



Alternative Proteinquellen für die Lebens- und Futtermittelproduktion

Alternative protein sources for food and feed

Hermann Broll, Uta Maria Herfurth, Sebastian Broll, Matthias Winkel, Cristiano Garino

Kontakt

Hermann Broll | Bundesinstitut für Risikobewertung | Max-Dohrn-Str 8–10 | 10589 Berlin |
E-Mail: hermann.broll@bfr.bund.de

Zusammenfassung

Aufgrund des globalen Bevölkerungswachstums in der Zukunft und den Anforderungen hinsichtlich des globalen Klimawandels und der daraus resultierenden Notwendigkeit der Reduzierung des Ausstoßes von schädlichen Klimagasen bekommen alternative Proteinquellen eine immer größere Bedeutung. Gleichzeitig muss die Lebensmittelsicherheit auch langfristig den heute geltenden Standard beibehalten. Neue alternative Proteinquellen wie Insekten und Zellkultur-basierte Fleischersatzstoffe drängen auf den Markt, für die die gleichen Anforderungen an die Sicherheitsbewertung gelten. In dieser Publikation werden die verschiedenen alternativen Proteinquellen vorgestellt und ihre Bedeutung als Lebens- beziehungsweise Futtermittel dargestellt.

Abstract

Due to global population growth in the future and the requirements with regard to global climate change and the resulting need to reduce emissions of harmful greenhouse gases, alternative protein sources are becoming increasingly important. At the same time, food safety must maintain today's standards in the long term. New alternative protein sources such as insects and cell culture-based meat substitutes are entering the market, for which the same safety assessment requirements apply. This publication presents the various alternative protein sources and their significance as food and animal feed.





Quelle: BfR

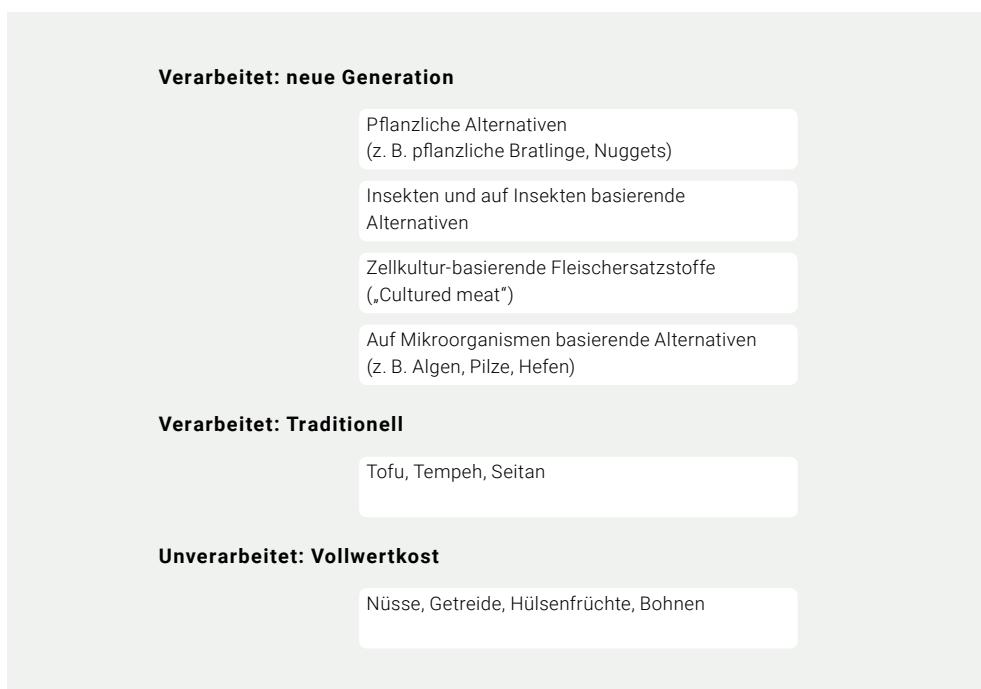
Hintergrund

Schätzungen der Vereinten Nationen zufolge wird die Weltbevölkerung bis Mitte der 2080-er Jahre auf 10 Milliarden Menschen anwachsen, wovon der Großteil in den heutigen Ländern des globalen Südens leben wird. Beispielsweise führen in Afrika eine sehr junge Altersstruktur (50% < 15 Jahren) und eine hohe Geburtenrate zu einem starken Bevölkerungswachstum.

