

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
LIFE SCIENCES AND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN IUNR

ALGEN ALS BIOSTIMULATOR FÜR PFLANZEN, AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND UND
MARKTANALYSE

Bachelorarbeit



von
Tatjana Wais
Bachelor in Umweltingenieurwesen 2017
Abgabedatum: 02. Juli 2020
Studienrichtung Umweltingenieurwesen
Vertiefung Biologische Landwirtschaft und Hortikultur

Fachkorrektoren:

Dr. Fischer, Esther

ZHAW Life Sciences and Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

Dr. Refardt, Dominik

ZHAW Life Sciences and Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

Impressum

Schlagworte (keywords)

Biostimulanzien, Makroalgen, Mikroalgen, *Chlorella sp.*, *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Kappaphycus alvarezii*, *Spirulina sp.*

Zitiervorschlag

Wais, T. (2020). Algen als Biostimulator für Pflanzen, aktueller Forschungsstand und Marktanalyse, Bachelorarbeit, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Wädenswil

Titelbilder

Chlorella vulgaris: (https://botany.natur.cuni.cz/algo/CAUP/H1917_Chlorella_vulgaris.html), 20.05.2020

Ascophyllum nodosum: (<https://de.wikipedia.org/wiki/Knotentang>), 20.05.2020

Ecklonia maxima: (<https://natureontheedge.com/tag/ecklonia-maxima/>), 20.05.2020

Adresse Institut

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Life Sciences und Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüental, Postfach

CH-8820 Wädenswil

Adresse Autorin

Tatjana Wais, 



Abstract

Various algae extracts from macroalgae are already available on the market. Microalgae, on the other hand, have only been researched for their suitability as biostimulants recently. However, studies have shown that they have plant growth-promoting effects and that the tolerance of crops to abiotic stress such as salt, extreme temperatures, nutrient deficiency and drought is increasing.

The aim of this review was to provide information about the current state of research on algae preparations from macro- and microalgae. The review was supplemented by an interview. Companies from Switzerland, which already have algae preparations in their product range, were interviewed.

The use and sale of the algae preparations was considered difficult by the companies, as it requires a lot of expert advice in order to achieve the desired effects in practice. Nevertheless, customer satisfaction to date has been consistently positive. One reason for this may be that the preparations are sold together with other active substances as mixed preparations. All companies are interested in the cultivation of microalgae as an alternative to macroalgae. However, five of the six companies questioned do not promote any studies in this direction. Only one company is already researching and selling microalgae extracts. Both macroalgae and microalgae have a justification as biostimulants and might in future be a substitute for chemical synthetic agents, particularly in countries that have to deal with heat stress, water stress or salt stress.

Zusammenfassung

Verschiedene Algenextrakte aus Makroalgen werden bereits im Handel angeboten. Mikroalgen dagegen werden erst seit kurzer Zeit auf ihre Eignung als Biostimulanzie erforscht. Studien berichten von pflanzenwachstumsfördernden Wirkungen aber auch, dass sich die Toleranz der Nutzpflanzen gegenüber abiotischem Stress wie Salz, extremen Temperaturen, Nährstoffmangel sowie Dürren erhöht.

Dieser Review hatte zum Ziel über den momentanen Forschungsstand zu Algenpräparaten aus Makro- sowie Mikroalgen Auskunft zu geben. Ergänzt wurde der Review mit einem Interview. Dabei wurden Firmen aus der Schweiz, welche bereits Algenpräparate im Sortiment haben, befragt.

Der Einsatz sowie Verkauf der Algenpräparate wurden von den Unternehmen als schwierig eingeschätzt, da er viel fachkundiger Beratung benötigt, damit in der Praxis die gewünschten Effekte gesehen werden. Trotzdem ist die bisherige Zufriedenheit bei Kunden durchwegs positiv. Ein Grund dafür kann sein, dass die Präparate gemeinsam mit anderen Wirkstoffen als Mischpräparate verkauft werden. Alle Firmen interessieren sich für den Anbau von Mikroalgen als Alternative zu Makroalgen. Jedoch fördern fünf der sechs Befragten keine Studien in diese Richtung. Nur eine Firma forscht und verkauft bereits Mikroalgenextrakte. Beide, Makro- wie auch Mikroalgen haben eine Berechtigung als Biostimulanzie und können in Zukunft einen Ersatz gegenüber chemisch-synthetischen Mitteln darstellen, vor allem in Ländern, welche mit Hitzestress, Wasserstress oder Salzstress zu kämpfen haben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Fragestellungen und Zielsetzung	2
3	Biostimulanzien	2
3.1	Pflanzenextrakte (Aminosäuren, Vitamine und Phytohormone)	4
3.2	Humin- und Fulvosäuren	4
3.3	Extrakte aus tierischen Produkten	5
3.4	Mikroorganismen	5
3.5	Algenpräparate	6
3.6	Wirkungsweisen der Applikation von Algen	8
3.6.1	Applikation in das Substrat.....	9
3.6.2	Applikation auf die Blätter.....	10
4	Makroalgen als Biostimulant für Pflanzen	11
4.1	Braunalgen	14
4.1.1	<i>Ascophyllum nodosum</i>	14
4.1.2	<i>Ecklonia maxima</i>	17
4.1.3	Versuche mit anderen Braunalgen	19
4.2	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	20
5	Mikroalgen als Biostimulanzie für Pflanzen	21
5.1	<i>Chlorella sp.</i>	24
5.2	<i>Spirulina sp.</i>	26
6	Methoden der Umfrage	27
6.1	Qualitative Umfrage zu Algenpräparaten bei Unternehmen	27
6.1.1	Auswahl der Verfahren.....	27
6.1.2	Auswahl der Personen	27
6.1.3	Auswertung der Interviews	28
7	Resultate	28
8	Diskussion	34
8.1	Zulassung der Biostimulanzien	34
8.2	Makroalgen	35
8.2.1	Bedeutung der Konzentration.....	35
8.2.2	Abbau und Extraktion.....	35
8.3	Mikroalgen	37
8.3.1	Kultivierung und Extraktion.....	37
8.4	Resultate Interview	38

8.5	Diskussion der Methode	39
8.6	Fazit	40
	Literaturverzeichnis	41
	Abbildungsverzeichnis	56
	Tabellenverzeichnis	57
	Anhang	58

Liste der Abkürzungen

AACP	Aminosäurehaltige Produkte
ABA	Abscisinsäure
ANE	<i>Ascophyllum nodosum</i> -Extrakt
BLV	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
BR	Brassinosteroide
EBIC	European Biostimulants Industry Council
EM	<i>Ecklonia Maxima</i>
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
GA	Gibberelline
HCP	Hormonhaltige Produkte
HS	Huminstoffe

1 Einleitung

Die steigende Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten stellt global neue Herausforderungen an die Nahrungssicherheit. Dabei steigt der Druck die Pflanzenproduktion zu intensivieren stetig an (Tilman u. a. 2001). Diese Nachfrage führte in den letzten Jahren zu einer erhöhten Abhängigkeit von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel. Seit geraumer Zeit ist nun bekannt, dass diese chemisch-synthetischen Wirkstoffe unsere Ökosysteme und unsere Gesundheit nachhaltig belasten (Matson u. a. 1997; Power 2010). Um die erhöhte Nachfrage decken zu können, die Umweltbelastungen dabei jedoch zu minimieren, benötigt es innovative Anbausysteme.

Die „Grüne Revolution“ des 20. Jahrhunderts, welche sich auf die Hochleistungssorten spezialisiert hat, hat sich hauptsächlich auf die Fortschritte in der Agrarchemie mit ihrer Entwicklung von neuen produktiveren Sorten beschäftigt. Jedoch stieg mit der erhöhten Produktivität der Sorten auch ein erhöhter Einsatz von chemischen Düngemitteln. Probleme, die dadurch entstanden sind, sind Luft- und Wasserverschmutzung, Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit, ein enormer Verlust der Biodiversität und erhöhte Nahrungsmittelkontaminationen mit Pestiziden. Dadurch wurde die landwirtschaftliche Nachhaltigkeit immer mehr in Frage gestellt. (Matson u. a. 1997)

Durch die „Grüne Revolution“ wurde die Schliessung der Nährstoffkreisläufe immer mehr vernachlässigt. Früher war die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit essentiell für einen hohen Ertrag eines Bauers. Der Einsatz von industriellen Produkten wie Pestizide hat dies ersetzt und seitdem ist die Bodenfruchtbarkeit nicht mehr zentral (Welbaum u. a. 2004). Ein möglicher Lösungsansatz stellt dabei die biologische Landwirtschaft dar. Sie kann die Bodenfruchtbarkeit schützen, Ökosysteme nachhaltig verbessern und die Biodiversität fördern (Hole u. a. 2005). Jedoch kann ein grosser Anteil der möglichen Erträge durch biotische und abiotische Stressfaktoren nicht erreicht werden (Weinmann 2017). Dabei gehören mechanische Belastung, Salinität des Bodens, ungünstige Temperaturen sowie Frost und UV-Strahlung zu den bedeutsamsten abiotischen Stressfaktoren (Schopfer und Brennicke 2010). Die enzymatische Aktivität des Bodens und das potenzielle Pflanzenwachstum kann beides durch die Zugabe von Biostimulanzien beeinflusst werden (Barone, Puglisi, Fragalà, Stevanato, u. a. 2019). Zu den pflanzlichen Biostimulatoren gehören jene Substanzen oder Mikroorganismen welche die Nährstoffeffizienz, die abiotische Stresstoleranz oder die Qualitätsmerkmale von Pflanzen verbessern können (du Jardin 2015).

Seit einigen Jahren werden Algenpräparate auf dem Markt zum Verkauf angeboten. Sie versprechen verschiedene pflanzenstärkende Eigenschaften.

2 Fragestellungen und Zielsetzung

Seit geraumer Zeit wird nach Ersatzprodukten zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln gesucht. Dabei können Algen in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Es ist bisher noch nicht gänzlich geklärt, wie die Wirkungsweisen von Algen als Biostimulatoren auf Pflanzen funktionieren. Es gibt jedoch vermehrt Studien, welche signifikante Effekte auf Pflanzen feststellen konnten. Algen können krankheitsunterdrückende und wachstumsfördernde Wirkungen haben. Algen erhöhen auch die Toleranz gegenüber abiotischen Stressfaktoren wie Salzgehalt, extremen Temperaturen, Nährstoffmangel und Dürre bei den Pflanzen. Bereits verschiedene Unternehmen vertreiben pflanzenstärkende Produkte aus Algenpräparaten.

Das Ziel dieser Arbeit ist eine umfassende Literaturrecherche, um den aktuellen Forschungsstand von Makro- und Mikroalgen als Pflanzenschutzmittel zu ermitteln. Es werden alle Algen (Süss-, Salz- und Brackwasser) miteinbezogen, zu welcher Forschung betrieben wurde oder aktuell betrieben wird.

Konkret möchte die Arbeit folgenden Forschungsfragen nachgehen:

- > Welche positiven Eigenschaften können Algen auf Pflanzen haben?
- > Welche Algenpräparate werden bereits auf dem Markt im Pflanzenschutz verkauft?
- > Zu welchen neuen Algen mit potenziellen pflanzenstärkenden Eigenschaften wird momentan Forschung betrieben?

Die Arbeit wird mit einem Interview unterstützt. Dazu wurden Schweizer Unternehmen, welche bereits Algenpräparate im Sortiment haben, angefragt und telefonisch interviewt.

3 Biostimulanzien

Das Marktpotential für Biostimulanzien wird im Jahr 2020 auf rund 3 Milliarden mit einer jährlichen Zuwachsrate von 12,5% geschätzt (Calvo, Nelson, und Kloepper 2014). Trotz der Tatsache, dass der Ausdruck «Biostimulant» schon seit geraumer Zeit verwendet wird, ist er noch immer nicht vollständig definiert (Rafiee u. a. 2016). Biostimulanzien sind «Materialien, die in winzigen Mengen das Pflanzenwachstum fördern». Sie haben hormonelle Effekte und bieten andererseits Schutz vor abiotischem Stress durch Antioxidantien (Zhang und Schmidt 2000). Der Begriff beschreibt abiotische, biotische sowie physikalische Faktoren, die eine Reaktion in einem lebenden Organismus auslösen und zur Akkumulation von sekundären Metaboliten beitragen können (Rafiee u. a. 2016). Hingegen wirken Biostimulatoren nicht direkt gegen Schädlinge, dadurch gehören sie nicht zu den Pestiziden. Biostimulatoren sind mit unterschiedlichen Formulierungen sowie

Inhaltsstoffen erhältlich und werden generell auf der Grundlage ihrer Herkunft in drei Hauptgruppen eingeteilt:

- > Huminstoffe (HS)
- > hormonhaltige Produkte (HCP)
- > aminosäurehaltige Produkte (AACP)

Algenextrakte gehören zu den HCP, da sie identifizierbare Mengen von aktiven Pflanzenwachstumssubstanzen wie Auxine, Cytokinine und deren Derivate besitzen. (du Jardin 2015)

Biostimulatoren sind potentiell in der Lage die Betriebsmittel wie Düngemittel oder Pestizide zu verringern, dies führt zu positiven Auswirkungen auf die Umwelt. Sie können die Böden wie auch die Biodiversität schützen (Soppelsa 2019). Es gibt weltweit keinen regulatorischen Status von Biostimulanzien, welche die Definition von pflanzlichen Biostimulatoren rechtlich regelt. Aufgrund dessen war es bisher nicht möglich, eine detaillierte Auflistung von Substanzen und Mikroorganismen zu erstellen (Calvo u. a. 2014; Halpern u. a. 2015).

Da Biostimulanzien noch nicht abschliessend definiert sind, nimmt die Industrie bei der Förderung und Definition von Biostimulanzien, einschliesslich Mikroorganismen, eine Schlüsselrolle ein. Verschiedene Firmen haben Verbände gegründet wie zum Beispiel den «European Biostimulants Industry Council» (EBIC) in Europa oder die «Biostimulant Coalition» in den USA. Im Zentrum dieser Vereine steht der Austausch mit den verschiedenen Interessensgruppen, beispielsweise von Behörden und Wissenschaftlern. Im November 2012 fand in Strassburg der «Erste Weltkongress über die Verwendung von Biostimulanzien in der Landwirtschaft» statt. Dieser Kongress kann bei der Akzeptanz von Biostimulanzien im akademischen Bereich als wichtiger Schritt zur Förderung sowie abschliessende Definition von Biostimulanzien angesehen werden (du Jardin 2015).

Das EBIC definiert Biostimulatoren als: «Pflanzliche Biostimulatoren welche Substanz(en) und/oder Mikroorganismen enthalten, deren Funktion bei der Anwendung auf Pflanzen oder in der Rhizosphäre darin besteht, natürliche Prozesse zu stimulieren, um die Nährstoffaufnahme, die Nährstoffeffizienz, die Toleranz gegenüber abiotischem Stress und die Qualität der Kulturpflanzen zu verbessern und/oder zu begünstigen».

Im Juli 2019 wurde die neue Produktgruppe der Biostimulanzien in der EU-Düngeprodukte-Verordnung eingeführt. Die genauen Regelungen stehen aber momentan auf EU- und nationaler

Ebene noch aus (Billmann u. a. 2020). Das EBIC unterteilt Biostimulanzien in fünf Hauptgruppen: Mikroorganismen, Algenpräparate, Pflanzenextrakte (dazu zählen auch Vitamine, Aminosäuren und Phytohormone), Extrakte aus tierischen Produkten und Humin- und Fulvosäuren (Bickert, Rutt, und Erdle 2018).

3.1 Pflanzenextrakte (Aminosäuren, Vitamine und Phytohormone)

Aminosäuren sowie Peptidgemische werden aus agroindustriellen Nebenprodukten, pflanzliche Quellen und tierische Abfälle, durch chemische und enzymatische Proteinhydrolyse gewonnen (Calvo u. a. 2014; du Jardin 2015). Pflanzenextrakte wie beispielsweise Aminosäuren wirken biostimulierend durch die linksdrehenden Aminosäuren (L-Form). In der L-Form kommen Aminosäuren in der Natur vor und Pflanzen können sie ohne biochemische Umwandlung nutzen (Näsholm, Kielland, und Ganeteg 2009). Die Aufnahme der Aminosäuren erfolgt über die Wurzeln oder die Blätter und können auf verschiedene Weisen pflanzenwachstumsfördernd für die Pflanze sein (Calvo u. a. 2014). Direkte Effekte haben Aminosäuren auf die Stickstoffaufnahme sowie Stickstoffassimilation beteiligter Enzyme. Einerseits durch die Einwirkung auf den Signalweg der Stickstoffaufnahme in den Wurzeln aber auch auf die Regulation des Kohlenstoffs- und Stickstoffstoffwechsels (du Jardin 2015). Sie haben hormonähnliche Wirkungen (Colla u. a. 2014) und beinhalten Glycin und Prolin, dies führt zu einer erhöhten Toleranz gegenüber Umweltstressfaktoren (du Jardin 2015).

3.2 Humin- und Fulvosäuren

Aus Zersetzung von pflanzlichen, tierischen, mikrobiellen Rückständen sowie aus der Stoffwechselaktivität der Bodenmikroben entstehen Huminstoffe (HS). HS und ihre Komplexe ergeben sich aus dem Zusammenspiel zwischen der organischen Substanz, den Mikroben und den Pflanzenwurzeln. Sie werden je nach ihrer Löslichkeit und molarer Masse unterteilt in wasserlösliche Fulvosäuren, wasserunlösliche, aber alkalilösliche Huminsäuren und wasser- und alkaliunlösliche Humine. Huminsäuren wirken mittels verschiedener Mechanismen auf die Nährstoffaufnahme-fähigkeit und die Nährstoffeffizienz von Pflanzen und können somit zu höheren Erträgen führen. Huminsäuren sind reich an funktionellen Carboxylgruppen aber auch verschiedenen anderen funktionellen Gruppen (Bühner 2017; du Jardin 2015). Die Effekte welche durch HS an der Pflanze erzeugt werden können, sind auf die Quelle der HS, die vorliegenden Umweltbedingungen, die aufnehmende Pflanze und die Dosis und Art der Applikation abhängig (Rose u. a. 2014). Huminstoffe können entweder aus Torf oder vulkanischen Böden, aus Kompost oder aus Leonardit gefördert werden (du Jardin 2015).

