische Universität Wien. Verfügbar unter https://search.obvsg.at/primo-explore/fulldisplay?docid=OBV_alma71367142120003331&context=L&vid=OBV&lang=de_DE [16.01.2020].

- Mair, T., 2019. Da ist der Wurm drin. In *Tiroler Tageszeitung*, 327, S. 24.
- Mäke, D., 2017. *Mikrobiologische und chemische Veränderungen bei der Zubereitung und Lagerung von Insekten für den menschlichen Verzehr* (Diplomarbeit). Veterinärmedizinische Universität Wien. Verfügbar unter https://search.obvsg.at/primo-explore/fulldisplay?docid=OBV_alma71441052800003331&context=L&vid=OBV&lang=de_DE [12.10.2019].
- Manhartseder, C., 2014. *Die Zahlungsbereitschaft von Konsument/innen für Insekten als Lebensmittel – Ein Choice Experiment* (Masterarbeit). Universität für Bodenkultur Wien. Verfügbar unter https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.hochschulschriften_info?sprache=de&menue_id=206&id=&hochschulschrift_id=12262 [17.01.2020].
- Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A. & Salinas-Castro, A., 2019. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, S. 1166-1191. Verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12463> [16.01.2020].
- Miglietta, P., De Leo, F., Ruberti, M. & Massari, S., 2015. Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective. In *Water*, 7, S. 6190-6203. Verfügbar unter <https://www.mdpi.com/2073-4441/7/11/6190> [12.01.2020].
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M. & Bednarova, M., 2014. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – a Review. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64, S. 147-157. Verfügbar unter <http://journal.pan.olsztyn.pl/A-Comprehensive-Look-at-the-Possibilities-of-Edible-Insects-as-Food-in-Europe-A-Review,98389,0,2.html> [10.01.2020].
- „Neurotoxine“, 2000. In *Spektrum*. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/neurotoxine/8749> [11.12.2019].
- Oonincx, D. et al., 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. In

- PLoS ONE*, 5, S. 1-7. Verfügbar unter <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0014445> [08.02.2020].
- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit [AGES], 2019. *Neuartige Lebensmittel*. Verfügbar unter <https://www.ages.at/themen/lebensmittelsicherheit/neuartige-lebensmittel/> [04.01.2020].
- Pali-Schöll, I., Binder, R., Moens, Y., Polesny, F. & Monsó, S., 2019. Edible insects – defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59, S. 2760-2771. Verfügbar unter <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2018.1468731> [16.01.2020].
- Paschotta, R., 2019 (2015). CO₂-Äquivalente. In *Energie-Lexikon*. Verfügbar unter https://www.energie-lexikon.info/co2_aequivalente.html [12.01.2020].
- „pathogen“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/pathogen> [11.01.2020].
- „Petrolether“, 2019. In *Die Chemie-Schule*. Verfügbar unter <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Petrolether> [15.12.2019].
- „Pharmakologie“, 2000. In *Spektrum*. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pharmakologie/9775> [23.01.2020].
- Ramos-Elorduy, J., 2009. Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. In *Entomological Research*, 39, S. 271-288. Verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x> [11.09.2019].
- Rumpold, B. & Schlüter, K., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. In *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, S. 802-823. Verfügbar unter <http://thepaleodiet.com/wp-content/uploads/2014/07/2013-Rumpold-Nutritional-composition.pdf> [18.01.2020].
- Schweizerische Gesellschaft für Ernährung [SGE], 2015. *DACH-Referenzwerte*. Verfügbar unter <http://www.sge-ssn.ch/grundlagen/lebensmittel-und-naehrstoffe/naehrstoffempfehlungen/dachreferenzwerte/> [17.01.2020].