Daher wird der weltweite Bedarf an Nahrungsmitteln und Energie erheblich steigen. Zwar wird in etlichen Kampagnen für Energieeffizienz und einen geringeren Fleischkonsum geworben – dennoch ist nicht anzunehmen, dass weltweit genügend Verbraucherinnen und Verbraucher weniger Energie verbrauchen oder weniger Fleisch essen werden. Aktuellen Prognosen der Europäischen Kommission zufolge wird sich der Verzehr von Rind- und Schweinefleisch bis 2035 verringern, der von Geflügel jedoch deutlich erhöhen (EC, 2024). Es ist weiterhin zu erwarten, dass in Staaten mit erstarkendem Wohlstand der Mittelschicht, wie beispielweise in China, der Bedarf an Fleisch und Fleischerzeugnissen eher steigen wird (OECD, 2022; Statista, 2023). Das daher auf globaler Ebene abzusehende Protein-Defizit könnte, zumindest teilweise, mithilfe alternativer Proteinquellen gedeckt werden.

Gegenwärtig wird der globale Proteinbedarf zu 57 Prozent aus Pflanzen, zu 18 Prozent aus Fleischprodukten und zu 10 Prozent aus Milcherzeugnissen gedeckt (MRI, 2025). Die relative Bedeutung der verschiedenen Proteinquellen ist regional sehr verschieden: Während Fleisch und Fisch einen großen Teil der Proteinzufuhr in Lateinamerika, der Karibik, China und Europa ausmachen, ist der Anteil tierischer Proteine in der Ernährung in Indien und Subsahara-Afrika vergleichsweise gering. Als alternative Proteinquellen für die menschliche Ernährung gelten pflanzliche Materialien wie Leguminosen, Getreide oder Ölsaaten ebenso wie solche tierischen Ursprungs wie beispielsweise Insekten, sowie Einzeller und rekombinante Proteine, die aus Mikro- und Makroalgen, Pilzen, Bakterien und Hefen hergestellt werden können (□ Abbildung 1). Die Konsumentinnen und Konsumenten finden in deutschen Supermärkten schon seit einigen Jahren pflanzenbasierte Produkte, die in Geschmack, Textur und Kocheigenschaften versuchen, den Geschmack von Lebensmitteln auf tierischer Basis nachzubilden. Die hohe Nachfrage dieser Produkte zeigt sich sowohl in stark anziehenden Verkaufszahlen als auch in steigenden Produktionsmengen. Insgesamt stellen diese alternativen Produkte jedoch nur einen niedrig-prozentigen Anteil am gesamten Lebensmittelmarkt.

Abbildung 1: Beispiel für verschiedene alternative Proteinquellen.



Modifiziert aus OECD Food, agriculture and fisheries paper n°182, OECD 2022

Zusätzlich zur Sicherung des weltweiten Proteinbedarfs bieten alternative Proteinquellen das Potenzial ökologische, gesundheitliche und ethische Probleme der konventionellen Tierhaltung zu lösen, da sie einen, in Bezug auf Treibhausgasemissionen, Wasserverbrauch und Landnutzung, geringeren ökologischer Fußabdruck aufweisen, eine nährstoffreichere Ernährung fördern und den Tierschutz unterstützen.

Die „Nationale Bioökonomiestrategie“ der Bundesregierung aus dem Jahr 2020 legt Ziele für eine nachhaltige, umwelt- und tiergerechte Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie zur Förderung einer Ressourcen-schonenden Kreislaufwirtschaft fest. Dabei sollen fossile

Rohstoffe ersetzt und neue Produktionsorganismen für die Primärproduktion identifiziert werden, um deren Ersatz für tierische Produkte zu untersuchen. Dies steht in direktem Zusammenhang mit den EU-Zielen des „Green Deals“, bis 2050 klimaneutral den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Darüber hinaus werden in der „Nationalen Bioökonomiestrategie“ ebenfalls ein Dutzend der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (UN) (Sustainable Development Goals, SDGs) (UN, [2015](#)) direkt adressiert.

