



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Akzeptanz von Mikroalgen in Lebensmitteln bei VeganerInnen

Vorgelegt von:

Sara Kameyama



Fachsemester: 12,0

Studiengang: Ökotrophologie BA

Tag der Abgabe: 27.05.2022

Erstprüfer (HAW): Herr Prof. Dr. Christoph Wegmann
Zweitprüferin (HAW): Frau Prof. Dr. Petra Naujoks

Inhaltsverzeichnis

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS | IV |
| TABELLENVERZEICHNIS | V |
| ZUSAMMENFASSUNG | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| 1. EINLEITUNG | 3 |
| 2. MIKROALGEN | 4 |
| 2.1 EINORDNUNG UND LEBENSWEISE..... | 4 |
| 2.2 NUTZUNG..... | 4 |
| 2.3 KULTIVIERUNG..... | 5 |
| 3. ZUKUNFTSPOTENTIAL | 7 |
| 3.1 NAHRUNGSVERSORGUNG..... | 7 |
| 3.2 ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGISCHE VORTEILE..... | 7 |
| 3.2.1 Protein..... | 7 |
| 3.2.2 Mineralstoffe, Vitamine und Fettsäuren..... | 8 |
| 3.2.3 Vitamin B ₁₂ | 9 |
| 3.2.4 Auswirkung von Mikroalgen auf die Gesundheit..... | 10 |
| 3.3 NACHHALTIGKEIT..... | 11 |
| 4. FUNKTIONELLE LEBENSMITTEL | 13 |
| 4.1 DEFINITION UND EINSATZ..... | 13 |
| 4.2 FORSCHUNGSSTAND ZU MIKROALGEN ALS FUNKTIONELLE LEBENSMITTEL..... | 14 |
| 5. MIKROALGEN AUF DEM MARKT | 17 |
| 6. RECHTSLAGE IN DER EU | 20 |
| 7. METHODIK | 22 |
| 7.1 FRAGEBOGEN..... | 23 |
| 7.2 STICHPROBE..... | 24 |
| 7.3 AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE..... | 24 |
| 7.3.1 Soziodemographie der Stichprobe..... | 25 |
| 7.3.2 Daten zur Kenntnis von Mikroalgen..... | 26 |
| 7.3.3 Daten zum Verzehr von Mikroalgen..... | 28 |
| 7.3.4 Daten zu Initiatoren für einen Erstkontakt..... | 31 |
| 7.3.5 Daten zum Kauf von Mikroalgenprodukten..... | 32 |
| 7.3.6 Daten zu erwünschten Mikroalgenprodukten..... | 33 |
| 7.3.7 Daten zur Einstellung..... | 34 |
| 7.3.8 Daten zum Image von Mikroalgen(-produkten)..... | 36 |
| 7.3.9 Daten zur Erhältlichkeit von Mikroalgenprodukten..... | 37 |
| 7.3.10 Daten zum Einfluss von Informationsgabe..... | 38 |
| 7.3.11 Daten zur Verarbeitung von Mikroalgen(-produkten)..... | 38 |
| 7.3.12 Daten zur Sensorik von Mikroalgenprodukten..... | 39 |
| 7.3.13 Daten zum Preis von Mikroalgenprodukten..... | 42 |
| 7.4 DISKUSSION..... | 42 |
| 7.4.1 Diskussion der Methode..... | 43 |
| 7.4.2 Diskussion der Ergebnisse..... | 44 |
| 8. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK | 49 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 51 |
| RECHTSQUELLENVERZEICHNIS | 56 |
| ANHANG | 57 |

| | |
|---------------------------------------------|----|
| ANHANG 1: FRAGEBOGEN | 57 |
| ANHANG 2: FOTO VON MIKROALGENPRODUKTEN..... | 65 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ABBILDUNG 1: KENNNTNIS VON MIKROALGEN IN ABHÄNGIGKEIT EINER VEGANEN ERNÄHRUNGSWEISE, LINKS: KONTROLLGRUPPE (N=243), RECHTS: ZIELGRUPPE (N=42) | 27 |
| ABBILDUNG 2: PROZENTUALER ANTEIL AN PERSONEN, DIE BEREITS MIKROALGEN GEGESSEN HABEN, IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE, LINKS: KONTROLLGRUPPE (N=60), RECHTS: ZIELGRUPPE (N=13)..... | 28 |
| ABBILDUNG 3: PROZENTUALE HÄUFIGKEITEN VERZEHRTER MIKROALGENPRODUKTE IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE, LINKS: KONTROLLGRUPPE (N=45), RECHTS: ZIELGRUPPE (N=13) | 29 |
| ABBILDUNG 4: LINKS: ANTEIL AN VEGANERINNEN, DIE MIKROALGEN IN KAPSELFORM ZU SICH NEHMEN (N=13), RECHTS: ANTEIL AN VEGANERINNEN, DIE MIKROALGEN IN PULVERFORM ZU SICH NEHMEN (N=13)..... | 30 |
| ABBILDUNG 5: LINKS: ANTEIL AN NICHT-VEGANERINNEN, DIE MIKROALGEN IN KAPSELFORM ZU SICH NEHMEN (N=45), RECHTS: ANTEIL AN NICHT-VEGANERINNEN, DIE MIKROALGEN IN PULVERFORM ZU SICH NEHMEN (N=45)..... | 30 |
| ABBILDUNG 6: WIE SIND SIE AUF MIKROALGEN AUFMERKSAM GEWORDEN? LINKS: PROZENTUALER ANTEIL DER INITIATOREN UNTER NICHT-VEGANERINNEN (N=45), RECHTS: PROZENTUALER ANTEIL DER INITIATOREN UNTER VEGANERINNEN (N=13)..... | 31 |
| ABBILDUNG 7: PROZENTUALER ANTEIL AN KÄUFERINNEN VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE, LINKS: KONTROLLGRUPPE (N=45), RECHTS: ZIELGRUPPE (N=13)..... | 32 |
| ABBILDUNG 8: PROZENTUALER ANTEIL AN GEWÜNSCHTEN MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE, OBEN: NICHT-VEGANERINNEN (N=243), UNTEN: VEGANERINNEN (N=42) | 33 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELLE 1: PROTEINGEHALT VERSCHIEDENER MIKROALGENARTEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN ANBIETERN | 8 |
| TABELLE 2: ÜBERSICHT VERFÜGBARER MIKROALGENPRODUKTE AUF DEM MARKT, WELTWEIT | 17 |
| TABELLE 3: IN HAMBURG ERHÄLTICHE MIKROALGENPRODUKTE | 18 |
| TABELLE 4: KLASSIFIKATORISCHE DATEN DER STICHPROBE N=285 | 26 |
| TABELLE 5: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE DER EINSTELLUNG ALLER TEILNEHMERINNEN (N=285) IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =42, N _{NICHT VEGAN} =243) | 35 |
| TABELLE 6: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZU IMAGEBEZOGENEN AUSSAGEN VON MIKROALGEN ALLER TEILNEHMERINNEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =42, N _{NICHT VEGAN} =243) | 36 |
| TABELLE 7: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZUR ERHÄLTlichkeit VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =42, N _{NICHT VEGAN} =243) | 37 |
| TABELLE 8: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZUR VERÄNDERUNG DER KONSUMBEREITSCHAFT DURCH INFORMIEREN ÜBER DIE FUNKTIONALITÄTEN VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =42, N _{NICHT VEGAN} =243) | 38 |
| TABELLE 9: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZUR VERARBEITUNG VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =13, N _{NICHT VEGAN} =45) | 39 |
| TABELLE 10: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZUM AUSSEHEN VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =13, N _{NICHT VEGAN} =45) | 40 |
| TABELLE 11: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZUM GESCHMACK VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =13, N _{NICHT VEGAN} =45) | 41 |
| TABELLE 12: DESKRIPTIVE PARAMETER UND SIGNIFIKANZERGEBNISSE ZUM PREIS VON MIKROALGENPRODUKTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ERNÄHRUNGSWEISE (N _{VEGAN} =13, N _{NICHT VEGAN} =45) | 42 |

Zusammenfassung

Jede dritte jugendliche Person in Deutschland ernährt sich oft bis sehr oft vegetarisch oder vegan. Besonders jungen Menschen ist der Einfluss ihrer Ernährungsweise auf die Umwelt bewusst. Während alternative Ernährungsformen wie Vegetarismus und Veganismus in den letzten Jahrzehnten immer bekannter werden, sind alternative Konzepte wie Mikroalgenprodukte als Funktionale Lebensmittel noch selten zu finden. Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist es, die Stärke verschiedener Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Mikroalgen in Lebensmitteln bei VeganerInnen zu untersuchen, indem ein Vergleich mit Nicht-VeganerInnen durchgeführt wird. Untersucht wurde die Fragestellung, inwiefern eine Akzeptanz für Mikroalgen in Lebensmitteln bei VeganerInnen besteht und wie sich die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz im Vergleich zu den Einflussfaktoren bei der Kontrollgruppe der Nicht-VeganerInnen unterscheiden.

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine quantitative Onlineumfrage durchgeführt. In der Onlineumfrage konnten nur wenige signifikanten Unterschiede zwischen den Einflussfaktoren der Ziel- und Kontrollgruppe festgestellt werden. VeganerInnen nahmen jedoch signifikant häufiger Mikroalgen als Nahrungsergänzungsmittel ein. Die Ergebnisse zeigen, dass VeganerInnen bereits etwas offener gegenüber einem Mikroalgenverzehr sind, was eine gute Basis für eine Akzeptanz von Mikroalgenprodukten schafft, sobald diese wettbewerbsfähig sind.

Abstract

Every third young person in Germany often to very often eats a vegetarian or vegan diet. Young people in particular are aware of the impact of their diet on the environment. While alternative diets such as vegetarianism and veganism have become increasingly popular in recent decades, alternative concepts such as microalgae products as functional foods are even less common. The aim of this thesis is to investigate the strength of different influencing factors on the acceptance of microalgae in food by vegans by comparing them with non-vegans. The research question is: To what extent do vegans accept microalgae in food and how do the factors influencing acceptance differ from the factors influencing acceptance in the control group of non-vegans?

To answer the question, a quantitative online survey was conducted. In the online survey, only little significant differences were found between the influencing factors of the target and control groups. However, vegans were significantly more likely to take microalgae as a dietary supplement. The results show that vegans are already somewhat more open to microalgae consumption, which creates a solid basis for the acceptance of microalgae products amongst vegans once they are competitive with other alternative plant protein sources.

1. Einleitung

Juli, 2021 – Ein Hochwasser überflutet Teile in Deutschland, nimmt vielen Menschen ihr Zuhause und kostet einigen sogar ihr Leben. Der Klimawandel erhöht die Wahrscheinlichkeit von starken Regenfällen (Kreienkamp et al., 2021, S. 1). Immer häufiger zeigt der Klimawandel auch in der westlichen Welt seine Konsequenzen – Auswirkungen, die unser Leben und unsere Zukunft beeinflussen werden.

Ein großer Klimatreiber im Lebensmittelbereich ist der Fleischkonsum. Die Fleischproduktion ist sehr ressourcenintensiv, da eine Umwandlung von pflanzlichem Protein zu tierischen stattfinden muss (Sabaté et al., 2014). Laut der Food and Agriculture Organization (FAO) wird bis 2050 die Weltbevölkerung auf bis zu 9 Milliarden Menschen anwachsen. Dabei steigt der Anteil der Mittelschicht stark und der westliche Wohlstand wird zum Lebensstandard. Infolgedessen wird die Lebensmittelproduktion um ca. 70-100% angehoben werden müssen, damit kein Nahrungsmangel entsteht (FAO, 2009, S. 4, 8; Godfray et al., 2010, S. 813). Für eine hinreichende Ausdehnung der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion mit Nutzpflanzen und Nutztieren wird zukünftig jedoch nicht genügend Nutzfläche zur Verfügung stehen. Es müssen Alternativen der Lebensmittelversorgung erforscht werden, um einer Mangelernährung entgegenzuwirken (FAO, 2009, S. 21-22). Ein Ansatz ist die Nutzung von sogenannten „funktionellen Lebensmitteln“. Mikroalgen zeigen in unterschiedlichen Bereichen Potential für die Nutzung als funktionellen Lebensmittel (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 367). Obwohl seit Jahren die Vorteile von Mikroalgen bekannt sind, werden sie weiterhin vorrangig als Nahrungsergänzungsmittel genutzt.

In der Literatur wird der Verzehr von Mikroalgen als alternative Proteinquelle zu tierischen Produkten häufig mit dem Einsatz von Insekten in Nahrungsmitteln verglichen. Bei diesem Vergleich sind Mikroalgen die Alternative, die auch für VegetarierInnen und VeganerInnen zur Auswahl stehen (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 99; 2020b, S. 1).

Das Ziel dieser Abschlussarbeit ist es, die Akzeptanz für Mikroalgen in Lebensmitteln unter VeganerInnen zu analysieren. Dafür wird die Fragestellung untersucht, inwiefern eine Akzeptanz von Mikroalgen in Lebensmitteln bei VeganerInnen besteht. Der zweite Teil der Fragestellung lautet: Inwiefern unterscheiden sich die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz bei den VeganerInnen (Zielgruppe) zu den Nicht-VeganerInnen (Kontrollgruppe)?

Dafür werden zunächst die Begriffe „Mikroalgen“ und „funktionelle Lebensmittel“ erläutert. Es wird auf die verschiedenen Funktionalitäten von Mikroalgen in Lebensmitteln bzw. als funktionelle Lebensmittel eingegangen. Des Weiteren wird eine rechtliche Einordnung von Mikroalgen in Deutschland vorgenommen und der derzeitige Markt von Mikroalgen dargelegt. Anschließend wird die Onlineumfrage, die als Untersuchungsmethode dieser Abschlussarbeit gewählt wurde, erläutert, die Ergebnisse werden zusammengefasst und diskutiert. Abschließend werden die Ergebnisse gemäß der Fragestellung interpretiert und ein Ausblick gegeben.

2. Mikroalgen

In den folgenden Unterkapiteln wird der Begriff „Mikroalgen“ eingeordnet. Es wird auf die Lebensweise, Nutzung und die Kultivierung von Mikroalgen eingegangen.

2.1 Einordnung und Lebensweise

Mikroalgen sind mikroskopisch kleine, einzellige Organismen, die ohne eigenen Antrieb im Wasser schweben. Sie vereinen Eukaryoten und Prokaryoten. Mikroalgen gehören zum sogenannten Phytoplankton und sind als Primärproduzenten die Basis vieler Nahrungsketten (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S. 91). Die größten Untergruppen sind: Grünalgen (*Chlorophyta*), Rotalgen (*Rhodophyta*), Braunalgen (*Phaeophyta*) und Cyanobakterien (*Cyanophyta*) (Richmond, 2004 zitiert nach Schwerna, 2017, S. 3). Cyanobakterien, die sogenannten „Blualgen“, werden häufig zu den Mikroalgen gezählt, obwohl sie von ihren Eigenschaften eher der Bakteriengruppe zugehörig sind (Neumann & Bischoff, 2018, S. 103)

Mikroalgen bauen als phototrophe Organismen¹ mit Nährstoffen aus dem Wasser, Kohlenstoffdioxid aus der Luft sowie unter Einfluss der Sonne ihre Biomasse auf und produzieren Sauerstoff. Sie machen von 40-60% des gesamten Sauerstoffes in der Atmosphäre aus (de Farias Neves, Demarco & Tribuzi, 2020, S. 71). Ihre Artenvielfalt wird von vielen Hunderttausenden bis zu mehreren Millionen geschätzt (de Farias Neves, Demarco & Tribuzi, 2020, S. 71; Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S. 92; Rösch & Roßmann, 2020, S. 344). Je nach Art haben sie unterschiedliche Wachstumsanforderungen und Eigenschaften (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S.92). Ihre natürlichen Habitate können sowohl Salzwasser- als auch Süßwassergebiete und terrestrische Lebensräume sein (Schwerna, 2017, S. 3).

2.2 Nutzung

Nicht alle Mikroalgenarten haben das gleiche Potential hinsichtlich ihrer Eignung für die menschliche Ernährung. Anders als bei Makroalgen, wie dem japanischen „Nori“², welches eine lange Geschichte in der Humanernährung aufweist (Preisig & Andersen, 2005, S. 7), werden Mikroalgen erst seit wenigen Jahrzehnten kultiviert. Sie waren ursprünglich für den Einsatz in der Aquakultur vorgesehen. Zwischen 1947-1949 wurde die Mikroalge *Chlorella* erstmals von den Wissenschaftlern Spoehr und Milner für die Lebensmittelproduktion in Betracht gezogen (Preisig & Andersen, 2005, S. 7). Die erste kommerzielle Kultivierung der Mikroalge *Chlorella* fand 1960 in Japan statt (Tsukada & Kawahara, 1977 zitiert nach Borowitzka, 1999, S.314). Seitdem haben toxikologische Studien belegt, dass Mikroalgen ein für den menschlichen Verzehr sicheres Lebensmittel sind (Chamorro-Cevalos, 1980 zitiert nach Belay et al., 1993, S. 235).

¹ Phototrophe Organismen decken ihren Kohlenstoffbedarf über Photosynthese.

² Auch Purpurtange oder Phorphyra - eine Gattung der Rotalge.

Heute werden Mikroalgen vorrangig in Arzneimitteln³, Kosmetika, Nahrungsergänzungsmitteln sowie als Farbstoff in Lebensmitteln verwendet (Stute & Buchholz, 2013, S. 328).

In den letzten 20 Jahren hat sich die Wissenschaft dabei besonders auf 4 verschiedene Mikroalgen fokussiert: Spirulina (wissenschaftlicher Name: *Arthrospira*), Chlorella, *Dunaliella salina* und *Haematococcus pluvialis* (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S. 93). In Lebensmitteln verarbeitet werden am häufigsten die Mikroalgen Chlorella und Spirulina (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 377). Mikroalgen sind üblicherweise getrocknet in Form von Pulver, Kapseln oder Flocken erhältlich. Aus manchen Mikroalgen werden auch nur bestimmte Stoffe extrahiert. Diese Stoffe können anderen Lebensmitteln oder Futtermitteln beigegeben werden, um das Nährstoffprofil dieser zu verbessern oder sie werden als Nahrungsergänzungsmittel vermarktet (Vigani et al., 2015, S. 82).

Die Grünalge *Chlorella vulgaris*⁴ wird in der Humanernährung gerne auf Grund ihres hohen Proteingehaltes mit günstiger Aminosäurezusammensetzung oder aufgrund ihres bioverfügbaren Methylcobalamins (Vitamin B₁₂) eingesetzt (Neumann & Bischoff, 2018, S. 104).

Das Cyanobakterium Spirulina wird u.a. als Mittel gegen Mangelernährung genutzt, weil sie einfach zu kultivieren ist und ebenfalls einen hohen Proteingehalt aufweist. Zudem beinhaltet es sogenannte Sulfolipide⁵, welche eine antivirale Wirkung haben (Neumann & Bischoff, 2018, S. 104-105).

Aus den Mikroalgen *Shizochytrium sp.* und *Ulkenia* wird Mikroalgenöl gewonnen, welches reich an Omega-3-Fettsäuren ist (EPA und DHA) (Neumann & Bischoff, 2018, S. 105).

Aus der Grünalge *Haematococcus pluvialis* wird das Carotinoid Astaxanthin gewonnen, welches eine starke antioxidative Wirkung aufweist. Astaxanthin darf bis jetzt im Lebensmittelbereich nur als Nahrungsergänzungsmittel vertrieben werden (Neumann & Bischoff, 2018, S. 106).

Einige Mikroalgen sind bereits als toxikologisch sicher für den Lebensmitteleinsatz eingestuft worden, dennoch werden sie selten in Lebensmitteln eingesetzt. Meist werden nur einzelne Bestandteile aus der Mikroalge extrahiert, um sie als Wirkstoff oder Farbstoff zu Kosmetika oder Pharmazeutika beizugeben oder sie werden für den Einsatz in Nahrungsergänzungsmitteln genutzt.

2.3 Kultivierung

Der Mineralstoffgehalt ist ein qualitätsgebender Faktor bei Mikroalgen. Der Gehalt ist abhängig von der Wasserqualität, in der die Mikroalgen gezüchtet werden. Eine kontrollierbare Umgebung bei der Kultivierung vereinfacht die Gewährleistung einer hohen Qualität (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S. 94). Da die Unterschiede in der Qualität je nach Anbau stark schwanken, ist die Wahl der HerstellerInnen entscheidend. Mikroalgen können bei unvorsichtiger Handhabung der Kultivierung sogar eine Gesundheitsgefahr darstellen (Ullmann, 2017). In Europa herrschen strenge Vorgaben

³ Mikroalgenbestandteile, wie Antioxidantien, PUFAs, antivirale und antibiotische Wirkstoffe können eine natürliche Quelle für Pharmazeutika sein.

⁴ Eine Art der Gattung Chlorella.

⁵ Dienen im menschlichen Körper als Membranbaustein.

hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit (Kurrer, 2021). Mikroalgen von ProduzentInnen aus der EU gelten daher als sicher.

Mikroalgen können sowohl in offenen Systemen (Open-pond-systems) als auch in geschlossenen Systemen, wie Photobioreaktoren (PBR)⁶ gezüchtet werden (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 96). In Photobioreaktoren werden Mikroalgen zusammen mit Wasser und CO₂ durch lange Röhren oder Paneele gepumpt. Die langen Röhren oder flachen Paneele verschaffen dabei eine möglichst große Expositionsoberfläche für die Sonne. Die Anschaffungskosten für einen PBR sind viel höher als für Open-Pond-Systeme, dennoch weisen sie Vorteile auf. Sie ermöglichen beispielsweise „[...] bessere Kontrollmöglichkeiten, geringere Verunreinigungen über Luft und Boden sowie vielseitige Einsatzmöglichkeiten z.B. auf Dächern oder Hauswänden [...]“ (Neumann & Bischoff, 2018, S. 103).

Die Produktionsleistung von Algen nimmt mit steigender Wärme- und Lichtzufuhr zu. Eine Mikroalgenproduktion in wärmeren Regionen ist unkomplizierter, u.a. weil eine Nutzung von offenen Systemen für die Produktion möglich ist. Offene Systeme können in Europa hauptsächlich im Sommer oder unter Aufwendung hoher Energiekosten im Winter betrieben werden, daher bieten sich in klimatisch kühleren Regionen geschlossene Produktionsverfahren an (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 96).

Das Herstellungsverfahren von Mikroalgen ist zurzeit noch sehr aufwendig und insbesondere durch den hohen Energieaufwand kostenintensiv. Zudem sind die Anschaffungskosten für eine Anlage, wie einen Photobioreaktor, sehr hoch (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 97), weswegen es derzeit nur ca. 50-100 kommerzielle AlgenherstellerInnen weltweit gibt. Die Produktionskapazitäten der HerstellerInnen reichen dabei von einigen wenigen Kilogramm bis zu 500 Tonnen Trockensubstanz im Jahr (Sathasivam et al., 2019, S. 710).

In Photobioreaktoren werden Mikroalgen mithilfe von Zentrifugation geerntet. Die geerntete Biomasse wird anschließend durch ein Trocknungsverfahren zu Pulver verarbeitet (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S.94-95). Die Sprühtrocknung ist die am häufigsten genutzte Methode für das Trocknen der Mikroalgenmasse (de Farias Neves, Demarco & Tribuzi, 2020, S. 74). Diese Methode ermöglicht eine Produktion von Mikroalgenpulver mit guten Bindungseigenschaften. Diese vorteilhaften Eigenschaften können durch eine ungemäße Lagerung aber wieder verloren gehen. Nachteil dieser Sprühtrocknungsmethode ist außerdem, dass nur Produkte mit hoher Wertschöpfung produziert werden können, da die Installations- und Energiekosten hoch sind. Am kostengünstigsten ist die Lufttrocknung. Diese wird allerdings eher in kleineren Unternehmen angewandt, weil sie sehr arbeits- und zeitintensiv ist (de Farias Neves, Demarco & Tribuzi, 2020, S. 74-82).

Es muss eine Methode der Trocknung und Lagerung von Mikroalgen gefunden werden, die sowohl ernährungsphysiologisch als auch kostentechnisch optimal ist.

⁶ Hier wird zwischen Flat-Panel Airlift Reaktoren und den Röhrenreaktoren unterschieden (Neumann & Bischoff, 2018, S. 104).