- „Signaturenlehre“, 1999. In *Spektrum*. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/signaturenlehre/61530> [06.10.2019].
- „Taxonomie“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Taxonomie> [20.01.2020].
- „Überkritisches Kohlenstoffdioxid“, 2019. In *Die Chemie-Schule*. Verfügbar unter https://www.chemie-schule.de/KnowHow/%c3%9cberkritisches_Kohlenstoffdioxid [15.12.2019].
- Unger, K., 02.07.2018. In *Neuwerk – Zeitschrift für Designwissenschaft*, 5, S. 62-66. Verfügbar unter <https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/neuwerk/issue/view/3936> [16.11.2019].
- van der Spiegel, M., Noordam, M. & van der Fels-Klerx, H., 2013. Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rape-seed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, S. 662-678. Verfügbar unter <https://online-library.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12032> [17.01.2020].
- van Huis, A., 2017. Edible insects and research needs. In *Journal of Insects as Food and Feed*, 3, S. 3-5. Verfügbar unter <https://www.wageningenacademic.com/doi/pdf/10.3920/JIFF2017.x002> [12.01.2020].
- van Huis, A., 2018. Insects as Human Food. In R. Alves & U. Albuquerque (Hg.), *Ethnozology: Animals in Our Lives*, S. 195-213. London, San Diego, Cambridge, Oxford: Academic Press. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/322181280_Insects_as_Human_Food [08.11.2019].
- „Wechselwarmblüter“, 2020. In *Duden*. Verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Wechselwarmblueter> [06.02.2020].
- Yen, A., 2009. Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? In *Entomological Research*, 39, S. 289-298. Verfügbar unter <https://online-library.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1748-5967.2009.00239.x> [16.01.2020].

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Köll, M., 2020. Anzahl essbarer Insektenarten nach Gruppen.
Vgl. Wageningen University, 2017. Number of recorded edible insect species per group in the world. In „List of edible insects of the world (April 1, 2017)“. Verfügbar unter <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> [18.01.2020].8
- Abb. 2: Wageningen University, 2017. Weltweite Verbreitung essbarer Insektenarten. In „List of edible insects of the world (April 1, 2017)“. Verfügbar unter <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> [18.01.2020].9
- Abb. 3: Köll, M., 2020. Nährwerte.
Vgl. Rumpold, B. & Schlüter, K., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. In *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, S. 803-813. Verfügbar unter <http://thepaleodiet.com/wp-content/uploads/2014/07/2013-Rumpold-Nutritional-composition.pdf> [20.01.2020].
Vgl. Schweizerische Gesellschaft für Ernährung [SGE], 2015. *DACH-Referenzwerte*. Verfügbar unter <http://www.sge-ssn.ch/grundlagen/lebensmittel-und-naehrstoffe/naehrstoffempfehlungen/dachreferenzwerte/> [17.01.2020].15
- Abb. 4: Köll, M., 2020. Anteil an Linolensäure, Linolsäure und Ölsäure.
Vgl. Fiebelkorn, F., 2017. Entomophagie – Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft. In *Biologie in unserer Zeit*, 47, S. 108. Verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie_-_Insekten_als_Nahrungsmittel_der_Zukunft_Biologie_in_unserer_Zeit_472_pp_104-110 [18.01.2020].16
- Abb. 5: Köll, M., 2020. Mineralstoffe.
Vgl. Fiebelkorn, F., 2017. Entomophagie – Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft. In *Biologie in unserer Zeit*, 47, S. 108. Verfügbar unter

- [https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie - Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft Biologie in unser Zeit 472 pp 104-110](https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie_-_Insekten_als_Nahrungsmittel_der_Zukunft_Biologie_in_unser_Zeit_472_pp_104-110) [18.01.2020].18
- Abb. 6: Fiebelkorn, F., 2017. Ökologische Aspekte. In *Biologie in unserer Zeit*, 47, S. 108. Verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie - Insekten als Nahrungsmittel der Zukunft Biologie in unser Zeit 472 pp 104-110](https://www.researchgate.net/publication/316277323_Fiebelkorn_2017_Entomophagie_-_Insekten_als_Nahrungsmittel_der_Zukunft_Biologie_in_unser_Zeit_472_pp_104-110) [18.01.2020].29
- Abb. 7: Köll, M., 2020. Vergleich der CO₂-Äquivalente.
Vgl. Oonincx, D., et al., 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. In *PLoS ONE*, 5, S. 4. Verfügbar unter <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0014445> [08.02.2020].30
- Abb. 8: Protifarm Holding NV, n.d. Insektenzucht der niederländischen Firma *Protifarm*. In „Insectenburgers uit de regio“. Verfügbar unter <https://www.food2020.eu/streekproduct-insectenburger-food2020-als-springplank-voor-start-up-uit-osnabrueck/?lang=nl> [19.01.2020].32