Ein Grundpfeiler der Bioökonomie ist die nachhaltige Erzeugung biogener Rohstoffe und Produkte sowohl in der Agrar- als auch der verarbeitenden Industrie. Dazu ist es notwendig, Produktionsorganismen, insbesondere Nutzpflanzen, aber auch Insekten, Algen, Pilze oder Mikroorganismen, gezielt an die jeweiligen Umwelt-, Klima- und Produktionsbedingungen anzupassen. Nutzpflanzen wie Lupinen, Erbsen und Bohnen werden schon heute in großem Umfang als alternative Proteinquellen eingesetzt. Neue, auf Zellkultur basierende Fleischersatzstoffe stellen eine weitere, noch nicht ausreichend erforschte alternative Proteinquelle zur Lebensmittelerzeugung dar. Abfallströme, die heute noch nicht stofflich verwertet werden beziehungsweise nicht genutzte Wertschöpfungspotenziale aufweisen, können als ökologisch und ökonomisch vorteilhafte Rohstoffquelle in der Agrarindustrie dienen. Die Eigenschaften von industriell genutzten Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen und Mikroalgen können durch innovative Technologien ebenso gezielt an spezifische Produktionsbedingungen angepasst werden wie „Zellkultur-basierende Fleischersatzstoffe“. Das macht sie zum einen attraktiv für die ökonomische Verwertung im Rahmen einer Kreislaufwirtschaft, führt zum anderen aber zu neuen Herausforderungen unter anderem für die Lebens- und Futtermittelsicherheit.

Nachfolgend ein Überblick über potenzielle alternative Proteinquellen:

Pflanzliche Proteine

Verarbeitete Fleischalternativen aus Pflanzen (z.B. Veggie-Burger) sind seit Ende der 1970er Jahre auf dem Markt (Cunningham, [2019](#)). Hülsenfrüchte und viele andere proteinreiche Pflanzen sind in der Europäischen Union (EU) erst einmal keine neuartigen Lebensmittel (z.B. Sojabohnen, Kichererbsen, Linsen, Erbsen und Ackerbohnen). Die Extraktion eines Proteins hieraus und seine Behandlung mit neuartigen Methoden kann jedoch dessen ernährungsphysiologische Wirkung verändern und das Endprodukt somit zu einem neuartigen Lebensmittel machen. Pflanzenproteine werden heute in verschiedenen Produkten verwendet, die Fleisch, Meeresfrüchte und Milchprodukte imitieren.

Ein entscheidender Vorteil von pflanzlichem Protein besteht darin, dass es den Umwandlungsverlust von Futter- zu Lebensmittel vermeidet, der normalerweise mit tierischem Protein verbunden ist. Schätzungen zufolge werden 1,3kg Ackerkulturen benötigt, um 1kg pflanzenbasierten Fleischersatz zu produzieren (d.h. eine Umwandlungsrate von etwa 75%), verglichen mit 7–10kg Futtermittel pro kg Lebendgewicht für Rindfleisch, 4–5kg für Schweinefleisch und 2–2,5kg für Geflügel (Fiala, [2008](#)).

Im Produktionsprozess pflanzlicher Alternativen werden zunächst Proteinkonzentrate oder -isolate aus Pflanzen extrahiert. Anschließend werden diese Pflanzenproteine einer Hydrolyse unterzogen, um ihre Funktionalitäten wie Löslichkeit und Vernetzungskapazität zu verbessern, bevor die pflanzlichen Proteine mit Zusätzen gemischt werden, die den

Geschmack und Geruch von Fleisch reproduzieren sollen. Die Farbe von frischem Fleisch wird durch Zusatz hitzestabiler Frucht- und Gemüseextrakte (z.B. Apfelextrakt, Rüben- saft) oder rekombinanter Hämproteine nachgeahmt. Kohlenhydrate wie Kartoffelstärke und Methylcellulose werden schlussendlich als Bindemittel hinzugefügt. Schließlich wird diese Mischung einem Umformungsprozess unterzogen, um eine fleischähnliche Textur zu erhalten.

Mikroorganismen-basierte Proteine

Mikroorganismen wurden bereits ab etwa 7000 v. Chr. zur Fermentation von Lebensmit- teln eingesetzt. Neben dem Räuchern und Salzen war sie eine der wichtigsten Methoden zur Lebensmittelkonservierung und damit eine entscheidende Technologie für den Auf- stieg der menschlichen Zivilisationen. Dariüber hinaus brachte das Verfahren auch viele neue Produkte, Aromen und Geschmacksrichtungen hervor. Durch verschiedene Fer- mentationsbedingungen und -techniken entstand weltweit eine Vielzahl von Nahrungs- mitteln: Milchprodukte wie Käse und Joghurt, alkoholische Produkte wie Bier und Wein, fermentierte Bohnenprodukte wie Sojasauce, Douchi und Natto, anderes Gemüse wie Sauerkraut und Kimchi. Derzeit diskutierte mögliche Vorteile von Mikroorganismen in der Lebensmittelherstellung sind: Mikrobiomfördernde (oder probiotische) Eigenschaften, Erhöhung der Bioverfügbarkeit von Nährstoffen, Senkung des glykämischen Index, Ent- fernen von Toxinen, Produktion von chemischen Verbindungen mit ernährungsphy- siologischem Nutzen wie beispielsweise Antioxidantien, mehrfach ungesättigte Fettsäu- ren, konjugierte Linolsäuren (CLA), Sphingolipide, Vitamine und Mineralien (Graham & Ledesma-Amaro, [2023](#)).