3.3 Extrakte aus tierischen Produkten

Die Vorteile von Chitosan und anderen Biopolymeren wurden in den letzten Jahren vermehrt untersucht. Die positiven Stoffeigenschaften können in der Kosmetik, Lebensmitteln, Medizin und oder als möglicher Plastikersatz eingesetzt werden (du Jardin 2015; Quesada u. a. 2016). Chitin ist ein Biopolymer aus Schalen von Krustentieren und Chitosan ist die deacetylierte Form von Chitin (Xu und Geelen 2018). Die Bindung von Chitin und Chitosan an Zellrezeptoren induziert physiologische Veränderungen an der Pflanze, die eine oxidative Burst-Reaktion mit H_2O_2 Akkumulation und einen Ca^{2+} Austritt in der Zelle auslösen. Diese Reaktion ähnelt der Signalisierung von Stressreaktionen und Entwicklungsregulationen. Phenylalanin-Ammoniak-Lyase ist ein pflanzliches Abwehrenzym, das beim Kontakt mit Chitinmolekülen ausgelöst wird und zur Akkumulation von phenolischen Verbindungen führt (du Jardin 2015). Chitosan hat sich als wirksam gegenüber biotrophe und nekrotrophe Pathogene erwiesen (Sharp 2013). Aufgrund seiner Fähigkeit Abwehrmechanismen und Stressreaktionswege zu induzieren, werden Chitin und Chitosan eingesetzt, um die Widerstandsfähigkeit von Nutzpflanzen gegen Pathogenangriffen und um die Toleranz gegenüber Stress zu verbessern (Xu und Geelen 2018).

3.4 Mikroorganismen

Bakterien interagieren mit Pflanzen auf viele verschiedene Arten. Vor allem in der Rhizosphäre können Bakterien mit der Pflanze interagieren. Die Rhizosphäre ist die Boden-Pflanzen-Wurzel-Interphase und besteht aus dem Boden der an der Wurzel haftet und dem lockeren Boden der die Wurzel umgibt (Babalola 2010). In der Rhizosphäre interagieren Boden, Pflanze und Mikroorganismen. Sie wird durch Ausscheidungen der Pflanzenwurzeln beeinflusst und unterscheidet sich vom umgebenden Boden durch veränderte pH-Werte, Nährstoff- und Sauerstoffkonzentrationen (Bühner 2017). Funktionen welche das Pflanzenleben beeinflussen, die Versorgung mit Nährstoffen, die Erhöhung der Nährstoffeffizienz, die Induktion von Krankheitsresistenzen, die Verbesserung von abiotischen Stresstoleranzen, das Pflanzenwachstum und die Teilnahme an biogeochemischen Zyklen werden von der Rhizosphäre beeinflusst. In der Rhizosphäre können vor allem zwei Typen von Mikroorganismen als unterstützend angesehen werden. Die mutualistischen Endosymbionten des Typs Rhizobium und die mutualistischen rhizospährischen pflanzenwachstumsfördernden Rhizobakterien. Rhizobium erleichtern die Nährstoffaufnahme der Pflanzen, wohingegen pflanzenwachstumsfördernde Rhizobakterien multifunktional sind und alle Aspekte des pflanzlichen Lebens beeinflussen (Ahmad, Pichtel, und Hayat 2008; Babalola 2010; Gaiero u. a. 2013). Mehrere Funktionen werden im Allgemeinen von den gleichen Mikroorganismen erfüllt,

andere sind auf Synergien innerhalb bakterieller Konsortien angewiesen (du Jardin 2015). Eine enge räumliche Nähe, die zur Besiedlung der Bakterien auf die Wurzeln führt, ist eine Voraussetzung für die Sicherstellung der Pflanzenwachstumsförderung, von vielen Arten der pflanzenwachstumsfördernden Bakterien (de-Bashan u. a. 2016).

3.5 Algenpräparate

Algen sind kernhaltige, eukaryotische sowie ein- oder vielzellige Mikroorganismen, die ubiquitär vorkommen. Sie besitzen eine schnelle Wachstumsrate und können ihre Biomasse innerhalb von 24 Stunden verdoppeln (Chisti 2007). Jedes zweite Sauerstoffmolekül auf dieser Erde stammt aus der Photosynthese der Algen. Sie sind die Hauptsauerstofflieferanten an Land und in Gewässern (Pejic-Pulkowski 2011). Die Algen ernähren sich photoautotroph, das heisst sie besitzen die Fähigkeit energiereiche organische Verbindungen aus anorganischen Molekülen aufzubauen. Algen können in Mikro- und Makroalgen unterteilt werden. Dabei sind Makroalgen ehemalige Landpflanzen, die sich im Laufe der Evolution an das Wasser angepasst haben. Sie besitzen gut erkennbare Stängel sowie Blätter und sind meist verwurzelt. (Buck und Buchholz 2004)

Makroalgen werden im Moment häufig in der Lebensmittel- oder Kosmetikbranche genutzt (FAO und Fisheries and Aquaculture Department 2014). Die Grösse der Mikroalgen hingegen bewegt sich im Nano- bis Milimeterbereich. Mikroalgen sind ein- oder wenigzellig. Meist werden sie in Eukaryonten, Zellen welche einen Zellkern besitzen, oder in photosynthetisch aktive Bakterien oder Prokaryoten welche keinen Zellkern besitzen, unterteilt (Aicher u. a. 2019).

Die positiven Wirkungen auf Pflanzen werden seit mehreren Jahrzehnten dokumentiert. Algen können auf Blätter oder auf dem Substrat appliziert werden. Auf der Abbildung 1 werden die verschiedenen Wirkungsweisen und Vorteile für die Pflanze vereinfacht dargestellt. Die Wirkungsweisen sind noch nicht abschliessend geklärt, jedoch haben sich schon verschiedene Studien mit den möglichen Wirkungsweisen von Algenpräparaten beschäftigt.

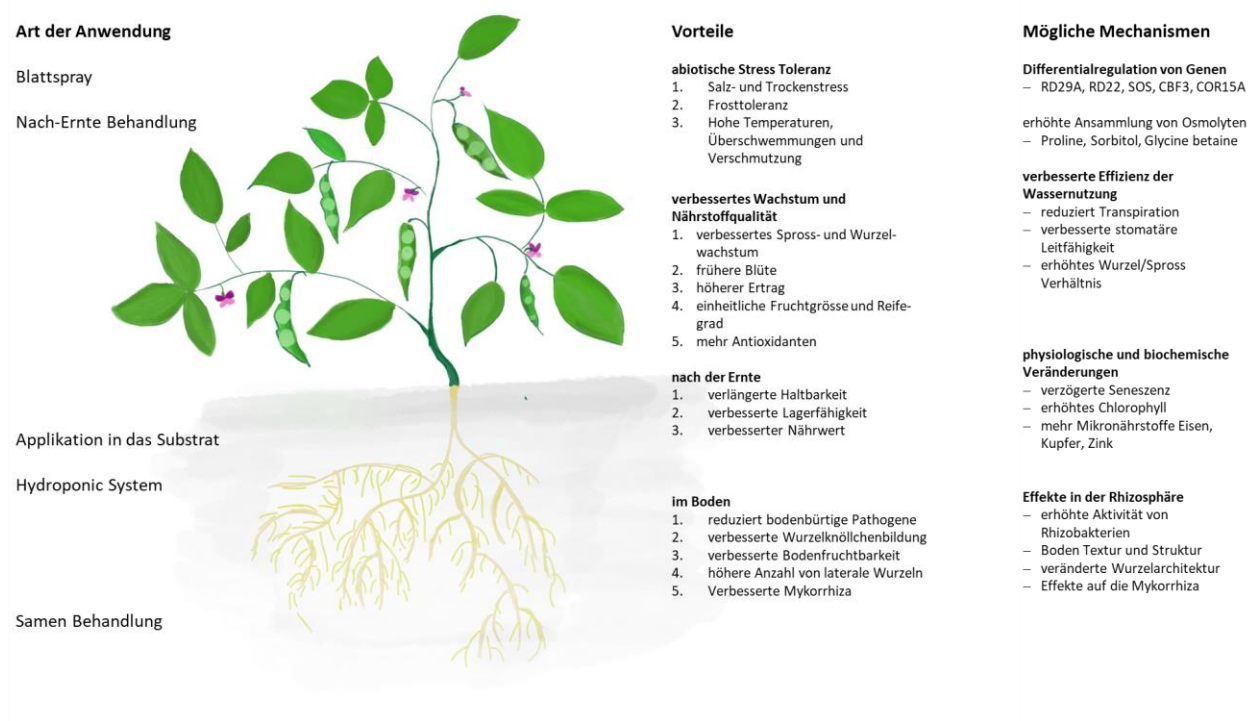


Abbildung 1. Die Wirkungsweisen von Algen als Biostimulator am Beispiel der Sojabohne. Die verschiedenen Arten die Algenpräparate zu applizieren führen zu verschiedenen Verbesserungen der Pflanze. Dabei laufen komplexe Mechanismen ab. Visualisierung Tatjana Wais, Informationen: (Battacharyya u. a. 2015)

Es werden bereits verschiedene Algenpräparate auf dem europäischen Markt angeboten. Dabei handelt es sich um Algenextrakte oder Mittel aus Algenextrakten gemischt mit anderen Stoffen. Im Anhang 4 befindet sich eine Liste mit Produkten aus Algen für die Landwirtschaft und Gartenbau, welche in Europa produziert werden (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 2020; BVL 2020; EBIC 2020; FiBL 2020). Nach Anfrage beim EBIC können sie zurzeit keine einheitliche Liste der Algenpräparate in Europa führen. Jedes Land handhabt die Präparate anders. Außerdem sind die Rechtsvorschriften für diese Produkte nicht in allen Mitgliedstaaten gleich. In einigen sind sie stark reguliert, in anderen überhaupt nicht. Je nach Land fallen sie unter die Pflanzenschutzverordnung oder unter die Düngemittelgesetzgebung. Es hängt hauptsächlich von der Zusammensetzung, dem Verwendungszweck und den behaupteten Wirkungen ab. Trotzdem ist die Liste ein Versuch die aktuellen Produzenten und ihre Produkte in Europa aufzuzeigen.

3.6 Wirkungsweisen der Applikation von Algen

Algen können die Nährstoffaufnahme der Pflanze, die Stresstoleranz gegenüber abiotischen Faktoren, den Pflanzenmetabolismus oder die Physiologie und Qualität der Produkte verbessern. Zudem konnte eine ähnliche Wirkung wie die Wirkung von Phytohormonen festgestellt werden. Phytohormone sind niedermolekulare Signalstoffe, die in praktisch allen Pflanzen vorkommen und dabei verschiedene Stoffwechsel- und Entwicklungsprozesse koordinieren und Umweltreize übermitteln. Man kann die Wirkungsweisen von Algenextrakten auf das Wachstum der Pflanze mit Phytohormonen vergleichen. (Khan u. a. 2009)

Sie verbessern das Wachstum bei niedrigen Konzentrationen und hemmen das Wachstum bei hohen Konzentrationen. So konnte eine niedrige Konzentration von *Ecklonia-Maxima*-Extrakt (EME) das Wachstum von Tomatenwurzeln fördern wobei eine höhere Konzentration das Wurzelwachstum hemmte (Finnie und Van Staden 1985). Die Verarbeitung der Algen ist entscheidend. So konnte ein Extrakt von EME einen anderen Gehalt von Abscisinsäure (ABA), Gibberelline (GA) und Brassinosteroiden (BR) aufweisen als unbehandelte Meeresalgen (Stirk u. a. 2014). Aber auch die Lagerung kann zu Unterschieden in der Wirkung führen. So hatten frische Extrakte von EME sowohl eine Auxin-ähnliche aber auch Cytokinin-ähnliche Aktivität bei längerer Lagerung verlor das Extrakt jedoch seine Auxin-ähnliche Aktivität während sich die Cytokinin-ähnliche Wirkung veränderte (Stirk u. a. 2014).

In Zukunft wird die Erhöhung von Stresstoleranzen von Pflanzen gegenüber abiotischen Belastungen wie Dürre, Salzgehalt und extremen Temperaturen immer wichtiger werden um qualitativ hochwertige Lebensmittel zu produzieren. So sind abiotische Stressfaktoren weltweit für enorme Verluste in der Produktion verantwortlich. Allein der Salzgehalt kann den Ertrag der wichtigsten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen für die Lebensmittelproduktion erheblich einschränken (Zhu 2000). Eine grosse Anzahl von Genen vermittelt die Reaktion der Pflanze auf abiotischen Stress, was die Entwicklung von Pflanzengenotypen, die gegen abiotischen Stress resistent sind, sowohl durch die klassische Züchtung auch durch die Anwendung biotechnologischer Ansätze einschränkt. Es hat sich gezeigt, dass Meeresalgen und ihre Extrakte positive Auswirkungen auf die Stressminderung und zusätzlich bioaktive Verbindungen haben, die die Leistung der Pflanzen unter abiotischem Stress verbessert. (Battacharyya u. a. 2015)

3.6.1 Applikation in das Substrat

Algenextrakte verändern physikalische, biochemische oder biologische Eigenschaften des Substrats und können auch die Architektur der Pflanzenwurzeln beeinflussen. Dies führt zu einer effizienteren Nährstoffaufnahme. Sie besitzen verschiedene primäre und sekundäre Metaboliten wie Lipide, Proteine, Polysaccharide, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Carotinoide und Vitamine (Battacharyya u. a. 2015). Braune Meeresalgen enthalten Polyuronide wie Alginate und Fucoidane. Alginat ist ein Polysaccharid-Derivat und kommt in den Zellwänden zusammen mit Zellulose vor. Die Zellulose sorgt für die Festigkeit der Zellwände und das Alginat ist verantwortlich für die schleimige Masse in der Zellwand. Unlösliche Alginatgele verstärken die Zellwand ergänzend und schützen die Alge so vor mechanischer Belastung die durch die Meeresströmung entstehen kann. Alginsäure und Chelatmetallionen bildende Polymere mit hohem Molekulargewicht, zeigten bodenverbessernde Eigenschaften (Anderson 2009; Hegazy u. a. 2009): sie fördern die Wasserrückhaltekapazität des Bodens (Lattner, Flemming, und Mayer 2003; Verkleij 1992) und stimulierten das Wurzelwachstum und die mikrobielle Aktivität des Bodens (Chen, Edwards, und Subler 2003). Alginsäure fördert auch das Hyphenwachstum sowie die Dehnung von arbuskulären Mykorrhizapilzen, 80% der Landpflanzen stehen in Symbiose mit diesem Pilz und verbessert die Phosphornahrung der Pflanze (Ishii 2000). Ein Derivat des Vitamins K1 veränderte die Protonenpumpen der Plasmamembran und induzierte die Sekretion von H⁺-Ionen in den Apoplasten. Das führt zur Ansäuerung der Rhizosphäre im Boden und führt zu einer Veränderung des Redox-Zustandes und der Löslichkeit von Metallionen und macht diese für die Pflanzen verfügbar (Lüthje, Niecke, und Böttger 1995). Die Algen verändern auch die Gen-Regulation. So kann zum Beispiel *Ascophyllum nodosum*-Extrakt (ANE) die Expression des Nitrattransportergens NRT1.1 verändern, was zu einer verbesserten Stickstoffaufnahme führt und den Auxin-Transport verbessert (Castaings u. a. 2011; Krouk u. a. 2010). Dies führt zu einem verstärkten Wachstum der Seitenwurzeln und zu einer verbesserten Stickstoffassimilation. Die Rhizobien *Sinorhizobium meliloti* bildeten in Anwesenheit von ANE eine grössere Anzahl von N-Fixierungsknötchen der Wurzeln der Alfalfa-Pflanze. Dabei wurde das NodC-Gen von Bakterien aktiviert. Dieses Gen spielt eine wichtige Rolle bei der Signalübertragung zwischen Bakterien und Pflanzen, da es die Wirkung des Flavonoids Luteolin nachahmt (Khan u. a. 2012). Die Produktqualität und Haltbarkeitszeit veränderten sich durch die Applikation mit Algen. So hat eine Studie an Spinat mittels Applikation von ANE ergeben, dass nicht nur die Lagerqualität, sondern auch die Flavonoidsynthese des Spinatblattes gesteigert wurde. Dazu wurden zwei Behandlungen sieben und 14 Tage vor der Ernte

durchgeführt. Dies reichte um die Konzentration der Flavonoide im Spinat zu verändern. (Fan u. a. 2013)

3.6.2 Applikation auf die Blätter

Bei einer Applikation von Algen über die Blätter konnte im Weinbau eine verbesserte Aufnahme von Kupfer festgestellt werden, wahrscheinlich bedingt durch eine erhöhte Permeabilität der Zellmembran (Turan und Köse 2004), im Gemüseanbau konnte eine Verbesserung der Eisenaufnahme bei Salaten festgestellt werden (Crouch, Beckett, und Van Staden 1990) und Kalzium bei Gemüsekohl (Kotze und Joubert 1980). Die Applikation von Algen auf Blätter hat die Toleranz der Pflanzen gegenüber Frost verbessert (Mancuso u. a. 2006). Im Weinbau hat die Spritzapplikation zu einer Verringerung des osmotischen Potentials der Blätter geführt (Indikator für die osmotische Toleranz (Wilson 2001). Studien im Gewächshaus an Gemüse, Beetpflanzen und Rasenpflanzen mit einem kommerziellen Extrakt von *Ascophyllum nodosum* haben zu einer signifikanten Verzögerung der Welke, zu einem verringerten Wasserverbrauch, zu einer verbesserten Erholung nach Hitzestress und zu einem erhöhten Blattwassergehalt geführt (Little und Neily 2010). Man vermutet, dass der Effekt der erhöhten Toleranz bei Hitze durch das Vorhandensein von Cytokinin-ähnlichen Substanzen im Extrakt zusammen mit einer erhöhten K^+ -Aufnahme zurückzuführen ist (Battacharyya u. a. 2015).