3. Zukunftspotential

In diesem Kapitel wird auf die verschiedenen Funktionalitäten eingegangen, die mit der Nutzung von Mikroalgen in Lebensmitteln einhergehen. Dabei wird die Rolle von Mikroalgen bei der weltweiten Sicherstellung der Nahrungsversorgung dargestellt. Des Weiteren werden die ernährungsphysiologischen Vorteile von Mikroalgen insbesondere für VeganerInnen erläutert. Im letzten Teil dieses Kapitels wird die Nachhaltigkeit einer Mikroalgenkultivierung aufgezeigt.

3.1 Nahrungsversorgung

In Entwicklungsländern sind weiterhin mehr als 800 Millionen Menschen dauerhaft unterernährt (UN Ernährungsbericht, 2019 zitiert nach BZE, 2022). Der Begriff Protein-energy-malnutrition (PEM) stammt aus Beobachtungen in Entwicklungsländern und fasst unterschiedliche Formen der Unterernährung zusammen. Eine zu geringe Energie- und Proteinzufuhr beinhaltet meist auch einen Mangel an Mineralien (Eisen, Zink, Jod, Kalium, Magnesium, Calcium), Vitaminen (A,C,E,D), und essentiellen Fettsäuren (Omega-3 und Omega-6). Solche Defizite können zu erhöhter Anfälligkeit für Krankheiten und bei Kindern zu Wachstumsverzögerung führen (Biesalski, 2004, S. 288-295). Da die Größe an landwirtschaftlicher Nutzfläche von ca. 37% der Erdoberfläche kaum weiter ausdehnbar ist, die Weltbevölkerung aber weiterwächst, werden in Zukunft immer mehr Menschen hungern (Jering et al., 2013). Dieses Defizit insbesondere an Protein wird auch die „Eiweißlücke“ genannt (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 94). Um dem entgegenzuwirken, könnten Mikroalgen eingesetzt werden, die auf kleiner Fläche kultiviert werden. Sie haben ernährungsphysiologische Vorteile, die helfen können, viele defizitäre Nährstoffe zu supplementieren. Im Nachfolgenden wird auf verschiedene Mikroalgenbestandteile eingegangen. Dabei wird deutlich werden, dass Mikroalgen über viele der Nährstoffe verfügen, die bei einer PEM kritisch sind.

3.2 Ernährungsphysiologische Vorteile

Chlorella und Spirulina sind die am häufigsten konsumierten Mikroalgen (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 98), daher liegt der Fokus im Folgenden auf diesen beiden Arten.

3.2.1 Protein

Die beiden Mikroalgen, Chlorella und Spirulina, sind reich an Proteinen und essentiellen Aminosäuren. Der Proteinanteil von Spirulina beträgt 60-70% des Trockengewichtes (Belay et al., 1993, S. 235).

Die folgende Tabelle (Tab. 1) stellt verschiedene Mikroalgenarten von unterschiedlichen Herstellern und ihre Nährstoffgehalte dar.

Tabelle 1: Proteingehalt verschiedener Mikroalgenarten bei unterschiedlichen Anbietern

| | Fett | Ballaststoffe | Kohlenhydrate | Protein | Verzehrs-empfehlung | Anbieter |
|----------------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | g/100g | g/100g | g/100g | g/100g | g/100g | |
| <i>C.vulgaris</i> | 9 | 18 | 9 | 52 | 3 | Roquette Klötze Algomed Chlorella |
| <i>C.vulgaris</i> | 8 | 11 | 9 | 62 | 2,3 | Feine Algen Bio Chlorella |
| <i>A.platensis</i> | 7 | 0 | 16 | 61 | 4 | Earthrise Spirulina |
| <i>A.platensis</i> | 6 | - | 23 | 63 | 4,8 | Dr. Dünner Bio Spirulina |
| <i>P.tricornutum</i> | 13 | 14 | 18 | 40 | - | Roquette Klötze* |
| <i>N.oceanica</i> | 24 | 14 | 11 | 35 | - | Allmicroalgae Allma, Portugal |

*hierbei handelt es sich lediglich um den Produzenten der Mikroalgen, die Algen sind nicht als Produkt käuflich verfügbar

Quelle: Neumann & Bischoff, 2018, S. 103

Die Tabelle zeigt, dass die Makronährstoffe je nach Mikroalgenart und Anbieter bzw. Kultivierungsbedingungen schwanken. Spirulina (*A.platensis*) und Chlorella (*C.vulgaris*) weisen immer einen sehr hohen Proteingehalt zwischen 50-60g/100g auf.

Die Bioverfügbarkeit des Proteins ist von der Verarbeitung abhängig. (Neumann & Bischoff, 2018, S. 106) Frische, unbehandelte Mikroalgen können nur unzureichend vom menschlichen Körper verarbeitet werden. Eine kurzzeitige Hoherhitzung⁷ bricht die Zellwandstrukturen auf, sodass sie verwertbar werden. Unter diesen Voraussetzungen können Mikroalgen eine für pflanzliches Eiweiß sehr hohe Biologische Wertigkeit erreichen (Pabst, 1975, S.175). Bei einer Sprühtrocknung liegt die Proteinverdaulichkeit von Chlorella⁸ bei 86%, und alle essentiellen Aminosäuren sind vorhanden (Lubitz, 1963, S. 231). Der Literaturwert für die Biologische Wertigkeit von tierischen Nahrungsmitteln liegt zwischen 80-100% (Pichler, 2013, S. 22-23 zitiert nach Biesalski et al., 2010). Mikroalgen stellen damit eine mit tierischen Nahrungsmitteln vergleichbare Biologische Wertigkeit dar und sind eine hochwertige pflanzliche Proteinquelle für VeganerInnen. Zudem können Mikroalgen helfen, die „Eiweißlücke“ in den kommenden Jahren zu schließen (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 94).

3.2.2 Mineralstoffe, Vitamine und Fettsäuren

Weitere ernährungsrelevante Bestandteile in Mikroalgen sind Mineralstoffe (Calcium, Magnesium, Eisen) und Spurenelemente (Selen, Mangan, Jod) sowie Purine und Carotinoide (Neumann &

⁷ Zum Beispiel durch eine Sprühtrocknung.

⁸ Im gefriergetrockneten Zustand.

Bischoff, 2018). Mikroalgen sind eine natürliche Quelle für Eisen. Sie sind eine pflanzliche Alternative zu tierischen Produkten, um den Eisenbedarf zu decken, da ihr Eisen bioverfügbar ist.

Andere Nährstoffe, wie Selen können bei der Kultivierung angereichert werden. Deswegen ist der Gehalt an bestimmten Nährstoffen nicht nur von der Mikroalgenart, sondern auch von der Kultivierung abhängig und durch die Weiterverarbeitung⁹ der Mikroalgen beeinflussbar (Neumann & Bischoff, 2018, S. 107).

Mikroalgen sind eine natürliche Quelle für mehrfach ungesättigte Fettsäuren¹⁰ (Neumann & Bischoff, 2018, S. 106-107). Durch beeinflussbare Bedingungen, wie die Stickstofflimitierung kann der Lipidgehalt von 40% bis auf 85% erhöht werden (Neumann & Bischoff, 2018, S. 106, 107). Als Primärproduzenten von Fettsäuren bilden Mikroalgen oft den Ausgangspunkt von Nahrungsketten, über die die Fettsäuren dann meist in Form von Fisch von Menschen über die Ernährung aufgenommen werden (Neumann & Bischoff, 2018, S. 105). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) spricht aufgrund der langkettigen Omega-3-Fettsäuren für Fisch eine Verzehrempfehlung von 1-2 x wöchentlich aus (DGE, 2016). Langkettige ungesättigte Omega-3-Fettsäuren, wie Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA), haben eine präventive Wirkung bei kardiovaskulären und neurologischen Erkrankungen, sowie bei Krebs (Stute & Buchholz, 2013, S. 330). Für VeganerInnen stellen Mikroalgen eine pflanzliche Alternative für Omega-3-Fettsäuren dar (Neumann & Bischoff, 2018, S. 102). Da das Angebot an Fisch bzw. Fischöl begrenzt ist (Stute & Buchholz, 2013, S. 330), bedeutet der direkte Verzehr von Mikroalgen auch den Schutz der stark schwindenden Fischressourcen und eine Minimierung der zunehmenden Meeresverschmutzungen.

Sekundäre Pflanzenstoffe, wie Carotinoide und Chlorophyll, sind aufgrund ihrer Photosyntheseleistung ebenfalls in Mikroalgen enthalten und können aus den Algen extrahiert werden. Sie werden oft als natürlicher Farbstoff in Lebensmitteln verwendet, aber auch als pflanzliche Vitamin A-Quelle in der Humanernährung (Neumann & Bischoff, 2018, S 107).

Bioaktive Pigmente haben eine antioxidative Wirkung und stärken das Immunsystem. Bei der Einnahme von bioaktiven Pigmenten konnte bereits ein verringertes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen beobachtet werden. Durch die Verhinderung schädlicher Oxidationen konnte zudem auch ein geringeres Risiko für Krebs festgestellt werden (Leitzmann & Dittrich, 2003, S. 24).

3.2.3 Vitamin B₁₂

Die DGE nennt Vitamin B₁₂ als kritischen Nährstoff bei einer veganen Ernährung (Richter et al., 2016, S. 95). Vitamin B₁₂ ist eine Reihe an Verbindungen (Cobalamine), die in der Mitte aus einem sogenannten Corrin-Ringsystem bestehen. Vitamin B₁₂ fungiert als Coenzym und Katalysator im

⁹ Zum Beispiel Trocknung und Lagerung.

¹⁰ Wie alpha- und gamma-Linolensäure, Arachidonsäure, Linolsäure, EPA und DHA. (Neumann & Bischoff, 2018, S. 107).

menschlichen Körper und ist dabei am Fettsäureabbau, an der Zellteilung sowie an der Bildung von Erythrozyten beteiligt (Biesalski et al., 2018, S. 212-214).

Einige Algen scheinen große Mengen an Vitamin B₁₂ anzulagern. Allerdings wurde in den vergangenen Jahren herausgefunden, dass die Bakterien, die zum Nachweisen von Vitamin B₁₂ genutzt wurden, auch die inaktiven Verbindungen als Vitamin B₁₂ erkannten. Daher wird inzwischen davon ausgegangen, dass es sich bei z.B. Spirulina und Nori¹¹, um inaktive Verbindungen von Vitamin B₁₂ handelt, dessen Bioverfügbarkeit¹² für den menschlichen Körper vorerst ungeklärt ist (Watanabe et al., 2002, S. 325). Anders verhält es sich bei anderen Algen (Yamada et al., 1999, S. 414). Auch Chlorella gilt als hochkonzentrierte Vitamin B₁₂-Quelle, da bei ihr bioverfügbares Vitamin B₁₂ festgestellt werden konnte. Unter den richtigen Bedingungen kann Chlorella bis zu 200µg pro 100g bioverfügbares B₁₂¹³ enthalten. Die Aufnahmefähigkeit wurde in einer kleinen Studie auch an VeganerInnen getestet und die Blutwerte der TeilnehmerInnen hatten sich bereits nach 60 Tagen verbessert (Rittenau, 2018, S. 91-92). Der Verarbeitungsprozess der Rohalge scheint jedoch ausschlaggebend für den Vitamin B₁₂ -Gehalt bzw. die Bioverfügbarkeit des Vitamin B₁₂ zu sein (Yamada et al., 1999, S. 416).

Da keine weiteren pflanzlichen Vitamin B₁₂ -Quellen bekannt sind, ist Chlorella eine sehr bedeutende Vitamin B₁₂ -Quelle für VeganerInnen. Denn Vitamin B₁₂ kann bei einer veganen Ernährung ansonsten nur über Nahrungsergänzungsmittel aufgenommen werden (Rittenau, 2018, S. 92).

3.2.4 Auswirkung von Mikroalgen auf die Gesundheit

Nachdem einige der funktionalen Bestandteile von Mikroalgen erläutert wurden, sollen nun einige gesundheitliche Vorteile herausgestellt werden.

In einer Studie von 1986 wurde festgestellt, dass bei einer Gabe von 2,8g Spirulina über 4 Wochen hinweg ein Gewichtsverlust bei übergewichtigen PatientInnen eingetreten ist (Becker et al., 1987, 565). Diese Studienergebnisse sind eine interessante Erkenntnis, aber müssten noch repliziert werden, damit sie als valide wissenschaftliche Erkenntnis angesehen werden können.

Eine weitere gesundheitliche Auswirkung, die bei einer regelmäßigen Supplementierung von Mikroalgen festgestellt werden konnte, ist eine Senkung von Triglyceriden im Blut (8g Spirulina pro Tag für 12 Wochen). In Folge bewies sich die Einnahme wirksam gegen Bluthochdruck. Auf diese Weise können sich Mikroalgen wünschenswert auf die Gesundheit von Diabetes-Typ 2-PatientInnen oder auch Menschen mit Bluthochdruck oder einer Fettstoffwechselstörung auswirken (Lee et al., 2008, S. 297-298; Parikh, Mani & Iyer, 2001, S. 196-198).

Eine weitere Wirkung, die die Supplementierung mit Spirulina gezeigt hat, ist eine signifikante Senkung der Malondialdehydwerte (Lee et al., 2008, S. 297-298). Malondialdehyd ist ein Biomarker für

¹¹ Eine essbare Makroalge.

¹² Umfang, Zeit und Ort eines Wirkstoffes nach Einnahme im Körper.

¹³ Der Schätzwert für eine angemessene Vitamin B₁₂-Zufuhr der DGE beträgt 4µg für Erwachsene (DGE, 2022).

oxidativen Stress und hat sich zudem als kanzerogen erwiesen (Biesalski, 2007, S. 17-18). Dies ist einer der Gründe, weshalb Spirulina eine antikanzerogene Wirkung zugeschrieben wird.

Aus Tierversuchen mit Mäusen ist auch bei anderen Mikroalgen, wie *Dunaliella bardawil* bekannt, dass sie eine unterdrückende Wirkung auf Tumore haben (Nagasawa et al., 1991, S. 713).

Durch Biosorption¹⁴ können Mikroalgen, wie Chlorella Schwermetalle im menschlichen Körper mobilisieren. Die Schwermetalle werden im Darm gebunden und anschließend ausgeleitet. Das Entgiften verhindert, dass die Schwermetalle absorbiert werden und oxidativen Stress bewirken können (Shim et al., 2009; Son et al., 2009 zitiert nach Ullmann, 2017).

Aufgrund der Biosorption von Schwermetallen muss aber auch bei der Mikroalgenkultivierung darauf geachtet werden, dass sie nicht schon während des Wachstums über die Luft oder das Wasser Schwermetalle¹⁵ akkumulieren (Payer, Runkel & et al., 1975, S. 191-192). Auf diese Weise könnte die Einnahme von verunreinigten Präparaten möglicherweise sogar gesundheitsschädlich sein, weil Schwermetalle in größeren Mengen zugeführt werden.

Es gibt bereits einige Studien, in denen die gesundheitlichen Wirkungen von Mikroalgen auf den Menschen untersucht wird. Allerdings besteht teilweise noch Forschungsbedarf, um tatsächliche Korrelationen zwischen Mikroalgen und gesundheitlicher Auswirkung feststellen zu können und Abweichungen zwischen den unterschiedlichen Mikroalgen ausmachen zu können. Bei keiner der oben genannten Studien handelt es sich um Langzeitstudien.

Die bereits existierenden Studien zeigen jedoch, dass interessante Erkenntnisse erwartbar sind.

3.3 Nachhaltigkeit

Auch im Bereich Nachhaltigkeit beweisen Mikroalgen Funktionalität. In einer Studie der Martin-Luther-Universität in Halle-Wittenberg wurden verschiedene Mikroalgenarten mit unterschiedlichen Herstellungsszenarien mit den 15 meistverzehrteten Fischen in Deutschland und deren Herstellungsweisen in Hinblick auf die CO₂-Emissionen verglichen. Die Emissionen der beiden Lebensmittel wurden anhand der Faktoren „Kalorien pro 100kcal“, „EPA und DHA“, sowie „Protein“ geprüft. Gemessen an 100kcal haben Mikroalgen in allen durchgespielten Szenarien besser abgeschnitten. Auch hinsichtlich des EPA- und DHA-Gehalts schnitten die Mikroalgen verglichen mit fast allen Fischarten besser ab. Gemessen am Proteingehalt haben die Mikroalgen in fast allen Szenarien genauso viel Emissionen produziert oder weniger. Selbst in Szenarien mit hoher CO₂-Last hatten Mikroalgen einen vergleichbaren oder geringeren Umwelteinfluss als Fische (Schade, Stangl & Meier, 2020, S. 3003-3004).

Laut dem „The State of World Fisheries and Aquaculture 2020“-Bericht sind die Weltmeere weiterhin stark überfischt (FAO, 2020, S. 51). Um die Meere zu entlasten, soll häufiger auf Aquakultur zurückgegriffen werden. Die Aquakultur ist aufgrund der Futtermittelproduktion der Fische ebenfalls

¹⁴ Akkumulierung von Schwermetallen (Ullmann, 2017).

¹⁵ Zum Beispiel Blei und Cadmium.

eine große Umweltbelastung. Der Anbau der Futterpflanzen benötigt viel mehr Land als die Kultivierung von Mikroalgen in Photobioreaktoren und hat eine deutlich geringere Produktivität (Schade, Stangl & Meier, 2020, S. 3008).

In PBR ist die Mikroalgenkultivierung auch bei kälteren klimatischen Temperaturen wie in Deutschland möglich, wie das Unternehmen „Algomed“ in Norddeutschland beweist. In diesem Unternehmen wird Chlorella kultiviert (Algomed, o.J.). Chlorella hat im Vergleich zu Spirulina geringere Temperaturansprüche und ist deswegen besser für die Produktion in Europa geeignet (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 99).

Mikroalgen haben den Vorteil, dass sie auch auf landwirtschaftlich nicht nutzbaren Flächen, wie in der Wüste, angebaut werden könnten und ihr Kultivierungsstandort flexibel ist (FAO, 2009, S. 9; Stute & Buchholz, 2013, S. 328). „Der Platzbedarf der geschlossenen Systeme ist gering und die Produktionsleistung je m² ist hoch“ (Vigani, 2015 zitiert nach von Jeinsen & Diekmann, 2020a, S. 96). Anders als andere pflanzliche Eiweißalternativen, wie zum Beispiel Soja, machen Mikroalgen eine ortsunabhängige Herstellung möglich, verhindern so lange Transportwege und ermöglichen Lieferunabhängigkeit.

Aufgrund ihrer ernährungsphysiologischen Vorteile werden Mikroalgen auch als Futtermittel für Nutztiere diskutiert. Aktuell ist Europa auf den Import von Futtermittel, wie Soja, aus Süd- und Nordamerika angewiesen. Diese Importe sind umstritten, denn sie sorgen für negative ökologische und soziale Effekte in den Anbauregionen und können auch gentechnisch verunreinigt sein (von Jeinsen & Diekmann, 2020a, 95-96). Tatsächlich scheinen Spirulina und Chlorella bereits zumindest als teilweiser Proteinersatz im Futtermittel von LandwirtInnen, die als einer der Schlüsselakteure gelten, akzeptiert zu werden (Diekmann & Theuvsen, 2020, S. 8-9). Der Gehalt an Nährstoffen, insbesondere Vitaminen und Spurenelementen ist bei einer Supplementierung des Futtermittels mit Mikroalgen deutlich höher und die Nährstoffzusammensetzung ausgewogener als in traditionellen Futtermitteln (Becker, 2004 zitiert nach Stute & Buchholz, 2013, S. 328).

Hinzu kommt, dass Mikroalgen beim Wachstum auf natürliche Ressourcen zurückgreifen und dabei sehr effektiv Kohlenstoffdioxid durch ihren hohen Wirkungsgrad¹⁶ bei der Photosynthese verwerten. Durch die Bindung von CO₂ in Biomasse könnten sie bei angepasster Großproduktionstechnik auch zu einer Reduktion von CO₂-Emissionen verhelfen (Griehl, Müller & Künstler, 2009, S. 1220; Rösch & Roßmann, 2020, S. 347).

¹⁶ Mikroalgen können in der Photosynthese einen Wirkungsgrad von 12,6% erreichen, während Landpflanzen einen Wirkungsgrad von 0,1-0,8% aufweisen (Boyer, 1982 zitiert nach Rösch & Roßmann, 2020, S. 347).

4. Funktionelle Lebensmittel

Mit Mikroalgen können nicht nur trendige Lebensmittel kreiert werden, die der Nachfrage der KonsumentInnen entsprechen, sondern sie können auch als entscheidende Zutat in funktionellen Lebensmitteln eingesetzt werden (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021).

In diesem Kapitel soll zunächst eine kurze Definition und Einleitung zu Mikroalgen als funktionelles Lebensmittel erfolgen. Anschließend wird anhand verschiedener Studien auf den aktuellen Forschungsstand zu Mikroalgen in Lebensmitteln eingegangen.

4.1 Definition und Einsatz

Das Konzept funktionelle Lebensmittel hat bisher keine rechtliche Definition. Deswegen wird im Folgenden auf eine Definition des bayrischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit verwiesen: „Für Lebensmittel, die über ihre Ernährungsfunktion hinaus gesundheitlich bedeutsame, physiologische Parameter langfristig und gezielt beeinflussen sollen, wird der Begriff "Funktionelle Lebensmittel" verwendet“ (Schmid, 2019).

Funktionelle Lebensmittel entstammen aus natürlich vorkommenden Ressourcen. Sie sollen nicht als Ersatz, sondern als Zusatz in einer gesunden, ausgewogenen Ernährung eingesetzt werden. Über längere Zeit hinweg können sie eine gesundheitsfördernde Wirkung auf den menschlichen Körper haben, wie zum Beispiel eine Steigerung der Leistungsfähigkeit, des Wohlbefindens, der Immunabwehr oder Krankheitsprävention oder eine Verzögerung des Alterungsprozesses. Funktionelle Lebensmittel sind dabei jedoch von Medikamenten abzugrenzen. Es muss beachtet werden, dass gesundheitsbezogene Aussagen auch bei funktionellen Lebensmitteln nur unter Berücksichtigung des Irreführungsverbotes¹⁷ erlaubt sind. Unter anderem können folgende Substanzen zugesetzt werden, um einen gesundheitlichen Zusatznutzen in Lebensmitteln zu schaffen: Probiotika, Ballaststoffe, Antioxidantien (Vitamine), Folsäure, Omega-3-Fettsäuren, Proteine, Aminosäuren, Sekundäre Pflanzenstoffe (wie Carotinoide) (Falch-Ultsch & Falch, 2001, S. 220-224).

Mikroalgen werden seit längerer Zeit in Hinblick auf ihr Potential zur Aufwertung der Nährwerte traditioneller Lebensmittel als funktionelle Lebensmittel in Betracht gezogen (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 367). In aktuellen Studien werden Mikroalgen bereits in Rezepte integriert, um den Gehalt an essentiellen Fettsäuren, essentiellen Aminosäuren, Carotinoiden oder auch den Gesamtproteingehalt zu verbessern. Auf einige dieser Studien wird im folgenden Unterkapitel 4.2 eingegangen.

¹⁷ §17 LMBG.

4.2 Forschungsstand zu Mikroalgen als funktionelle Lebensmittel

Da es große Differenzen zwischen den Eigenschaften der vielen unterschiedlichen Mikroalgenarten gibt, verhalten sie sich auch unterschiedlich je nach Art, Konzentration und Trägermittel¹⁸.

In einer irischen Studie von 2016 wurde eine Mikroalge namens *Pavlova lutheri* mit zwei unterschiedlichen Konzentrationen in das Trägernahrungsmittel Joghurt integriert. Bei beiden Konzentrationen war kein Einfluss auf die Eigenschaften des Joghurts erkennbar. Sensorisch muss an der Produktinnovation noch gearbeitet werden, da die Joghurts mit beiden Mikroalgen im Geschmack schlechter eingestuft wurden als der herkömmliche Kontrolljoghurt (Robertson, Mateo & et al., 2016, S. 240-244).

2014 wurden in einer Studie Chlorella und Spirulina sowie Seetang¹⁹ in ein Weizennudelrezept integriert. Während der Gehalt an Protein, Asche und Ballaststoffen stieg, fiel der Kohlenhydratanteil. Die beste Akzeptanz der KonsumentInnen erhielt eine Mehlmischung aus 90g Mehl und 5g Spirulina, sowie 5g Seetang. Bei dieser Zusammensetzung wiesen die Nudeln auch den geringsten Fettanteil und den höchsten Proteingehalt auf (Kumoro, Johnny & Alfilovita, 2016, S. 721).