Pilzproteine

Aus Pilzen gewonnene Mykoproteine, auch als Myzel-Protein, Myzelium oder Pilz-Pro- tein bezeichnet, werden natürlicherweise in einer gewissen, durchaus fleischähnlichen Textur gebildet, sind proteinreich, geschmacks- und farbneutral. Die Pilze werden mit Hilfe der Biomassefermentation vermehrt, in welcher ein kohlenstoffhaltiger Rohstoff mit Nährstoffmedium versetzt, mit einer Myzelium-Kultur geimpft und anschließend fer- mentiert wird. Da Nebenströme aus dem Ackerbau als Rohstoff verwendet werden können, geht man bei der Herstellung von Mykoprotein von einer sehr nachhaltigen und umweltfreundlichen Produktion aus. Sie wird bereits seit über 40 Jahren im industriellen Maßstab beispielsweise unter Nutzung des Pilzes *Fusarium venenatum* angewendet. Ein weiterer Vorteil des durch Biomassefermentation erzeugten Mykoproteins ist dessen re- lativ natürliche, niedrig prozessierte Beschaffenheit. Bislang wurden vor allem pflanzliche Fleisch- und Wurst-Alternativen daraus hergestellt.

Mikroalgen

Algen werden als wichtiger Bestandteil der weltweiten Lebensmittelproduktion angese- hen. Sie werden aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer hohen Konzen- tration an bioaktiven Komponenten in vielen Industriebereichen eingesetzt. Agar, Alginat und Carrageen sind einige Beispiele für Algendarivate, die aufgrund ihrer gelernden, verdickenden und stabilisierenden Eigenschaften verwendet und vor allem als funk- tionelle Lebens- und Nahrungsergänzungsmittel eingesetzt werden. Da Algen Mineralien und Spurenelemente aus der Umgebung aufnehmen können und daher reich an Eisen und Kalzium sind, werden sie auch zur Qualitätsverbesserung von Fleisch- und Fischproduk- ten verwendet. Zudem enthalten viele Algenarten einen hohen Anteil an Beta-Carotin,

Vitamin C und B12, gleichzeitig aber wenig Fett und viel Protein. Die reichlich vorhandenen Ballaststoffe werden β -Glucane genannt, die eine bemerkenswerte Reihe von gesundheitlichen Vorteilen aufweisen, indem sie einen gesunden Cholesterin- und Blutzuckerspiegel fördern und die Funktionen des Immunsystems verbessern. Daher ist deren Einsatz als Ersatz für tierisches Eiweiß in den letzten Jahren stark angestiegen (Procházka et al., 2023).

Insekten

Der Verzehr von Insekten (Entomophagie) reicht viele tausend Jahre zurück, insbesondere von Menschen, die in den wärmeren Regionen der Erde leben und ganzjährig Zugang zu einer Auswahl an Insekten hatten. Vermutlich deswegen werden Insekten heute hauptsächlich in tropischen Ländern Afrikas, Asiens und Lateinamerikas verzehrt. Zu den Ländern mit der höchsten Anzahl essbarer Insektenarten gehören Mexiko, China, Thailand und Indien (Baiano, 2020). In der EU dagegen werden Insekten (noch) nicht in nennenswerten Mengen als Lebensmittel verzehrt. In der EU sind bis dato vier Insektenarten als neuartiges Lebensmittel gemäß der Novel Food-Verordnung (EU) 2015/2283 (EP, 2015) zugelassen. Als Futtermittel sind gemäß der Verordnung (EU) Nr. 142/2011 (EP, 2011) in der EU insgesamt acht verschiedene Insektenarten für den Einsatz in Geflügel-, Schweine- und Aquakulturfuttermitteln zugelassen (□ Tabelle 1). Die Angaben bezüglich der Nachhaltigkeit sind in der Literatur sehr unterschiedlich. Vor allem die Tatsache, dass Insekten nicht auf Lebensmittelabfällen gezüchtet werden dürfen, widerspricht einer Kreislaufwirtschaft. Zudem erfordert die Verwendung von Insekten in Lebensmitteln eine Zulassung, welche eine umfangreiche Risikobewertung beinhaltet, was dies zu einem insgesamt langwierigen und teuren Prozess macht. In Deutschland ist die Verbraucherakzeptanz wie auch in den meisten anderen EU-Ländern noch sehr gering. Produkte aus Insekten sind daher kaum in den Supermarktregalen zu finden.