Bei Oliven konnte ANE die Produktivität, Qualität und die Nährstoffe verändern. So hat die Applikation auf den Blättern gemeinsam mit einer Wurzelapplikation von Stickstoff und Bor zu erhöhten Kalium-, Eisen- und Kupfer- Konzentrationen in den Blättern geführt. Mangan dagegen nahm ab. Auch im Olivenöl machte sich ein Unterschied bemerkbar, so hatte das Öl mehr Linole und Ölsäure und weniger Palmitolein-, Stearin- und Linolsäure. Die Qualität des Öls ist durch die Applikation von ANE verbessert worden (Chouliaras u. a. 2009). Flavonoide spielen eine wichtige Rolle bei der Interaktion zwischen der Pflanze und Umweltfaktoren wie der Reaktion auf UV-Licht und andere abiotische und biotische Stressfaktoren. Beispielsweise das Enzym Chalcon-Isomerase spielt bei der Biosynthese von Flavanon-Vorstufen und Phenylpropanoidpflanzenabwehrstoffen eine wichtige Rolle. Durch die Applikation mit Algen kann diese erhöht werden. (Battacharyya u. a. 2015)

Eine weitere Reaktion durch die Applikation welche charakteristisch ist, ist der Anstieg des Chlorophyllgehalts. Die Untersuchung der molekularen Reaktionen von Pflanzen ergab, dass der Anstieg des Chlorophyllgehalts weitgehend auf eine Erhöhung der Biogenese von Chloroplasten,

eine Verringerung des Chlorophyllabbaus und eine Verzögerung der Seneszenz zurückzuführen ist (Blunden 1971; Jannin u. a. 2013; Nair u. a. 2012; Rayirath u. a. 2009).

4 Makroalgen als Biostimulant für Pflanzen

Zu den Makroalgen werden über 10'000 Spezies gezählt, welche eine Grösse von bis zu 65 Meter erreichen können. Die meisten dieser Arten sind im Meer heimisch. Makroalgen machen circa 10% der gesamten weltweiten Meeresproduktivität aus und haben eine enorme Relevanz im Ökosystem. Die grossen Arten können freischwimmend sein, die Mehrheit lebt jedoch benthisch, sind somit an den Gewässergrund gebunden. (Battacharyya u. a. 2015; Khan u. a. 2009)

Verschiedene Makroalgen aus dem Meer werden aufgrund ihrer wachstumsfördernden Aktivität in Landwirtschaft und Gartenbau benutzt. Zuerst wurden nur Versuche mit ganzen Algen gemacht. Seit den 1950er Jahren werden nicht mehr ganze Algen benutzt, sondern ihre Algenextrakte (Craigie 2011). Umfassende Studien haben sich mit der chemischen Zusammensetzung der Meeresalgen beschäftigt und herausgefunden, dass der Nährstoffgehalt der Extrakte für eine Wirkung auf die Pflanze nicht ausreicht. (Blunden 1971; Khan u. a. 2009) Deshalb wird seit längerem vermutet, dass die physiologische Wirkung von Algenextrakten durch wachstumsfördernde Verbindungen und Elicitoren vermittelt werden (Battacharyya u. a. 2015).

Meeresalgen werden entweder als Extrakte, als Meeresalgen-Biomasse oder als Mehl verwendet. Die Anwendung von Meeresalgen-Biomasse wird vor allem aufgrund der kurzen Transportwege in Küstennähe angewendet. Die Algen oder das Algenmehl werden dort auf den Boden ausgebracht. Die Algen werden in den Boden mit eingearbeitet um die mikrobielle Zersetzung der Algen voranzutreiben. Bei der Zersetzung der Algen von Mikroorganismen im Boden wird Stickstoff im Boden abgebaut, dies führt zu einem kurzzeitigen Nährstoffmangel. Deshalb werden die Algen lange vor der Aussaat in den Boden mit eingearbeitet, um so das Pflanzenwachstum nicht zu stören (Battacharyya u. a. 2015). Die organische Substanz der zersetzten Salzwasseralgen verbessern nachweislich die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens, die mikrobielle Aktivität, sowie das Wasserhaltevermögen und schützt die Pflanze vor ungünstigen Umweltbedingungen (Anderson 2009).

Im Landesinneren wird auf Extrakte aus den Meeresalgen zurückgegriffen. Sie können entweder mit dem Bewässerungswasser vermischt werden und mittels Tröpfchenbewässerung auf die Pflanzen ausgebracht werden oder als Blattsprays auf die Blätter appliziert werden. Dabei ist die wirksamste Anwendung in den Morgenstunden bei geöffneten Stomata. Dies wird häufig bei

Kulturen wie Kartoffeln, Tomaten, Pflaumen, Kirschen, Mandeln und Mangos angewendet. (Fornes, Sánchez-Perales, und Guardiola 2002; Haider u. a. 2012; Rama Rao 1992; Selvaraj, Selvi, und Shakila 2004).

Der globale Markt der Salzwasseralgenindustrie wird auf rund 53 Millionen US-Dollar geschätzt (Chopin und Sawhney 2009). Meeresalgenextrakte sind in kleinen Konzentrationen bioaktiv, verdünnt als 1:1000 oder mehr (Crouch und van Staden 1993). Chemische Bestandteile welche das Pflanzwachstum positiv beeinflussen können sind Kohlenhydrate, Mineralstoffe und Spurenelemente. Vor allem die Rot- und die Braunalgen, sind eine Quelle für komplexe Polysaccharide, welche bei Landpflanzen nicht vorhanden sind. Meeresalgenextrakte enthalten Polyamine, hauptsächlich Putrescin und Spermidin. Polyamine sind ubiquitär vorkommende Signalfaktoren, die für verschiedene Prozesse in der Pflanzenentwicklung benötigt werden und die an der abiotischen und biotischen Stressreaktionen beteiligt sind (Kusano u. a. 2008). In der Algenbiomasse sind die Wirkstoffe, Phytohormone und pflanzliche Stresssignalfaktoren, innerhalb der Zellwände eingeschlossen und/oder an verschiedene Strukturen gebunden. Dies senkt die Wirksamkeit auf die Pflanze signifikant (Craigie 2011). Für eine verbesserte Rückgewinnung von Wirkstoffen und deren Freisetzung eignen sich verschiedene Verfahren, beispielsweise die Zellruptur mit hohen Druckbehandlungen. Ein weiteres Problem ist die Ernte aus dem Meer. Es ist schwierig die Makroalgen bezüglich ihrer Rohstoffqualität immer in der gleichen Qualität zu ernten, die chemische Zusammensetzung variiert je nach Gewebealter, Umweltbedingungen, Nährstoffverfügbarkeit und Zeitpunkt der Ernte (Marinho-Soriano u. a. 2006; Marsham, Scott, und Tobin 2007).

Wie in der Tabelle 1 dargestellt, können die Verfahren zur Extraktion unterschiedlich sein. Ziel ist es die Zellen aufzubrechen und günstige Komponenten freizusetzen. Die biologische Aktivität der Extrakte hängt stark von der gewählten Extraktionsmethode ab. So kann dasselbe Rohmaterial nach der Extraktion zu unterschiedlichen Ergebnissen führen (Khairy und El-Shafay 2013; Kim 2012).

Tabelle 1. Zur Gewinnung von Algenextrakten gibt es verschiedene Extraktionsmöglichkeiten (Shukla u. a. 2019).

Extraktionsvorgehen	Beschreibung
Wasserextraktion	Die biostimulierenden Wirkungen der Algen werden durch Mischen und Hydratisieren von getrockneten Meeresalgenmehl in Gegenwart von Wasser gewonnen (Sharma u. a. 2014). Die festen Rückstände werden dann filtriert. Mit dieser Methode hergestellte Biostimulanzien sind reich an phytohormonähnlicher Aktivität (Shukla u. a. 2019).

Säure-Hydrolyse	Die frische Algenbiomasse wird dabei mit Schwefelsäure oder Salzsäure bei 40-50 Grad für 30 Minuten behandelt (Sharma u. a. 2014). Bei der Hydrolyse werden komplexe phenolische Verbindungen entfernt und es findet eine Depolymerisation von Polysacchariden statt (Shukla u. a. 2019).
Alkalische Hydrolyse	Dabei handelt es sich um das meist verbreitete industrielle Hydrolyseverfahren (Craigie 2011) (Sharma u. a. 2014). Diese Methode umfasst die Extraktion von <i>Ascophyllum nodosum</i> -Biomasse in NaOH- oder KOH-Lösungen bei Temperaturen zwischen 70 und 100 Grad. Die Methode spaltet komplexe Polysaccharide in kleinere Oligomere auf. Durch die Behandlung entstehen neue Verbindungen, die in der Meeresalgen-Biomasse eigentlich nicht vorhanden sind. (Craigie 2011)
Mikrowellen-unterstützte Extraktion	Diese Extraktion ist eine umweltfreundlichere Variante der Extraktion, im Vergleich zu lösungsmittelbasierten Varianten (Shukla u. a. 2019). Dabei wird Schlamm aus getrockneter Algenbiomasse, entweder in Wasser oder einem mikrowellenunterstützten Lösungsmittel mit der Mikrowelle erhitzt. Durch die Energie werden bioaktive Verbindungen extrahiert. Diese Variante ist einerseits effizient, andererseits kann man Stoffe wie Kohlenhydrate, Proteine und andere Fraktionen selektiver extrahieren. Die Mikrowellen-unterstützte Extraktion wurde bereits verwendet um Fucoidan, Natriumalginat, Zucker und Phenolverbindungen von <i>Ascophyllum nodosum</i> zu extrahieren. (Michalak und Chojnacka 2014)
Ultraschall-unterstützte Extraktion	Gehört wie die Mikrowellen-unterstützte Extraktion zu den eher umweltfreundlicheren Varianten. Die Methode ist einerseits kostengünstig andererseits können damit zahlreiche bioaktive Verbindungen isoliert werden, wie zum Beispiel Laminarin. (Kadam, Tiwari, und O'Donnell 2013)
Enzym-unterstützte Extraktion	Bei dieser Methode werden keine Lösungsmittel verwendet. Durch Enzyme werden komplexe Moleküle in den Zellwänden der Algen zersetzt (Kadam u. a. 2013). Dadurch werden wasserunlösliche chemische Bestandteile zu wasserlöslichen bioaktiven Verbindungen. Enzyme die dafür verwendet werden sind: Proteasen wie Viscozyme, Cellucast, Termamyl, Ultraflo, Xylanase, Neutrase, Alcalase und Umamizyme (Kadam u. a. 2013; Shukla u. a. 2019; Wijesinghe und Jeon 2012). Diese Methode wird bisher noch nicht im grossen Stil angewendet. Sie könnten aber zukünftig eine wichtige Rolle spielen, da dabei keine Lösungsmittel verwendet werden müssen.
Superkritische-Fluid Extraktion	Gehört auch zu den umweltfreundlichen Varianten, da dafür keine giftigen Lösungsmittel verwendet werden müssen (Herrero u. a. 2010; Shukla u. a. 2019). Weiter schützt diese Methode das Ausgangsmaterial der Meeresalgen vor thermischen oder biochemischen Abbau von bioaktiven Verbindungen (Herrero u. a. 2010). Bioaktive Verbindungen werden in Gegenwart von überkritischem organischem Lösungsmittel (CO ₂) extrahiert. Die hohe Penetration des Lösungsmittels während der Extraktion führt zu einem verbesserten Massetransfer zwischen den Lösungsmittelphasen. (Michalak und Chojnacka 2014)
Extraktion von unter Druck stehender Flüssigkeit	Die Druckflüssig-Extraktion wird mit hohem Druck (3,5-20 MPa) und hoher Temperatur um die 200 Grad durchgeführt (Kadam u. a. 2013). Der hohe Druck erhöht die Temperatur der Lösungsmittel über ihren Siedepunkt, wodurch die komplexen Algenmoleküle gelöst werden (Kadam u. a. 2013; Michalak und Chojnacka 2015). Die Druckflüssig-Extraktion ist im Gegensatz zu anderen Verfahren schneller. Jedoch konnte festgestellt werden, dass durch die hohen Temperaturen und Drücke die antioxidativen Aktivitäten der Extrakte bei <i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Pelvetia canaliculata</i> , <i>Fucus spiralis</i> und <i>Ulva intestinalis</i> abgenommen haben im Gegensatz zu anderen Verfahren. (Tierney u. a. 2013)

4.1 Braunalgen

Braunalgen sind die zweithäufigste Gruppe der Algen mit circa 2'000 beschriebenen Arten. Sie sind die am häufigsten verwendete Algengruppe in der Landwirtschaft, vor allem *Ascophyllum nodosum* wird schon weltweit vermarktet (Khan u. a. 2009). Braunalgen enthalten bioaktive Sekundäre Metabolite, Vitamine und Vitaminvorläufer. Diese Verbindungen können Synergien erzeugen und so das Wachstum von Landpflanzen fördern (Craigie 2011). Sie enthalten in ihren Zellwänden Alginate, Laminarane, sulfatierte Fucane und andere komplexe Schleime. Sulfatiertes Fucan führten zu Verteidigungsreaktionen bei Luzerne und Tabak (Cluzet u. a. 2004). Laminarin ist ein lineare β -(1,3)-Glucan und ist an Pathogen-Interaktionen beteiligt. β -(1,3)-Glucane sind ein Teil der Zellwand pathogener Pilze wie *Botrytis cinerea* oder *Plasmopara viticola* die unter anderem im Weinbau grosse Schäden verursachen. Von höheren Pflanzen können β -(1,3)-Glucane erkannt werden und dabei werden Abwehrmechanismen induziert (Cheong u. a. 1991). So konnte bei Weinreben und Tabakpflanzen im Anschluss an einen Laminarinkontakt eine Alkalisierung des extrazellulären Milieus beobachtet werden. Im Zellinneren führt der Kontakt mit Laminarin zu einer Freisetzung von reaktiven Sauerstoffspezies, auch oxidativer Burst genannt. Aber auch wichtige Phytoalexine wie Resveratrol und e-Viniferin sowie eine Akkumulation von Salicylsäure, wurden durch den Kontakt beobachtet. Weiter konnten durch den Kontakt mit Laminarin zehn verschiedene abwehrrelevante Gene mit unterschiedlicher Kinetik und Intensität gefunden werden (Klarzynski u. a. 2000). Bisher wurden *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Laminaria hyperborea*, *Sargassum filipendula*, *Laminaria digitata*, *Sargassum myriocystum* näher auf ihre pflanzenstärkenden Eigenschaften untersucht.

4.1.1 *Ascophyllum nodosum*

Ascophyllum nodosum – Extrakt (ANE) gehört zu den Braunalgen und wird seit mehreren Jahren als Extrakt im Pflanzenschutz verkauft (Moreira u. a. 2017). Die Algenart gehört zu den meist erforschten Algen im Bereich des Pflanzenschutzes. Weltweit produzieren und verkaufen rund 47 Unternehmen ANE für einerseits landwirtschaftliche andererseits gartenbauliche Anwendungen (Van Oosten u. a. 2017). Es wurde bereits Versuche an verschiedenen Gemüse- und Fruchtkulturen gemacht aber auch an Zierpflanzen und Rasengräser. Das Extrakt kann man entweder über die Blätter applizieren oder gemeinsam mit Wasser gegossen werden (Battacharyya u. a. 2015). Ein einzigartiges Merkmal von *Ascophyllum nodosum* ist seine mutualistische Assoziation mit dem Pilz Endophyt *Mycosphaerella ascophylli* (Craigie 2011; Shukla u. a. 2019). Der Pilz schützt *Ascophyllum nodosum* vor dem Austrocknen (Garbary und London 1995). ANE ist reich an

verschiedenen bioaktiven phenolischen Verbindungen: Alginsäure (28%), Fucoidane (11,6%), Mannitol (7.5%) oder Laminarin (4.5%) (Craigie 2011; Moreira u. a. 2017). ANE wirkt durch den Gehalt an anorganischen Inhaltsstoffen von Stickstoff, Phosphor, Potassium, Kalzium, Eisen, Magnesium, Zink, Natrium und Schwefel düngend (Rayirath u. a. 2009). Glycin-Betain, γ -Amino-valeriansäurebetain, γ -Aminobuttersäurebetain und Laminin wurden in ANE beschrieben (MacKinnon u. a. 2010). Betaine sind vitaminähnliche Stoffe welche als Osmolyten wirken können. So kann der osmotische Wert des Cytosols angepasst werden und die Zellen vor Auswirkungen des osmotischen Stresses schützen. Aber auch die Genexpression kann durch Betaine beeinflusst werden. Dadurch kann die Toleranz der Pflanzen gegenüber Stressfaktoren wie Temperaturextremen, Trockenheit und Salzgehalt verbessert werden (Abbildung 2). (Hayashi u. a. 1997; Holmström u. a. 2000; Mason und Blunden 1989; Park u. a. 2004; Sakamoto u. a. 2000; Yang u. a. 2007)

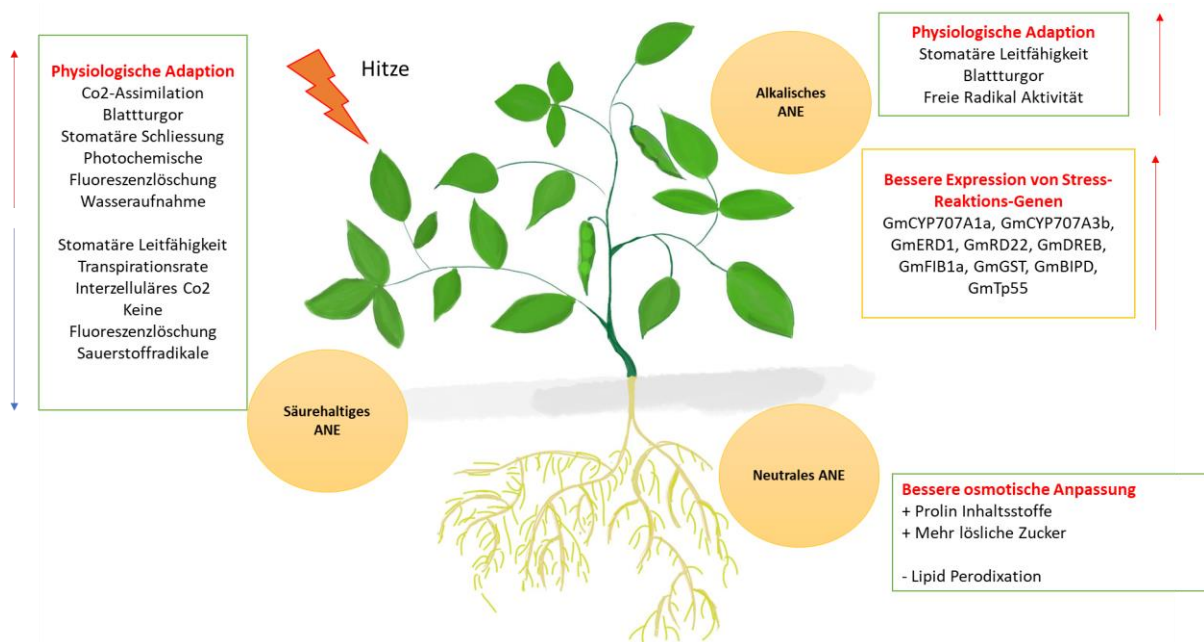


Abbildung 2. Mögliche Wirkungsweisen von drei Extrakten von *Ascophyllum nodosum* welche mittels Säurehaltiger-Extraktion, Alkalinen-Extraktion oder ohne Lösungsmittel hergestellt wurden auf Hitzestress. Visualisierung Tatjana Wais, mit Informationen von (Shukla u. a. 2019).