Die Studien zeigen, für ein endgültiges Produkt scheint nicht nur ausschlaggebend, welche Mikroalge eingesetzt wird, sondern auch welches Trägernahrungsmittel dazu passt. Je nachdem für welche Zielgruppe das Mikroalgenprodukt kreiert wird und welche Eigenschaften oder Zusatzfunktionen das Endprodukt haben soll, eignen sich unterschiedliche Mikroalgenarten. Am häufigsten wird mit den Mikroalgen Spirulina und Chlorella experimentiert. Unterschiedliche Zusammensetzungen an Mikroalgen und Trägermitteln scheinen eine große Auswirkung auf die Nährstoffzusammensetzung des Endproduktes zu haben.

In einer brasilianischen Studie von 2016 wurde Spirulina in einen Schokoladenshake zugegeben (Duarte Santos et al., 2016, S. 216). Der Schokoladenshake war für ältere Menschen als Protein- und Kohlenhydratquelle gedacht, da es im Alter, durch einen erhöhten Bedarf, leicht zu einem Nährstoff- und Energiedefizit kommen kann (Skully, 2014). Die Schokoladenshakes wurden sehr gut akzeptiert. Die Akzeptanzwerte waren vergleichbar mit denen der Kontrollshakes. Fast alle PanelteilnehmerInnen gaben an, dass sie die Shakes auch selbst kaufen würden. Anders als bei Kumoro et al., 2016 veränderte sich der Kohlenhydratanteil durch die Integration von den Mikroalgen nicht signifikant (Duarte Santos et al., 2016, S. 218-219).

Ein erhöhter Mikroalgenanteil geht auch mit einer stärkeren Geschmacksveränderung einher (Neumann & Bischoff, 2018, S. 102). In einer Studie von 2017 wurden Spirulina, Chlorella und andere Mikroalgen in Keksen verarbeitet. Die Kekse mit Spirulina und Chlorella wurden am besten hinsichtlich des Geschmacks akzeptiert. Die anderen Mikroalgen hinterließen einen fischigen Nachgeschmack und wurden deswegen im Vergleich nicht gut akzeptiert. Am beliebtesten war der Keks

¹⁸ Produkt, in die Mikroalgen integriert werden.

¹⁹ Hierbei handelt es sich um eine Makroalge, nicht um eine Mikroalge.

mit einer Spirulinakonzentration von 2%. Fast 70% der TeilnehmerInnen gaben an, dass sie diesen Keks wahrscheinlich oder sogar mit großer Sicherheit kaufen würden. Bei den Keksen mit einer höheren Mikroalgenkonzentration als 2% war eine Akzeptanzsenkung erkennbar (Batista et al., 2017, S. 168).

In vielen Studien werden Snacks kreiert, wie Grissinis, Kekse, Shakes oder auch Kräcker. Laut einer Marktforschungsstudie gibt es einen Lebensmitteltrend hin zum Verzehr von Snacks anstatt dreimal täglich ganzer Mahlzeiten. Die KonsumentInnen scheinen schnelle und komfortable Nahrungsmittel zu wünschen (Zühlsdorf & Spiller, 2012). Es wurde festgestellt, dass sich gebackene Lebensmittel lebensmitteltechnologisch besonders gut für das Integrieren von Mikroalgen eignen (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 376).

Franco Lucas et al. zeigten 2018, dass sich Spirulina zur Anreicherung von Snacks eignet²⁰. Die Zugabe von 2,6g resultierte in einer Proteinerhöhung von 22,6% ohne signifikante Veränderungen der sensorischen Eigenschaften. Die Snacks erreichten eine sehr hohe Akzeptanz der KonsumentInnen von über 80% und waren auch hinsichtlich anderer Aspekte, wie der Haltbarkeit, als Lebensmittel geeignet (Franco Lucas et al., 2018, S. 275).

2019 wurde die Zugabe von Mikroalgen in einer weiteren Studie in herzhaften Kräckern untersucht. Die Kräcker mit Spirulina und Chlorella erhielten die beste sensorische Bewertung und hatten auch die besten Nährwerte. Anders als bei 2g machte sich bei der Zugabe von 6g Mikroalgen auch eine Veränderung in der Sensorik bemerkbar. Je höher der Mikroalgenanteil, desto dunkler die Farbe, intensiver der Mikroalgen Geschmack und desto höher der Proteingehalt. Über 40% der StudienteilnehmerInnen gaben an, dass sie die Spirulinakräcker kaufen würden. Die Zugabe von Mikroalgen scheint auch einen Einfluss auf die Salzigkeit des Kräckers zu haben. Je mehr Mikroalgen enthalten sind, desto weniger salzig wird der Kräcker wahrgenommen. Bei der Zugabe von 6% Mikroalgen war eine Veränderung der Dicke, Härte und des durchschnittlichen Gewichtes des Kräckers erkennbar. Die Kräcker wurden leichter und weniger dicht. Dies scheint bei KonsumentInnen beliebt und damit eine eher vorteilhafte Veränderung zu sein. Mikroalgen scheinen zudem einen Einfluss auf die Bildung der Glutenmatrix bzw. auf die Mechanismen der Stärkeverkleisterung zu haben.²¹ Das resultiert in einem poröseren Kräcker im Vergleich zu den Kontrollkräckern (Batista et al., 2019, S. 7-13). Bei einer Zugabe von Mikroalgen, verändert sich neben dem Geschmack also auch die Optik und die Lebensmitteltextrur weicht ab.

García-Segovia et al. untersuchten 2020 die Zugabe von Mikroalgen in venezianischen Grissinis. Trotz der merklichen Unterschiede von Grissinis mit Mikroalgen²² im Aussehen, Geruch und Geschmack, kam heraus, dass die Mikroalgengrissinis von den TeilnehmerInnen genauso akzeptiert

²⁰ Es ist keine genauere Angabe des Lebensmittels im Artikel der Studie zu finden.

²¹ Dies ist auf die Konkurrenz um die Wasserbindungszonen während der Hydratation der Stärkekörner zurückzuführen (Grahel et al., 2019, S. 12).

²² 1,5% war die höchste Mikroalgenkonzentration.

wurden wie die traditionellen Grissinis. Die meisten TeilnehmerInnen gaben an, dass sie die Unterschiede vor dem Verzehr größer eingeschätzt hatten. In dieser Studie wurde insbesondere auch die Lebensmittelneophobie²³ untersucht, die einen möglichen Erstkontakt mit einem neuartigen Produkt wie Lebensmittel auf Mikroalgenbasis verhindern könnte. Bei 75% der TeilnehmerInnen war die Einschätzung der Grissinis mit Mikroalgen nach dem Verzehr gleichbleibend oder hatte sich verbessert. Das heißt, sobald KonsumentInnen die Grissinis probiert hatten, wurden sie besser akzeptiert. Die Adjektive „gesund“ und „nutritiv“ wurden mit den Mikroalgengrissinis assoziiert und waren gleichzeitig auch die Adjektive, die die Akzeptanz der KonsumentInnen steigerten (García-Segovia et al., 2020, S. 496-500).

Alle Studien hatten zum Ergebnis, dass das Zusetzen von Mikroalgen eine praktische Konsummöglichkeit ist, die ein hohes Potential birgt die Ernährungsgesundheit der Bevölkerung zu verbessern. Dennoch scheint sensorisch Forschungsbedarf zu bestehen, um Mikroalgen in unterschiedlichen Lebensmitteln optimal einsetzen zu können und eine hohe KonsumentInnenakzeptanz zu erreichen (Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 378).

²³ Lebensmittelneophobie ist die Vermeidung von unbekanntem Lebensmitteln.

5. Mikroalgen auf dem Markt

Ende August 2020 wurde die Deutsche Algen Genossenschaft eGiG gegründet. Sie vereint 14 Algen-ErzeugerInnen²⁴ und soll hohe Qualitätsstandards deutscher Algenerzeugnisse sicherstellen (DAG, 2020). Der Zusammenschluss zeigt, dass das Interesse an Mikroalgen zunimmt, mehr ProduzentInnen an dem Rohstoff interessiert sind und der Markt wächst.

In Tabelle 2 sind Mikroalgenprodukte von unterschiedlichen HerstellerInnen aufgelistet, die weltweit erhältlich sind.

Tabelle 2: Übersicht verfügbarer Mikroalgenprodukte auf dem Markt, weltweit

| Marke | Unternehmen, Land | Beschreibung |
|---------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Helga | Evais Edibles, Australien | Bio Algendrink, salzige Seetangkräcker mit Chlorella |
| Happy Planet | Happy Planet Foods, Kanada | Smoothies mit Spirulina und Chlorella |
| Mavericks | Maverick Makers Snacks, Großbritannien | Vegane Grissini mit Chlorella |
| Chocolate 70% | The Algae Factory, Niederlande | Schokolade mit Spirulina |
| Spirulina filled crackers | Lee Biscuits, Malaysia | Kräcker mit Spirulina |
| Innova | Dulcesol, Spanien | Kekse und Brot mit Chlorella |
| Currynaise | The Good Spoon, Frankreich | Chlorella als Eiersatz in unterschiedlich gewürzten veganen Mayonnaisen |
| Protein bar | Alver, Schweiz | Proteinbar mit Chlorella |
| Frecious slow juice | Frecious, Niederlande | Gemüsesaft mit Chlorella |
| Earth of Eco | Majami, Polen | Bio Fudge mit Chlorella |

Quelle: Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 377

Die Produktliste zeigt, dass das Sortiment selbst weltweit bisher noch begrenzt ist.

²⁴ 14 ErzeugerInnen in Norddeutschland.

In der Nachfolgenden Tabelle (Tab. 3) sind Produkte aufgelistet, die im Sortiment verschiedener LebensmitteleinzelhändlerInnen in Hamburg²⁵ auffindbar waren. Hierbei handelt es sich um folgende Geschäfte: Rewe, Lidl, Aldi, Alnatura, Denns, Reformhaus, Budnikowski und Dm. Alternativ werden Onlineshops* angegeben, in denen die Produkte u.a. erhältlich sind.

Tabelle 3: In Hamburg erhältliche Mikroalgenprodukte

| ProduktHersteller | Land | Produktbezeichnung | Produktbeschreibung | Kaufort | Preis |
|-------------------|-------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|
| Benjaminsimo | Bulgarien | Blue Spirulina | Vegane Schokolade mit blauem Spirulina-Extrakt und Meersalz | Denns | 3,99€ |
| | | | | Greenist* | 3,99€ |
| Lubs | Deutschland | Frucht & Plus-Riegel Spirulina Zitrone | Trockenfruchtriegel mit natürlichem Magnesium | Alnatura | 1,19€ |
| | | | | Dm | 1,15€ |
| | | | | Lubs* | 1,19€ |
| Natumi | Deutschland | Hafermilch & Alge | Hafermilch mit zugesetzter Kalziumalge Lithothamnium calcareum | Denns | 2,19€ |
| | | | | Greenist* | 2,38€ |
| Yogi Tea | Deutschland | Minzige Chlorella | Ayurvedische Kräuterteemischung mit Chlorella, Minze und Zitronengras | Denns | 3,49€ |
| | | | | naturPur* | 2,89€ |
| Organic Human | Dänemark | All Green | Shot aus einem Fruchtsaftgemisch (mit Spirulina) | Alnatura | 1,99€ |
| | | | | Good Earth Goods* | 1,99€ |
| | | | | | |

Wie auch in der Tabelle deutlich wird, sind es bisher nicht viele Produkte, die im Laden verkauft werden. Mikroalgenkapseln und Mikroalgenpulver stehen bei den Supplementen im Regal. Selbst auf den Nahrungsergänzungsmitteln ist selten ein Hinweis auf die Funktionalität von Mikroalgen zu finden. Es gibt keinen Regalplatz, wo alle Mikroalgenprodukte gesammelt stehen, sondern sie sind zwischen allen anderen Produkten verteilt. Bei manchen Produkten ist erst auf den zweiten Blick erkennbar, dass Mikroalgen enthalten sind, weil sie ausschließlich auf der Zutatenliste angegeben werden²⁶. All diese Einflussfaktoren erschweren das Finden von Mikroalgenprodukten im Laden. Das Verkaufspersonal kann oft nicht weiterhelfen, zudem fällt auf, dass der Preis vieler Mikroalgenprodukte sehr hoch ist.

In den Bioläden, im Reformhaus und in der Drogerie sind Mikroalgen hauptsächlich in Nahrungsergänzungsmitteln zu finden. Die meisten Mikroalgenprodukte finden sich in Bioläden. Im Discounter konnten keine Produkte mit Mikroalgen gefunden werden. Einem Großteil der deutschen Bevölkerung werden dadurch keine Mikroalgenprodukte im Laden angeboten. Nur 6% der Bevölkerung

²⁵ Hamburg-Altona, 11.05.2022.

²⁶ Zum Beispiel in Gummibärchen als Farbstoff.

gingen laut des Ernährungsreports des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2017 in den Biomarkt (BMEL, 2017).

Der hohe Preis von Mikroalgenprodukten ist bedingt durch die hohen Produktionskosten von Mikroalgen (Neumann & Bischoff, 2018, S. 102). Aus diesem Grund werden sie hauptsächlich in Sonderprodukten wie Nahrungsergänzungsmitteln und hochpreisigen Gesundheitsprodukten eingesetzt. In Konsumgütern des alltäglichen Bedarfs sind Mikroalgen noch nicht so häufig aufzufinden.

Der globale Marktwert von Mikroalgen liegt bei 6,5 Millionen US-Dollar, von dem fast 40% durch den Health-Food Bereich generiert werden (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S. 90).

Den höchsten Produktionswert weist die Extraktion von Omega-3-Fettsäuren auf (Vigani et al., 2015, S. 82). Vigani et al. schlussfolgern, dass dieser Markt in den kommenden Jahrzehnten weiter steigen wird, da die einzige Alternative Fisch ist. Sie erläutern, dass Fisch keine gute Alternative für die Extraktion von Omega-3-Fettsäuren ist, da dieser durch die Überfischung und Meerverschmutzung eine immer seltenere Ressource darstellt und Fisch zunehmend mit Schwermetallen belastet ist (Stute & Buchholz, 2013, S. 330; Vigani et al., 2015, S. 82-83).

Klimatisch bedingt sind in Deutschland hauptsächlich geschlossene Systeme (PBR) das ganze Jahr über einsetzbar (Vigani et al., 2015, S. 86). Da die Installation und der Betrieb solcher Anlagen sehr kostenaufwendig sind, lohnt sich nur die Herstellung hochwertiger Produkte, die einen hohen Marktwert haben, wie die Extraktion von Omega-3-Fettsäuren für die Humanernährung. Die Herstellung von Mikroalgen für die Futtermittelergänzung oder andere Anwendungsgebiete lohnt sich aufgrund des geringen Marktwerts nicht. Um die ökonomische Effizienz zu verbessern, wäre es von Vorteil, wenn nach der Extraktion bestimmter Stoffe auch für die übrige Biomasse der Mikroalgen eine Verwendung gefunden werden würde (Vigani et al., 2015, S. 86). Zudem müsste die Jahresproduktion erhöht werden, die zurzeit ca. 7,5 Millionen Tonnen²⁷ weltweit beträgt. (Hemantkumar & Rahimbhai, 2020, S. 90) Vergleichsweise dazu betrug die Weltjahresproduktion von Soja schon im Jahr 2019/2020 insgesamt 338,3 Millionen Tonnen (BLE, 2021).

Um marktfähig zu werden, müssen neben den hohen Energiekosten dementsprechend auch die Kosten der Anschaffung eines PBR reduziert werden. Mögliche Ansätze sind ein schlichteres Design oder die Nutzung anderer Materialien. Weiterhin muss die Technologie vereinfacht werden und die eingesetzten Ressourcen müssen wirkungsvoller eingesetzt, sowie nachhaltiger weiterverwendet werden²⁸ (Acien et al., 2012, S. 1353; Rösch & Roßmann, 2020, S. 354).

Insgesamt sind Mikroalgen ernährungsphysiologisch interessant für VeganerInnen²⁹. Aufgrund ihres hohen Proteingehaltes können sie auch als Mittel gegen Mangelernährung eingesetzt werden. Durch

²⁷ Spirulina und Chlorella (getrocknet) haben dabei den größten Marktanteil hinsichtlich der Produktionsmenge (Vigani, et al., 2015, S. 85).

²⁸ Statt des technisch hergestellten Stickstoffdüngers könnten Gärrückstände aus Biogasanalgen verwendet werden. Das ist nach europäischem Recht jedoch nicht erlaubt (Rösch & Roßmann, 2020, S. 354).

²⁹ Insbesondere Chlorella durch ihr bioverfügbares Vitamin B₁₂.

ihr effizientes Flächen-Zeit-Wachstumsverhältnis, durch ihre geringere Ökotoxizität³⁰, durch ihren geringen Wasserverbrauch, sowie ihre wirkungsvolle Photosyntheseleistung bergen sie großes Potential einer nachhaltigeren Herstellung von essentiellen Nährstoffen. Um dieses Potential ausschöpfen zu können, müssen sowohl die Herstellungstechnologien als auch der Herstellungsprozess noch optimiert werden. Das ist auch eine Voraussetzung, um eine Herstellungsmenge zu erreichen, die es ermöglicht die Mikroalgen zu einem konsumentenfreundlichen Preis zu verkaufen. In vielen der Studien, in denen Mikroalgen in Lebensmittel integriert wurden, war die Konsumentenakzeptanz hoch, aber es besteht auch an dieser Stelle weiterer Forschungsbedarf.

6. Rechtslage in der EU

Mikroalgen stellen eine sehr diverse Gruppe von Kleinstorganismen dar, von denen viele noch nicht untersucht worden und zahlreiche noch unbekannt sind. (Rittenau, 2018, S. 89) Einige von ihnen scheinen Algtoxine zu bilden (Prüser et al., 2021, S. 78). Diese Heterogenität innerhalb der Mikroalgengruppe verhindert, dass eine allgemeine Eignung aller Mikroalgen für den menschlichen Verzehr ausgesprochen werden kann (Rittenau, 2018, S. 89). Vor der Zulassung als Novel Food findet eine toxikologische Untersuchung statt, in der geprüft wird, ob die Organismen eigenständig synthetisierte oder über die Umwelt aufgenommene, toxische Bestandteile beinhalten (Neumann & Bischoff, 2018, S. 108). Durch den zeitintensiven Zulassungsprozess ist die Anzahl an bisher zugelassenen Mikroalgen begrenzt.

Die Zulassung neuartiger Lebensmittel wird durch die Novel Food Verordnung EU VO 2015/2283 und die dazugehörige Durchführungsverordnung DVO (EU) 2017/2470 geregelt. Lebensmittel, die vor dem Inkrafttreten der Novel Food Verordnung 1997 nicht in mindestens einem EU-Mitgliedsland verzehrt wurden, müssen zunächst einen Zulassungsprozess durchlaufen, bevor sie auf dem europäischen Lebensmittelmarkt vertrieben werden dürfen (Abs. 7 VO (EU) 2015/2283 zitiert nach Prüser et al., S. 80-81). Lebensmittelunternehmen sind dazu verpflichtet zu überprüfen, ob das von ihnen in Verkehr gebrachte Lebensmittel unter die Novel Food Verordnung fällt (Art. 4 Abs. 1 VO (EU) 2015/2283).

Seit 1997 wurden 5 Mikroalgenarten als Lebensmittel zugelassen. Die Zulassung gilt jedoch mit Einschränkungen; je nach Mikroalgenart gibt es unterschiedliche Vorgaben bezüglich den Höchstgehalten und den Lebensmitteln, in denen sie verwendet werden dürfen (Prüser et al., 2021, S. 80-81). In der Unionsliste der Novel Food Durchführungsverordnung DVO (EU) 2017/2470 sind alle neuartigen Lebensmittel gelistet, die in Verkehr gebracht werden dürfen. Die ganze Alge darf bei den Mikroalgen *Odontella aurita* und *Tetraselmis chuii* verwendet werden. Bei folgenden Mikroalgen ist das Öl aus bestimmten Stämmen zugelassen: *Ulkenia sp.* und *Schizochytrium sp.* Für

³⁰ Im Vergleich zu herkömmlichen Nutzpflanzen ist die Auswirkung von Stoffen wie Chemikalien auf die belebte Umwelt bei der Kultivierung von Mikroalgen geringer (Voelskow, 2016) (Rösch & Roßmann, 2020).

Nahrungsergänzungsmittel ist das Astaxanthin³¹ aus der Mikroalge *Haematococcus pluvialis* zugelassen (Unionsliste Tab. 1 DVO (EU) 2017/2470). Auf der Webseite der Europäischen Kommission können unter „Summary of applications“ die Mikroalgen eingesehen werden, für dessen Zulassung ein Antrag gestellt wurde, aber die Zulassung noch in Prüfung ist; *Gladiaria sulphuraria* (getrocknet), *Tetraselmis chuii* (getrocknet), *Euglena gracilis* (getrocknet), *Phaeodactylum tricornutum* (EPA reiches Öl), *Phaeodactylum tricornutum* (Fucoxanthin³²), *Schizochytrium sp.* (weitere Bestandteile, weitere Anwendungsgebiete) (Europäische Kommission, o.J.). Verschiedene Chlorella-Arten und die Mikroalgen *Arthrospira platensis* sowie Bestandteile der Mikroalge *Dunaliella salina* sind ebenfalls zugelassen. Denn Lebensmittel, die seit 25 Jahren in Drittländern verzehrt werden und damit als sicher gelten, können durch ein Schnellverfahren in der EU zugelassen werden (Abs. 15 VO (EU) 2015/2238).

Wie für alle anderen Lebensmittel gilt für zugelassene Mikroalgen die EU VO 178/2002 (Verordnung für Lebensmittelsicherheit) sowie alle anderen allgemeinen rechtlichen Verordnungen bezüglich Lebensmittel. Es sind keine spezifischen mikrobiologischen Grenzwerte für Algen festgelegt (siehe VO (EU) 2073/2005). Werden Mikroalgen als Nahrungsergänzungsmittel vertrieben, gilt zusätzlich die Verordnung über Nahrungsergänzungsmittel (NemV) (Prüser et al., 2021, S. 80).

Gesundheitsbezogene Aussagen von Mikroalgenprodukten müssen den Vorgaben der Health-Claim-Verordnung entsprechen (Prüser et al., 2021, S. 80). Seit einem Urteil des Oberlandesgerichts Hamm vom 17. August 2010 darf deswegen nicht mehr mit Vitamin B₁₂ in Spirulina Nahrungsergänzungsmitteln geworben werden. Laut dem Urteil handelt es sich um eine irreführende Angabe, da den Aussagen keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse zugrunde liegen (OLG Hamm, Urteil vom 17.08.2010, I-4 U 31/10, openjuri, Rn.39).

Ein weiteres Gerichtsurteil, in dem es kürzlich um Mikroalgen ging, war der Rechtsstreit zwischen dem Lebensmittelunternehmen Natumi und dem Land Nordrhein-Westfalen im April 2021. Bei dem Rechtsstreit ging es um die Frage, ob ökologischen Erzeugnissen, calciumhaltiges Mikroalgenpulver beigegeben werden darf. Das Unternehmen Natumi hatte ihren Milchalternativen, die mit Biosiegel zertifiziert sind, Mikroalgenpulver beigemischt und mit einem calciumbezogenen Hinweis versehen. Der Gerichtshof der Europäischen Union (EuGH) entschied, dass dies unzulässig ist, weil der Zusatz von Calciumcarbonat in calciumhaltige Lebensmittel nicht erlaubt ist. Natumi hätte die Milchalternative nicht mit den calciumbezogenen Hinweisen vermarkten dürfen. Weiterhin entschied das EuGH, dass es sich bei den zugesetzten Sedimenten der Kalziumalge nicht um eine ökologische Zutat handelt, sondern um einen Mineralstoff, welche ökologischen

³¹ Astaxanthin ist ein Carotinoid

³² Fucoxanthin ist ein Carotinoid

Erzeugnissen nicht zugesetzt werden dürfen. Natumi musste ein Bußgeld zahlen. Inzwischen vermarktet das Unternehmen die Milchalternative unter dem Namen „Hafer + Alge“. Dadurch, dass eine ökologische zu Pulver vermahlene Pflanze hinzugegeben wird, die nebenher fast ausschließlich aus Calciumcarbonat besteht, kann die gesetzliche Wertung des EuGHs möglicherweise umgangen werden. Inzwischen ist kein calciumbezogener Hinweis auf der Verpackung zu erkennen (siehe Bild im Anhang) (EuGH Urteil vom 20.04.2021, C-815/19, Pressemitteilung des EuGH Nr.69/21).