Tabelle 1: Zulassungen von Insekten als Lebens- und Futtermittel in der EU.

Insekten	Als Lebensmittel erlaubt (EU-Verordnung 2015/228)	Als Futtermittel erlaubt (EU-Verordnung 142/2011)
Larve des Mehlkäfers (<i>Tenebrio molitor</i>)	✓	✓
Hausgrille (<i>Acheta domesticus</i>)	✓	✓
Larve des Getreideschimmelkäfers (<i>Alphitobius diaperinus</i>)	✓	✓
Wanderheuschrecke (<i>Locusta migratoria</i>)	✓	
Steppengrille (<i>Gryllus assimilis</i>)		✓
Kurzflügelgrille (<i>Gryllodes sigillatus</i>)		✓
Schwarze Soldatenfliege (<i>Hermetia illucens</i>)		✓
Hausfliege (<i>Musca domestica</i>)		✓
Seidenraupenpuppe (<i>Bombyx mori</i>)		✓

Zellkultur-basierende Fleischersatzstoffe

Die Herstellung von landwirtschaftlichen Produkten wie Fleisch, Milch oder Eiern aus Zellkulturen wird als zelluläre Landwirtschaft bezeichnet. Am bekanntesten sind die aus Zellkulturen von Rind, Schwein oder Geflügel gewonnenen Fleischersatzstoffe. Für die Entwicklung von Herstellungsprozessen für Fleischprodukte ohne Nutztiere wurden in den letzten Jahren beträchtliche finanzielle Investitionen bei vielen Start-up-Firmen getätigt. Die Basistechnologie für die Zellkultivierung stammt aus der biopharmazeutischen Industrie, die diese Technologie schon seit einiger Zeit für die Herstellung von monoklonalen Antikörpern und Impfstoffen verwendet. Im Jahr 2020 wurde das erste kommerziell erhältliche Zellkultur-basierte Produkt in Singapur zugelassen – dieses wird allerdings nur in wenigen ausgewählten Restaurants in Form von Chicken Nuggets zu einem Premiumpreis verkauft.

Inzwischen gibt es weitere Zulassungen in den USA (für zwei Hühnerprodukte) und in Israel (für ein Rinderzellkulturprodukt).

Neben den noch hohen Herstellungskosten spielen technische Herausforderungen wie die Skalierung des Produktionsprozesses, die Optimierung serumfreier Kulturmedien, die strukturähnliche Herstellung verschiedener Fleischsorten sowie die Zugabe von Fett eine entscheidende Rolle, um Zellkultur-basierte Fleischersatzstoffe in Zukunft als kommerzielle Lösung weithin nutzbar machen zu können (GFI, 2023). Verbraucherinnen und Verbraucher bezeichnen Zellkultur-basierte Fleischersatzstoffe häufig als „unnatürlich“ und begegnen ihnen eher mit Ablehnung und weniger mit Neugier (Pakseresht et al, 2022).

Mikro- und Makroalgen

Algen werden als Gruppe autotropher, photosynthetischer, aquatischer und nicht-embryophytischer Organismen bezeichnet, die entweder einzellig oder kolonial sein können, Fäden aufweisen oder aus einfachen Geweben bestehen. Mikroalgen sind mikroskopisch kleine prokaryotische oder eukaryotische photosynthetische Mikroorganismen, typischerweise einzellige oder einfache mehrzellige Organismen. Für den menschlichen Verzehr sind von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) als neuartige Lebensmittel die Mikroalgen *Arthrospira*, *Chlorella*, *Dunaliella* und *Haematococcus* zugelassen worden. Mikroalgenproteine sind getrocknete Zellen, die in der Regel als Protein-Nahrungsergänzungsmittel verkauft werden, obwohl sie einige bioaktive Verbindungen enthalten können. Makroalgen sind dagegen photosynthetische Organismen, die komplexere mehrzellige Formen aufweisen. Einige von ihnen haben pflanzenähnliche Strukturen und wachsen normalerweise auf dem felsigen Grund von Küstengewässern. Sie lassen sich nach ihrer Pigmentierung einteilen in Braun- (*Ochrophyta*), Grün- (*Chlorophyta*) und Rotalgen (*Rhodophyta*).