Die Keimung steigerte sich bei Kopfsalat durch *Ascophyllum nodosum*. Bei einem Versuch wurden zwei Seetanguspensionen einerseits aus *Ascophyllum nodosum* und von *Laminaria hyperborea* gewonnen und in Form von Asche auf das Wachstum von Salatsetzlingen untersucht. Beide

Extrakte führten zu einer Zunahme der Keimblattfläche. Da die Behandlungen mit Asche durchgeführt wurden, kann der Effekt auf das Vorhandensein von Kalium zurückgeführt werden (Möller und Smith 1998). Im Jahr 2018 wurde die erste Studie gemacht um die Auswirkungen von ANE auf die Qualität von kultivierten Weintrauben zu untersuchen. Eine Studie an *Vitis vinifera* untersuchte die Wirkung von ANE als Blattspray in einer Weinbauregion mit kühlem Klima und einem mediterranen Klima. Dabei wurde der Blattspray fünf Mal auf Blätter aufgesprayed, das erste Mal zwei Wochen vor der Veraison also 56 Tage nach der Vollblüte und dann in den Abständen von jeweils zehn bis zwanzig Tagen. ANE hatte keinen Einfluss auf den Blattgasaustausch, den Ertrag oder die Trauben- und Beerengrösse aber er beschleunigte die Reife, verbesserte die Anreicherung von Anthocyanen in allen Sorten und erhöhte den Phenolgehalt. Vor allem für Weinanbau in kühleren Gebieten kann dies zu einer Verbesserung der Qualität des Weines beitragen (Frioni u. a. 2018). Spinelli et al. 2009 untersuchten die Veränderung der rhizosphärischen Mikrobenpopulation bei Erdbeeren durch die Zugabe von ANE. Die wurzeldurchtränkte Applikation von ANE verbesserte das Wachstum von Erdbeeren und Karotten und die mikrobielle Aktivität des Bodens. Die Vorbehandlung von zehn Tage alter Luzerne Pflanzen mit 1g/L des kommerziellen ANE Produktes Acadian® zwei Tage vor der Inokulation mit *Sinorhizobium meliloti* mehr als verdoppelte die Anzahl der Bakterien in der Rhizosphäre im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Spinelli u. a. 2009). ANE induzierte dabei bei der Pflanze die Produktion von Wurzelexsudaten (Flavonoiden) (Khan u. a. 2012). Tabelle 2 fasst die bisher gemachten Untersuchungen mit ANE auf verschiedene Nutzpflanzen zusammen.

Tabelle 2 Liste von Versuchen mit *A. nodosum* als Biostimulanzie an verschiedenen Kulturen mit unterschiedlichen positiven Effekten.

Kultur	Extrakt	Effekte	Quelle
Bohne	ANE	Mit ANE waren die heranwachsenden Sämlinge um 28.45% höher als bei der Kontrolle. Die Vitalität der Samen nach dem Eintauchen in eine Lösung war mit ANE erhöht, am besten eignet sich das Eintauchen von 15 Minuten.	(Carvalho u. a. 2013)
Brokkoli	ANE	Der Gesamtgehalt an Phenolen, Gesamtflavonoiden und Gesamtisothiocyanaten war bei allen Algenbehandlungen höher als bei der unbehandelten Kontrolle.	(Lola-Luz, Hennequart, und Gaffney 2014)
Kohl	AlgaeGreen TM & XT	Erhöhte Konzentration von Flavonoiden, dabei schnitt das kommerzielle Produkt AlgaeGreen TM besser aber als XT.	(Lola-Luz, Hennequart, und Gaffney 2013)
Karotte	<i>Ascophyllum nodosum</i> mit <i>Sargassum filipendula</i> Extrakten	Erhöhte Peroxidase, Phenylalanin-Ammoniak-Lyase, Chitinase (abwehrrelevante Enzyme), vermindertes Wachstum von <i>Alternaria radicina</i> und <i>Botrytis cinerea</i> + signifikant höhere Fruchterträge	(Jayaraj u. a. 2008)

Blumenkohl	Maxicrop ®	erhöhter Ertrag, weniger Blattdeformierungen, erhöhtes Ertragsgewicht.	(Abetz und Young 1983)
Gurke	Seaforce und Se-amino	die Behandlung mit beiden Extrakten führten zu einer höheren Anzahl von weiblichen Blüten und einen erhöhten Fruchtertrag.	(Sarhan und Ismael 2014)
Zwiebeln	A. nodosum Granulat	erhöhter Ertrag, erhöhte Triebhöhe und Anzahl Triebe pro Pflanze aber auch Schutz vor Falschem Mehltau	(Dogra und Mandradia 2012)
Chilli	Biozym	erhöhter Ertrag, Fruchtdurchmesser, Länge und Chlorophyllgehalt mehr Nährstoffe in ihrer natürlich chelatierten Form, was zu einer Verbesserung der Zellteilung und Zellvergrößerung mit dem Ergebnis eines besseren Chlorophyllgehalts sowie bessere Produktion führten.	(Eris, Sivritepe, und Sivritepe 1995) (Manna, Sarkar, und Maity 2012)
Wassermelone	ANE	Blattanzahl, Blattratio, Anzahl Äste und Frischgewicht waren erhöht.	(Abdelmawgoud u. a. 2010)
Apfel	Actiwave®	reduzierte Alternanz, erhöhtes Fruchtgewicht, höhere Blattchlorophyllgehalte was zu einem Anstieg der Photosynthese- und Atmungsraten führte.	(Spinelli u. a. 2009)
Clementine	Goemar Spring Citricos®	erhöhter Ertrag	(Fornes u. a. 2002)
Trauben	Maxicrop, Proton, Algipower	erhöhtes Kupfer, Kalium und Calcium	(Turan und Köse 2004)
	ANE	erhöhter Ertrag und gleichmässige Reifung	(Holden u. a. 2008)
	ANE	höhere Antocyananreicherung und höhere Phenolgehalte	(Frioni u. a. 2018)
Olive	ANE	erhöhte Produktivität, beschleunigte Reife der Früchte, erhöhte Kalium, Eisen und Kupfer Konzentrationen, signifikanter Anstieg der Linole	(Chouliaras u. a. 2009)
Orange	ANE	Mit ANE behandelte und trocken gestresste Bäume hatten ein signifikant höheres Gesamtwachstum als unbehandelte, dürrgestresste Bäume. Die Bodenapplikation führte nach acht Wochen Trockenstress zu mehr Wachstum und ein höheres Stammwasserpotenzial als blattbehandelte oder Kontrollbäume.	(Spann und Little 2011)
Birne	ANE	signifikante Zunahme des Durchmessers, des Gewichts und der Samenzahl	(Colavita u. a. 2011)
Erdbeere	Actiwave®	das vegetative Wachstum, der Blattchlorophyllgehalt, die Spaltöffnungs-dichte, die Photosyntheserate und die Fruchtproduktion waren erhöht	(Spinelli u. a. 2010)
	ANE	Erhöhte Pflanzen- und Beerenproduktivität	(Alam u. a. 2013)
Amaranthus tricolor	ANE	Salzstress wurde gemildert, erhöhte Wachstumsparameter	(Aziz, Mahgoub, und Siam 2011)
Luzerne	ANE	ANE erhöhte die Gesamtzahl der funktionellen Knötchenbakterien, die Gesamtwurzellänge und die gesamte Blattfläche	(Zhai 2013)

4.1.2 *Ecklonia maxima*

Ecklonia maxima (EM) oder auch Meeresbambus genannt, ist eine Spezies des Seetangs und wächst in den südlichen Ozeanen. Auch sie gehört zu den Braunalgen (Anderson 2009). Weltweit

wurden 6'000 Tonnen EM pro Jahr in den letzten zehn Jahren geerntet und als Alginat, Tierfutter, Düngemitteln und landwirtschaftlichen Biostimulanzien verwendet (Chapman u. a. 2003). Aus EM wurden Pflanzenwachstumsregularoten wie Auxine, Cytokinine, Polyamine, Gibberelline, Abscisinsäure und Brassinosteroide identifiziert. Das Seetang-Konzentrat Kelpak® wird weltweit als Biostimulator für eine Reihe von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen eingesetzt (Rengasamy u. a. 2015). Für die Herstellung von Kelpak® werden jährlich fast 100 Tonnen Algen geerntet (Chapman u. a. 2003). BR dienen der Pflanze als Signale, die das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen steuern (Clouse und Sasse 1998). In Tabelle 3 werden die durchgeführten Studien mit EM an Kulturpflanzen aufgeführt.

Tabelle 3. Liste mit bereits durchgeführten Versuchen mit der Makroalge *Ecklonia maxima* als Biostimulanzie an verschiedenen Kulturen.

Kultur	Extrakt	Effekt	Quelle
Gurke	<i>Ecklonia Maxima</i> Extrakt	erhöhter Ertrag, Frucht pro Pflanze und höheres Fruchtgewicht	(Nelson und Van Staden 1984)
Spinat	Kelpak® und Eckol	Verbesserung der photosynthetischen Pigmente und Proteine	(Kulkarni u. a. 2019)
Bohne	<i>Ecklonia maxima</i> Extrakt	erhöhter Ertrag, erhöhter Gehalt an Anthocyanen	(Kocira u. a. 2018)
Zucchetti	<i>Ecklonia Maxima</i> Extrakt	erhöhter Ertrag und Sprossbiomasse sowie eine erhöhte Fruchttrockensubstanz und den gesamten löslichen Feststoffgehalt	(Rouphael u. a. 2017)
Karotte	Kelpak®	erhöhter Ertrag	(Szczepanek u. a. 2017)
Kohl	Eckol	verbesserte photosynthetische Pigmente, Phytochemikalien, wachstumsfördernde und insektenabwehrende Wirkungen	(Rengasamy u. a. 2016)
Mais	Eckol und Kelpak®	erhöhtes Spross- und Wurzelverlängerung & die Anzahl der Wurzeln	(Rengasamy u. a. 2015)
Ringelblume	Kelpak®	gesteigertes vegetatives und reproduktives Wachstum	(Van Staden, Upfold, und Drewes 1994)
gewellte Schopffilie	Eckol und isolierte phenolische Verbindungen von <i>E. Maxima</i>	positive Auswirkung auf Zwiebelgrösse, das Frischgewicht und die Wurzelproduktion	(Aremu u. a. 2015)
wilder afrikanischer Fingerhut	Kelpak®	erhöhte Keimrate	(Masondo u. a. 2018)
Futtergras	Kelpak®	Erhöhung von nicht-strukturellen Kohlenhydrate und erhöhte Stickstoffrate	(Ciepiela, Godlewska, und Jankowska 2016)
Wiesen-Knäuelgras	Kelpak®	erhöhte den Gehalt an echtem Protein und einfach Zuckern	(Godlewska und Ciepiela 2013)

und Wiesen- schweidel			
Bastard-Lu- zerne	<i>Ecklonia Maxima</i> Extrakt	Zunahme der Sprosslänge und -dichte sowie ein erhöhtes Gewicht der Trockenmasse in der Einzelernte, diese nahm aber in den Folgejahren wieder ab.	(Sosnowski u. a. 2017)
Sommerwei- zen	Kelpak®	Günstigen Einfluss auf das Wurzelgewicht, die Anzahl der Körner pro Ähre, Tausendkorngewicht und Kornausbeute von Sommerweizen	(Szczepanek, Wszelaczyńska, und Pobereźny 2018)

Untersuchungen haben ergeben, dass Kelpak bessere biostimulierende Ergebnisse liefern kann als EM alleine (Stirk u. a. 2014). Eckol und Phloroglucinol wurden im Jahr 2013 aus der Alge isoliert und deren Wirkungen wurden erstmals auf die landwirtschaftliche Nutzpflanze Mais überprüft (Kannan u. a. 2013). Eckol alleine hatte dabei positivere Wirkungen auf das Sämlingswachstum als Phloroglucinol und das kommerzielle Kelpak® Produkt (Rengasamy u. a. 2015). Bei einem anderen Versuch an Kohl zeigte Eckol eine signifikante Verbesserung der Spross- und Wurzellänge, des Frisch- und Trockengewichts von Spross und Wurzel, der Blattfläche und der Blattzahl. Weiter konnte ein signifikanter Anstieg der photosynthetischen Pigmente festgestellt werden. Bei der Kontrolle waren alle Pflanzen stark mit Blattläusen befallen. Bei den mit Eckol behandelten Pflanzen wurden keine Blattläuse gewunden. (Rengasamy u. a. 2016)

4.1.3 Versuche mit anderen Braunalgen

Aziz et al. (2003) haben erfolgreiche Versuche aus der Braunalge *Laminaria digitata* gemacht und herausgefunden, dass Laminarin sowohl ein effizienter Auslöser von Abwehrreaktionen bei Weinreben ist, aber auch die Entwicklung von *Botrytis cinerea* sowie *Plasmopara viticola* auf infizierten Weinrebenpflanzen wirksam reduziert hat (Aziz u. a. 2003). Die Wirkung des Flüssigdüngers aus *Sagassum myriocystum* wurde auf Keimung, Wachstum und biochemische Bestandteile der Linsebohne untersucht. Dazu wurden verschiedene Konzentrationen (10%, 25%, 50% und 75%) und destilliertem Wasser gewählt. 100 Samen wurden mit der Mischung für 24h eingeweicht. Bei 10% getränkten Samen war die Keimfähigkeit bei 98% und die Sprosslänge, die Wurzellänge, das Frisch und Trockengewicht am höchsten. In den Blättern war das Chlorophyll sowie der Carotinoidgehalt im Gegensatz zu den anderen Konzentrationen am höchsten. Dies zeigt, dass eine geringe Konzentration zu besseren Ergebnissen führen kann als mit höheren Konzentrationen, welche die Wirkung eher limitieren (Kalaivanan und Venkatesalu 2012).

4.2 *Kappaphycus alvarezii*

Kappaphycus alvarezii gehört zu den Rotalgen, wird bis zu zwei Meter lang und erscheint in gelber oder grüner Farbe. Rotalgen bezeichnet eine Gruppe von Algen, deren grüne Farbpigmente der Chloroplasten durch rote Farbstoffe ersetzt wurden. Die Pigmente Phycocyanin und Phycoerythrin ermöglicht es Rotalgen, in bis über 200 Meter Gewässertiefe photosynthetisch aktiv zu sein (Rudolph, Jahn, und Kusber 2017). Die Produktion von *Kappaphycus alvarezii* erreichte 2007 ca. 1.400 Tonnen und erbrachte einen Ertrag von 132.000 US-Dollar (FIGIS 2020). *K. alvarezii* produziert Carrageene, ein Stoff welcher seit Jahrhunderten als Zusatzstoff in verschiedenen industriellen Prozessen und Lebensmittelprodukten verwendet wird. Hauptsächlich als Stabilisator, Geliermittel, Verdickungsmittel und Klärungsmittel für Getränke (Hayashi u. a. 2011). Es wird berichtet das *K. alvarezii* anorganische Nährstoffe und vier Pflanzenwachstumsstoffe enthält: Indollessigsäure, Gibberellinsäure, Kinetin und Zeatin (Prasad u. a. 2010). Im Versuch von Mondal et al. (2015) wurde die Zusammensetzung von *Kappaphycus alvarezii*-Extrakt (KAE) vereinfacht, die Gibberellinsäure wurde entfernt und man merkte, dass dadurch die photosynthetische Aktivität zunimmt. Es wird vermutet, dass dies auf die Verhinderung negativer Wechselwirkungen zwischen der Gibberellinsäure und anderen Hormonen zurückzuführen ist. Es handelt sich dabei um den ersten Versuch, der sich damit beschäftigt hat, die Zusammensetzung zu vereinfachen um daraus eine Steigerung des Pflanzenwachstums zu erzielen. (Mondal u. a. 2015) In der Tabelle 4 werden drei Versuche welche mit KAE an Nutzpflanzen durchgeführt wurden zusammengefasst.