Durch die europäische Gesetzgebung besteht ein hoher Lebensmittelsicherheitsstandard, aber gleichzeitig ist die Zulassung neuartiger Lebensmittel, wie einzelner Mikroalgenarten durch diese Gesetze auch ein sehr langwieriger Prozess. Neben der Zulassung scheinen beim Einsatz von Mikroalgen in Lebensmitteln noch weitere rechtliche Hürden zu existieren, wie die beiden oben erläuterten Gerichtsurteile zeigen. So geben auch ExpertInnen aus Industrie und Wissenschaft an, dass unter anderem auch die europäische Rechtslage eine Hürde ist, die überwunden werden muss, bevor Mikroalgen marktfähig werden können (Vigani et al., 2015, S. 83).

7. Methodik

Da es noch keine Studien zur Akzeptanz von Mikroalgen in Lebensmitteln für die Zielgruppe der VeganerInnen gibt, soll die Fragestellung dieser Bachelorarbeit mit Hilfe einer eigenen empirischen Studie beantwortet werden.

Die empirische Studie wurde mit der quantitativen Methode einer Onlineumfrage durchgeführt. Die Methode der quantitativen Onlineumfrage wurde gewählt, um möglichst viele unterschiedliche Menschen in kurzer Zeit zu erreichen und möglichst generalisierbare Ergebnisse zu erhalten. Die Umfrage fand in Form eines Fragebogens statt und wurde mit einer deskriptiven Datenanalyse ausgewertet. Der Fragebogen richtet sich an VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen. Die Antworten der VeganerInnen sind relevant für die Beantwortung der Fragestellung. Die Antworten der Nicht-VeganerInnen (Kontrollgruppe) wurden zu Vergleichszwecken aufgenommen.

Folgende Hypothesen wurden für die Entwicklung des Fragebogens formuliert und sollen durch die Variablen in der Umfrage überprüfbar werden:

- Die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz weichen bei VeganerInnen im Vergleich zu Nicht-VeganerInnen ab.
- VeganerInnen sind neuartigen Lebensmitteln gegenüber aufgeschlossener.
- Es werden wenige Mikroalgenprodukte verzehrt, weil viele nicht über das Angebot solcher Produkte Bescheid wissen.
- Es werden noch nicht so viele Mikroalgenprodukte verzehrt, weil sie nicht leicht erhältlich sind.

- Es werden noch nicht so viele Mikroalgenprodukte verzehrt, weil das Produktsortiment noch gering ist.
- Es werden noch nicht so viele Mikroalgenprodukte verzehrt, weil die Preise zu hoch sind.
- Es werden noch nicht so viele Mikroalgen (-produkte) verzehrt, weil die Nutzung bzw. die Verarbeitungsmöglichkeiten unklar sind.
- Der Geschmack und das Aussehen, das Mikroalgen den Produkten verleihen, ist sehr prägnant und intensiv und führt zur Abneigung gegenüber Mikroalgenprodukten.
- Mikroalgen haben ein „gesundes“ Image und werden deswegen nicht mit Genuss verbunden.
- Das Wissen über die Vorteile von Mikroalgen hat Einfluss auf das Konsumverhalten von Mikroalgenprodukten.

7.1 Fragebogen

Zur Erstellung des Fragebogens und die Durchführung der Onlinebefragung wurde das Programm SoSci Survey genutzt. Der Fragebogen ist teilstandardisiert, da es sich überwiegend um geschlossene Fragen handelt. Einige Fragen bieten zusätzlich die Möglichkeit eines Kommentars.

Der Fragebogen beginnt mit Fragen, die den allgemeinen Bekanntheitsgrad ermitteln sollen. Anschließend erfolgen Fragen zum Nutzungsverhalten der KonsumentInnen. Darauf folgende Fragen sollen das Ausmaß des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Akzeptanz feststellen. Im letzten Block werden die soziodemographischen Daten der TeilnehmerInnen erfragt.

Einflussfaktoren auf die Akzeptanz, die abgefragt werden, sind; Sensorik, Preis, Erhältlichkeit, Produktsortiment, Einstellung der TeilnehmerInnen, Image von Mikroalgenprodukten sowie Unwissenheit bezüglich der Vorteile oder auch der Verwendung von Mikroalgen.

Die Abfrage der Ernährungsweise soll eine Unterteilung der Befragten in Zielgruppe (VeganerInnen) und Kontrollgruppe (Nicht-VeganerInnen) ermöglichen.

Im Fragebogen werden überwiegend Statements genutzt. Bei diesen Aussagen werden die teilnehmenden Personen nach der Stärke ihrer Zustimmung gefragt. Es handelt sich um ordinalskalierte Fragen, die geschlossen sind. Die TeilnehmerInnen müssen ihre Zustimmung auf einer 5-stufigen Likert-Skala einordnen. Dieser Fragentyp wurde gewählt, um die Beantwortbarkeit der Fragen sicherzustellen und den Zeitaufwand für die TeilnehmerInnen zu verringern.

Der Fragebogen weist zu Beginn 4 nominalskalierte Filterfragen auf. Je nach Beantwortung der Filterfragen führen fünf unterschiedliche Wege durch den Fragebogen. Die Filterfragen sind im Folgenden mit einem roten Rahmen markiert. Nur Personen, die auf alle Filterfragen „Ja“ antworten, durchlaufen die gesamte Fragenbatterie.

Die ersten beiden Folien³³ werden allen TeilnehmerInnen eingeblendet. Danach entscheiden die Filterfragen, welche Fragen den teilnehmenden Personen angezeigt werden.

³³ Folie 1: Ich weiß, was Mikroalgen sind.

Die erste Filterfrage soll erfragen, ob die TeilnehmerInnen wissen, was Mikroalgen sind. Die zweite Filterfrage, soll nach einer kurzen Erklärung das Wissen der TeilnehmerInnen prüfen, um sicherzustellen, dass alle TeilnehmerInnen mit demselben Verständnis von Mikroalgen den Fragebogen beantworten. Wenn eine teilnehmende Person angibt, nicht zu wissen, was Mikroalgen sind, wird als nächstes mit einer Filterfrage abgefragt, ob die Person bereits von Mikroalgen gehört hat. Im Fall, dass die teilnehmende Person weiß, was Mikroalgen sind, wird als nächstes die Filterfrage eingeblendet, ob bereits Mikroalgen(-produkte) verzehrt wurden. Im Anhang dieser Arbeit befindet sich der gesamte Fragebogen.

Durch die Filterfragen bilden sich vier Blöcke im Fragebogen. Der erste Fragebogenkomplex erfragt die Bekanntheit von Mikroalgen. Der zweite Komplex ist ausschließlich an die TeilnehmerInnen gerichtet, die bereits einen Erstkontakt mit Mikroalgen hatten. Es folgen Fragen zum Konsumverhalten und der Nutzung, sowie zu sensorischen Empfindungen von Mikroalgenprodukten. Im dritten Fragebogenkomplex werden alle TeilnehmerInnen nach ihrer persönlichen Einstellung zum Thema Ernährung, zum Image von Mikroalgenprodukten und zum Einfluss von Informationsgabe auf ihr Konsumverhalten befragt. Im vierten Fragebogenkomplex werden die demografischen bzw. klassifikatorischen Daten der TeilnehmerInnen abgefragt.

Bevor die Umfrage online ging, wurde wiederholt ein Pretest durchgeführt, um mögliche Fehler im Voraus zu eliminieren. Die offizielle Onlineumfrage war 7 Tage zugänglich.³⁴

7.2 Stichprobe

Der Link für die Onlineumfrage wurde an zwei Fakultäten³⁵ der HAW Hamburg per Emailverteiler versendet. Die Fakultät Wirtschaft und Soziales wurde gewählt, weil die Studiengänge inhaltlich keinen Bezug zu dem Thema Ernährung haben. Die Studie zielt darauf ab, die Akzeptanz der DurchschnittskonsumentInnen zu erfragen.

Der Link zur Umfrage wurde zudem an MitarbeiterInnen eines veganen Restaurants weitergeleitet, sowie an Familie, Freunde und Bekannte, um auch berufstätige Menschen zu erreichen und eine möglichst diverse Stichprobe zu erhalten.

7.3 Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung der erhobenen Daten aus der Umfrage erfolgte über das Programm SPSS. Nach dem Bereinigen der Daten wurden Häufigkeitstabellen der Fragen und bei Bedarf Kreuztabellen erstellt. Zu ein paar Häufigkeitstabellen wurden zusätzlich die Streuparameter ermittelt. Bei den Kreuztabellen wurde zusätzlich das Chi-Quadrat berechnet, um die Signifikanz interpretieren zu können. Für

Folie 2: Kurzerklärung zu Mikroalgen.

³⁴ Vom 08.04.2022 bis einschließlich den 14.04.2022.

³⁵ Fakultät Life Science und Fakultät Wirtschaft und Soziales.

die Signifikanztestung wurde ein Signifikanzniveau von 5% (p -Wert $<0,05$) gewählt. Wenn ein Zusammenhang zwischen den Variablen festgestellt werden konnte, wurde anschließend der Cramers-V-Wert berechnet, um die Stärke des Zusammenhangs ermitteln zu können. Für die Interpretation von Cramers-V gilt zwischen 0-0,2 = schwacher Effekt, zwischen 0,2-0,6 = mittlerer Effekt, zwischen 0,6-1,0 = großer Effekt.

Die ordinalskalierten Fragen wurden über den Kolmogorov-Smirnov-Test ausgewertet, da es sich um nicht-metrische Daten mit zwei unabhängigen Gruppen (vegan/nicht-vegan) handelt. Ein statistischer Unterschied von der Verteilungsform zwischen den VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen wurde festgestellt, wenn $p < 0,05$. Der Mann-Whitney-U-Test wurde zum Vergleichen der Mittelwerte und zum Prüfen der Signifikanz durchgeführt. Eine statistisch gleiche Verteilung wurde festgestellt, wenn $p > 0,05$, dann wurden zusätzlich zum Mann-Whitney-U-Test auch die Mediane bestimmt. Bei dem Mann-Whitney-U-Test kann ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden, wenn $p < 0,05$. In diesem Fall wurden zusätzlich die mittleren Ränge ausgewertet.

Die ausgewerteten Daten wurden in Balken- bzw. Säulendiagrammen oder in Kreisdiagrammen visualisiert.

7.3.1 Soziodemographie der Stichprobe

Der Link zur Online-Umfrage wurde 416 Mal angeklickt. 330 Fragebögen wurden bis zur letzten Seite bearbeitet. 44 Fragebögen wurden ausgeschlossen, weil diese unvollständig bearbeitet waren. Bei einem Fragebogen passten die Antworten nicht auf die gestellten Fragen. Dieser Fragebogen wurde ebenfalls aus der Stichprobe ausgeschlossen. Demnach kann die durchgeführte Online-Umfrage 285 auswertbare Fragebögen verzeichnen ($N=285$).

In der folgenden Tabelle (Tab. 4) sind die Daten zur Einordnung der Stichprobe aufgeführt.

Tabelle 4: Klassifikatorische Daten der Stichprobe N=285

| Alter | | Geschlecht | | Tätigkeit | | Staatsangehörigkeit | | Tätigkeit mit Ernährungsbezug | | Vegan | |
|-------------|-------|------------|-------|--------------------------------------------|-------|---------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| <20 Jahre | 5,3% | w | 71,2% | Studium | 87,4% | deutsch | 94,4% | Ja | 23,9% | Ja | 14,7% |
| 20-50 Jahre | 92,6% | m | 25,3% | Beruf | 8,1% | Nicht-deutsch | 5,6% | Nein | 76,1% | Nein | 85,3% |
| >50 Jahre | 2,1% | d | 2,5% | Ausbildung, duales Studium, arbeitssuchend | 4,5% | | | | | | |
| | | o.A. | 1,1% | | | | | | | | |

Für einen kurzen Überblick über die Stichprobe werden zunächst die klassifikatorischen Daten ausgewertet. Von der Stichprobe sind 92,6% der TeilnehmerInnen zwischen 20-50 Jahre alt. Unter 20 Jahre alt sind 5,3%, und 2,1% der TeilnehmerInnen sind über 50 Jahre alt. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da es sich bei der Umfrage um eine Onlineumfrage handelte und die Umfrage über den Universteiler an viele Studierende geschickt wurde.

Bei der Auswertung der Geschlechterverteilung zeigt sich, dass fast dreimal so viele weibliche, wie männliche Personen an der Umfrage teilgenommen haben (71,2% weiblich (w), 25,3% männlich (m), 2,5% divers (d) und 1,1% ohne Angabe (o.A.)).

Der größte Teil der teilnehmenden Personen befindet sich im Studium mit 87,4%, weitere 8,1% sind berufstätig. Alle anderen TeilnehmerInnen absolvieren eine Ausbildung, sind arbeitssuchend oder durchlaufen ein duales Studium. 76,1% geben an, weder einen Beruf, noch ein Studium im Ernährungsbereich auszuüben.

269 teilnehmende Personen (94,4%) geben an, eine deutsche Staatsangehörigkeit zu haben. Folgende nicht-deutsche Staatsangehörigkeiten konnten jeweils mindestens einmal erfasst werden: albanisch, brasilianisch, ecuadorianisch, französisch, halbchilenisch, kirgistanisch, peruanisch, polnisch, russisch, spanisch, vietnamesisch. 3 der 16 nicht-deutschen Personen sind VeganerInnen.

Die Auswertung der Ernährungsweise ergab, dass 42 Personen (14,7%) vegan leben, während 243 (85,3%) als Nicht-VeganerInnen teilnahmen. Von den 42 VeganerInnen sind 6 männlich und 38 weiblich. Insgesamt gehören demnach 42 Personen der untersuchten Zielgruppe an ($n_{\text{Zielgruppe}}=42$).

7.3.2 Daten zur Kenntnis von Mikroalgen

Im Folgenden wird nun der restliche Teil des Fragebogens ausgewertet. Dabei wird, an entsprechenden Stellen, zwischen der Zielgruppe (VeganerInnen) und der Kontrollgruppe (Nicht-VeganerInnen) unterschieden.

Das linke Kreisdiagramm in der Abbildung 1 zeigt, wie viele der Nicht-VeganerInnen in der Umfrage Kenntnis von Mikroalgen hatten. Das rechte Kreisdiagramm zeigt vergleichend, wie viele der VeganerInnen Kenntnis von Mikroalgen hatten.

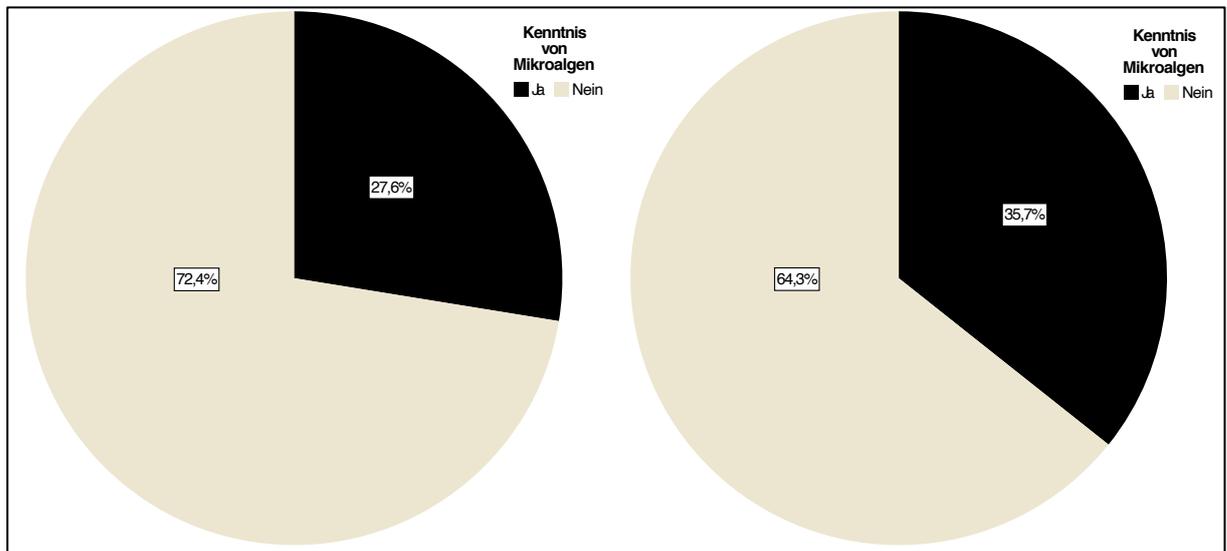


Abbildung 1: Kenntnis von Mikroalgen in Abhängigkeit einer veganen Ernährungsweise, links: Kontrollgruppe (n=243), rechts: Zielgruppe (n=42)

27,6% aller Nicht-VeganerInnen wissen von der Existenz von Mikroalgen schon vor der Umfrage Bescheid. Bei den VeganerInnen haben 35,7% Kenntnis von Mikroalgen.

Insgesamt geben 28,8% aller TeilnehmerInnen an, zu wissen, was Mikroalgen sind. Der Chi Quadrat-Wert liegt bei 1,158. Der p-Wert liegt bei einem Freiheitsgrad (df) von 1 bei $p=0,282$. Bei einem Alpha von 0,05 (5%) kann damit kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Ernährungsweise und der „Kenntnis von Mikroalgen“ festgestellt werden.

7.3.3 Daten zum Verzehr von Mikroalgen

Insgesamt gaben 15,8% der TeilnehmerInnen an, bereits Mikroalgen(-produkte) gegessen zu haben. Dem Säulendiagramm in Abbildung 2 kann die Anzahl der Personen, die Kenntnis von Mikroalgen haben und bereits Mikroalgen gegessen haben, in Abhängigkeit einer veganen Ernährungsweise, entnommen werden.

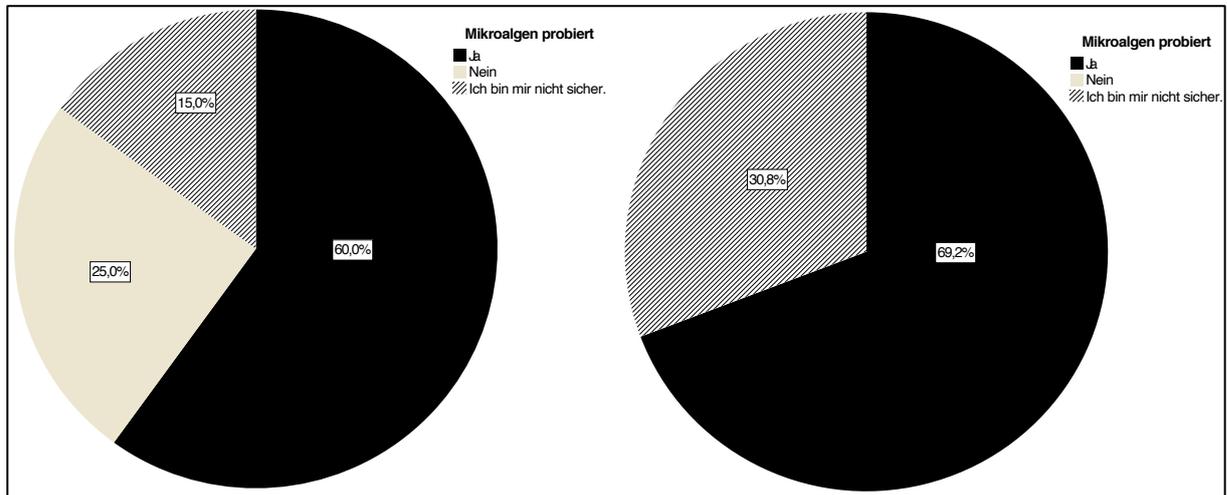


Abbildung 2: Prozentualer Anteil an Personen, die bereits Mikroalgen gegessen haben, in Abhängigkeit der Ernährungsweise, Links: Kontrollgruppe (n=60), Rechts: Zielgruppe (n=13)

58 TeilnehmerInnen geben an sicher oder vielleicht schon Mikroalgenprodukte gegessen zu haben. 9 von 13 VeganerInnen (69,2%) haben Mikroalgen gegessen und 4 sind sich nicht sicher. Unter den Nicht-VeganerInnen geben 36 (60%) an, Mikroalgen zuvor probiert zu haben, während 15 Personen sicher sind, bisher keine gegessen zu haben. Weitere 9 TeilnehmerInnen sind sich nicht sicher. Der Chi-Quadrat-Wert liegt bei 4,890 und der p-Wert bei 0,087 (df=2). Es kann kein signifikanter Zusammenhang (bei $\alpha=0,05$) zwischen den Variablen Mikroalgenkonsum und Ernährungsweise festgestellt werden.

91,4% aller TeilnehmerInnen gaben einen wiederholten Verzehr an. Bei den VeganerInnen gaben alle 9 Personen an Mikroalgenprodukte wiederholt verzehrt zu haben. Bei den Nicht-VeganerInnen gaben 2 Personen an, Mikroalgen nach dem Erstverzehr nicht erneut gegessen zu haben.

In Abbildung 3 sind die Verzehrhäufigkeiten verschiedener Mikroalgenprodukte angegeben. Die Häufigkeiten werden prozentual vergleichend für VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen dargestellt.

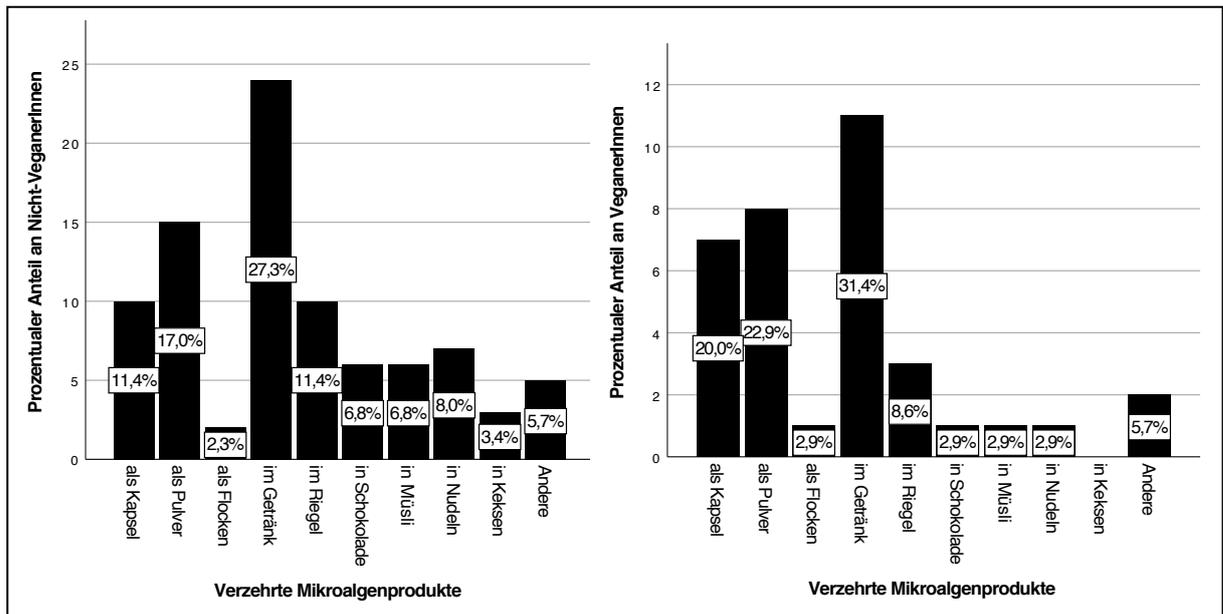


Abbildung 3: Prozentuale Häufigkeiten verzehrter Mikroalgenprodukte in Abhängigkeit der Ernährungsweise, Links: Kontrollgruppe (n=45), Rechts: Zielgruppe (n=13)

Sowohl bei der Zielgruppe als auch der Kontrollgruppe werden Mikroalgen am häufigsten im Getränk, als Pulver oder Kapsel konsumiert. VeganerInnen geben mit 20% einen Kapselverzehr doppelt so häufig an wie Nicht-VeganerInnen mit 11,4%. Mikroalgen im Riegel sind bei Nicht-VeganerInnen auch beliebt. Unter der Option „Andere“ werden u.a. folgende Angaben gemacht: in Süßigkeiten, in Gummibärchen, in Kräckern und in Hafermilch.