Während Mikroalgen einen Proteingehalt von mehr als 70 Prozent der Trockenmasse erreichen, weisen Makroalgen einen wesentlich geringeren Gehalt (9–22%) auf. Der Hauptvorteil in beiden Algentyphen liegt – insbesondere im Vergleich zu anderen pflanzlichen Proteinen wie Soja oder Kichererbse – in ihrem hohen Gehalt an essentiellen Aminosäuren und der vorteilhaften Aminosäurezusammensetzung. Darüber hinaus konkurriert der Anbau von Meeresalgen nicht mit dem Anbau von Nahrungsmitteln um Land und natürliche Ressourcen, weshalb die verstärkte Verwendung von Meeresalgenproteinen eine

entscheidende Rolle bei der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele spielen könnte. Neben den Vorteilen der Verwendung von Algen muss aber auch die potenzielle Anwesenheit toxischer chemischer Verbindungen aus Algen (z.B. Prostaglandin A2 und Prostaglandin E2), hohe Jod- und Schwermetallgehalte sowie die Arsenkontaminationen als Folge von Absorptionsprozessen berücksichtigt werden (Kumar & Sharma, 2021).

Präzisionsfermentation

Hierbei handelt sich um ein umfassendes Konzept, das alle Fermentationstechniken umfasst, bei denen durch speziell entwickelte Wirtsmikroorganismen (sogenannte „Zellfabriken“) bestimmte, einzelne Proteine erzeugt werden. Beispielsweise können Proteine wie Casein oder Molkenprotein durch mikrobiologische Prozesse und damit ohne Kühe zu benötigen hergestellt werden.

Dafür werden vorzugsweise Mikroorganismen eingesetzt, die allgemein als sicher eingestuft sind: Bakterien, Hefe und Fadenpilze haben sich als die wichtigsten Vehikel für die mikrobielle Technik herauskristallisiert. Innerhalb der Bakteriengruppe zeichnet sich *Escherichia coli* durch niedrige Produktionskosten und hohe Konzentrationen rekombinanter Proteine aus. Allerdings benötigen einige Proteine für die Ausbildung ihrer nativen Struktur und Funktionalität spezifische posttranskriptionale Modifikationen (PTMs), so dass die Herstellung in *E. coli* an ihre Grenzen stößt. Beispiel hierfür sind strukturgebende Disulfidbindungen in eukaryontischen Proteinen, für deren Bildung in prokaryotischen Expressionssystemen meist kein passendes zelluläres Hilfsmittel (meist andere Proteine) vorhanden ist. Darüber hinaus ist die Fähigkeit von *E. coli*, Proteine zu glykosylieren äußerst gering ausgeprägt. Daher werden Bakterien bevorzugt für die Expression von Proteinen ohne PTMs oder in Situationen verwendet, in denen solche Modifikationen für die Proteinfunktionalität nicht entscheidend sind.

Während die Produktion im Labormaßstab die Machbarkeit unter Beweis stellt, bleibt der Übergang zum industriellen Herstellungsmaßstab oft eine Hürde. Um eine kosteneffiziente Massenproduktion ohne Qualitätseinbußen zu erreichen, ist die Optimierung der Fermentationsprozesse erforderlich. Zudem hinkt der rechtliche Rahmen den raschen Fortschritten in der Präzisionsfermentation hinterher. Die Festlegung umfassender Richtlinien zur Gewährleistung der Produktsicherheit, Wirksamkeit und Transparenz der Kennzeichnung ist von entscheidender Bedeutung. Auch der Umgang mit Bedenken, insbesondere in Bezug auf gentechnisch veränderte Organismen (GVO), erfordert besondere Berücksichtigung, da hierfür gesonderte Zulassungsbedingungen in der EU vorherrschen.