Tabelle 4. Versuche mit KAE an den drei Nutzpflanzen: Tomate, Banane und Sojabohne

Kultur	Extrakt	Effekt	Quelle
Tomate	KAE	erhöhter Ertrag, Fruchtqualität und der Gehalt an Makro- und Mikroelementen wurde verbessert, Resistenz gegenüber Blattkräuselung, bakterieller Welke und Fruchtbohrer	(Zodape u. a. 2011)
Banane	KAE	Erhöhung des Gewichtes und des Nährstoffgehaltes, geringerer Feuchtigkeitsgehalt	(Karthikeyan und Shanmugam 2014)
Sojabohnen	KAE	Erhöhter Ertrag, verbesserte Aufnahme von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Schwefel	(Rathore u. a. 2009)

5 Mikroalgen als Biostimulanzie für Pflanzen

Mikroalgen gehören zu den Wasserorganismen die in Süß-, Salz- sowie Brackwasser leben, aber auch in jeder Form von Boden überleben (Zocher 2019). Schätzungen zufolge gibt es über 70'000 Mikroalgenarten (Guiry 2012). Die meisten Mikroorganismen sind eher genügsam und benötigen für die Kultivierung nur Licht, Wasser und einige Salze und Vitamine (Richmond 2008) (Kose und Oncel 2015). Sie haben eine hohe Anpassungsfähigkeit zu verschiedenen Substraten und können in unterschiedlichen Umweltbedingungen leben (Mata, Martins, und Caetano 2010; Safi u. a. 2014). Die anspruchslosen Anbaubedingungen führen zu einem geringeren Wasser- sowie Landfussabdruck gegenüber von Landpflanzen (Günerken u. a. 2015). Die Limitierung des Wachstums wird durch die Zufuhr von Kohlendioxid und Licht gesteuert, sie werden für die Photosynthese zwingend benötigt (Zocher 2019). Bei den Mikroalgen wird keine Energie verwendet um Festigungsgewebe, Wurzeln oder Blüten auszubilden. Dadurch sind die jährlichen, flächenspezifischen CO₂-Assimilationsraten von Mikroalgen bis zu fünf Mal höher als bei höheren Pflanzen (Posten und Wilhelm 2016). Mikroalgen haben hohe Mengen an wertvollen Primär- und Sekundärmetaboliten wie beispielsweise Lipide, Proteine oder Kohlenhydrate. Weiter können Extrakte der Mikroalgen pharmakologische Wirkungen haben. Sie wirken antimikrobiell, entzündungshemmend und können antitumorale Wirkungen haben (Zocher 2019).

Mikroalgen haben in den letzten Jahren immer mehr an wirtschaftlicher und biotechnologischer Bedeutung gewonnen. Sie können, anders als Makroalgen, einfach in industriellen Grossanlagen kultiviert werden. Sie haben sehr kurze Generationszeiten und können schnell zu hohen Dichten heranwachsen und so das einfallende Licht vollständig absorbieren. Das hat den Vorteil, dass das Sonnenlicht im Jahresverlauf gegenüber höheren Pflanzen besser ausgenutzt werden kann, weil man im Frühling nicht warten muss, bis Blätter ausgebildet sind. Man geht davon aus, dass zwischen 250-300 Tage pro Jahr, abhängig von der geografischen Lage, für die Mikroalgenproduktion genutzt werden können (Posten und Wilhelm 2016). Die agrochemische Industrie ist daran interessiert die biostimulierenden und biodüngenden Eigenschaften zu untersuchen, denn das Interesse an sogenannten «in-house Algen» wird immer grösser (Barone u. a. 2018)(Ronga u. a. 2019). Die Mikroalgen-Biomasse enthält wichtige Mengen von Pflanzenhormone, Polyamine, Betaine sowie Gibberelline und Brassinosteroide (Oancea u. a. 2013). Stirk et al. (2013) quantifizierte in 24 Mikroalgenstämmen Auxine und Cytokinine. Bei 15 von 21 der analysierten Stämme traten Auxine auf, sogar mit zwei- bis viermal höherem Gehalt als der Cytokinin-Gehalt. Langsamer wachsende Stämme von Mikroalgen akkumulieren höhere endogene Gibberelline und BR als

schneller wachsende Stämme (Stirk u. a. 2014). Es gibt bereits verschiedene Studien zu positiven Auswirkungen von Mikroalgenextrakten auf gestresste Kulturpflanzen, siehe Tabelle 5. Extrakte aus *Dunaliella salina* beispielsweise oder *Phaeodactylum tricornutum* milderten Salzstress während der Keimperiode bei Paprikapflanzen aufgrund einer signifikanten Reduktion des Superoxid-Radikals und einer geringeren Lipidperoxidation (Guzmán-Murillo, Ascencio, und Larrinaga-Mayoral 2013). Beim Weizen hat das Wasserextrakt aus den Mikroalgen *Spirulina maxima* und *Chlorella ellipsoidea* die Toleranz gegenüber Salzstress gestärkt, sowie die antioxidative Kapazität der Weizenkörner erhöht (Abd El-Baky, El-Baz, und El Baroty 2010).

In der Algenbiomasse sind die Wirkstoffe, Phytohormone und pflanzliche Stresssignalfaktoren innerhalb der Zellwände eingeschlossen und/oder an verschiedene Strukturen gebunden. Dies senkt die Wirksamkeit auf die Pflanze signifikant. Die Mikroalgen haben ein höheres Verhältnis der Zellwände als Makroalgen und benötigen dadurch eine fortgeschrittenere Behandlung (Oancea u. a. 2013). Deshalb wurden Studien über mögliche Techniken zur Mikroalgenextraktion durchgeführt. Die Extraktion kann durch mechanisch physikalische Mittel (Autoklavieren, Homogenisieren, Mikrowellen, gepulste elektrische Feldtechnik, Beschallung oder Flüssigstickstoff) oder durch eine chemische Behandlung (Natriumhydroxid, Salz- oder Schwefelsäuren, osmotischer Schock oder salpetrige Säure) durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit stellt die enzymatische Behandlung dar. Mechanische, physikalische Vorbehandlungsmethoden sind energieaufwendiger, deshalb gewinnt die enzymatische Methoden, da der Zellwandaufbruch schonender ist (Michalak und Chojnacka 2014). Von der Extraktionstechnik sowie der Mikroalgenart hängt es ab, in welcher Qualität sowie Quantität die bioaktiven Metaboliten in den Extrakten vorliegen (Puglisi u. a. 2018). Durch Zugabe von anderen pflanzlichen Biostimulatoren bei der Aufzucht der Mikroalgen konnte festgestellt werden, dass sich die Produktivität und Aktivität bioaktiver Verbindungen verbessert. Betain konnte die antioxidative Aktivität in Extrakten von *Dunaliella salina* verdreifachen, Selen verdoppeln (Constantinescu-Aruxandei u. a. 2019). Der Gehalt an Primärmetaboliten, Kohlenhydrate und Lipide sind in Mikroalgen hoch. Das Vorhandensein einiger Aminosäuren wie Tryptophan und Arginin in Mikroalgenextrakten kann Vorteile für das Pflanzenwachstum sowie den Ertrag haben. Die beiden Aminosäuren sind Stoffwechselläufer der Phytohormone. Tryptophan beispielsweise dient Arginin als Vorläufer von Polyaminen, die an vielen wichtigen biologischen Prozessen beteiligt sind wie die Blüteninitiierung, Fruchtansatz, Reifung oder Blattseneszenz. Tryptophan kann aber auch ein Schutz vor osmotischem Stress sein (Kalamaki, Merkouropoulos, und Kanellis 2009). Bei den Mikroalgen wurden bereits Bodenverbesserungen mit Algenformulierungen, Blattspray und Bodenverbesserung mit Algentrockenbiomasse, dies in

Form von Pellets, Granulat oder Pulver getestet (Bushong u. a. 2016; Coppens u. a. 2016; Renuka u. a. 2018). Dabei erscheint bisher die Blattapplikationsmethode bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit und offenen Blattspaltöffnungen die effektivste zu sein (Chiaiese u. a. 2018). Versuche an Tomaten mit verschiedenen Mikroalgenkonsortien haben ergeben, dass eine erhöhte biostimulierende Wirkung der Algen mit einer niedrigeren Konzentration erreicht werden kann. Hohe Konzentrationen führen zwar zu hohem Wachstum der Pflanzen, jedoch wird dadurch die Menge der Nährstoffe gesenkt und so die ernährungstechnische Qualität der Kulturpflanze gemindert (K.V., Behera, und P. 2020). In den letzten Jahren wurden immer mehr Studien im Freiland- und unter Gewächshausbedingungen durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass Mikroalgen einen Einfluss auf die Keimung, das Wachstum von Spross und Wurzelbiomasse bei verschiedenen Kulturen wie Salat, Roter Amaranth, Pak Choi, Tomate und Paprika hatte (Arroussi u. a. 2018; Barone u. a. 2018; Faheed und Abd-El Fattah 2008; Garcia-Gonzalez und Sommerfeld 2016).

Tabelle 5. zeigt die Ergebnisse von verschiedenen Mikroalgenstämmen an unterschiedlichen Kulturen

Kultur	Extrakt	Effekt	Quelle
Tomate	<i>Dunaliella salina</i>	lindert Salzstress, minderte Abnahme der Länge und des Trockengewichts des Spross- und Wurzelsystem	(Arroussi u. a. 2018)
	<i>Acutodesmus dimorphus</i>	Verbesserung der Keimungsrate, Erhöhung der Seitenwurzeln	(Garcia-Gonzalez und Sommerfeld 2016)
Pfeffer	<i>Dunaliella salina</i> und <i>Phaeodactylum tricorutum</i>	mindert Salzstress während der Keimung	(Guzmán-Murillo u. a. 2013)
Mungbohne	<i>Scenedesmus obliquus</i>	erhöhte Keimrate	(Navarro-López u. a. 2020)
Zuckerrüben	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	erhöhte Keimrate	(Puglisi, Barone, u. a. 2020)
Salat	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Zunahme der Trockenmasse, der Chlorophylle, der Carotinoide, der Proteine am Spross	(Puglisi, La Bella, u. a. 2020)
Tomate	<i>Scenedesmus quadricauda</i> lebende Zellen	Verbesserung der biologischen Aktivität des Bodens und das Wachstum der Tomatenpflanzen	(Barone, Puglisi, Fragalà, Stevanato, u. a. 2019).

Chanda u. a. 2020 untersuchten die biostimulierenden Effekte von 18 rohen Extrakten aus Mikroalgen und Cyanobakterien auf das Tomatenpflanzenwachstum, den Chlorophyllgehalt, die Nährstoffaufnahme und das metabolische Profil. Es ist die erste so umfassende Untersuchung, welche die Wirkungsweisen von Mikroalgen auf die Pflanzenphysiologie zu verstehen versucht. Es konnte

eine signifikante Verbesserung der Wurzel- und Sprosslänge festgestellt werden. Bei der Behandlung mit *Aphanothece* sp. konnte die Wurzellänge und das Wurzeltrockengewicht verbessert werden (Abbildung 3) und bei der Behandlung mit *Chlorella ellipsoidea* gab es eine Verbesserung der Sprosslänge und des Sprosstrockengewichtes (Abbildung 4). Die durchgeführte Gaschromatographie-Massenspektrometrie konnte die Produktion einer Vielzahl von Metaboliten aufzeigen.

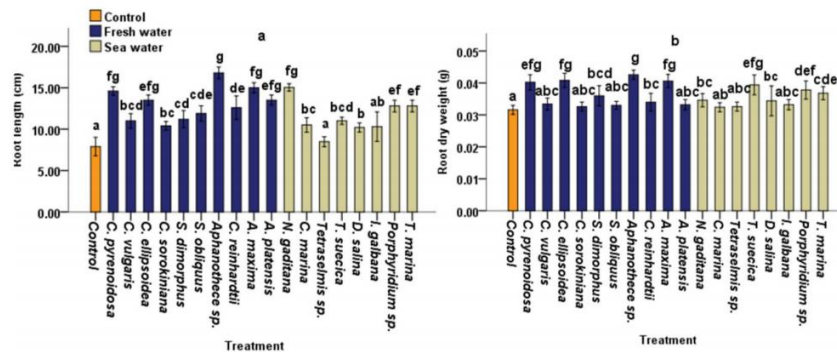


Abbildung 3. 18 Mikroalgen-Extrakte und ihre Wirkung auf die Tomatenpflanze. Man sieht deutlich, dass die besten Ergebnisse bezüglich Wurzellänge und Wurzeltrockengewicht mit der Mikroalge *Aphanothece* sp. erreicht werden konnte. Abbildung: (Chanda u. a. 2020)

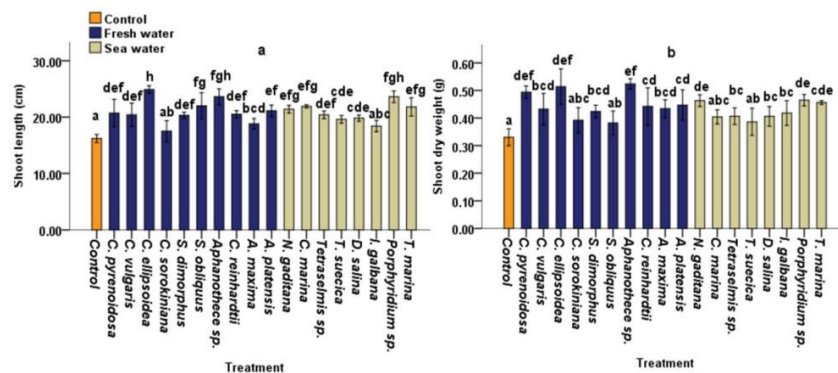


Abbildung 4. 18 Mikroalgen Extrakte wurden an Tomatensetzlinge getestet und die Sprosslänge und das Sprosstrockengewicht gemessen. *Chlorella ellipsoidea* hebt sich stark von der Kontrolle ab. (Chanda u. a. 2020)

5.1 *Chlorella* sp.

Chlorella sp. ist eine verbreitete Süßwasser- und Meerwasseralge. Sie bilden kugelförmige einzeln vorliegende Zellen. Es wurden bereits Studien zur Morphologie, Zusammensetzung und Produktion von *Chlorella vulgaris* durchgeführt. Bereits 2001 hat Shaaban die Wirkung verschiedener Konzentrationen von Extrakten der Mikroalge *Chlorella vulgaris* (25%, 50%, 75% und 100%) auf den Ertrag von

Weizen in einem Gewächshaus untersucht. Er konnte feststellen, dass die Trockenmasse des zuvor mit 50% Algenextrakt behandelten Sprosses im Vergleich zur Kontrolle eine Gewichtszunahme von 81,4% aufwies. Er denkt, dass dies auf die verbesserte Nährstoffaufnahme durch das Extrakt zurückzuführen ist (Shaaban 2001). Ein mutmasslicher beteiligter biostimulierender Mechanismus auf die Pflanzen kann auch die kontinuierliche Algen-Photosynthese, die ständig Sauerstoff liefern, sein (Barone u. a. 2018). Verschiedene neuere Studien haben sich damit beschäftigt eine Symbiose zwischen *Chlorella vulgaris* und der Kultur, welche im hydroponischen Anbausystem angebaut werden, zu untersuchen. Dabei wurden Mikroalgen und Tomatenpflanzen in einer Hoagland-Nährlösung angebaut und geschaut wie die gegenseitige Wirkung ist und wie der Einfluss der Mikroalgen sich auf die Tomaten auswirkt. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die angebaute Tomate sowie auch die Mikroalge davon profitieren kann. Es wurde eine erhöhte Produktion beiderseits festgestellt (Barone, Puglisi, Fragalà, Lo Piero, u. a. 2019; Spinelli u. a. 2010; Zhang, Wang, und Zhou 2017). Die Ergebnisse dieser Versuche und weitere andere Versuche mit *Chlorella*-Gattungen sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6. Versuche mit *Chlorella sp.* an verschiedenen Kulturen. Bei den Versuchen konnten verschiedene Effekte gesehen werden.