Im linken Kreisdiagramm der Abbildung 4 wird der Anteil an VeganerInnen dargestellt, die Mikroalgen in Kapselform zu sich nehmen. In dem rechten Kreisdiagramm der Abbildung 4 wird der Anteil an VeganerInnen gezeigt, die Mikroalgen in Pulverform zu sich nehmen.

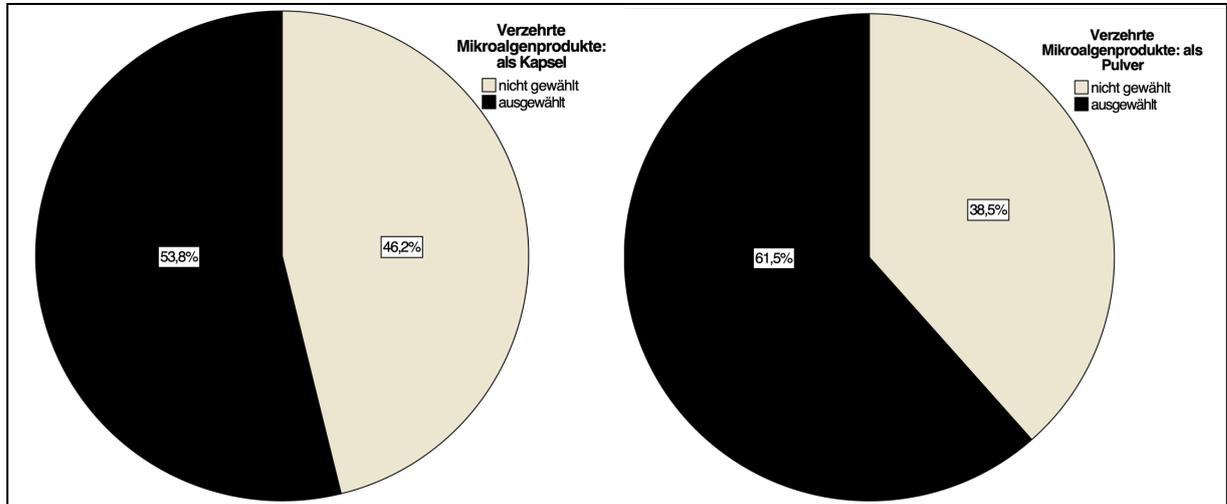


Abbildung 4: Links: Anteil an VeganerInnen, die Mikroalgen in Kapselform zu sich nehmen (n=13), Rechts: Anteil an VeganerInnen, die Mikroalgen in Pulverform zu sich nehmen (n=13)

53,8% der VeganerInnen nehmen Mikroalgen in Kapselform ein. 61,5% der VeganerInnen nehmen Mikroalgen in Pulverform zu sich.

In der folgenden Abbildung (Abb. 5) wird zum Vergleich der Anteil an Nicht-VeganerInnen dargestellt, die Mikroalgenkapseln und/oder Mikroalgenpulver konsumieren.

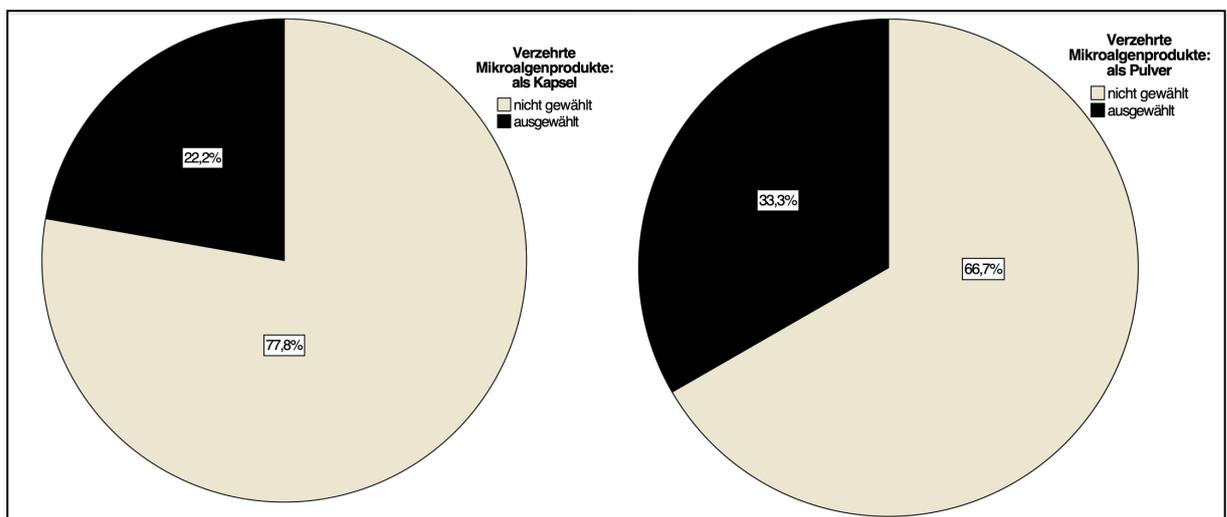


Abbildung 5: Links: Anteil an Nicht-VeganerInnen, die Mikroalgen in Kapselform zu sich nehmen (n=45), Rechts: Anteil an Nicht-VeganerInnen, die Mikroalgen in Pulverform zu sich nehmen (n=45)

22,2% der Nicht-VeganerInnen nehmen Mikroalgenkapseln ein. 33,3% der Nicht-VeganerInnen verzehren Mikroalgenpulver.

Sowohl unter den VeganerInnen als auch den Nicht-VeganerInnen wird Mikroalgenpulver häufiger konsumiert als Mikroalgenkapseln. Bei einem Vergleich der beiden Gruppen wird deutlich, dass ein größerer Anteil der VeganerInnen häufiger Mikroalgenkapseln und Mikroalgenpulver verzehren als Nicht-VeganerInnen.

Der Chi-Quadrat-Wert für die Variablen Kapselverzehr und Ernährungsweise liegt bei 4,868 und der p-Wert bei 0,027 (df=1). Damit kann ein signifikanter Zusammenhang (bei $\alpha=0,05$) zwischen den beiden Variablen festgestellt werden. Der Cramer V-Wert liegt bei 0,290, damit besteht ein mittelstarker Zusammenhang zwischen Ernährungsweise und Kapselverzehr.

Der Chi-Quadrat-Wert für die Variablen Pulververzehr und Ernährungsweise liegt bei 3,353 und der p-Wert bei 0,067 (df=1). Es kann kein signifikanter Zusammenhang (bei $\alpha=0,05$) zwischen diesen beiden Variablen festgestellt werden.

7.3.4 Daten zu Initiatoren für einen Erstkontakt

Das Säulendiagramm in der Abbildung 6 zeigt prozentual, auf welche Weisen die TeilnehmerInnen auf Mikroalgenprodukte aufmerksam geworden sind. Die Prozente werden vergleichend für VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen angegeben.

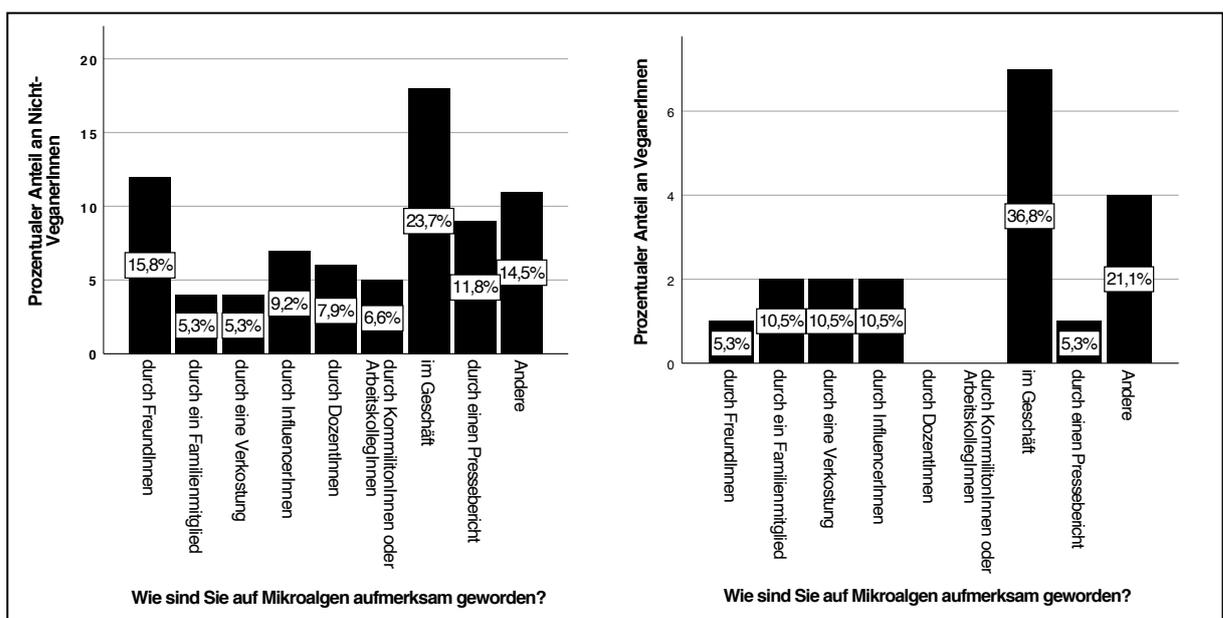


Abbildung 6: Wie sind Sie auf Mikroalgen aufmerksam geworden? Links: Prozentualer Anteil der Initiatoren unter Nicht-VeganerInnen (n=45), Rechts: Prozentualer Anteil der Initiatoren unter VeganerInnen (n=13)

Sowohl unter den VeganerInnen als auch unter den Nicht-VeganerInnen sind die meisten TeilnehmerInnen im Geschäft auf Mikroalgen aufmerksam geworden. Unter der Option „Andere“ wurden folgende weitere Initiatoren für einen Erstkontakt angegeben: durch die Uni/Vorlesungen, durch eigene Recherche, durch die Auseinandersetzung mit einer veganen Lebensweise, durch einen Arzt, durch Rezepte, durch das Praxisssemester, durch Internetrecherchen, durch Fortbildungen oder durch ein Gesundheitsnetzwerk. Die häufigsten Initiatoren für einen Erstkontakt waren bei VeganerInnen:

im Geschäft, durch InfluencerInnen oder Familienmitglieder und durch die Eigenrecherche bedingt durch eine vegane Ernährungsweise (alternative Protein- oder Omega-3-Quellen).³⁶ Bei Nicht-VeganerInnen waren die häufigsten Angaben: im Geschäft, durch FreundInnen und durch berufliche oder schulische Netzwerke.³⁷

7.3.5 Daten zum Kauf von Mikroalgenprodukten

Die folgende Abbildung (Abb. 7) zeigt die Anzahl der TeilnehmerInnen, die angeben Mikroalgenprodukte gekauft zu haben. Dabei wird wieder zwischen den TeilnehmerInnen unterschieden, die eine vegane Ernährungsweise verfolgen und denen, die nicht vegan leben.

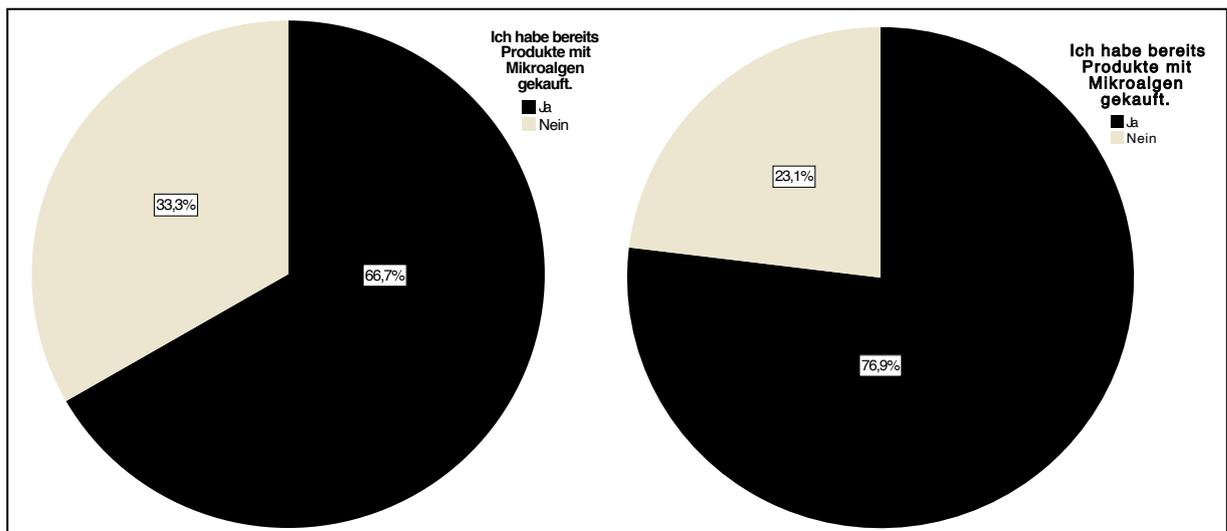


Abbildung 7: Prozentualer Anteil an KäuferInnen von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise, Links: Kontrollgruppe (n=45), Rechts: Zielgruppe (n=13)

Von den Nicht-VeganerInnen haben 66,7% bereits Mikroalgenprodukte gekauft. Bei den VeganerInnen sind es 76,9%, die Produkte mit Mikroalgen gekauft haben.

Der Chi-Quadrat-Wert ergibt 0,496. Der p-Wert liegt (df=1) bei 0,481. Da $\alpha > 0,05$ kann kein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Variablen festgestellt werden.

68,9% aller TeilnehmerInnen, die angeben Mikroalgenprodukte bereits gegessen zu haben, haben auch welche gekauft. Alle 9 VeganerInnen, die Mikroalgenprodukte gegessen haben, haben auch selbst welche gekauft. Eine vegane Person, die unsicher war, ob sie Mikroalgen gegessen hat, gibt an, dass sie schon Mikroalgenprodukte gekauft hat. Insgesamt haben demnach 23,8% der teilgenommenen VeganerInnen Mikroalgenprodukte gekauft. Von allen Nicht-VeganerInnen sind es 12,3%, die bereits Mikroalgenprodukte gekauft haben.

³⁶ Angegeben unter der Option „Andere“.

³⁷ Angegeben unter der Option „Andere“.

76,9% der VeganerInnen, die Kenntnis von Mikroalgen haben, kaufen Mikroalgenprodukte. Unter den Nicht-VeganerInnen kaufen 66,7% von den Personen, die Kenntnis von Mikroalgen haben auch Mikroalgenprodukte.

7.3.6 Daten zu erwünschten Mikroalgenprodukten

Die Abbildung 8 zeigt, mit welcher prozentualen Häufigkeit verschiedene Produkte mit Mikroalgen erwünscht werden. Dabei wird zwischen VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen differenziert.

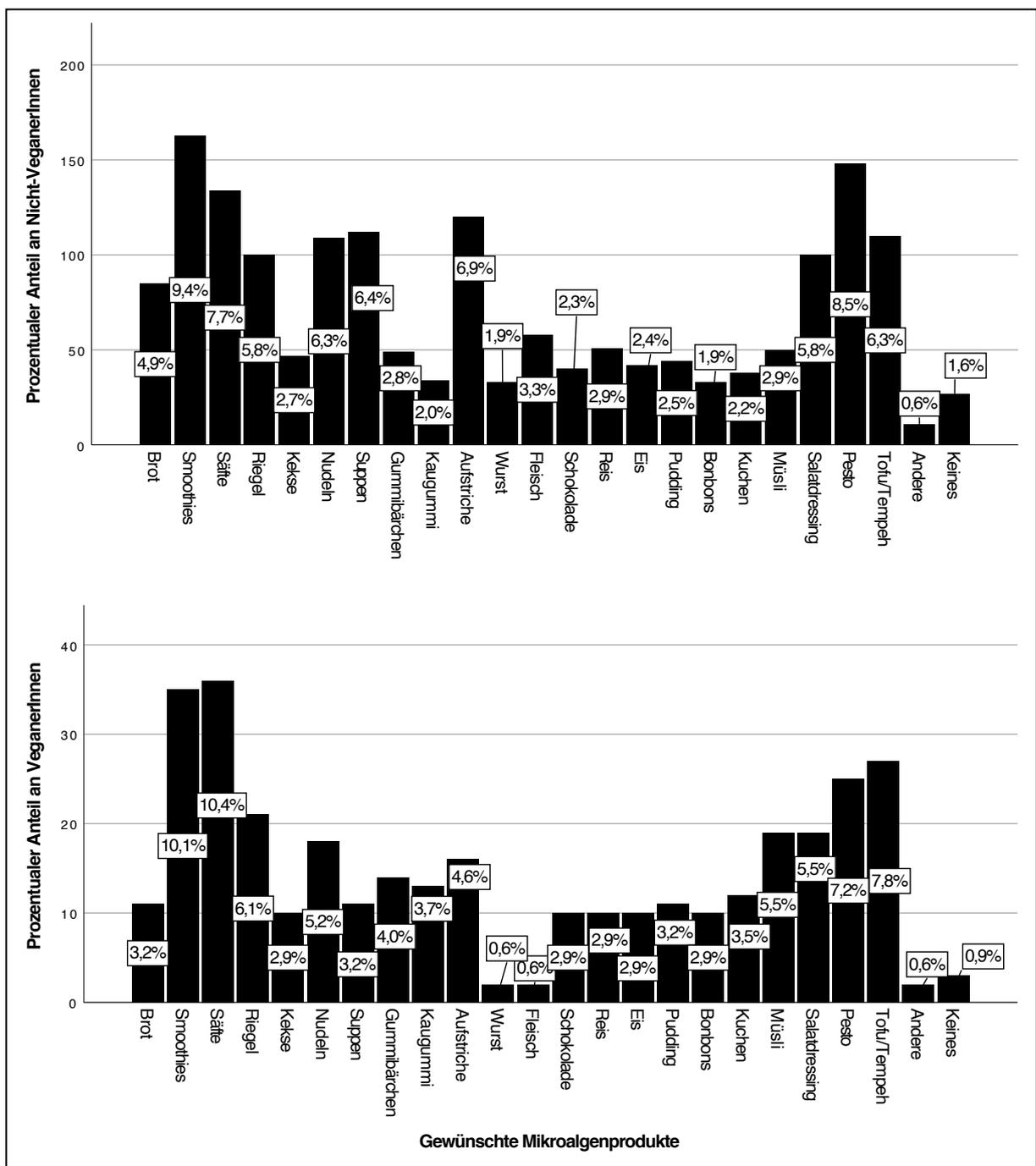


Abbildung 8: Prozentualer Anteil an gewünschten Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise, Oben: Nicht-VeganerInnen (n=243), Unten: VeganerInnen (n=42)

Die beliebtesten Produkte unter VeganerInnen sind Säfte, Smoothies, Tofu/Tempeh, Pesto, Riegel, Salatdressing und Müsli. Jeweils zwei vegan lebende Personen gaben an, dass sie sich auch in Wurst und Fleisch Mikroalgen wünschen.

Die am häufigsten erwünschten Mikroalgenprodukte unter Nicht-VeganerInnen sind Smoothies, Pesto, Säfte, Aufstriche, Suppen, Tofu/Tempeh, Salatdressing und Riegel.

In süßen Lebensmitteln sind Mikroalgen sowohl bei den VeganerInnen, als auch den Nicht-VeganerInnen seltener erwünscht.

Unter der Option „Andere“ wurden u.a. folgende Angaben gemacht: vegane Fleischersatzprodukte, Sushi, Mikroalgen zum Verwenden beim Selberkochen, Nahrungsergänzungsmittel und „alles, was schmeckt“.

30 TeilnehmerInnen (10,5%) gaben an, dass sie keine Produkte mit Mikroalgen wünschen. Von diesen 30 Personen gaben 28 Personen keine Produktwünsche unter der Option „Andere“ an. Bei diesen Personen (9,8%) besteht wahrscheinlich keine Kaufintention. Unter diesen 28 Personen sind 3 VeganerInnen (siehe Abbildung 12).

7.3.7 Daten zur Einstellung

Alle TeilnehmerInnen ($n_{vegan}=42$ und $n_{nicht\ vegan}=243$) wurden nach ihrer generellen Einstellung zu dem Thema Ernährung befragt. Die TeilnehmerInnen wurden dazu gebeten, die Stärke ihrer Zustimmung auf einer fünfstufigen ordinalen Skala anzugeben.³⁸ Die Ergebnisse wurden in Abgrenzung zur Ernährungsweise ausgewertet.

³⁸ 5-stufige Skala von 1=Stimme überhaupt nicht zu, 2=Stimme nicht zu, 3= Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu, 4=Stimme zu bis 5=Stimme voll und ganz zu.

In der folgenden Tabelle (Tab. 5) sind deskriptive Lagemaße, wie der Median und die mittleren Ränge angegeben, aber auch Daten zur Signifikanztestung.

Tabelle 5: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse der Einstellung aller TeilnehmerInnen (N=285) in Abhängigkeit der Ernährungsweise (n_{vegan}=42, n_{nicht vegan}=243)

| | <u>Aussage 1:</u> „Ich mache mir Sorgen darüber, wie sich die Menschheit sich in der Zukunft ernährt.“ | | <u>Aussage 2:</u> „Ich achte darauf möglichst bunt und gesund zu essen.“ | | <u>Aussage 3:</u> „Ich habe viele Bekannte, die vegan leben.“ | | <u>Aussage 4:</u> „Meine Neugierde Neues zu probieren, ist größer als meine Angst vor Unbekanntem.“ | | <u>Aussage 5:</u> „Meine Priorität für alltägliches Essen ist eine schnelle, unkomplizierte Zubereitung.“ | | <u>Aussage 6:</u> „Ich probiere regelmäßig neue Rezepte.“ | |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|--------|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 2,457 | | 2,802 | | 2,121 | | 1,896 | | 1,659 | | 2,770 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | <0,001 | | <0,001 | | <0,001 | | 0,002 | | 0,008 | | <0,001 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 4395,50 | | 4373,00 | | 2698,50 | | 3999,50 | | 4302,50 | | 5076,50 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,121 | | 0,096 | | <0,001 | | 0,017 | | 0,088 | | 0,954 | |
| Median (V/N V) ³⁹ | - | | - | | - | | - | | - | | - | |
| Mittlerer Rang (V/N V) | 159,85 | 140,09 | 160,38 | 140,00 | 200,25 | 133,10 | 169,27 | 138,46 | 123,94 | 146,29 | 143,63 | 142,89 |

Der Kolmogorov-Smirnov-Test hat bei allen Aussagen ergeben, dass die Verteilungsform in der Ziel- und Kontrollgruppe unterschiedlich ist (p<0,05).

³⁹ V=VeganerInnen, NV=Nicht-VeganerInnen.

Bei Aussage 3 und 4 konnte mit dem Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied in der Positionierung der beiden Gruppen (VeganerInnen/Nicht-VeganerInnen) festgestellt werden. Damit unterscheiden sich auch die mittleren Ränge der Variablen für die beiden Gruppen voneinander. Die durchschnittlichen Ränge der VeganerInnen lagen bei Aussage 3 bei 200,25. Die mittleren Ränge der Nicht-VeganerInnen lagen bei Aussage 3 bei 133,10. Die durchschnittlichen Ränge der VeganerInnen lagen bei Aussage 4 bei 169,27. Die mittleren Ränge der Nicht-VeganerInnen lagen bei Aussage 4 bei 138,46.

7.3.8 Daten zum Image von Mikroalgen(-produkten)

Alle TeilnehmerInnen ($n_{vegan}=42$ und $n_{nicht\ vegan}=243$) haben Aussagen zum Image von Mikroalgen(-produkten) hinsichtlich ihrer Zustimmung auf einer 5-stufigen Skala eingestuft.

In der folgenden Tabelle (Tab. 6) wurden die Ergebnisse in Abgrenzung zu der Ernährungsweise ausgewertet.