Glossar

antinutritive Substanzen	verhindern, dass gewisse Nährstoffe vom Körper verwertet werden
bakterielle Sporen	Ausbreitungsform der Bakterien
Chitin	stickstoffhaltiger Mehrfachzucker, Bestandteil des Exoskeletts
Chitinase	Enzym, das für die Verdauung von Chitin verantwortlich ist
Chitosan	Ableitung von Chitin
Cholesterin	wichtige Kohlenstoffverbindung, die in allen tierischen Geweben vorkommt
CO ₂ -Äquivalente	Maß, um die Wirkung der Treibhausgase miteinander zu vergleichen
Coleoptera	Käfer
Cossus	Gericht der alten Römer, das aus den Larven des Großen Eichenbocks besteht
Derivat	chemische Verbindung, die aus einer anderen chemischen Verbindung entstanden ist
Ecdysteroide	Hormone, die in Insekten für die Häutung und Fortpflanzung zuständig sind
entomologisch/ Entomologie	wissenschaftliche Erforschung der Insekten
Entomophagie	menschlicher Verzehr von Insekten

Exoskelett	Außenskelett
Futterverwertung	Masse an Futter, die für eine Zunahme von einem Kilogramm an Gewicht benötigt wird
Glykogen	Kohlenhydrat, das im Fettkörper und in den Muskeln vorkommt
Hemiptera	Zikaden und Schildläuse
Hymenoptera	Hautflügler
Karzinogene	krebserregende Faktoren
Kreuzallergie	Allergie, bei der nicht nur beim Kontakt mit dem eigentlichen Allergen, sondern auch bei verwandten Allergenen allergische Reaktionen auftreten
kryptotoxische Insekten	nehmen Toxine über die Umwelt oder über das Futter auf
Lepidoptera	Raupen
Neurotoxine	Substanzen, die das Nervensystem schädigen
Nozizeption	Fähigkeit, schädliche Reize wahrzunehmen und auf diese zu reagieren
Orthoptera	Grillen und Heuschrecken
Pathogene	krankheitsauslösende Faktoren
Petrolether	farbloses Gemisch verschiedener, gesättigter Kohlenwasserstoffe

phanerotoxische Insekten	produzieren Giftstoffe
pharmakologisch/ Pharmakologie	Lehre von Aufbau, Wirkung und Nebenwirkung chemischer Stoffe
Referenzmengen	Empfehlungen, Schätzwerte und Richtwerte für die Nährstoffzufuhr
Signaturenlehre	Glaube daran, dass äußere Merkmale in der Natur zeigen, welche Krankheiten mit welchen Mitteln geheilt werden können
taxonomisch/ Taxonomie	Einteilung aller Lebewesen in systematische Gruppen
Thiaminase	Enzym, das Thiamin/Vitamin B1 abbaut
überkritisches CO ₂	flüssiges Kohlenstoffdioxid über seiner kritischen Temperatur und seinem kritischen Druck
Unionsliste	Verzeichnis aller neuartigen Lebensmittel, die in der EU zugelassen sind
Wasseraktivität	Maß für die Verfügbarkeit von Wasser in Lebensmitteln, Speisen und Zubereitungen
wechselwarme Tiere	Tiere, deren Körpertemperatur entsprechend der Temperatur der Umgebung wechselt
Zoonosen	Krankheiten, die von Tieren auf Menschen oder umgekehrt übertragen werden

Selbstständigkeitserklärung

Ich, Magdalena Köll, erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich diese Vorwissenschaftliche Arbeit selbständig und ohne Hilfe Dritter verfasst habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als Zitate kenntlich gemacht und alle verwendeten Quellen angegeben habe.

Magdalena Köll

Matrei in Osttirol, den 16. Februar 2020

Unterschrift