Kultur	Extrakt	Effekt	Quelle
Salat	<i>Chlorella vulgaris</i>	frühere Keimung, erhöhtes Sprosswachstum, bessere photosynthetische Aktivität.	(Faheed und Abd-El Fattah 2008)
Reis	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	besseres Wurzelsystem	(Kulkarni u. a. 2019)
Gurken	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	schnellere Keimung, höherer Chlorophyllgehalt	(Elhafiz, Gaur, und Lakshmi 2015).
Rübe	<i>Chlorella vulgaris</i>	bessere Wurzeigenschaften; höhere Gesamtwurzellänge und Feinwurzellänge sowie höhere Anzahl der Wurzelspitzen	(Barone u. a. 2018)
Tomate	<i>Chlorella vulgaris</i>	erhöhtes Wachstum der Tomatenpflanze	(Spinelli u. a. 2010)
	<i>Chlorella infusio-nium</i>	erhöhte Stickstoff- und Phosphornutzungseffizienz, erhöhte Biomasse	(Zhang u. a. 2017)
	<i>Chlorella vulgaris</i>	erhöhtes Wachstum	(Barone, Puglisi, Fragalà, Lo Piero, u. a. 2019)
	<i>Chlorella sp.</i>	schnellere Pflanzenwachstumsrate, Zunahme der Sprosslänge, Wurzellänge und ein erhöhtes Frisch- und Trockengewicht	(K.V. u. a. 2020)
	<i>Chlorella vulgaris</i>	bessere Bodenfruchtbarkeit	(Barone, Puglisi, Fragalà, Stevanato, u. a. 2019)

5.2 *Spirulina sp.*

Spirulina sp. ist eine Gattung der Cyanobakterien und man spricht von 35 Arten. Es ist jedoch unklar, ob diese 35 Arten nicht möglicherweise doch zu einer Art gehören, da *Spirulina sp.* ihre Gestalt in Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt und pH-Wert des Wassers ändert. *Spirulina sp.* ernährt sich oxygen photosynthetisch und enthält Chlorophyll a. Das Chlorophyll befindet sich jedoch nicht in den Chloroplasten, sondern ist in Membranen, die über fast die ganze Zelle verteilt sind (Clement und Landeghem 1970). Seit ein paar Jahren werden die biostimulierende Wirkung von *Spirulina*-Arten auf verschiedene Kulturen untersucht. Die bisher gemachten Untersuchungen werden in der Tabelle 7 zusammengefasst. Aus der Biomasse von *Spirulina platensis*, wird auch *Arthrospira platensis* genannt, können Proteinhydrolysate mit wertvollen Bioverbindungen einschliesslich L-Aminosäuren, wie L-Arginin und L-Ornithin gewonnen werden, die Decarboxylierung dieser Aminosäuren ist Teil der Biosynthese von Polyaminen (Zhang und Zhang 2013).

Polyamine werden in der Pflanze zur Zellteilung und zur Differenzierung (Gewebebildung) benötigt. Dabei stabilisiert Spermin die DNA. Bei einem Versuch wurden biologische Untersuchungen durchgeführt, um die Auxin-ähnliche und Cytokinin-ähnliche Bioaktivität der Hydrolysate von *Spirulina platensis* zu bestimmen. Zusätzlich wurden bei einem Feldversuch mit Salatsetzlingen die wachstumsfördernden Wirkungen von *Spirulina platensis* angeschaut. Blattanwendungen förderten das Wachstum der Setzlinge und der Spermingehalt in den Salatblättern wurde um 64% erhöht. So konnte erwiesen werden, dass *Spirulina platensis* ein natürlicher Pflanzenförderer ist und Spermin eine aktive Verbindung und ein metabolischer Indikator der Bioaktivität von *Spirulina platensis* sein kann. (Mógor u. a. 2018)

Tabelle 7. Studien mit *Spirulina sp.* und die Effekte welche bei der Applikation auf verschiedene Kulturen gesehen wurden

Kultur	Extrakt	Effekt	Quelle
Baumwolle	<i>Spirulina platensis</i>	erhöhte Blattfläche, Gehalt an Chlorophyll a und b, Carotinoiden und Gibberelline. Erhöhte Pflanzenhöhe, Fruchtzweige und mehr offene Samenkapseln, erhöhter Ertrag	(Yanni, Elashmouny, und Elsadany 2020)
Rucola	<i>Spirulina platensis</i>	erhöhtes Wachstum und Ertrag, sowie bessere Qualität des Rucolas	(Hassan, Ashour, und Soliman 2017)
Pfeffer	<i>Spirulina platensis</i>	erhöhte Keimrate, bessere Entwicklung des Keimlings	(Akgül und Akgül 2019)
Salat	<i>Spirulina platensis</i>	erhöhte Keimrate, bessere Entwicklung des Keimlings	(Akgül und Akgül 2019).
	<i>Spirulina platensis</i>	erhöhtes Wachstum der Setzlinge, der Spermingehalt in den Salatblättern wurde um 64% erhöht.	(Mógor u. a. 2018)

Aubergine	<i>Spirulina platensis</i>	erhöhter Ertrag	(G.a u. a. 2016)
Tomate / Pfeffer	<i>Spirulina platensis</i> (Mikroalgen-Polysaccharide)	erhöhte Pflanzengrösse, höheres Wurzelgewicht	(Elarroussia u. a. 2016)
Papaya	<i>Spirulina platensis</i>	keine Verbesserung der Sämlingsqualität mit einer Blattapplikation jedoch mittels Suspensionen an der Wurzel konnte ein besseres Wachstum verzeichnet werden.	(Guedes u. a. 2018)
Weizen	<i>Spirulina maxima</i>	höhere Keimrate, erhöhter Ertrag	(Moraes 2015)

6 Methoden der Umfrage

Nachfolgend werden die durchgeführten Methoden der Umfrage beschrieben. Die Beschreibung zu den Methoden bei der Literaturrecherche kann im Anhang 3 nachgelesen werden.

6.1 Qualitative Umfrage zu Algenpräparaten bei Unternehmen

Bei der Umfrage wurden verschiedene Unternehmen angefragt, welche bereits Algenpräparate im Sortiment vertreiben. Ziel war es herauszufinden, mit welcher Motivation die Unternehmen Algen im Sortiment haben und welche Erfahrungen damit gemacht wurden. Dazu wurden die Interviews mit einem teilmonologischen Leitfaden durchgeführt (Helfferich 2011). Dadurch wird die Erzählperson zum Erzählen aufgefordert, gleichzeitig wird sie aber vom Fragenden thematisch geleitet. Der komplette Fragebogen ist im Anhang 5 zu finden.

Zu folgenden Themen wurden Fragen formuliert:

- > Welche Motivation haben Unternehmen Algenpräparate in ihr Sortiment aufzunehmen?
- > Welche Erfahrungen wurden mit Algenpräparaten gemacht?
- > Wie ist das Interesse an neuen Algenpräparaten, beispielsweise Präparate aus Mikroalgen? Wird die Forschung von Unternehmen gefördert oder unterstützt?

6.1.1 Auswahl der Verfahren

Um umfangreiche Antworten zu erhalten, wurde ein telefonisches Interview gewählt. Die Personen wurden ohne Vorankündigung angerufen und direkt befragt. Nach Einverständnis der Befragten wurde das Telefongespräch mit der App TapeACall aufgenommen, um die Interviews transkribieren zu können. Die transkribierten Interviews sind im Anhang 6 abgelegt.

6.1.2 Auswahl der Personen

Für die Auswahl der Personen wurde die aktuelle Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologischen Landbau angeschaut und eine Liste zusammengestellt mit Unternehmen welche

Algenpräparate bereits in der Schweiz verkaufen. Es handelt sich sowohl um grosse Firmen wie auch um kleinere und mittlere Unternehmen (FiBL 2020).

6.1.3 Auswertung des Interviews

Die Interviews wurden nach (Kuckartz 2018) ausgewertet. Dabei umfasst die qualitative Inhaltsanalyse vier Phasen:

1. Transkription,
2. Einzelanalyse,
3. Generealisierende Analyse und
4. Kontrollphase

Nach telefonischer Durchführung der Interviews wurden sie transkribiert. In einem nächsten Schritt wurden die Interviews einzeln analysiert. Dazu wurden die nebensächlichen Passagen gestrichen und die Zentralen hervorgehoben um die Daten zu verdichten. Danach wurde die generalisierende Analyse vorgenommen. Dazu wurden die Befragungen miteinander verglichen. Es wurden dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede gesucht.

In der Kontrollphase wurde geprüft, ob die Ergebnisse der dritten Phase mit dem Ursprungsmaterial übereinstimmen. Wenn nicht, wurde die Fehlerursache gesucht und notwendige Verbesserungen durchgeführt. (Kuckartz 2018)

7 Resultate

Im folgenden Teil der Arbeit werden die Antworten der Befragung analysiert. Schlussendlich wurden sechs Schweizer Unternehmen welche Algenpräparate im Sortiment führen befragt. Zwecks Übersichtlichkeit wurden die Resultate so gegliedert, dass zuerst die Fragen stehen und dann die Antworten in Form von Grafiken oder Text.

Frage 1. Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Die Frage seit wann die Produkte im Sortiment sind, wurde sehr unterschiedlich beantwortet. Dies ist insoweit interessant, weil es Algenpräparate noch nicht so lange gibt und die Firmen dadurch Vorreiter in der Schweiz waren.

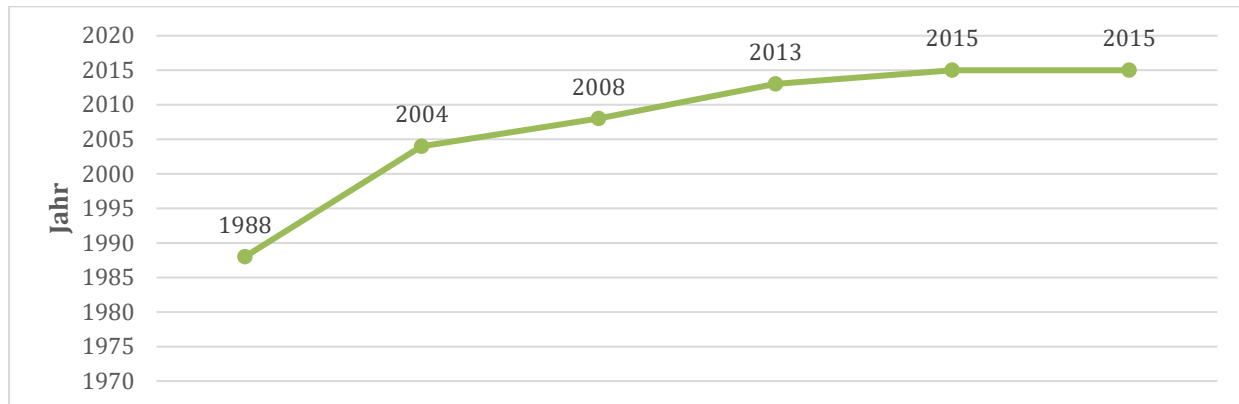


Abbildung 5. Zeitstrahl wann die Produkte der Unternehmen ins Sortiment eingeführt wurden.

Frage 2. Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen?

Tabelle 8. zeigt die verschiedenen Gründe warum das Produkt ins Sortiment genommen wurde.

- | | |
|--------------------------|--|
| Befragte Person 1 | Durch einen Kontakt mit einem kleinen, eigenständigen Produzenten, welcher Algenextrakte produziert und ein Zusatz für Pflanzendünger formuliert hat. Dann wurde das Produkt auf dem Feld getestet. Man sah, dass dadurch die Felder grüner wurden. Dazu führten jedoch nicht nur die Algenpräparate, sondern die Mischung mit Spurenelementen und Makronährstoffe. Mit Mischprodukten sieht der Bauer eher eine Wirkung und kauft das Produkt eher. Die späteren Produkte mit reinen Algen sind schwieriger zu verkaufen und zu beraten, da der Landwirt eine Wirkung sehen möchte. |
| Befragte Person 2 | Es werden selber Mikroalgenzuchtanlagen Produkte vom Unternehmen entwickelt und sie stehen in einem engen Verhältnis zu Makroalgenzüchter. Seit 1996 forscht die Firma an diesem Thema. |
| Befragte Person 3 | Ein Konkurrent hatte dasselbe Produkt, verkauft es jedoch viel teurer. Das Unternehmen verkauft das Produkt nun für den halben Preis. |
| Befragte Person 4 | Das Unternehmen wollte einen biologischen und natürlichen Dünger einsetzen und keine mineralischen Dünger. Es war der Wunsch nach einem nachhaltigen Produkt, welches nicht auf Kunstbasis hergestellt wird. Dazu kommt, dass man sich mit den Produkten abheben kann von Mitbewerbern. Auch heute gibt es noch nicht viele Händler mit Algenprodukten. |
| Befragte Person 5 | Das Unternehmen hatte Kontakt zu anderen Bioanbieter und Produzenten im Ausland. Zu Beginn wurden dann Versuche auf dem Feld gemacht. |
| Befragte Person 6 | Wegen der Zulassung |

Befragte Person 5 erwähnt im Zusammenhang mit dieser Frage, dass es darauf ankommt, ob es sich beim Produkt um ein Filtrat oder Extrakt handelt und wie diese hergestellt wurden. Beim Filtrat hat man eher Pflanzenschutzfaktoren und die Produkte sind teilweise sogar für den Pflanzenschutz zugelassen. Dies kommt häufig vor, wenn nur der Laminarin-Gehalt der Alge verwendet werden. Bei Extrakten ist die Wirkung eher biostimulierend.

Frage 3. Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien?

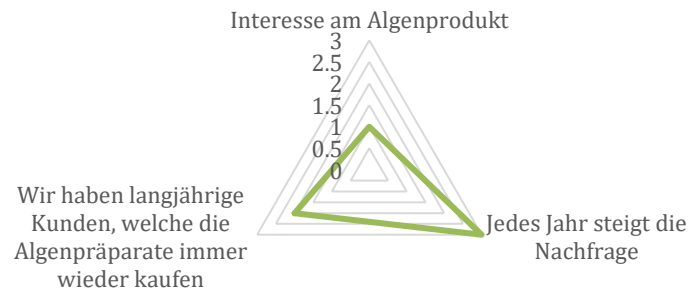


Abbildung 6. Abgebildet sind die verschiedenen Meinungen zur Nachfrage an Algenpräparaten. Drei Personen finden, dass die Nachfrage jedes Jahr steigt. Zwei Befragte meinen, dass der Verkauf ähnlich ist in den letzten Jahren, da Stammkunden das Produkt jedes Jahr wiederkaufen. Eine Person hat dazu geantwortet, dass das Interesse am Algenprodukt da ist, aber nicht ob es wächst oder stagniert in den letzten Jahren.

Befragte Person 1 hat angemerkt, dass es wichtig ist die Produkte richtig zu beraten. Je besser informiert wird wie das Produkt wirkt, desto besser sieht man im Feld Effekte ausgelöst, durch das Algenpräparat. Man kann das Produkt im Pflanzenschutz nicht mit einem klassischen Fungizid vergleichen. Es ist nicht einfach anzuwenden und die Wirkung dabei ist nicht sicher. Beispielsweise kann ein Produkt bei echtem Mehltau bei der Rebe eingesetzt werden, jedoch ist das nur bis kurz vor der Blüte möglich. Nachher ist die Wirkung nicht mehr gewährleistet. Dies ist auch für das Unternehmen ein Lernprozess, herauszufinden wann und bei welcher Kultur die Wirkung am besten einsetzt.

Frage 4. Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

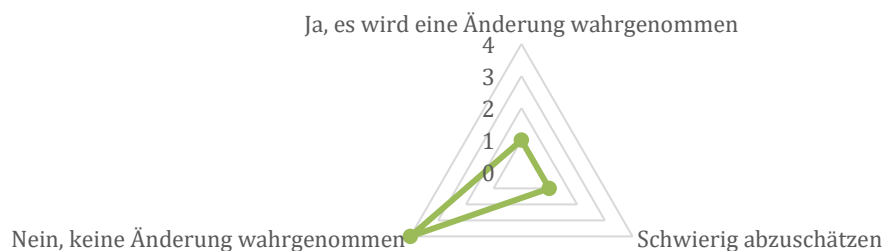


Abbildung 7. Abgebildet sind die verschiedenen Meinungen, ob eine Änderung der Nachfrage durch die Klimadebatte festgestellt wurde. Eine Person hat eine Änderung wahrgenommen. Für eine Person ist es schwierig abzuschätzen, ob sich die Nachfrage dadurch geändert hat. Drei Personen haben keine Veränderung wahrgenommen.

Befragte Person 5 sagt das es sich dabei wahrscheinlich mehr, um eine Generationsfrage handelt. Die jüngere Generation ist für diese Produkte eher offen und interessieren sich auch dafür. Ob das aus der Klimadebatte entstanden ist, ist dabei schwierig zu sagen. Für Befragte Person 4 ist es klar, dass man bei den Endverbrauchern eine Änderung merkt, beispielsweise durch die Trinkwasserinitiative. Befragte Person 2 sieht im europäischen Kontext ein klares Interesse für Algenprodukte gegeben durch die Klimadebatte. In der Schweiz hingegen konnten keine Entwicklungen in diese Richtung beobachtet werden.

Frage 5: Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

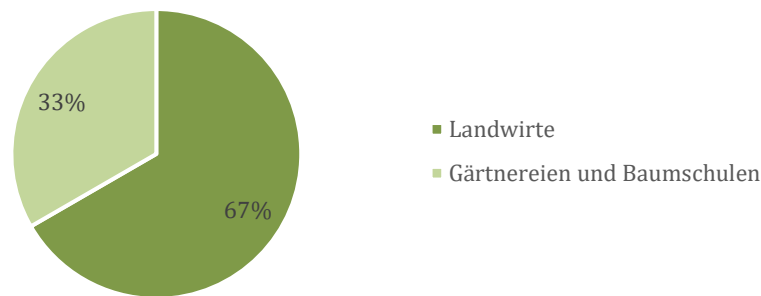


Abbildung 8. Prozentueller Anteil von Käufern der Algenpräparate. 67% der Kunden sind Landwirte, welche vor allem im Gemüsebau und Weinbau tätig sind. 33% sind Gärtnereien und Baumschulen.

Frage 6: Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

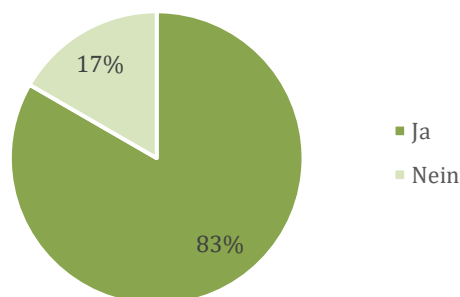


Abbildung 9. Zur Frage ob die Algenpräparate bereits auf grossen Flächen angewendet werden haben 83% Ja geantwortet und 17% nein.