Tabelle 6: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zu imagebezogenen Aussagen von Mikroalgen aller TeilnehmerInnen in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{vegan}=42$, $n_{nicht\ vegan}=243$)

| | <u>Aussage 1:</u> „Ich habe Bedenken, dass Mikroalgen meine Gesundheit negativ beeinflussen könnten.“ | | <u>Aussage 2:</u> „Mikroalgen essen ist unnatürlich. Fische essen Mikroalgen. Menschen essen Fische.“ | | <u>Aussage 3:</u> „Mikroalgen? So etwas ist mir zu gesund.“ | | <u>Aussage 4:</u> „Wenn ich an Mikroalgen denke, denke ich an etwas, was meiner Gesundheit gut tut.“ | | <u>Aussage 5:</u> „Mit Mikroalgen assoziiere ich leckeres Essen.“ | |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------|-------|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 1,859 | | 2,804 | | 2,741 | | 2,417 | | 2,532 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | 0,002 | | <0,001 | | <0,001 | | <0,001 | | <0,001 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 1,483,50 | | 1456,50 | | 1750,50 | | 1820,50 | | 1876,50 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,013 | | 0,005 | | 0,161 | | 0,313 | | 0,439 | |
| Median (V/NV) | - | | - | | - | | - | | - | |
| Mittlerer Rang (V/NV) | 68,94 | 93,74 | 67,94 | 93,92 | 78,83 | 91,98 | 98,57 | 88,48 | 96,50 | 88,85 |

Die Verteilungsform der beiden Gruppen unterscheidet sich bei allen Aussagen voneinander, Kolmogorov-Smirnov $p < 0.05$.

Nur bei Aussage 2 konnte mit dem Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied in der Positionierung der beiden Gruppen festgestellt werden. Damit unterscheiden sich auch die mittleren Ränge der Variable für die beiden Gruppen deutlich voneinander. Bei den VeganerInnen beträgt der mittlere Rang 67,94 und bei den Nicht-VeganerInnen 93,92.

7.3.9 Daten zur Erhältlichkeit von Mikroalgenprodukten

64,1% aller TeilnehmerInnen geben an nicht zu wissen, wo sie Mikroalgenprodukte kaufen können.

Alle TeilnehmerInnen ($n_{vegan}=42$ und $n_{nicht\ vegan}=243$) haben Aussagen zu der Erhältlichkeit von Mikroalgenprodukten hinsichtlich ihrer Zustimmung auf einer 5-stufigen Skala eingestuft⁴⁰.

In der folgenden Tabelle (Tab. 7) wurden die Ergebnisse zu der Positionierung in Abgrenzung zu der Ernährungsweise ausgewertet.

Tabelle 7: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zur Erhältlichkeit von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{vegan}=42$, $n_{nicht\ vegan}=243$)

| | <u>Aussage 1:</u> „Ich weiß, wo ich Produkte mit Mikroalgen kaufen kann.“ | | <u>Aussage 2:</u> „Ich bin der Meinung, dass das aktuelle Sortiment ausreichend ist.“ | |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 1,452 | | 3,700 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | 0,029 | | 0,000 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 3286,50 | | 4293,00 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,001 | | 0,289 | |
| Median (V/NV) | - | | - | |
| Mittlerer Rang (V/NV) | 174,34 | 132,43 | 149,18 | 136,69 |

Bei beiden Aussagen hat der Kolmogorov-Smirnov-Test ergeben, dass mit $p < 0,05$ eine unterschiedliche Verteilungsform zwischen den beiden Gruppen vorliegt.

⁴⁰ 5-stufige Skala von 1=Stimme überhaupt nicht zu, 2=Stimme nicht zu, 3= Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu, 4=Stimme zu bis 5=Stimme voll und ganz zu.

Bei Aussage 1 konnte mit dem Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied in der Stärke der Zustimmung zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Der mittlere Rang der Variable beträgt bei den VeganerInnen 174,34 und bei den Nicht-VeganerInnen 132,43.

7.3.10 Daten zum Einfluss von Informationsgabe

Alle TeilnehmerInnen ($n_{vegan}=42$ und $n_{nicht\ vegan}=243$) haben angegeben, wie stark sie die Informationsgabe über die Funktionalitäten von Mikroalgen in ihrer Konsumbereitschaft von Mikroalgenprodukten beeinflusst.⁴¹

In Tabelle 8 wurden diese Einschätzungen in Abgrenzung zu der Ernährungsweise ausgewertet.

Tabelle 8: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zur Veränderung der Konsumbereitschaft durch Informieren über die Funktionalitäten von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{vegan}=42$, $n_{nicht\ vegan}=243$)

| | Proteingehalt Konsumeinfluss | | Wirksamkeit gegen Mangelernährung in der Zukunft Konsumeinfluss | |
|-------------------------------|---------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------|--------|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 2,598 | | 2,153 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | <0,001 | | <0,001 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 4685,50 | | 4434,50 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,369 | | 0,148 | |
| Median (V/NV) | - | | - | |
| Mittlerer Rang (V/NV) | 152,94 | 141,28 | 158,92 | 140,25 |

Wie in der Tabelle erkennbar, hat der Kolmogorov-Smirnov-Test bei beiden Aussagen ergeben, dass $p < 0,05$ ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verteilungsform bei den VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen unterschiedlich ist.

Bei beiden Informationen konnte mit dem Mann-Whitney-U-Test kein signifikanter Unterschied in der Stärke des Konsumeinflusses zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Dies wird auch durch die nahen beieinanderliegenden mittleren Ränge der Variablen deutlich.

7.3.11 Daten zur Verarbeitung von Mikroalgen(-produkten)

Die TeilnehmerInnen ($n_{vegan}=13$ und $n_{nicht\ vegan}=45$) haben die Stärke ihrer Zustimmung zu verarbeitungsbezogenen Aussagen angegeben.⁴²

⁴¹ 5-stufige Skala von 1=sehr wenig, 2=wenig, 3=mittel, 4=stark bis 5=sehr stark.

⁴² 5-stufige Skala von 1=Stimme überhaupt nicht zu, 2=Stimme nicht zu, 3=Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu, 4=Stimme zu bis 5=Stimme voll und ganz zu.

In Tabelle 9 wurden diese Einschätzungen in Abhängigkeit der Ernährungsweise ausgewertet.

Tabelle 9: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zur Verarbeitung von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{\text{vegan}}=13$, $n_{\text{nicht vegan}}=45$)

| | <u>Aussage 1:</u> „Mikroalgen lassen sich gut in meine gewohnten Rezepte integrieren.“ | | <u>Aussage 2:</u> „Mikroalgenprodukte passen gut zu meinen gewohnten Gerichten.“ | | <u>Aussage 3:</u> „Mir fallen viele Rezepte/Verarbeitungsmöglichkeiten ein, wenn ich an Mikroalgen denke.“ | |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 1,037 | | 1,308 | | 1,107 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | 0,233 | | 0,065 | | 0,172 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 282,50 | | 257,50 | | 270,50 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,926 | | 0,515 | | 0,681 | |
| Median (V/NV) | - | | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 2,0 |
| Mittlerer Rang (V/NV) | 30,19 | 29,30 | - | | - | |

Die Verteilungsform beider Stichproben ist gleich. Der Kolmogorov-Smirnov-Test hat $p > 0,05$ bei allen verarbeitungsbezogenen Aussagen ergeben.

Der Mann-Whitney-U-Test hat bei allen drei Aussagen keinen signifikanten Unterschied in der Stärke der Zustimmungspriorisierung zwischen der Ziel- und der Kontrollgruppe identifizieren können. Die Mediane bzw. mittleren Ränge der beiden Gruppen liegen daher bei allen Aussagen nahe beieinander.

7.3.12 Daten zur Sensorik von Mikroalgenprodukten

Die TeilnehmerInnen ($n_{\text{vegan}}=13$ und $n_{\text{nicht vegan}}=45$) wurden nach ihrer Zustimmung zu Aussagen bezüglich des Aussehens und des Geschmacks von Mikroalgenprodukten gefragt.⁴³

⁴³ 5-stufige Skala von 1=Stimme überhaupt nicht zu, 2=Stimme nicht zu, 3= Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu, 4=Stimme zu bis 5=Stimme voll und ganz zu.

In Tabelle 10 wurden die Zustimmungswerte der Aussagen zum Aussehen in Abhängigkeit der Ernährungsweise ausgewertet.

Tabelle 10: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zum Aussehen von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{\text{vegan}}=13$, $n_{\text{nicht vegan}}=45$)

| | Aussage 1: „Mikroalgenprodukte sehen appetitlich aus.“ | | Aussage 2: „Die Farbe ist ansprechend.“ | | Aussage 3: „Die Farbe ist mir noch nicht aufgefallen.“ | |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-------|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 1,281 | | 1,634 | | 1,466 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | 0,075 | | 0,010 | | 0,027 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 234,50 | | 284,00 | | 277,50 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,242 | | 0,900 | | 0,775 | |
| Median (V/NV) | 3,0 | 3,0 | - | | - | |
| Mittlerer Rang (V/NV) | - | | 30,15 | 29,31 | 30,65 | 29,17 |

Bei Aussage 2 und 3 hat der Kolmogorov-Smirnov-Test $p < 0,05$ ergeben, womit die Verteilungsform sich bei diesen beiden Aussagen zwischen den beiden Gruppen unterscheidet. Bei Aussage 1 ist $p > 0,05$ und die Verteilungsform zwischen den beiden Gruppen damit als gleich annehmbar.

Der Mann-Whitney-U-Test hat bei allen drei Aussagen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Angaben der VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen erkennbar gemacht. Das zeigen auch die deskriptiven Streuparameter. Sowohl der Median als auch die mittleren Ränge weichen zwischen den beiden Gruppen nur wenig voneinander ab.

In der nachfolgenden Tabelle 11 wurden die Zustimmungswerte der Aussagen zum Geschmack ausgewertet. Es wird zwischen VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen unterschieden.

Tabelle 11: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zum Geschmack von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{\text{vegan}}=13$, $n_{\text{nicht vegan}}=45$)

| | <u>Aussage 1:</u> „Produkte mit Mikroalgen haben mir von Anfang an gut geschmeckt.“ | | <u>Aussage 2:</u> „Produkte mit Mikroalgen schmecken mir nicht, aber ich esse sie trotzdem, weil sie gesund sind.“ | | <u>Aussage 3:</u> „Mit der Zeit habe ich mich an den Geschmack gewöhnt.“ | |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 1,080 | | 0,776 | | 1,564 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | 0,194 | | 0,583 | | 0,015 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 266,00 | | 240,50 | | 292,00 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,600 | | 0,325 | | 0,994 | |
| Median (V/NV) | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 2,0 | - | |
| Mittlerer Rang (V/NV) | - | | - | | 29,46 | 29,51 |

Die Verteilungsform beider Stichproben gleicht sich bei Aussage 1 und 2, Kolmogorov-Smirnov mit $p > 0,05$. Bei Aussage 3 weicht die Verteilungsform beider Stichproben voneinander ab ($p < 0,05$).

Der Mann-Whitney-U-Test hat mit $p > 0,05$ bei allen drei Aussagen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Angaben der Ziel- und der Kontrollgruppe identifizieren können. Der Median und die mittleren Ränge der beiden Gruppen liegen für alle drei Aussagen verhältnismäßig nahe beieinander.

7.3.13 Daten zum Preis von Mikroalgenprodukten

Die TeilnehmerInnen ($n_{\text{vegan}}=13$ und $n_{\text{nicht vegan}}=45$) haben ihrer Zustimmung zu preisbezogenen Aussagen von Mikroalgenprodukten auf einer 5stufigen Likert-Skala angegeben.⁴⁴

In Tabelle 12 wurden die Zustimmungswerte der Aussagen zum Preis in Abhängigkeit der Ernährungsweise ausgewertet.

Tabelle 12: Deskriptive Parameter und Signifikanzergebnisse zum Preis von Mikroalgenprodukten in Abhängigkeit der Ernährungsweise ($n_{\text{vegan}}=13$, $n_{\text{nicht vegan}}=45$)

| | <u>Aussage 1:</u> „Produkte mit Mikroalgen sind teuer.“ | | <u>Aussage 2:</u> „Ich würde mir Produkte mit Mikroalgen kaufen, wären sie nicht so teuer.“ | | <u>Aussage 3:</u> „Ich bin bereit mehr Geld für Mikroalgenprodukte auszugeben, wenn sie gut für meine Gesundheit sind.“ | | <u>Aussage 4:</u> „Ich kann es mir nicht leisten Mikroalgenprodukte zu kaufen, selbst wenn sie gut für meine Gesundheit sind.“ | |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kolmogorov-Smirnov (Z) | 1,705 | | 0,825 | | 0,939 | | 0,847 | |
| Asymptotische Signifikanz (p) | 0,006 | | 0,504 | | 0,341 | | 0,470 | |
| Mann-Whitney-U (U) | 283,50 | | 210,50 | | 261,00 | | 262,50 | |
| Exakte Signifikanz (p) | 0,873 | | 0,114 | | 0,548 | | 0,569 | |
| Median (V/NV) | - | | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 3,0 |
| Mittlerer Rang (V/NV) | 30,19 | 29,30 | - | | - | | - | |

Bei der Aussage 1 hat der Kolmogorov-Smirnov-Test mit $p < 0,05$ ergeben, dass sich die Verteilungsform der Ziel- und Kontrollgruppe unterscheidet. Bei den anderen Aussagen ist der p-Wert größer als 0,05, was auf eine sich gleichende Verteilungsform der beiden Gruppen schließen lässt. Bei keiner der Aussagen mit dem Mann-Whitney-U-Test konnte ein $p < 0,05$ bestimmt werden. Damit ist bei allen Aussagen kein signifikanter Unterschied zwischen VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen festzustellen.

7.4 Diskussion

Das Kapitel zur Diskussion der Untersuchung ist in zwei Teile geteilt. Zunächst wird die Wahl der Methode erläutert und auf die Durchführung eingegangen. Im zweiten Teil des Kapitels werden die Ergebnisse diskutiert und dabei auf die Leitfrage eingegangen.

⁴⁴ 5-stufige Skala von 1=Stimme überhaupt nicht zu, 2=Stimme nicht zu, 3= Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu, 4=Stimme zu bis 5=Stimme voll und ganz zu.

7.4.1 Diskussion der Methode

Die Methode eines Onlinefragebogens wurde gewählt, um eine möglichst große Anzahl an Personen zu erreichen. Laut dem BMEL Ernährungsreport 2021 ernähren sich 2% der Bevölkerung in Deutschland vegan (BMEL, 2021). Um ausreichend viele VeganerInnen zu erreichen, muss demnach eine große Stichprobe befragt werden. Hinzu kommt, dass mit dieser Methode besonders junge Menschen erreicht werden können, die in der Regel häufiger vegan leben (Splendid Research, 2020). Um die Umfrage gezielt unter den VeganerInnen zu verbreiten, wurde der Link mit MitarbeiterInnen eines veganen Restaurants geteilt, mit dem Hinweis diesen Link weiter zu teilen. Da der Fragebogen online verfügbar war, konnte eine Teilnahme örtlich und zeitlich flexibel gestaltet werden und der Fragebogen konnte im individuellen Tempo durchlaufen werden. Die TeilnehmerInnen haben im Durchschnitt nur 4 Minuten gebraucht, um den Fragebogen auszufüllen. Mögliche Einflussfaktoren für die schnelle Bearbeitung waren die Ratingskalen bzw. Likert-Skalen mit den Statements und eine einfach gewählte Sprache.

Bei dieser Datenerhebung hat sich ein Onlinefragebogen zudem angeboten, da Filterfragen integriert wurden, wodurch die Komplexität des Fragebogens erhöht wurde, da je nach Antwort der TeilnehmerInnen Fragen ausgelassen werden konnten. Auf diese Weise wurden nicht systematische Fehlerdaten generiert. Beim Integrieren der Filterfragen ist der Fehler unterlaufen, die Antwortmöglichkeit „Ich bin mir nicht sicher“ nicht bei jeder Folgefrage anzubieten. Auf diese Weise wurden Fehlerdaten erzeugt, die ausgefüllten Fragebogen dieser TeilnehmerInnen konnten bei der Bereinigung entfernt werden. Die Stichprobe wurde dabei jedoch auch verringert.

Die Teilnahme an der Umfrage war nicht außergewöhnlich gering, aber die Anzahl an TeilnehmerInnen, die vegan leben UND alle Fragen des Fragebogens beantworten mussten, war durch die Filterfrage zu klein ($n_{\text{Zielgruppe alle Fragen}}=13$). Durch die zu kleine Stichprobe konnten bei manchen Fragen kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Für diese Fragen kann eigentlich kein Rückschluss auf die Zielgruppe gezogen werden, da sie nicht repräsentativ ist.

Bei der Auswertung ist auffällig gewesen, dass die Geschlechterverteilung unausgewogen ist. Es haben wie im Kapitel 7.3.1 erwähnt, fast dreimal so viele Frauen, wie Männer an der Umfrage teilgenommen. Das war zu erwarten, da mehr VeganerInnen weiblich sind (Modlinska et al., 2020, S. 1). Da die Geschlechterverteilung innerhalb der Zielgruppe und innerhalb der Kontrollgruppe vergleichbar ist, wird das Geschlecht in dieser Ausarbeitung nicht als Einflussfaktor auf die Akzeptanz gewertet. Darüber hinaus wurden keine genderspezifischen Fragen untersucht.

Weiterhin ist die Kontrollgruppe als eher inhomogen zu betrachten, da auch VegetarierInnen und andere Ernährungsformen, die dem Veganismus ähneln, inbegriffen sind. Auf diese Weise könnten Ergebnisse der Kontrollgruppe verzerrt werden. Eine genauere Definierung der Kontrollgruppe (wie bzw. Omnivore) hätte eine bessere Abgrenzung zur Zielgruppe geschaffen, aber auch eine kleinere Stichprobe ergeben.

Die Stichprobe kann als Durchschnittskonsument angesehen werden, weil 76% angeben, sich weder im Studium noch im Beruf mit dem Thema Ernährung auseinanderzusetzen und deswegen wahrscheinlich über kein Fachwissen verfügen (siehe Kapitel 7.3.1).

7.4.2 Diskussion der Ergebnisse

Im Folgenden soll die Leitfrage diskutiert werden, wie stark die Akzeptanz von Mikroalgen in Lebensmitteln unter VeganerInnen bereits ausgeprägt ist und von welchen Faktoren diese beeinflusst wird. Dabei wird auf die in der Onlineumfrage abgefragten Einflussfaktoren eingegangen: Sensorik, Preis, Erhältlichkeit, Produktsortiment, Einstellung der TeilnehmerInnen, Image von Mikroalgenprodukten sowie Unwissenheit bezüglich Verarbeitung von Mikroalgen und der Funktionalitäten, die mit einem Mikroalgenkonsum einhergehen.

Die Bekanntheit von Mikroalgen unter allen TeilnehmerInnen mit knapp 29% zeigt, dass nur knapp jede dritte Person von Mikroalgen Kenntnis hat und ca. 16% sich sicher sind Mikroalgen(-produkte) gegessen zu haben (siehe Kapitel 7.3.2 und 7.3.3). Das kann u.a. darauf zurückzuführen sein, dass viele KonsumentInnen im täglichen Leben Mikroalgenprodukten nicht exponiert sind. Etwa 62% aller TeilnehmerInnen geben an nicht zu wissen, wo Mikroalgenprodukte erhältlich sind. Dabei scheinen VeganerInnen signifikant häufiger als Nicht-VeganerInnen zu wissen, wo sie Mikroalgenprodukte kaufen können (siehe Kapitel 7.3.9).

Die meisten TeilnehmerInnen der Onlineumfrage, die bereits einen Erstkontakt mit Mikroalgen gehabt haben, gaben an, dass sie im Laden auf diese aufmerksam geworden sind (siehe Kapitel 7.3.4). Wie in dem Kapitel Marktanalyse erwähnt, sind die meisten Mikroalgenprodukte häufig online oder in Bioläden sowie Reformhäusern käuflich. Da laut Öko-Barometer 2020 nur 37% der Deutschen in Bioläden einkaufen gehen (BMEL, 2020), hat der Rest der Bevölkerung nicht die Chance im Laden auf Mikroalgenprodukte aufmerksam zu werden.

Ein weiterer Aspekt, der in Kapitel 5 „Mikroalgen auf dem Markt“ auffällt, ist, dass das existierende Mikroalgensortiment bisher noch beschränkt ist. In der Umfrage haben sich knapp 62% neutral hinsichtlich der Notwendigkeit einer Sortimentserweiterung positioniert. Die neutrale Positionierung (Zentralitätseffekt) könnte vermuten lassen, dass oft kein Sortimentsüberblick besteht, da keine Mikroalgenkenntnis vorhanden ist. Möglichst viele unterschiedliche Produkte würden eine diversere, größere Zielgruppe ansprechen. Bei älteren Leuten haben z.B. Schokoladenshakes mit Spirulina, welche als Protein- und Kohlenhydratquelle gedacht sind, eine sehr hohe Akzeptanz erreicht (Duarte Santos et al., 2016, S. 218-219). Je nach Zielgruppe sind andere Eigenschaften im Endprodukt wünschenswert und bei der Vermarktung hervorzuheben.

Über die Vermarktung könnte über die Funktionalitäten von Mikroalgenprodukten aufgeklärt und allgemeine Bekanntheit gefördert werden. VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen geben an, dass die Information über die Funktionalitäten von Mikroalgenprodukten sie in ihrer

Konsumentenscheidung maßgeblich beeinflussen würden (siehe Kapitel 7.3.10). Ein Großteil der TeilnehmerInnen gibt an, sich Sorgen zu machen, wie die Menschheit sich in der Zukunft ernähren soll. Die Mehrheit der TeilnehmerInnen ist zwischen 20-50 Jahren alt und würde 2050 einen möglichen Lebensmittellengpass miterleben. Diese Angaben der TeilnehmerInnen deuten darauf hin, dass es für die Industrie vorteilhaft sein könnte, wenn die KonsumentInnen über die Funktionalität von Mikroalgen in Lebensmitteln aufgeklärt werden würden. Dieses Phänomen zeigte auch eine spanische Studie von 2020, bei der Mikroalgen in Grissinis integriert wurden. Es wurde festgestellt, dass die KonsumentInnenakzeptanz stieg, sobald die TeilnehmerInnen über die gesundheitlichen Vorteile eines Mikroalgenverzehr Bescheid wussten (García-Segovia et al., 2020, S. 499-500).

In der gleichen Studie wurde festgestellt, dass ein Großteil der TeilnehmerInnen die Mikroalgengrissinis vor dem Verzehr als sensorisch minderwertig im Vergleich zu den Kontrollgrissinis einschätzten. Nach dem Verzehr verbesserte sich die Sympathie gegenüber den Mikroalgengrissinis stark (García-Segovia et al., 2020, S. 496). Ähnliche Ergebnisse konnten auch der durchgeführten Onlineumfrage entnommen werden. 91,4% aller TeilnehmerInnen gaben an, dass sie nach dem Erstverzehr Mikroalgen wiederverzehrten (siehe Kapitel 7.3.3). Unter den VeganerInnen lag der wiederholte Verzehr bei 100% (siehe Kapitel 7.3.3). Bei den TeilnehmerInnen der Onlineumfrage ist demnach auch ein Akzeptanzanstieg für Mikroalgenprodukte nach dem Erstverzehr zu erkennen. Es zeigt zudem, dass die Geschmackserwartung vieler Personen vor dem Erstverzehr eher negativ ausgeprägt sind. Im Durchschnitt gaben die TeilnehmerInnen der Onlineumfrage an, dass sie Mikroalgen eher nicht mit leckerem Essen assoziieren.

Das Aussehen und der Geschmack von Mikroalgenprodukten hat in den Rankings bei allen TeilnehmerInnen der Onlineumfrage mittlere bis geringe Akzeptanz erfahren (siehe Kapitel 7.3.12). Ein Einflussfaktor kann dabei in der Art des Verzehrtes zu erkennen sein. Viele TeilnehmerInnen⁴⁵ gaben an, dass sie Mikroalgen in Form von Pulver verzehren würden. Gleichzeitig gab ein Großteil an, dass sie wenige Rezeptideen für Mikroalgen in Pulverform hätten und sich Mikroalgen eher mäßig gut in ihre gewohnten Gerichte integrieren lassen würden (siehe Kapitel 7.3.11). Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass für einen tatsächlichen Konsum nicht nur die Akzeptanz von Bedeutung ist, sondern auch die Verwendung der Produkte klar verständlich sein muss oder Nutzungsbeispiele präsentiert werden müssen, wenn die Verwendungsmöglichkeiten nicht eindeutig sind, wie z.B. bei Mikroalgenpulver.