Diskussion

Alternativen zu tierischen Produkten haben das Potenzial, einige der negativen externen Effekte und ethischen Bedenken im Zusammenhang mit der Erzeugung und dem Verzehr von Fleisch zu mindern, was eine wichtige Argumentation für die Verbrauchernachfrage sein könnte. Gleichzeitig rufen diese neuen Lebensmittel und die damit verbundenen Technologien Bedenken hervor, von denen einige die Akzeptanz der Verbraucherinnen und Verbraucher eher reduzieren.

Onwezen et al. (2021) stellten fest, dass die Gesamtakzeptanz von alternativen Proteinen

im Vergleich zur Akzeptanz von Fleisch relativ gering ist, wobei die Akzeptanz von Insekten am geringsten und dicht gefolgt von der geringen Akzeptanz von kultiviertem Fleisch ist. Bei Verbraucherinnen und Verbrauchern haben Hülsenfrüchte und pflanzliche Alternativen dagegen die höchste Akzeptanz unter den alternativen Proteinquellen.

Wie bereits erwähnt, sind neuartige Lebensmittel vor der Markteinführung in der EU gemäß der Novel Food-Verordnung (EU) 2015/2283 (EP, 2015) zuzulassen. Dies betrifft alle Lebensmittel, die nicht vor Mai 1997 in „nennenswertem Umfang“ in der EU bereits im Handel waren und beinhaltet eine umfassende Risikobewertung. Das gilt neben Insekten auch für die folgenden 10 Lebensmittelkategorien:

- mit neuer oder gezielt veränderter Molekularstruktur,
- aus Mikroorganismen, Pilzen oder Algen,
- aus Materialien mineralischen Ursprungs,
- aus Pflanzen oder Pflanzenteilen,
- aus Tieren oder deren Teilen,
- aus Zell- oder Gewebekulturen,
- die durch ein neuartiges, nicht übliches Verfahren hergestellt wurden,
- aus technisch hergestellten Nanomaterialien,
- die Vitamine, Mineralstoffe und andere Stoffe sind,
- die ausschließlich in Nahrungsergänzungsmitteln als nicht neuartig gelten und nun in anderen Lebensmitteln verwendet werden sollen.

Damit erklärt sich, dass viele Produkte, die aus Proteinen bestehen, oder diese enthalten und aus alternativen Quellen gewonnen wurden, auch eine entsprechende Zulassung in der EU benötigen. Kritik bezüglich der Anforderungen und der langwierigen Prozesse im Rahmen des Zulassungsverfahrens werden von Seiten der Antragssteller immer wieder vorgebracht. Allerdings ist zu bedenken, dass diese Endprodukte für die Verbraucherinnen und Verbraucher sicher sein müssen und somit eine umfangreiche Risikobewertung im Sinne des Verbraucherschutzes notwendig ist.

Die Etablierung eines nachhaltigeren Ernährungssystems ist von entscheidender Bedeutung, da die Landwirtschaft für knapp ein Drittel der weltweiten Treibhausgasemissionen (THG) und einen großen Anteil am Verbrauch von Land und Süßwasser verantwortlich ist. Die Welternährungsorganisation (FAO) definiert nachhaltige Ernährungsweisen als solche mit geringen Umweltauswirkungen, die zur Lebensmittel- und Ernährungssicherheit und zu einem gesunden Leben für heutige und künftige Generationen beitragen. Da alternative Proteine im Vergleich zu Fleisch umweltfreundlicher in der Herstellung sein können, könnten sie eine Rolle bei dieser Transformation spielen. Derzeit sind die Herstellungsprozesse allerdings noch zu energieintensiv. Nachhaltig könnten diese Produkte daher erst mit grüner Energie oder einer technischen Optimierung beim Upscaling werden. Eine umweltfreundliche Alternative könnten die Produkte vor allem dann sein, wenn sie Nebenströme aus der Lebensmittelindustrie sowie der Landwirtschaft verwenden können, zum Beispiel um Nährmedien für Zellkulturen zu erzeugen.

Hinsichtlich der Nachhaltigkeit der hier aufgeführten Fleischproteinalternativen ist die wissenschaftliche Datenlage in der aktuellen Literatur noch unsicher. Verfügbare Schätzungen der Ökobilanz deuten darauf hin, dass die oben aufgeführten Fleischpro-

teinalternativen einen geringeren Kohlenstoff-Fußabdruck pro kg Produkt aufweisen als Rindfleisch und dass pflanzliche und insektenbasierte Alternativen ebenfalls einen geringeren Kohlenstoff-Fußabdruck aufweisen als Schweinefleisch und Geflügel. Ein Umstieg von Fleisch auf Fleischalternativen könnte daher gegebenenfalls Vorteile im Hinblick auf die Verringerung der Treibhausgasemissionen mit sich bringen.