Frage 7. Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Die generelle Zufriedenheit wurde durchgehend positiv eingeschätzt. Befragte Person 4 meint das der Preis die Kunden zuerst abschreckt, aber wenn sie sich dann überlegen wie andere Dünger hergestellt werden, wählen sie das Produkt trotzdem. Befragte Person 5 schätzt die Zufriedenheit als gut ein. Relativiert jedoch, dass es sich dabei nicht um schwarz-weiss Produkte handelt und man deshalb auch viel weniger Feedback erhält wie beispielsweise bei Pflanzenschutzmittel, da die Algenprodukte oft als Mischungen verwendet werden. Würde man das Produkt alleine verwenden, würde das Feedback wahrscheinlich auch mal negativ ausfallen. Befragte Person 1 antwortete das die Zufriedenheit wahrscheinlich sehr gut ist, da die Produkte jedes Jahr wiedergekauft werden.

Frage 8. Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Fünf von sechs Firmen hatten bisher noch keine negativen Erfahrungen beim Verkauf von Algenpräparaten gemacht. Befragte Person 1 hat gemeint, dass sicher auch schon negative Erfahrungen gemacht wurden. Am Anfang des Verkaufs des Algenproduktes gab es wahrscheinlich Kunden, welche keine Effekte durch das Produkt gesehen haben. Befragte Person 5 meint, dass es kein negatives Feedback gibt, weil das Unternehmen sehr offen, technisch und ehrlich über die Produkte berätet. Es ist wichtig dem Kunden zu erklären, dass die Algenprodukte nur eine unterstützende Wirkung haben. Dazu kommt, dass das Produkt schnell die teuerste Substanz in der Spritzbrühe ist, verglichen zu Schwefel oder Kupfer. Befragte Person 4 sagt dazu, dass noch nie negative Erfahrungen gemacht wurden, nur der Preis schreckt manchmal zuerst ab.

Frage 9: Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

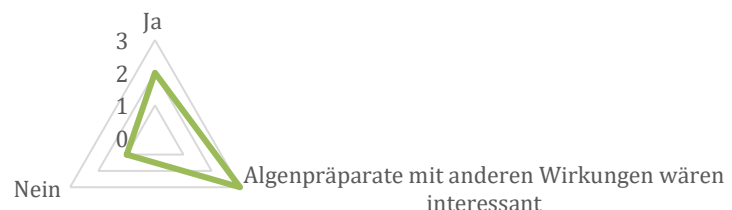


Abbildung 10. Zur Frage ob Interesse besteht in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen haben zwei Personen mit Ja, eine Person mit Nein geantwortet. Drei Personen wünschen sich von einem neuen Produkt andere Wirkungen, dann kommt es in Frage.

Befragte Person 2 antwortet auf diese Frage, dass das Unternehmen momentan drei neue Produkte auf Algenbasis für die Landwirtschaft entwickelt. Befragte Person 1 erwähnt das die Firma gut abgedeckt ist. Im Pflanzenschutz wäre die Firma interessiert, wenn es Mittel gegen verschiedene Pathogene geben würde. Produkte für den Boden oder Fruchtansatz braucht das Unternehmen nicht mehr. Für Befragte Person 5 ist klar, dass das neue Mittel auf die Wirkungen getestet werden müsste. Dazu kommt, dass es darauf ankommt ob es sich dabei um Pflanzenschutzmittel handelt oder nicht. Am besten sollte das Produkt andere Faktoren bieten können wie das momentane Produkt im Sortiment. Am besten sollte das Produkt düngend sein oder es handelt sich dabei um ein Pflanzenschutzmittel. Falls es sich um ein Pflanzenschutzmittel handelt, wäre es interessant direkt eine Bewilligung dafür einzuholen, um das Produkt nachher seriös zu verkaufen. Momentan gibt es sehr viele verschiedene Produkte auf dem Markt. Es ist wichtig ein seriöses Produkt zu verkaufen um nicht im Snake-Oil Kuchen zu landen. Im Bereich Dünger ist die Firma von Befragte Person 4 gut aufgestellt. Es sind verschiedene Dünger auf Algenbasis im Sortiment. Zukünftig wären andere Produkte mit pflanzenstärkender Wirkung interessant.

Frage 10. Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Fünf von sechs Firmen fördern keine entsprechenden Studien. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Unternehmen meist nur mit den Präparaten handeln, jedoch keine selber produzieren. Sie stehen den Mikroalgen jedoch meist offen gegenüber und würden Produkte mit Mikroalgen in ihr Sortiment aufnehmen, wenn sich die Wirkungen als positiv herausstellen würde. Befragte Person 2 arbeitet und forscht mit Mikroalgen. Die Firma hat eigene Photobioreaktoren und züchten Mikroalgen.

Frage 11: Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Zu dieser Frage hatten die Befragten verschiedene Ansichten. Drei von sechs waren der Meinung, dass es sich auch weiterhin um ein Nischenprodukt handeln wird. Die Befragte Person 4 hat geantwortet, dass es wichtig ist wie die Trinkwasserinitiative ausgehen wird, da dadurch der Kunde mehr sensibilisiert sein wird für natürliche Mittel. Allgemein ist ein riesiges Potential für Algen oder andere natürliche Produkte da. Für Befragte Person 3 ist es wichtig, dass sich die Wirkung der Algen noch verbessert, da sie momentan nur bei 35-40% liegt. Der Befragte wünscht sich eine Wirkung von mindestens 80%. Befragte Person 5 hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Mittel

in anderen Ländern eine bessere Wirkung erzielen kann wie in der Schweiz, da das Klima und die Böden in der Schweiz ziemlich gut sind. Die Präparate wirken am besten bei Stress wie Hitzestress, Salzstress oder Wasserstress. Da dieser in der Schweiz nicht oft vorhanden ist, wirken die Mittel nicht so gut wie in warmen Ländern an Küstennähe. Es kann aber bei Böden welche sehr stark befahren oder vorgängig viel chemische Mittel eingesetzt wurden wirken. Befragte Person 1 denkt, dass Algenpräparate deshalb ein Nischenprodukt bleibt aufgrund der vielen ähnlichen Produkte, welche momentan auf dem Markt zu finden sind. Die Produkte haben dabei meistens eine berechnigte Teilwirkung, werden aber nur erfolgreich verkauft mit dem richtigen Marketing.

8 Diskussion

8.1 Zulassung der Biostimulanzien

Nach dem EBIC führen Länder aus dem Mittelmeerraum wie Italien, Spanien und Frankreich den Markt für die Herstellung sowie die Verwendung von Biostimulanzien in Europa an (EBIC 2020). Es war schwierig eine Liste (Anhang 4) der zugelassenen Algenpräparate europaweit zu erstellen, da die EU-Düngeprodukte-Verordnung erst im Juli 2019 eine neue Produktgruppe «Biostimulanzien» ins Leben gerufen hat. Nach Billmann et al. (2020) stehen die genauen Regelungen momentan auf EU- und nationaler Ebene noch aus. Deshalb können die Produkte nicht in den Datenbanken der EU gesucht werden. Es handelt sich bei den Produzenten meist um kleine lokale Firmen in den jeweiligen Ländern, welche nicht in Listen erfasst sind. In Deutschland sind Pflanzenstärkungsmittel gemäss § 2 Nr. 10 Pflanzenschutzgesetz geregelt (PflSchG 2012). Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) testet die Produkte laufend und aktualisiert jeweils eine Liste mit zugelassenen Pflanzenstärkungsmitteln und eine Liste mit Pflanzenstärkungsmitteln die nicht verkehrsfähig sind. Österreich stützt sich dabei auf die Listen des BVLs. Je nach Land gibt es Listen der zugelassenen Düngerprodukte. Die Listen sind zum Teil jedoch nicht so umfassend, dass bei den Produkten herausgelesen werden kann ob Algen darin enthalten sind. Bei vielen der anderen europäischen Länder gibt es keine Produktlisten, sondern es wird dabei auf Einhaltung der aktuellen EU-Düngeverordnung verwiesen. Zukünftig könnte hier eine rechtliche Grundlage grosse Vorteile bringen und es könnte dadurch europaweit eine Regelung entstehen, ob Algenprodukte als Dünger, Biostimulanzien oder Pflanzenschutzmittel verkauft werden dürfen. So können auch entsprechende neue angepasste Listen erstellt werden. Dies vereinfacht den Umgang mit den Präparaten für den Anwender, Händler und Produzenten.

8.2 Makroalgen

Unterschiedliche Wirkungen konnten für Makroalgen bei verschiedenen Versuchen festgestellt werden. Bei den umfassenden Untersuchungen von Battacharyya et al. (2015) wurden die Studien, welche weltweit gemacht wurden, zum ersten Mal in einer Arbeit zusammengefasst. Blunden (1971) und Khan et al. (2009) denken, dass in der Makroalge nicht der Nährstoffgehalt der Extrakte für eine Wirkung verantwortlich ist, da er mengenmässig nicht für eine Wirkung ausreicht. Battacharyya et al. (2015) vermuten deshalb, dass die physiologische Wirkung durch wachstumsfördernde Verbindungen und Elicitoren vermittelt wird. Bei den Untersuchungen von Anderson (2009) und Hegazy et al. (2009) konnten Alginsäure und Chelatmetallionen bildende Polymere mit hohem Molekulargewicht als Verbesserer des Bodens identifiziert werden, da sie die Wasserrückhaltekapazität förderten. Lattner et al. (2003) sowie Verkleij (1992) berichteten von ähnlichen Beobachtungen. Chen et al. (2003) berichteten zudem über verbessertes Wurzelwachstum und erhöhte mikrobielle Aktivität des Bodens. Ishii (2000) bestätigte, dass Alginsäure das Hyphenwachstum fördert, sowie die Dehnung von arbuskulären Mykorrhizapilzen. Auch bei einer Applikation von Algen über die Blätter konnten verschiedene positive Effekte beobachtet werden. Turan und Köse (2004) haben im Weinbau eine verbesserte Aufnahme von Kupfer festgestellt, Crouch et al. (1990) konnten im Gemüseanbau eine Verbesserung der Eisenaufnahme bei Salaten sehen, Kotze und Joubert (1980) eine Erhöhung des Kalziumgehalts bei Gemüsekohl. Bei Mancuso et al. (2006) haben die Applikation von Algen auf Blätter die Toleranz der Pflanzen gegenüber Frost verbessert.

8.2.1 Bedeutung der Konzentration

Crouch und van Staden haben bereits 1993 herausgefunden, dass Meeresalgenextrakte in kleinen Konzentrationen bioaktiv sind. Schon im Jahr 1985 konnte dies von Finnie und Van Staden in ihrem Versuch bewiesen werden. Eine niedrigere Konzentration des *Ecklonia Maxima*-Extraktes konnte das Wachstum von Tomatenwurzeln fördern wobei eine höhere Konzentration das Wurzelwachstum hemmte. Auch Kalaivanan und Venkatesalu (2012) berichteten von einer verbesserten Wirkung der Algen bei einer geringeren Extraktion. Bei vier verschiedenen Konzentrationen wurden bei der niedrigsten Konzentration die besten Wirkungen gesehen.

8.2.2 Abbau und Extraktion

Zur Abfischung der Makroalgen aus dem Meer sind Lizenzen erforderlich. Die ausgewachsenen Algen können ohne Schädigung des Wurzelwerkes, alle zwei Jahre vom Boot aus beerntet werden. So ist das Nachwachsen am Meeresboden möglich (Blanke 2016). Craigie (2011) berichtete,

dass der Abbau mit grossem Aufwand verbunden ist, dazu kommt, dass die Extrakte in die Länder transportiert werden müssen. Bei der Extraktion können zusätzliche umweltbelastende Faktoren dazu kommen. Zurzeit ist die alkalische Hydrolyse die häufigste Art der Extraktion in der Industrie. Dabei werden hohe Temperaturen zwischen 70 – 100 Grad und chemische Stoffe wie NaOH- und KOH-Lösungen eingesetzt. Eine umweltfreundlichere Variante, welche jedoch noch nicht oft angewendet wird, ist die Extraktion mit Enzymen, da sie keine hohen Temperaturen und Lösungsmittel benötigen (Kadam u. a. 2013; Shukla u. a. 2019; Wijesinghe und Jeon 2012). Eine andere Variante ohne giftige Lösungsmittel ist die Superkritische-Fluid Extraktion, bei welcher die bioaktiven Verbindungen extrahiert werden (Herrero u. a. 2010; Shukla u. a. 2019). Die biologische Aktivität der Extrakte je nach Extraktionsmethode sollte mit weiteren Studien näher untersucht werden. Weiter wurde belegt, dass dasselbe Rohmaterial nach der Extraktion zu unterschiedlichen Ergebnissen im Feld führt (Khairy und El-Shafay 2013; Kim 2012). Beispielsweise bei Stirk et al. (2014) hatte das Extrakt von *Ecklonia Maxima* einen anderen Gehalt an ABA, GA und BR als das Ausgangsmaterial. Aber auch die Lagerung der Produkte kann entscheidend sein, ob eine Wirkung eintritt. So hatten bei Stirk et al. (2014) frische Extrakte einen höheren Auxin-ähnlichen sowie Cytokinin-ähnliche Aktivität als bei längerer Lagerdauer.

Insgesamt haben kommerzielle Extrakte aus verschiedenen Meeresalgen eine immer grössere Akzeptanz in ihrer Funktion als Biostimulatoren in Gärtnerei und Landwirtschaft gefunden, wobei die biostimulierende Wirkung von Algen viele Vorteile für die Pflanze hat. Anders als bei den Mikroalgen, wurden in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Studien zu den Makroalgen als Biostimulanzie durchgeführt. Algenextrakte die aus verschiedenen Ausgangsrohstoffen mittels verschiedenen Verfahren hergestellt werden, können eine Reihe von positiven Effekten wie erhöhte Nährstoffaufnahme, biotische und abiotische Stresstoleranz und eine bessere Qualität auf verschiedene Kulturen hervorbringen. Die Extraktion von Eckol bei *Ecklonia Maxima* könnte nochmals einen Fortschritt bedeuten. In Versuchen von Rengasamy et al. (2016) wurde eine Verbesserung der biochemischen Aktivität der α -Amylase sowie eine erhöhte Spross- und Wurzelverlängerung und eine erhöhte Anzahl von Samenwurzeln gegenüber dem kommerziellen Algenpräparat Kelpak® herausgefunden. Momentan sind die meisten Produkte auf dem Markt Extrakte aus ganzen Meeresalgen. Es könnte interessant sein, die physiologischen Wirkungen von bestimmten Komponenten zu untersuchen oder auch verschiedene Makroalgen mit unterschiedlichen Konzentrationen zu kombinieren, um so synergistische Effekte zu erzielen.

8.3 Mikroalgen

Eine nachhaltigere Lösung gegenüber Makroalgen können die Mikroalgen sein. Man kann dabei die Abfall-Mikroalgen-Biomasse nutzen, dies senkt die Entsorgungskosten und führt zu einer win-win Situation. Bei der Literaturrecherche fiel auf, dass die meiste Forschung zu Mikroalgen als Biostimulator in den letzten zehn Jahren gemacht wurde, verstärkt in den letzten fünf Jahren nahm die Forschung in diese Richtung zu. Vor allem Valeria Barone und Ivana Puglisi haben in den letzten Jahren umfassende Versuche mit Mikroalgen an verschiedenen Kulturen durchgeführt (Barone, Puglisi, Fragalà, Lo Piero, u. a. 2019; Barone, Puglisi, Fragalà, Stevanato, u. a. 2019; Barone u. a. 2018; Puglisi, Barone, u. a. 2020; Puglisi u. a. 2018).

Versuche an *Dunaliella salina* von Arroussi et al. (2018) sowie Guzmán-Murillo et al. (2013) konnte einen Stressminderung bei Salzstress an den Kulturen Tomaten und Pfeffer feststellen. Es könnte möglich sein, dass diese Mikroalge vor allem bei salzgestressten Böden besonders wirksam und zukünftig wertvoll ist. Dies müsste aber noch in umfassenderen Versuchen bestätigt werden.

8.3.1 Kultivierung und Extraktion

Mikroalgen haben unterschiedliche Vorteile in der Kultivierung gegenüber Makroalgen. Wie Posten und Wilhelm (2016) untersucht haben, können Mikroalgen lokal in industriellen Grossanlagen kultiviert werden. Sie haben eine kurze Generationszeit und können schnell zu hohen Dichten heranwachsen und das gesamte einfallende Licht absorbieren. Das hat den Vorteil, das Sonnenlicht im Jahresverlauf gegenüber höheren Pflanzen besser ausgenutzt werden kann, weil im Frühling keine Kraft der Alge in Blätter aufgewendet werden muss. Dass bis zu 300 Tage im Jahr effizient für die Mikroalgenzucht nutzbar sind, stellt einen grossen Vorteil gegenüber Makroalgen dar.

Durch Zugabe von anderen pflanzlichen Biostimulatoren bei der Aufzucht der Mikroalgen konnte von Constantinescu-Aruxandei et al. (2019) festgestellt werden, dass sich die Produktivität und Aktivität bioaktiver Verbindungen verbessert. Betain konnte die antioxidative Aktivität in Algenextrakten verdreifachen, Selen verdoppeln. Eine umfassendere Studie zur Frage wie andere Biostimulatoren die Produktivität und Aktivität verbessern können wäre in Zukunft sehr interessant. So könnte die Aufzucht der Mikroalgen noch effektiver werden.

Michalak und Chojnacka (2014) erwähnten, dass durch das erhöhte Verhältnis der Zellwände im Gegensatz zu den Makroalgen, die Extraktion eine intensivere Behandlung benötigt und empfehlen die enzymatische Extraktion. Sie ist weniger energieaufwendig und zellwandschonender, als

andere Extraktionsverfahren. Barone et al. (2019) haben in ihren Versuchen mit Mikroalgenzellen gearbeitet und nicht mit Extrakten. Mikroalgenextrakte scheinen zwar eine höhere biologische Aktivität auf den Boden zu haben, aber die Verwendung von lebenden Mikroalgenzellen sind einfacher handzuhaben und können eine billige Alternative zu Extrakten sein.