Der Geschmack ist jedoch insbesondere für deutsche KonsumentInnen einer der wichtigsten Aspekte bei der Akzeptanzbildung (Ployon et al., 2017 zitiert nach Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 369). Es gibt bereits einige Studien, die verschiedene Mikroalgenarten, -konzentrationen in unterschiedlichen Trägersubstanzen getestet haben, um die sensorische Akzeptanz von verschiedenen Mikroalgenprodukten zu untersuchen (siehe Kapitel 4.2). Dabei war die Akzeptanz der Mikroalgenprodukte

⁴⁵ Sowohl bei VeganerInnen, als auch bei Nicht-VeganerInnen.

oft sehr zufriedenstellend oder übertraf sogar die Akzeptanz der herkömmlichen Versionen des Produktes (Batista et al., 2017, S. 168; 2019, S. 17; Franco Lucas et al., 2018, S. 275). Andere Studien ergaben aber auch, dass noch Forschungsbedarf besteht, um die geschmackliche Akzeptanz zu erhöhen (Robertson et al., 2016, S. 245).

Die Sensorik ist ein wichtiger, aber auch nicht der einzige Einflussfaktor auf die Akzeptanz. Die Akzeptanz bestimmter Lebensmittel beruht auf der Gesamtwahrnehmung von verschiedenen Vor- und Nachteilen eines Lebensmittels. Diese Wahrnehmung wird stark vom kulturellen Einfluss geprägt. Bei japanischen KonsumentInnen hat z.B. ein gesundheitlicher Vorteil eines Lebensmittels eine deutlich höhere Priorität als bei KonsumentInnen in der westlichen Welt (Lafarga et al., 2017 zitiert nach Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 371-372). Dies kann durch den Mere Exposure Effect erklärt werden. Erfahrungen im Leben führen zu Gewohnheiten, die dann wiederum die Grundlage der Geschmacksbildung bilden. Kulturelle Einflüsse können solche gewohnheitsbildenden Erfahrungen sein (Pudel, 2001, S. 122-126). In der durchgeführten Onlineumfrage haben nur 3 nicht-deutsche VeganerInnen teilgenommen, deswegen können aus der Onlineumfrage keine signifikanten Erkenntnisse hierzu erhoben werden (siehe Kapitel 7.3.1).

Eine Studie von 2018 untersuchte, in welchen Produkten Mikroalgen am besten von KonsumentInnen akzeptiert werden. Dafür wurden 3 verschiedene innovative Produkte miteinander verglichen; Pasta gefüllt mit Spirulina, Sushi gefüllt mit Spirulina und Jerky⁴⁶ mit Spirulina-Geschmack. Es stellte sich heraus, dass alle drei Produkte die gleiche Akzeptanz erfahren hätten, wenn die KonsumentInnen mit den Produkten genauso vertraut gewesen wären (Grahl et al., 2018, S. 9). Die Ergebnisse der Studie von Grahl et al. zeigen, dass Mikroalgenprodukte mehr Akzeptanz erfahren, wenn die Mikroalgen in gewohnte oder beliebte Lebensmittel der Zielgruppe integriert werden. Damit Mikroalgenprodukte auch in der breiten Bevölkerung Akzeptanz erfahren, ist eine Integration in alltägliche Lebensmittel von Relevanz, sowie eine möglichst geringe sensorische Abweichung zu den traditionellen Produkten. Auch die Onlineumfrage zeigt, Mikroalgen sind in vielen unterschiedlichen Produkten erwünscht.

Gebackene Lebensmittel (wie Brot) sind ein Lebensmittel, in das Mikroalgen gut integriert werden könnten, da sie lebensmitteltechnologisch gut geeignet sind, als allgemein sicher gelten und eine weite Reichweite durch ihren weit verbreiteten Verzehr haben (Lafarga et al., 2019 zitiert nach Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 376). Der Einsatz von Mikroalgen in Konsumgütern des alltäglichen Bedarfes könnte bewirken, dass mehr Menschen und vor allem auch die weniger experimentierfreudigen KonsumentInnen erreicht werden.

Für VeganerInnen sind Emotionen⁴⁷ oder auch Wissen über Gesundheit und Lebensmittel oft ausschlaggebende Faktoren für die Akzeptanz und damit Lebensmittelauswahl (Leitzmann & Keller,

⁴⁶ Gepökelt, geräuchertes Fleischerzeugnis.

⁴⁷ Hervorgerufen durch ethische Gründe.

2020, S. 30). Fleisch- und Fischersatzprodukte sind für viele VeganerInnen oft eine Möglichkeit gewohnte Gerichte aus der Kindheit unter Berücksichtigung ihrer Ernährungsumstellung weiterhin essen zu können. In der Onlineumfrage haben VeganerInnen angegeben, dass sie sich unter anderem Mikroalgen in Fleischersatzprodukten wünschen würden (siehe Kapitel 7.3.6). Grahl et al. stellten 2018 bei der Herstellung eines Spirulina-Soja-Extrudates⁴⁸ fest; „Die Mikroalge Spirulina erwies sich als geeignet, um Soja bei der Herstellung von texturierten Proteinen in extrudierten Fleischalternativen zu ersetzen“ (Grahl et al., 2018a; 2018b zitiert nach Altmann, Grahl & Mörlein, 2020, S. 29-51). Allerdings besteht hinsichtlich der Rezeptur noch Optimierungsbedarf, um das Produkt auch bei höherer Spirulinkonzentration geschmacklich attraktiv zu gestalten (Altmann, Grahl & Mörlein, 2020, S. 36).

Bei der Auswertung von den gewünschten Mikroalgenprodukten fällt beim Vergleich von den Angaben der VeganerInnen mit denen der Nicht-VeganerInnen auf, dass VeganerInnen ein etwas größeres Interesse an süßen Mikroalgenprodukten aufweisen (siehe Kapitel 7.3.6). Pures Mikroalgenpulver schmeckt je nach Mikroalgenart eher grün, leicht muffig oder leicht fischig⁴⁹. Deshalb braucht es mehr Offenheit und Neugierde, Mikroalgen in süßen Lebensmitteln zu probieren. In einer Persönlichkeitsstudie zu vegetarisch und vegan essenden Menschen im Vergleich zu Menschen mit einer omnivoren Ernährungsweise wurde festgestellt, dass vegetarisch und vegan lebende Menschen offener für Neues sind und politisch interessierter (Pfeiler & Egloff, 2018, S. 246). Die Onlineumfrage bestätigt diese Aussage. VeganerInnen haben signifikant häufiger mit einer hohen Zustimmung angegeben, dass ihre Neugierde neue Lebensmittel zu probieren größer ist als die Angst vor dem Unbekannten (siehe Kapitel 7.3.7). Das spricht gegen eine Lebensmittelneophobie, die eine generelle Vermeidung neuartiger Lebensmittel, wie Mikroalgenprodukte, bedeuten würde (García-Segovia et al., 2020, S. 496-497).

Laut der Onlineumfrage haben ca. 69% der TeilnehmerInnen, die bereits Mikroalgenprodukte gegessen haben, auch schon Mikroalgenprodukte gekauft (siehe Kapitel 7.3.5). Daraus kann abgeleitet werden, dass sobald ein Erstverzehr stattgefunden hat, die Akzeptanz leicht steigt und damit die Wahrscheinlichkeit etwas höher ist, dass ein Mikroalgenprodukt auch gekauft wird.

In der Onlineumfrage kann kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kenntnis von Mikroalgen und der Ernährungsweise festgestellt werden. Dennoch wird ein Unterschied zwischen der Zielgruppe und der Kontrollgruppe bei der Frage nach der Kenntnis von Mikroalgen deutlich. VeganerInnen wissen mit ca. 36% häufiger als Nicht-VeganerInnen mit ca. 28% über die Existenz von Mikroalgen Bescheid (siehe Kapitel 7.3.2). VeganerInnen haben vermehrt angegeben, dass sie auf

⁴⁸ Erzeugnis mit fleischähnlicher Struktur (Altmann, 2020, S. 32)

⁴⁹ Bei Produkten mit der Mikroalge Spirulina scheint der fischige Geschmack am wenigsten für die KonsumentInnen identifizierbar zu sein. In einer Studie wurde Spirulina in Cookies integriert und 70% der Studienteilnehmer gaben an, dass sie die Mikroalgencookies wahrscheinlich oder sogar mit Sicherheit kaufen würden (Batista, et al., 2017, S. 168).

Mikroalgen aufmerksam geworden sind, weil sie sich mit ihrer Ernährung und der Substitution bestimmter Stoffe aufgrund ihrer Ernährungsumstellung beschäftigt haben (siehe Kapitel 7.3.4). Das könnte auch erklären, warum VeganerInnen signifikant häufiger Mikroalgenkapseln als Nahrungsergänzungsmittel einnehmen (siehe Kapitel 7.3.3). Dementsprechend kaufen VeganerInnen (76,9%), die Kenntnis von Mikroalgen haben, häufiger auch Mikroalgenprodukte als Nicht-VeganerInnen (66,7%) (siehe Kapitel 7.3.5). Das könnte auch erneut damit zusammenhängen, dass VeganerInnen häufiger als Nicht-VeganerInnen wissen, wo sie Mikroalgenprodukte erhalten können (siehe Kapitel 7.3.9).

In westlichen Kulturen haben auch Attribute wie der Preis eine hohe Gewichtigkeit bei der Akzeptanzbildung von Lebensmitteln (Costell et al., 2010 zitiert nach Villaró, Viñas & Lafarga, 2021, S. 368). Die Onlineumfrage hat ergeben, dass die TeilnehmerInnen im Durchschnitt Mikroalgenprodukte als eher zu teuer wahrnehmen. Viele geben an, sie würden Mikroalgenprodukte kaufen, wären sie nicht so hochpreisig (siehe Kapitel 7.3.13). Für einen regelmäßigen Verzehr scheinen Mikroalgenprodukte für viele KonsumentInnen noch zu teuer zu sein. Innovationen der Produktion von Mikroalgen könnten den Preis zukünftig verringern.

Insgesamt fällt bei dem Vergleich der Ergebnisse aus den Angaben der Zielgruppe und der Kontrollgruppe auf, dass sie keine großen Unterschiede aufweisen. Bei wenigen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Akzeptanz⁵⁰ konnte ein signifikanter Zusammenhang zur Ernährungsweise festgestellt werden bzw. ein signifikanter Unterschied zwischen der Ziel- und Kontrollgruppe.

Sowohl unter VeganerInnen als auch unter Nicht-VeganerInnen sind vielen Mikroalgen und damit auch Mikroalgenprodukte noch fremd. Das lässt schlussfolgern, dass ein generelles Angebotsproblem besteht. Bei einer Studie von Vigani et al. (2015) wurden 219 ExpertInnen befragt, um Daten der Marktfähigkeit von Mikroalgen in der EU zu sammeln. Dabei gaben fast 70% an, dass die Produktionskosten gesenkt werden müssten, damit Mikroalgen wettbewerbsfähiger werden. Dafür wiederum müsste die Herstelltechnik verbessert werden, damit weniger Energie für die Produktion nötig ist und eine Hochskalierung der Produktionsmenge möglich ist. Nur dann könnten Mikroalgen auch in Konsumgütern angeboten werden. Die Einstellung der KonsumentInnen wird von den ExpertInnen als deutlich weniger große Hürde eingeschätzt (Vigani et al., 2015, S. 87).

Zwischen der Variablen Ernährungsweise und „Mikroalgenverzehr als Kapsel“ konnte ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Über 50% der VeganerInnen nehmen bereits Mikroalgen in Kapselform zu sich. Es kann angenommen werden, dass viele VeganerInnen Mikroalgenkapseln zu sich nehmen, um die essentiellen Nährstoffe Omega-Fettsäuren und Vitamin B₁₂, die anders nicht über eine rein pflanzliche Ernährung gedeckt werden können, zu supplementieren (Rittenau, 2018, S. 74). Von diesen VeganerInnen hat keine Person angegeben, nicht an weiteren

⁵⁰ Untersuchte Einflussfaktoren: Kenntnis, Einstellung, Image, Sensorik, Erhältbarkeit, Preis.

Mikroalgenprodukten interessiert zu sein. Im Gegenteil: Viele der abgefragten Produkte haben eine hohe Erwünschtheit erfahren (siehe Kapitel 7.3.6). Bei einer besseren Angebotssituation könnte mehr als die Hälfte der Zielgruppe bereits erreicht werden.

Sowohl unter den VeganerInnen als auch den Nicht-VeganerInnen sind viele der Meinung, dass Mikroalgen nicht lecker, sondern eher gesund sind (siehe Kapitel 7.3.8). Mikroalgenprodukte haben damit ein Image als eher langweiliges, gesundes Essen, das nicht gut schmeckt. Nicht-VeganerInnen haben signifikant häufiger als VeganerInnen angegeben, dass sie das Essen von Mikroalgenprodukten als unnatürlich empfinden. Allerdings scheinen sowohl VeganerInnen als auch Nicht-VeganerInnen eher selten dieses Vorurteil zu haben (siehe Kapitel 7.3.8).

Mit einer verbesserten Informationspolitik hinsichtlich der Funktionalitäten von Mikroalgenprodukten z.B. über das Marketing könnte die Bekanntheit sowie das Image und damit auch die Akzeptanz unter VeganerInnen weiter gesteigert werden. Große Studien wie die Nestlé-Studie 2021 zeigen jedoch schon jetzt, dass Algen eine höhere KonsumentInnenakzeptanz aufweisen als die oft verglichenen Insektennahrungsmittel (Nestlé, 2021). Dies verspricht ein höheres Potential von Mikroalgen als funktionelles Lebensmittel erfolgreich in die Ernährung der Bevölkerung integriert werden zu können.

8. Schlussfolgerung und Ausblick

Die Haupthypothese, dass die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz zwischen VeganerInnen und Nicht-VeganerInnen abweichen, kann nicht bestätigt werden. Es konnten selten signifikante Unterschiede zwischen der Zielgruppe der VeganerInnen und der Kontrollgruppe der Nicht-VeganerInnen hinsichtlich der Einflussfaktoren auf die Akzeptanz festgestellt werden.

Allerdings sind teilweise Tendenzen erkennbar, dass VeganerInnen offener für neuartige Lebensmittel sind und bereits häufiger einen ersten Kontakt mit Mikroalgen(-produkten) hatten. Damit kann der zweite Teil der Hypothese; VeganerInnen stehen neuartigen Lebensmitteln, wie Mikroalgenprodukten aufgeschlossener gegenüber, eingeschränkt bestätigt werden. In einer größeren Stichprobe und einer differenzierteren Kontrollgruppe könnten diese leichten Tendenzen zu signifikanten Unterschieden führen.

Mikroalgen, insbesondere die Mikroalgen Spirulina und Chlorella, sind sowohl für die Forschung als auch für die Industrie ein Hoffnungsträger hinsichtlich einer nachhaltigen Ernährung in der Zukunft. Derzeit bestehen noch zu viele technische und nicht-technische Probleme, um Mikroalgen in den benötigten Mengen herstellen zu können. Wissenschaft und Industrie müssen zusammenarbeiten, indem zum Beispiel Daten untereinander ausgetauscht werden (Vigani et al., 2015, S. 82). Nur dann kann der Herstellungsprozess optimiert und eine Basis geschaffen werden kann, auf der eine wettbewerbsfähige Vermarktung von Mikroalgen in Lebensmitteln möglich ist.

Sobald diese Basis geschaffen ist, wird die Akzeptanz sehr wahrscheinlich steigen, weil die KonsumentInnen den Produkten mehr exponiert sind. Die Entwicklung von Fleischersatzprodukten ist ein möglicher Vergleich. Laut einer Pressemitteilung des Statistischen Bundesamtes vom 09.05.2022 wächst der Markt für Fleischersatzprodukte seit den letzten Jahren stark (Destatis, 2022).

Optimalerweise werden sich Mikroalgenprodukte in Zukunft nicht nur bei VeganerInnen etablieren, sondern bei einem Großteil der Bevölkerung eine hohe Akzeptanz finden. Wie die Onlineumfrage gezeigt hat, scheinen sich bei der Kontrollgruppe ähnliche Faktoren auf die Akzeptanz auszuwirken. Deswegen erscheint besonders die Integration in alltägliche Lebensmittel erfolgsversprechend.

Literaturverzeichnis

- Algomed (o.J.). Geschichte. Algomed Chlorella natürlich angebaut in Deutschland. <https://www.algomed.de/algenfarm/anbau/>. Stand 22.05.2022.
- Altmann, B., Grahl, S., Mörlein, D. (2020). Lebensmittelqualität unter Verwendung von alternativen Proteinquellen. In: Diekmann, M., Theuvsen, L. & Weinrich, R. (Hrsg.), *Sustainability Transitions in der Lebensmittelproduktion - Alternative Proteinquellen in soziotechnischer Perspektive* (S. 29-51). Göttingen, Universitätsverlag Göttingen.
- Acien, F. G., Fernandez, J., Magan, J. J. & Molina, E. (2012). Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. *Biotechnology Advances*, 30(6), 1344-1353. doi: 10.1016/j.biotechadv.2012.02.005
- Batista, A. P., Niccolai, A., Fradinho, P., Fragoso, S., Bursic, I., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R., Sousa, I. & Raymundo, A. (2017). Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Research*, 26, 161-171. doi: 10.1016/j.algal.2017.07.017
- Batista, A. P., Niccolai, A., Bursic, I., Sousa, I., Raymundo, A., Rodolfi, L., Biondi, N. & Tredici, M. R. (2019). Microalgae as Functional Ingredients in Savory Food Products: Application to Wheat Crackers. *Foods*, 8(12), 1-22. doi: 10.3390/foods8120611
- Becker, E. W., Jakober, B., Luft, D. & Schmulling, R. M. (1987). Clinical and biochemical evaluations of the alga Spirulina with regards to its application in the treatment of obesity. A double-blind cross-over study. *Nutrition Reports International*. 33(4), 565-574.
- Belay, A., Ota, Y., Miyakawa, K. & Shimamatsu, H. (1993). Current knowledge in potential health benefits of Spirulina. *Journal of Applied Phycology*, 5, 235-241. doi: 10.1007/BF00004024
- Biesalski, H. K. (2007). Ernährung bei Tumorpatienten. In: *Aktuelle Ernährungsmedizin* (S. 17-19). Stuttgart, New York, Thieme.
- Biesalski, H. K., Pirlich, M., Bischoff, S. C. & Weimann, A. (2018). Vitamin B₁₂ Definition und Funktion. In: *Ernährungsmedizin* (S. 212-218). Stuttgart, New York, Delhi, Rio, Thieme.
- Borowitzka, M. A. (1999). Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Biotechnology*, 70(1-3), 313-321. doi: 10.1016/S0168-1656(99)00083-8
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2021). Bericht zur Markt- und Versorgungslage Ölsaaten, Öle und Fette - 2021. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/OeleFette/Versorgung/2021BerichtOele.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Stand 21.05.2022.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2017). Deutschland wie es isst - BMEL-Ernährungsreport 2017. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Ernaehrungsreport2017.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Stand 26. 04 2022.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2020). Öko-Barometer. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/oekobarometer-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3. Stand 21.05.2022.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2021). Deutschland, wie es isst - Der BMEL Ernährungsreport 2021. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ernaehrungsreport-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Stand 21.05.2022.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BZE) (zitiert nach UN Ernährungsbericht 2019) (o.J.). Hunger und Mangelernährung beseitigen. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/ernaehrungssicherung>. Stand 21.05.2022
- Deutsche Algen Genossenschaft (DAG) (o.J.). Was ist die DAG? Deutsche Algen Genossenschaft eG. <https://www.deutsche-algen.de>. Stand 26.04.2022.

- de Farias Neves, F., Demarco, M. & Tribuzi, G. (2020). Drying and Quality of Microalgal Powders for Human Alimentation. In: Vitová, M. (Hrsg.), *Microalgae - From Physiology to Application* (S. 71-90). London, IntechOpen.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2016). Presseinformation: Regelmäßig Fisch auf den Tisch! Deutsche Gesellschaft für Ernährung. <https://www.dge.de/presse/pm/regelmaessig-fisch-auf-den-tisch/>. Stand 24.05.2022.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2018). *Vitamin B₁₂ (Cobalamine)*. Deutsche Gesellschaft für Ernährung. <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/vitamin-b12/?L=0>. Stand 20.05.2022.
- Diekmann, M. & Theuvsen, L. (2020). Sustainability Transitions in der Lebensmittelproduktion. In: Diekmann, M., Theuvsen, L. & Weinrich, R. (Hrsg.), *Sustainability Transitions in der Lebensmittelproduktion - Alternative Proteinquellen in soziotechnischer Perspektive* (S. 7-15). Göttingen, Universitätsverlag Göttingen.
- Duarte Santos, T., Bastos de Freitas, B. C., Botelho Moreira, J., Zanfonato, K. & Vieira Costa, J. A. (2016). Development of powdered food with the addition of Spirulina for food supplementation of the elderly population. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37(10), 216-220. doi: 10.1016/j.ifset.2016.07.016
- Falch-Ultsch, S. & Falch, B. (2001). Functional Food: Die Ernährung der Zukunft?. *Chemie in unserer Zeit*, 35 (4), 220-229. doi: 10.1002/1521-3781(200108)35:4<220::AID-CIUZ220>3.0.CO;2-7
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2009). How to Feed the World in 2050. Food And Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf. Stand 24.04.2022.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>. Stand 02.05.2022.
- Franco Lucas, B., Greque de Moraes, M., Duarte Santos, T. & Vieira Costa, J. A. (2018). Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *LWT - Food Science and Technology*, 90(2), 270-276. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.032
- García-Segovia, P., García Alcaraz, V., Tárrega, A. & Martínez-Monzó, J. (2020). Consumer perception and acceptability of microalgae based breadstick. *Food Science and Technology International*, 26(6), 493-502. doi: 10.1177/1082013220906235
- Godfray, H. C., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M. & Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(5967), 812-818. doi: 10.1126/science.1185383
- Grahl, S., Strack, M., Weinrich, R. & Mörlein, D. (2018). Consumer Oriented Product Development: The Conceptualization of Novel Food Products Based on Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Resulting Consumer Expectations. *Journal of Food Quality*, 12, 1-11. doi: 10.1155/2018/1919482
- Griehl, C., Müller, D. & Künstler, C. (2009). Mikroalgen als CO₂- Verwerter und Wertstoffquelle. *Chemie Ingenieur Technik*, 81(8), 1220-1220. doi:10.1002/cite200950367
- Hemantkumar, J. N. & Rahimbhai, M. I. (2020). Microalgae and Its Use in Nutraceuticals and Food Supplements. In: Vitová, M. (Hrsg.), *Microalgae From Physiology to Application* (S. 91-101). London, IntechOpen.
- Jering, A., Klatt, A., Seven, J., Ehlers, K., Günther, J., Ostermeier, A. & Mönch, L. (2013). *Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_biomasse_bf_klein.pdf. Stand 24.04.2022.
- Kreienkamp, F., Philip, S. Y., Tradowsky, J. S., Kew, S. F., Lorenz, P., Arrighi, J., et al. (2021). *Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021*. World Weather Attribution. <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf>. Stand 24.04.2022.