Weitestgehend unberücksichtigt bleibt die Tatsache, dass in vielen entwickelten Ländern der Proteinverbrauch durchschnittlich den physiologischen Bedarf deutlich übersteigt und es möglicherweise nicht notwendig ist, Fleischersatz in Massen zu produzieren.

Die Tierhaltung ist ein großer Nutzer von Land, wobei die FAO schätzt, dass 26 Prozent des verfügbaren Landes der Welt für die Tierhaltung genutzt wird und 33 Prozent der zurzeit genutzten Anbauflächen nur für die Futtermittelproduktion verwendet werden (FAO, 2012).

Daraus ergibt sich ein Umweltvorteil von Fleischproteinalternativen aufgrund des geringeren Flächenbedarfs im Vergleich zu Fleisch. Die für die Vieh- und Futtermittelproduktion genutzten Flächen wären frei für andere Nutzungen (z.B. Wälder, einheimische Vegetation) und könnten weitere Optionen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen bieten, unter anderem durch Aufforstung.

Die Diversifizierung von Proteinquellen ist ein entscheidender Schritt für eine nachhaltigere und gesündere Ernährung weltweit. Viele Unternehmen und Forschungseinrichtungen arbeiten daran, diese Alternativen erschwinglicher, schmackhafter und zugänglicher zu machen.

[BfR] 

Literatur

- [1] Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 35–50.
- [2] Cunningham, B. (2019). Plant-based meat and the knock-down, drag-out fight for the American diet. Vox Media. Abgerufen am 24. Januar 2025 von <https://www.vox.com/the-highlight/2019/9/18/20849139/meat-beyond-impossible-burger-vegetarian-plant-based-green-new-deal-politics>
- [3] EC – European Commission. (2024). EU agricultural outlook, 2024–2035. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels. Abgerufen am 24. Januar 2025 von https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/48b04248-de6c-4608-bbcf-f2c9e0ed9d2b_en?filename=agricultural-outlook-2024-report_en.pdf
- [4] EP – Europäisches Parlament. (2015). Verordnung (EU) 2015/2283. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32015R2283>
- [5] EP – Europäisches Parlament. (2011). Verordnung (EU) Nr. 142/2011. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/142/oj?locale=de>
- [6] FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). Livestock and Landscapes. Abgerufen am 24. Januar 2025 von <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c93da831-30b3-41dc-9e12-e1ae2963abde/content>

- [7] Fiala, N. (2008). Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics*, 67(3), 412–419.
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ecolec:v:67:y:2008:i:3:p:412-419>
- [8] GFI – Good Food Institute (2023). Cultivated meat and seafood – 2023 State of the Industry Report.
<https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/08/State-of-the-Industry-Report-Cultivated-meat-and-seafood.pdf>.
- [9] Graham, A. E., & Ledesma-Amaro, R. (2023). The microbial food revolution. *Nat Commun*, 14(1), 2231. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37891-1>
- [10] Kumar, M. S., & Sharma, S. A. (2021). Toxicological effects of marine seaweeds: a cautious insight for human consumption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(3), 500–521. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1738334>
- [11] MRI – Max Rubner-Institut. (2025). Abgerufen am 24. Januar 2025 von <https://www.mri.bund.de/de/themen/alternative-proteinquellen/>
- [12] OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. (2022). Meat protein alternatives: opportunities and challenges for food systems transformation. Food, agriculture and fisheries paper N°182. Abgerufen am 24. Januar 2025 von https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/09/meat-protein-alternatives_54e42940/387d30cf-en.pdf
- [13] Onwezen, M. C., Bouwman, E. P., Reinders, M. J. et al. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, 159, 105058. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.105058>
- [14] Pakseresht, A., Kaliji; S. A. and Canavari, M. (2022). Review of factors affecting consumer acceptance of cultured meat, in: *Appetite*, 170, 105829. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105829>
- [15] Procházka, P., Abrham, J., Cerveny, J. et al. (2023). Algae as a source of protein in the sustainable food and gastronomy industry [Systematic Review]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1256473>
- [16] Statista. (2023). Industries & Markets. Protein market. Abgerufen am 24. Januar 2025 von <https://www.statista.com/study/47734/protein-market/>
- [17] UN – United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development, A/RES/70/1. Abgerufen am 24. Januar 2025 von <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>