- Kumoro, A. C., Johnny, D. & Alfilovita, D. (2016). Incorporation of microalgae and seaweed in instant fried wheat noodles manufacturing: nutrition and culinary properties study, 23 (2), 715-722. Journal homepage: <http://www.ifrj.upm.edu.my>. Stand 21.05.2022.
- Kurrer, C. (2021). Lebensmittelsicherheit. Kurzdarstellung der europäischen Union. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/51/food-safety>. Stand 21.05.2022.
- Lafarga, T., Pieroni, C., D'Imporzano, G., Maggioni, L., Adani, F. & Acién, G. (2021). Consumer Attitudes towards Microalgae Production and Microalgae-Based Agricultural Products: The Cases of Almería (Spain) and Livorno (Italy). *ChemEngineering*, 5 (27), 1-14. doi: 10.3390/chemengineering5020027
- Lee, E. H., Park, J.-E., Choi, Y.-J., Huh, K.-B. & Kim, W.-Y. (2008). A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes mellitus patients. *Nutrition Research and Practice*, 2 (4), 295-300. doi: 10.4162/nrp.2008.2.4.295
- Leitzmann, C. & Dittrich, K. (2003). *Ihr Einkaufsführer: Bioaktive Substanzen - Pflanzenpower für das Immunsystem*. Stuttgart, Haug.
- Leitzmann, C. & Keller, M. (2020). *Vegetarische und vegane Ernährung*. Stuttgart, Ulmer.
- Lubitz, J. A. (1963). The Protein Quality, Digestibility, and Composition of Algae, Chlorella 71105. *Journal of Food Science*, 28 (2), 229-232. doi: 10.1111/j.1365-2621.1963.tb00189.x
- Modlinska, K., Adamczyk, D., Maison, D. & Pisula, W. (2020). Gender Differences in Attitudes to Vegans/Vegetarians and Their Food Preferences, and Their Implications for Promoting Sustainable Dietary Patterns—A Systematic Review. *MDPI*, 12, Supplement 6292, S. 1-17.
- Nagasawa, H., Fujii, Y., Kageyama, Y., Segawa, T. & Ben-Amotz, A. (1991). Suppression by beta-carotene-rich algae *Dunaliella bardawil* of the progression, but not the development, of spontaneous mammary tumours in SHN virgin mice. *Anticancer Research*, 11(2), 713-717. PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2064324/#affiliation-1>. Stand 21.05.2022.
- Nestlé Deutschland (2021). So klimafreundlich ist(s) Deutschland. Die Nestlé Studie "Klima und Ernährung" 2021. Nestlé. https://www.nestle.de/sites/g/files/pydnoa391/files/2021-05/01_Broschüre_Klima-Studie_FINAL.pdf. Stand 21.05.2022.
- Neumann, U. & Bischoff, S. C. (2018). Mikroalgen in der Humanernährung - eine sinnvolle Zukunftsperspektive. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 43(2), 102-110. doi: 10.1055/a-0595-6520
- Pabst, W. (1975). Ernährungsversuche zur Bestimmung der Proteinqualität von Mikroalgen. 1. Symposium Mikrobielle Proteingewinnung 1975, S.173-178. <https://repository.helmholtz-hzi.de>. Stand 21.05.2022.
- Parikh, P., Mani, U. & Iyer, U. (2001). Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Typ 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Medicinal Food*, 4(4), 193-199. doi: 10.1089/10966200152744463
- Payer, H. D., Runkel, K. H., Kunte, H., Gräf, H., Stengel, E., Mohn, H. & Polsiri, A. (1975). Die Kontamination von Mikroalgen mit einigen umweltburtigen Schadstoffen. 1. Symposium Mikrobielle Proteingewinnung 1975, S.191-200. <https://repository.helmholtz-hzi.de>. Stand 21.05.2022.
- Pfeiler, T. M. & Egloff, B. (2018). Examining the "Veggie" personality: Results from a representative German sample. *Appetite*, 120(1), 246-255. doi:10.1016/j.appet.2017.09.005
- Pichler, S. (2013). Alles Pro für Proteine? Eiweiß in der Humanernährung. *Journal für Ernährungsmedizin*, 15(1), S. 20-23.
- Prüser, T. F., Braun, P. G. & Wiacek, C. (2021). Mikroalgen als neuartige Lebensmittel - Potenzial und rechtliche Rahmenbedingungen. *ERNÄHRUNGS UMSCHAU*, 68 (4), 78-85. doi: 10.4455/eu.2021.016
- Preisig, H. R. & Andersen, R. A. (2005). Historical Review of Algal Culturing Techniques. In: Andersen, R. A. (Hrsg.), *Algal Culturing Techniques* (S. 1-12). Amsterdam u.a., Elsevier.
- Pudel, V. (2001). Psychologie des Essens. In Escher, F. & Buddeberg, C. *Essen und Trinken zwischen Ernährung, Kult und Kultur* (S. 128-129). Zürich, vdf Hochschulverlag.
- Rösch, C. & Roßmann, M. (2020). Mikroalgen statt Fleisch und Soja - die Ernährung der Zukunft? Konrad, W., Scheer, D. & Weidtmann, A. (Hrsg.) *Bioökonomie nachhaltig gestalten* (S. 343-368). Karlsruhe, Springer.

- Richter, M., Boeing, H., Grünewald-Funk, D., Hesecker, H., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Oberritter, H., Strohm, D. & Watzl, B. (2016). DGE-Position „Vegane Ernährung“. *ERNÄHRUNGS UMSCHAU*, 63(05), 92-102. doi: 10.4455/eu.2016.021
- Rittenau, N. (2018). *Vegan Klischee ade!* Mainz: Ventil.
- Robertson, R. C., Mateo, M. R., O'Grady, M. N., Guihéneuf, F., Stengel, D. B., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Kerry, J. P. & Stanton, C. (2016). An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 237-246. doi: 10.1016/j.ifset.2016.03.017
- Sabaté, J., Sranacharoenpong, K., Harwatt, H., Wien, M. & Soret, S. (2014). The environmental cost of protein food choices. *Public Health Nutrition*, 18(11), 2067-2073. doi: 10.1017/S1368980014002377
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A. & Abd_Allah, E. F. (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 709-722. doi:10.1016/j.sjbs.2017.11.003
- Schade, S., Stangl, G. I., & Meier, T. (2020). Distinct microalgae species for food - part 2: comparative life cycle assessment of microalgae and fish for eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), and protein. *Journal of Applied Phycology*, 32, 2997-3013. doi:10.1007/s10811-020-02181-6
- Schmid, W. (2019). *Funktionelle Lebensmittel*. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/technologien/funktionelle_lebensmittel/index.htm. Stand 24. 04 2022.
- Schwerna, P. (2017). *Untersuchung zur mixo- und heterotrophen Kultivierung von Mikroalgen mit Glycerin als Kohlenstoffquelle (Dissertation, Biotechnologie)*. Erlangen-Nürnberg: Technische Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität.
- Shim, J. A., Son, Y. A., Park, J. M. & Kim, M. K. (2009). Effect of Chlorella intake on cadmium metabolism in rats. *Nutrition Research and Practice*, 3 (1), 15-22. doi:10.4162/nrp.2009.3.1.15
- Skully, R. (2014). Essential nutrient requirements of the elderly. *Nutrition and Dietary Supplements*, 6, 59-68. doi: 10.2147/NDS.S35381
- Son, Y. A., Shim, J. A., Hong, S. & Kim, M. K. (2009). Intake of Chlorella vulgaris Improves Antioxidative Capacity in Rats Oxidatively Stressed with Dietary Cadmium. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 54, 7-14. doi: 10.1159/000199453
- Splendid Research GmbH (2020). *Vegetarismus und Flexitarismus Monitor 2020 - Studienflyer*. Splendid Research: <https://www.splendid-research.com/downloads/studien/Studienflyer-Vegetarismus-und-Flexitarismus-Monitor-2020.pdf>. Stand 20.05.2022.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022). *Fleischersatz weiter im Trend: Produktion stieg 2021 um 17 % gegenüber dem Vorjahr, Pressemitteilung Nr. N 025*. Destatis Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/05/PD22_N025_42.html abgerufen. Stand 09.05.2022.
- Stute, S. C. & Buchholz, R. (2013). Mikroalgen: Produktionsorganismus der Zukunft? *BIOspektrum*, 19, 328-331. doi: 10.1007/s12268-013-0314-0
- Ullmann, J. (2017). Die Mikroalge Chlorella - Effektive Wirkmechanismen zur Unterstützung der natürlichen Entgiftung. *Die Naturheilkunde*, 94 (4), Supplement von Ausgabe 4, S. 42-45.
- Vigani, M., Parisi, C., Rodríguez-Cerezo, E., Barbosa, M. J., Sijtsma, L., Ploeg, M. & Enzing, C. (2015). Food and feed products from microalgae: Market opportunities and challenges for the EU. *Trends in Food Science and Technology*, 42(1), 81-92. doi: 10.1016/j.tifs.2014.12.004
- Villaró, S., Viñas, I. & Lafarga, T. (2021). Consumer acceptance and attitudes toward microalgae and microalgal-derived products as food. In Lafarga, T. & Acién, G. (Hrsg.), *Cultured Microalgae for the Food Industry - Current and Potential Applications* (S. 367-385). Spanien, Elsevier.

- Voelskow, H. (2016). *Ökotoxizität*. Thieme RÖMPP. <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-15-00311>. Stand 21.05.2022.
- von Jeinsen, T. & Diekmann, M. (2020a). Akzeptanz alternativer Proteinquellen bei Schlüsselakteuren der Lebensmittelproduktion. In Diekmann, M., Theuvsen, L. & Weinrich, R. (Hrsg.), *Sustainability Transitions in der Lebensmittelproduktion - Alternative Proteinquellen in soziotechnischer Perspektive* (S. 95-113). Göttingen, Universitätsverlag Göttingen.
- von Jeinsen, T. & Diekmann, M. (2020b). Sind Algen und Insekten das Proteinfuttermittel der Zukunft? Ein Literaturüberblick zum Stand der Forschung. *Berichte über Landwirtschaft Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft BMEL*, 98 (2), 1-33. doi: 10.12767/buel.v98i2.292
- Watanabe, F., Takenaka, S., Kittaka-Katsura, H., Ebara, S. & Miyamoto, E. (2002). Characterization and Bioavailability of Vitamin B₁₂-Compounds from Edible Algae. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 48(5), 325-331. doi: 10.3177/jnsv.48.325
- Yamada, K., Yamada, Y., Fukuda, M. & Yamada, S. (1999). Bioavailability of Dried Asakusanori (*Porphyra tenera*) as a Source of Cobalamin (Vitamin B₁₂). *International Journal of Vitamin and Nutrition Research*, 69(6), 412-418. doi: 10.1024/0300-9831.69.6.412
- Zühlsdorf, A. & Spiller, A. (2012). *Trends in der Lebensmittelvermarktung Begleitforschung zum Internetportal lebensmittelklarheit.de (Studie Teil I): Marketingtheoretische Einordnung praktischer Erscheinungsformen und verbraucherpolitische Bewertung*. ZÜHLSDORF + PARTNER Agentur für Verbraucherforschung und Lebensmittelmarketing. https://www.zuehlsdorf-und-partner.de/app/download/8607745385/Marktstudie%E2%80%89+%E2%80%89-Trends%E2%80%89+%E2%80%89in%E2%80%89+%E2%80%89der%E2%80%89+%E2%80%89Lebensmittelvermarktung_Studententext_final.pdf. Stand 21.05.2022.

Rechtsquellenverzeichnis

- Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25 November 2015 über neuartige Lebensmittel, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 1852/2001 der Kommission Europäische Kommission.
- Durchführungsverordnung (EU) 2017/2470 der Kommission vom 20. Dezember 2017 zur Erstellung der Unionliste der neuartigen Lebensmittel gemäß der Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel Europäische Kommission. (o.J.). *Summary of the applications submitted within the meaning of Article 10(1) of Regulation (EU) 2015/2283*. Abgerufen am 29. 04 2022 von Europäische Kommission: https://ec.europa.eu/food/safety/novel-food/authorisations/summary-applications-and-notifications_de

Anhang

Anhang 1: Fragebogen

Bei der ersten Frage handelt es sich um eine nominale Filterfrage, die in Erfahrung bringen soll, ob die TeilnehmerInnen den Begriff „Mikroalge“ einordnen können bzw. ob ein Verständnis von Mikroalgen vorhanden ist. Die Frage soll klären, wie viele Menschen überhaupt von der Existenz von Mikroalgen wissen.

1. Ich weiß, was Mikroalgen sind.

Ja

Nein

Anschließend wird eine Kurzerklärung zu Mikroalgen eingeblendet. Diese Folie soll als Überprüfung des Verständnisses von Mikroalgen dienen. Es soll ein einheitliches Verständnis von Mikroalgen bei allen TeilnehmerInnen bestehen und der Fragebogen entsprechend diesem Verständnis ausgefüllt werden.

Mikroalgen

Mikroalgen sind mikroskopisch kleine Algen, die im Wasser schweben. Sie bauen durch Photosynthese ihre Biomasse auf.

Es gibt viele Hunderttausend sehr verschiedene Arten von Mikroalgen. Am bekanntesten sind die Arten, die umgangssprachlich "Spirulina" und "Chlorella" genannt werden. Diese sind häufig in Form von Nahrungsergänzungsmitteln zu finden. Sie werden aber auch als Zutat in Lebensmitteln eingesetzt.

Die Frage nach der Übereinstimmung der Erklärung mit dem eigenen Verständnis gilt dabei als Kontrolle. Diese Frage kann zudem später deutlich machen, wie viele Teilnehmer falsche Vorstellungen von Mikroalgen hatten.

question("BH11")

2. Stimmt die eben gelesene Erklärung mit Ihrem bisherigen Verständnis über Mikroalgen überein?

Ja/ bzw. eher ja

Nein/ bzw. eher nein

Bei Bejahung der vorherigen Frage soll die nun folgende nominale Filterfrage feststellen, ob es bereits zum Erstkontakt mit Mikroalgen gekommen ist.

3. Ich habe bereits Mikroalgen gegessen.

Ja

Nein

Ich bin mir nicht sicher.

Wenn die teilnehmende Person zuvor angegeben hat, nicht zu wissen, was Mikroalgen sind, wird stattdessen die folgende nominale Filterfrage angezeigt.

question('BH02')

4. Von den eben gelesenen Informationen -in der Kurzerklärung zu Mikroalgen- hatte ich bereits gehört.

Ja

Nein

Nach der Kurzerklärung soll diese Frage klären, ob die teilnehmende Person sich erinnert fühlt und möglicherweise doch bereits von Mikroalgen gehört hat. Dieser Teil der teilnehmenden Personen wird direkt zu den Imagefragen oder den Fragen zu den gewünschten Mikroalgenprodukten weitergeleitet.

Diese folgende Frage mit Koppelung mehrerer Nominalskalen soll die obige Frage „Ich habe bereits Mikroalgen gegessen“ ergänzen. Wurden die verzehrten Mikroalgen in getrockneter Form oder bereits integriert in Produkten gegessen? Welche Produkte scheinen besonders ansprechend für Konsumenten zu sein? Welche sind besonders weit verbreitet unter den KonsumentInnen?

5. Mikroalgen habe ich bereits ... gegessen.

Mehrfachnennungen möglich!

als Kapsel (Nahrungsergänzungsmittel)

als Pulver (Nahrungsergänzungsmittel)

als Flocken

im Getränk

im Riegel

in Schokolade

in Müsli

in Nudeln

in Keksen

Andere:

Die nominale Filterfrage zielt darauf ab in Erfahrung zu bringen, ob der Erstkontakt positiv wahrgenommen wurde.

6. Ich würde Produkte mit Mikroalgen jederzeit wieder verzehren.

Ja

Nein

In der nominalskalierten Frage soll festgestellt werden, wie hoch die Konsumfrequenz unter den Teilnehmern ist, die bereits Mikroalgen/Mikroalgenprodukte konsumiert haben.

7. Ich esse ... Mikroalgen/Produkte mit Mikroalgen.

Täglich

Wöchentlich

Monatlich

Ein paar Mal im Jahr

Nie

Die nächsten ordinalskalierten Fragen sollen herausstellen, wie die Teilnehmer die Handhabbarkeit von Mikroalgen (-produkten) empfinden und ob diese eine mögliche Hürde für die Verwendbarkeit sind.

8. Bitte markieren Sie, wie sehr die folgenden Aussagen jeweils auf Sie zutreffen.

| | Stimme ich überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu | Stimme zu | Stimme voll und ganz zu |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Mikroalgen (z.B. in Pulverform) lassen sich gut in meine gewohnten Rezepte integrieren. | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mikroalgenprodukte (z.B. Nudeln mit Mikroalgen) passen gut zu meinen gewohnten Gerichten. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mir fallen viele Rezepte/Verarbeitungsmöglichkeiten ein, wenn ich an Mikroalgen (z.B. in Pulverform) denke. | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Diese nominale Frage soll herausstellen, ob die TeilnehmerInnen, die bereits Mikroalgen probiert haben, auch bereit waren dafür Geld auszugeben.

9. Ich habe bereits Produkte mit Mikroalgen gekauft.

Ja

Nein

Diese nominale Frage erfragt, wer oder was den Erstkontakt initiierte und genügend Vertrauen bzw. Anreiz schaffen konnte, Mikroalgen (-produkte) erstmals zu probieren.

10. Wie sind Sie auf Mikroalgen aufmerksam geworden?
Mehrfachnennung möglich!

- durch ein/e Freund:in
- durch ein Familienmitglied
- durch eine Verkostung (z.B. Messe oder im Laden)
- durch ein/e Influencer:in einer sozialen Plattform
- durch ein/e Dozent:in in der Uni
- durch ein/e Kommilitone:in oder Arbeitskolleg(e):in
- im Geschäft
- durch einen Pressebericht
- Andere, wenn ja – welche:

Die folgenden Statementfragen (ordinalskaliert) sollen erfragen, ob das Aussehen, insbesondere die intensive grüne Farbe von Mikroalgen, einflussgebend für Akzeptanz oder Ablehnung von Mikroalgenprodukten ist.

11. Bitte markieren Sie wie sehr sie den folgenden Fragen jeweils zustimmen.

| | Stimme überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu | Stimme zu | Stimme voll und ganz zu |
|-------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Mikroalgenprodukte sehen appetitlich aus. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die grüne Farbe ist sehr ansprechend. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Farbe ist mir noch nicht aufgefallen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Die folgenden Statementfragen (ordinalskaliert) sollen zeigen, wie der Geschmack empfunden wird und wie stark die Geschmacksbewertung die Akzeptanz beeinflusst.

12. Bitte markieren Sie wie sehr Sie den Aussagen jeweils zustimmen.

| | Stimme überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu | Stimme zu | Stimme voll und ganz zu |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Produkte mit Mikroalgen haben mir von Anfang an gut geschmeckt. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Produkte mit Mikroalgen schmecken mir nicht, aber ich esse sie trotzdem, weil sie gesund sind. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mit der Zeit habe ich mich an den Geschmack gewöhnt. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Mit den folgenden Statementfragen (ordinalskaliert) soll die preisliche Bewertung dokumentiert werden und wie stark die preisliche Einordnung einflussgebend auf die Akzeptanz ist.

13. Bitte markieren Sie, wie sehr Sie den Aussagen jeweils zustimmen.

| | Stimme überhaupt nicht zu | | | | | Stimme voll und ganz zu |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Produkte mit Mikroalgen sind teuer. | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich würde mir Produkte mit Mikroalgen kaufen, wären sie nicht so teuer. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich bin bereit mehr Geld für Mikroalgenprodukte auszugeben, wenn sie gut für meine Gesundheit sind. | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich kann es mir nicht leisten Mikroalgenprodukte zu kaufen, selbst wenn sie gut für meine Gesundheit sind. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Die nachfolgenden Statements erfragen das Image von Mikroalgen bei den TeilnehmerInnen und ob es einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Kaufbereitschaft hat.

14. Bitte markieren Sie wie sehr Sie den Aussagen jeweils zustimmen.

| | Stimme überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu | Stimme zu | Stimme voll und ganz zu |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Ich habe Bedenken, dass Mikroalgen meine Gesundheit negativ beeinflussen könnten. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mikroalgen essen ist unnatürlich. Fische essen Mikroalgen. Menschen essen Fische. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mikroalgen? So etwas ist mir zu gesund. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Wenn ich an Mikroalgen denke, denke ich an etwas, was meiner Gesundheit gut tut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mit Mikroalgen assoziiere ich leckeres Essen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Die folgenden Statementfragen (ordinalskaliert) sollen zeigen, wie KonsumentInnen die Verfügbarkeit von Mikroalgenprodukte empfinden und ob dies ein Hindernis beim Konsumieren bereits existierender Mikroalgenprodukte darstellt.

15. Bitte markieren Sie, wie sehr Sie den Aussagen jeweils zustimmen.

| | Stimme überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu | Stimme zu | Stimme voll und ganz zu |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Ich weiß, wo ich Produkte mit Mikroalgen kaufen kann. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich bin der Meinung, dass das aktuelle Sortiment ausreichend ist. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Die nächste nominalskalierte Frage soll zeigen, welche Produkte sich KonsumentInnen mit Mikroalgen versetzt kaufen würden und welche Mikroalgenprodukte weniger beliebt wären.

16. Folgende Produkte mit Mikroalgen würde ich mir kaufen:

Mehrfachnennungen möglich!

- Brot
- Smoothies
- Säfte
- Riegel
- Kekse
- Nudeln
- Suppen
- Gummibärchen
- Kaugummi
- Aufstriche
- Wurst
- Fleisch (Nutztiere wurden mit Mikroalgen versetztem Futter gefüttert)
- Schokolade
- Reis
- Eis
- Pudding
- Bonbons
- Kuchen
- Müsli
- Salatdressing
- Pesto
- Tofu/Tempeh
- Andere:
-
- Keines

Die folgenden Fragen (ordinalskaliert) sollen die allgemeine Einstellung zu den Themen Ernährung in der Zukunft, gesunde Ernährung und Lebensmittelneophobie/Lebensmittelneophilie der TeilnehmerInnen erfragen. Mit diesen Fragen soll bestimmbar werden, ob eine bestimmte Einstellung einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz von Mikroalgenprodukten hat.

17. Bei den folgenden Aussagen handelt es sich um allgemeine Aussagen zu dem Thema Ernährung. Bitte markieren Sie auch hier, wie sehr Sie den Aussagen jeweils zustimmen.

| | Stimme überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Stimme weder zu, noch stimme ich nicht zu | Stimme zu | Stimme voll und ganz zu |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Ich mache mir Sorgen darüber, wie die Menschheit sich in der Zukunft ernähren kann. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich achte darauf möglichst bunt und gesund zu essen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich habe viele Bekannte, die vegan leben. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Meine Neugierde Neues zu probieren, ist größer als meine Angst vor Unbekanntem. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Meine Priorität für alltägliches Essen ist eine schnelle, unkomplizierte Zubereitung. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich probiere regelmäßig neue Rezepte. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Um herauszufinden, ob eine Informationsgabe über die Funktionalitäten einen relevanten Einfluss auf die Kaufbereitschaft haben könnte, werden ernährungsphysiologische Vorteile und die besondere Nachhaltigkeit von Mikroalgen genannt und erfragt, wie stark diese Informationen die Konsumbereitschaft von Mikroalgenprodukten beeinflusst.

18. Mikroalgen sind sehr proteinreich und bereits in geringer Menge decken sie einen erstaunlichen Teil des menschlichen Nährstoffbedarfes ab.
Bitte markieren Sie wie stark Ihre Konsumbereitschaft von Produkten mit Mikroalgen durch die Aussage beeinflusst wird:

sehr wenig wenig mittel stark sehr stark

19. Mikroalgen könnten durch ihre hohe Wachstumsgeschwindigkeit, ihre ressourcenschonende Produktion und ihr reichhaltiges Nährstoffprofil eingesetzt werden, um eine große Anzahl an Menschen zu ernähren und einer Mangelernährung entgegenzuwirken.
Bitte markieren Sie wie stark Ihre Konsumbereitschaft von Produkten mit Mikroalgen durch die Aussage beeinflusst wird:

sehr wenig wenig mittel stark sehr stark

Das Alter, das Geschlecht und die Tätigkeit werden für eine generelle Klassifizierung abgefragt. Alle klassifizierenden Fragen sind nominalskaliert.

Die Alterspannen sind sehr grob in eine junge (< 20 Jahre), mittlere (20-50 Jahre) und ältere Gruppe (> 50 Jahre) unterteilt, um einen Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Alter untersuchen zu können.

20. Wie alt sind Sie?

<20
 20-50
 >50

21. Welchem Geschlecht fühlen Sie sich zugehörig?

Weiblich
 Männlich
 Divers
 Ohne Angabe

Über die Tätigkeit werden indirekt die finanziellen Ressourcen der TeilnehmerInnen erfragt.

22. Welche Tätigkeit üben Sie aus?

StudentIn

Auszubildende/r

Berufstätig

Arbeitssuchend

Anderes:

Über die Frage nach der Ernährungsweise lässt sich die Stichprobe in Zielgruppe (VeganerInnen) und Kontrollgruppe (Nicht-VeganerInnen) unterteilen, wodurch ein Vergleich möglich wird.

23. Ernähren Sie sich vegan?

Ja

Nein

Um identifizieren zu können, ob es sich um DurchschnittskonsumentInnen handelt oder um eine Person, die sich auch beruflich mit dem Thema Ernährung befasst, wird die folgende Frage gestellt.

24. Studieren Sie oder machen Sie beruflich etwas mit Ernährung?

Ja

Nein

Die Nationalität wird erfragt, um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem kulturellen Hintergrund und Erfahrungen mit Mikroalgenprodukten untersuchen zu können.

25. Was ist Ihre Nationalität?

Deutsch

Nicht deutsch:

Anhang 2: Foto von Mikroalgenprodukten

Das folgende Foto zeigt die Mikroalgenprodukte aus dem Sortiment 6 verschiedener (Lebensmittel-)einzelhändler in Hamburg.