Die Untersuchungen von Barone et al. (2019), Spinelli et al. (2019) und Zhang et al. (2017), welche sich mit der Symbiose zwischen Mikroalge und Kultur im Hydroponik-System beschäftigten sollten noch weiter ausgebaut werden. So könnte dieses System beispielsweise in grossen Gemüsebetrieben mit Hydroponik-Systemen angewendet werden.

Chanda et al. haben im Jahr (2020) 18 rohe Extrakte auf ihre stimulierenden Wirkungen an Tomatenpflanzen untersucht. Diese Untersuchung war die erste in dieser Grösse welche zu Mikroalgen als Biostimulatoren gemacht wurde. Positiv an diesem Versuch ist, dass alle Mikroalgen das gleiche Versuchsumfeld hatten und man dadurch einen direkten Vergleich zeigen konnte. Interessant wäre nun die Mikroalgen und Cyanobakterien welche im Versuch von Chanda et al. (2020) die besten Ergebnisse erzielten, in weiteren Versuchen an anderen Kulturen zu vertiefen.

In Zukunft sollte sich die Forschung, welche bereits erfolgreich durchgeführt wurde, an anderen Kulturen oder mit anderen Mikroalgen-Stämmen wiederholt werden. So kann sich in Zukunft herauskristalisieren, welche Mikroalgen sich für welche Nutzpflanze besser eignen. Möglich ist, dass es Mikroalgen gibt die eher die enzymatische Aktivität im Boden verbessert und so beispielsweise für Wurzelgemüse besonders förderlich sind. Dafür sind andere Mikroalgen eher für ein erhöhtes Wachstum geeignet was wiederum den Ertrag von anderen Nutzpflanzen erhöhen könnte. Es könnte in Zukunft auch ein Vorteil sein Mikroalgen-Stämme mit Zusammensetzungen und Formulierungen, die auf eine bestimmte Umgebung wirksam sind, in Kombination mit ergänzenden Mitteln zu untersuchen.

8.4 Resultate Interview

Es hat sich bei den Interviews herausgestellt, dass der Einsatz von Algenpräparaten in der Praxis nicht einfach ist. Einerseits ist das Algenpräparat schnell die teuerste Substanz in der Spritzbrühe und der Preis schreckt Kunden ab. Andererseits Bedarf der richtige Einsatz viel fachkundige Beratung. Trotzdem gaben 83% der Befragten an, dass Kunden welche die Algenpräparate kaufen, das Mittel bereits auf grossen Flächen anwenden. Kunden sind zu 67% Landwirte, welche vor allem im Gemüse- und Weinbau tätig sind und 33% davon sind Gärtnereien und Baumschulen. Dabei wurde die generelle Zufriedenheit der Kunden von den Firmen als durchgehend positiv

eingeschätzt. Ein Grund dafür ist, dass die Algenpräparate als Mischprodukte mit anderen Wirkstoffen verkauft werden und so sehen Kunden die Effekte an den Kulturen mehr. Fünf von sechs der Befragten gaben an, keine Studien zu fördern welche sich mit den Wirkungen von Mikroalgen beschäftigen. Eine Firma jedoch stellt seit Jahren Mikroalgenprodukte her und forscht an weiteren Präparaten. Alle Firmen interessieren sich für den Anbau von Mikroalgen als Alternative zu Makroalgen. Interessant war die Aussage von Befragte Person 5 bezüglich der Wirkung in der Schweiz. Die Wirkung der Algen ist in Länder mit gestressten Böden viel höher als in der Schweiz. Dies kommt daher, dass die Schweiz generell schon gute Böden hat. Deshalb können Studien aus Ägypten, Brasilien oder anderen warmen Ländern mit salinen Böden andere Ergebnisse zeigen als Studien welche in Mitteleuropa durchgeführt wurden. So kann durchaus die Frage gestellt werden, wie gross das Potential der Produkte in der Schweiz effektiv ist. Das Interesse der Unternehmen weitere Produkte ins Sortiment zu nehmen, war unterschiedlich. Die Mehrheit wünscht sich einen anderen Effekt der Alge, in Richtung Pflanzenschutz oder biostimulierender Wirkung. Im Sektor Düngung sind die meisten befragten Unternehmen gut abgedeckt. Die Zulassung für Algen als Pflanzenschutzmittel gestaltet sich als schwierig, da sie viel strengere Auflagen erfüllen müssen. Einerseits muss der Laminaringehalt stimmen, andererseits muss die Wirkung, welcher in Versuchen gezeigt wurden, eingehalten werden können. Die Firma von Befragte Person 1 verkauft ein Produkt mit Elicitorwirkung welches im Getreide angewendet wird und eine Wirkung gegen Septoria Blattdürre (*Septoria tritici*) und gegen echten Mehltau (*Erysipales*) hat. 2010 kam die Zulassung für ein weiteres Produkt für den Pflanzenschutz. Das Produkt hilft bei Feuerbrand im Kernobst. Um die Wirkung der Algen zu intensivieren, werden die Produkte für den Pflanzenschutz stark aufgereinigt.

Für weiterführende Studien wäre es interessant das Interview mit Produzenten der Algenpräparate durchzuführen. Die Befragten in dieser Studie waren mehrheitlich Händler der Produkte. Sie wissen viel über die richtige Beratung, das Kaufverhalten von Kunden und die Wirkung der Produkte direkt im Feld. Jedoch konnten die Befragten bei Fragen welche zu Forschungen, beispielsweise im Mikroalgenbereich, gingen, meist nur auf Produzenten verweisen.

8.5 Diskussion der Methode

Der teilmonologische Leitfaden nach Helfferich (2011) erwies sich als geeignet, um die Forschungsfragen in Bezug auf die Marktanalyse zu beantworten. Die mehrheitlich offenen Fragen führten zu umfassenden, ehrlichen Antworten, denn sie hatten keinen Referenzwert für eine Antwort. So konnten mehr Informationen gesammelt werden, wie mit der Frage eigentlich vorgesehen

war. Durch die direkte telefonische Anfrage konnte die Spontanität der Antworten gewährleistet werden. Positiv war auch, dass der Interviewpartner die Länge der Antworten selber wählen konnte und somit selber entscheiden konnte wie lange das Interview dauert. Sie dauerten zwischen 10 Minuten bis 40 Minuten. Dies hätte man mit geschlossenen Fragen wahrscheinlich nicht erreicht.

8.6 Fazit

Bei den Makroalgen eignen sich vor allem *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* und die Rotalge *Kappaphycus alvarezii* zur Pflanzenstärkung. Bei den Mikroalgen kann das noch nicht abschliessend gesagt werden, da die Forschung noch wenige umfassende Studien durchgeführt hat mit Vergleichen zur Wirkung der einzelnen Mikroalgen. *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* sowie *Scenedesmus quadricauda* zeigen positive Wirkungen auf Pflanzen. Die vergleichende Untersuchung von Chanda et al. (2020) zeigten die besten Wirkungen mit *Aphanothece sp.* sowie *Chlorella ellipsoidea*. Es muss bei der Auswahl der Mikroalgen bedacht werden, dass sie einfach in der Aufzucht sind. Beide Makro- wie Mikroalgen haben pflanzenstärkende Wirkungen und können zukünftig einen Teil der chemisch-synthetischen Wirkstoffe ersetzen.

Gesetzesgeber in Europa sowie die Forschung arbeitet parallel daran, Algenpräparate einerseits zu erforschen andererseits die nötige gesetzliche Grundlage dafür zu schaffen. Die erstellte Liste mit der Produktübersicht in Europa wird in sich in Zukunft wahrscheinlich vergrössern und es wird einfacher sein zugelassene Produkte in den einzelnen Ländern oder sogar europaweit abzurufen.

Die Befragung mit den Unternehmen zeigte auf, welche Herausforderungen die Produkte mit sich bringen. Da immer mehr Biostimulanzien auf den Markt kommen, wird die fachkundige Beratung und ein gutes Marketing wichtig sein.

Literaturverzeichnis

- Abd El-Baky, Hanna H., Farouk K. El-Baz, und Gamal S. El Baroty. 2010. „Enhancing antioxidant availability in wheat grains from plants grown under seawater stress in response to microalgae extract treatments“. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(2):299–303.
- Abdelmawgoud, Ahmed, A. S. Tantaway, Magda M. Hafez, und H. a. M. Habib. 2010. „Seaweed Extract Improves Growth, Yield and Quality of Different Watermelon Hybrids.“ Abgerufen 16. April 2020 (<https://www.semanticscholar.org/paper/Seaweed-extract-improves-growth%2C-yield-and-quality-Abdelmawgoud-Tantaway/8698d3a00176bc6df52ae1602530fc44cedfb0c3>).
- Abetz, P., und C. L. Young. 1983. „Effect of Seaweed Extract Sprays Derived from *Ascophyllum Nodosum* on Lettuce and Cauliflower Crops“. *Botanica Marina*.
- Ahmad, Iqbal, John Pichtel, und Shamsul Hayat. 2008. *Plant-bacteria interactions: strategies and techniques to promote plant growth*. John Wiley & Sons.
- Aicher, Christoph, Reinhard Grünwald, Christoph Revermann, und Johannes Schiller, Hrsg. 2019. *Das Potenzial algenbasierter Kraftstoffe für den LKW-Verkehr: Sachstandsbericht zum Monitoring „Nachhaltige Potenziale der Bioökonomie - Biokraftstoffe der 3. Generation“*. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).
- Akgül, Füsün, und Rıza Akgül. 2019. „The effect of *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler extracts on seed germination of *Lactuca sativa* L.“ *PROCEEDINGS BOOK* 301.
- Alam, Mohammed Zahidul, Gordon Braun, Jeffrey Norrie, und D. Mark Hodges. 2013. „Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry“. *Canadian Journal of Plant Science* 93(1):23–36.
- Anderson, Graeme. 2009. „Seaweed extract shows improved fruit quality at McLaren Vale vineyard trial“. *Australian and New Zealand grapegrower and winemaker* (548):17–22.
- Aremu, Adeyemi O., Nqobile A. Masondo, Kannan R. R. Rengasamy, Stephen O. Amoo, Jiří Gruz, Ondřej Bíba, Michaela Šubrtová, Aleš Pěnčík, Ondřej Novák, Karel Doležal, und Johannes Van Staden. 2015. „Physiological Role of Phenolic Biostimulants Isolated from Brown Seaweed *Ecklonia Maxima* on Plant Growth and Development“. *Planta* 241(6):1313–24.
- Arroussi, H. EL, R. Benhima, A. Elbaouchi, B. Sijilmassi, N. EL Mernissi, A. Aafsar, I. Meftah-Kadmiri, N. Bendaou, und A. Smouni. 2018. „*Dunaliella salina* exopolysaccharides: a promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (*Solanum lycopersicum*)“. *Journal of applied phycology* 30(5):2929–2941.
- Aziz, Aziz, Benoît Poinssot, Xavier Daire, Marielle Adrian, Annie Bézier, B. Lambert, Jean-Marie Joubert, und Alain Pugin. 2003. „Laminarin Elicits Defense Responses in Grapevine and Induces Protection Against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*“. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 16(12):1118–28.

- Aziz, Nahed G. Abdel, M. H. Mahgoub, und H. S. Siam. 2011. „Growth, flowering and chemical constituents performance of *Amaranthus tricolor* plants as influenced by seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract application under salt stress conditions.“ *Journal of applied sciences research* (November):1472–1484.
- Babalola, Olubukola. 2010. „Beneficial bacteria of agricultural importance“. *Biotechnology letters* 32:1559–70.
- Barone, V., A. Baglieri, Piergiorgio Stevanato, C. Broccanello, G. Bertoldo, M. Bertaggia, M. Cagnin, D. Pizzeghello, V. M. C. Moliterni, und G. Mandolino. 2018. „Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)“. *Journal of Applied Phycology* 30(2):1061–1071.
- Barone, Valeria, Ivana Puglisi, Ferdinando Fragalà, Angela Roberta Lo Piero, Francesco Giuffrida, und Andrea Baglieri. 2019. „Novel Bioprocess for the Cultivation of Microalgae in Hydroponic Growing System of Tomato Plants“. *Journal of Applied Phycology* 31(1):465–70.
- Barone, Valeria, Ivana Puglisi, Ferdinando Fragalà, Piergiorgio Stevanato, und Andrea Baglieri. 2019. „Effect of Living Cells of Microalgae or Their Extracts on Soil Enzyme Activities“. *Archives of Agronomy and Soil Science* 65(5):712–26.
- de-Bashan, Luz E., Xavier Mayali, Brad M. Bebout, Peter K. Weber, Angela M. Detweiler, Juan-Pablo Hernandez, Leslie Prufert-Bebout, und Yoav Bashan. 2016. „Establishment of Stable Synthetic Mutualism without Co-Evolution between Microalgae and Bacteria Demonstrated by Mutual Transfer of Metabolites (NanoSIMS Isotopic Imaging) and Persistent Physical Association (Fluorescent in Situ Hybridization)“. *Algal Research* 15:179–86.
- Battacharyya, Dhriti, Mahbobeh Zamani Babgohari, Pramod Rathor, und Balakrishnan Prithiviraj. 2015. „Seaweed Extracts as Biostimulants in Horticulture“. *Scientia Horticulturae* 196:39–48.
- Bickert, Dr. Christian, Katrin Rutt, und Dr. Klaus Erdle. 2018. „DLG e.V. - DLG-Kompakt Biostimulanzien“. Abgerufen 4. Mai 2020 (<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/pflanzenbau/dlg-kompakt-012018/>).
- Billmann, Bettina, Klaus Bongartz, Andrea Frankenberg, Kathrin Huber, Nicole Kern, Robert Koch, Martin Koller, Anna-Theresa Planner, Marion Ruisinger, und Andrea Servos. 2020. „Pflanzenschutz im Bio-Zierpflanzenbau“. 56.
- Blanke, M. 2016. „Biostimulantien – von Algenextrakten bis Shrimpsschalen – eine Branche (er-)findet sich“. *Erwerbs-Obstbau* 58(2):81–87.
- Blunden, G. 1971. „Effects of Aqueous Seaweed Extract as a Fertilizer Additive“. *International Symposium on Seaweed Research, 7th, Sapporo*.
- Buck, Bela Hieronymus, und Cornelia Maria Buchholz. 2004. „The offshore-ring: a new system design for the open ocean aquaculture of macroalgae“. *Journal of Applied Phycology* 16(5):355–368.

- Bühner, Monika. 2017. „Wachstumsfördernde Wirkung durch Mischung von Mikroorganismen und Biostimulanzien“.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 2020. *Mittel, die als Pflanzenstärkungsmittel nicht verkehrsfähig sind*.
- Bushong, Jacob T., Eric C. Miller, Jeremiah L. Mullock, D. Brian Arnall, und William R. Raun. 2016. „Irrigated and rain-fed maize response to different nitrogen fertilizer application methods“. *Journal of Plant Nutrition* 39(13):1874–1890.
- BVL. 2020. *Liste der Pflanzenstärkungsmittel*. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.
- Calvo, Pamela, Louise Nelson, und Joseph W. Kloepper. 2014. „Agricultural Uses of Plant Biostimulants“. *Plant and Soil* 383(1–2):3–41.
- Carvalho, M. E. A., Paulo Roberto de Camargo Castro, A. D. C. Novembre, und HMCP Chamma. 2013. „Seaweed extract improves the vigor and provides the rapid emergence of dry bean seeds“. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 13(8):1104–1107.
- Castaigns, Loren, Chloé Marchive, Christian Meyer, und Anne Krapp. 2011. „Nitrogen signalling in Arabidopsis: how to obtain insights into a complex signalling network“. *Journal of experimental botany* 62(4):1391–1397.
- Chanda, Mutale-joan, Redouane Benhima, Najib Elmermissi, Yassine Kasmi, Lyamlouli Karim, Laila Sbabou, Zeroual Youssef, und Hicham El Arroussi. 2020. „Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of Solanum lycopersicum L.“ *Scientific Reports (Nature Publisher Group)* 10(1).
- Chapman, A. R. O., R. J. Anderson, V. J. Vreeland, und I. R. Davison. 2003. „Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Cape Town, South Africa, 28 January-2 February 2001.“ in *Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Cape Town, South Africa, 28 January-2 February 2001*. Oxford University Press.
- Chen, Shu-Kang, Clive A. Edwards, und Scott Subler. 2003. „The influence of two agricultural biostimulants on nitrogen transformations, microbial activity, and plant growth in soil microcosms“. *Soil Biology and Biochemistry* 35(1):9–19.
- Cheong, J. J., W. Birberg, P. Fügedi, A. Pilotti, P. J. Garegg, N. Hong, T. Ogawa, und M. G. Hahn. 1991. „Structure-Activity Relationships of Oligo-Beta-Glucoside Elicitors of Phytoalexin Accumulation in Soybean.“ *The Plant Cell* 3(2):127–36.
- Chiaiese, Pasquale, Giandomenico Corrado, Giuseppe Colla, Marios C. Kyriacou, und Youssef Rouphael. 2018. „Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance“. *Frontiers in Plant Science* 9.
- Chisti, Yusuf. 2007. „Biodiesel from microalgae“. *Biotechnology advances* 25(3):294–306.

- Chopin, T., und M. Sawhney. 2009. *Seaweeds and their mariculture*. Steele JH, Thorpe SA, Turkerian KK, editors *The encyclopedia of ocean sciences*. Oxford, UK: Elsevier.
- Chouliaras, Vassilios, Maria Tasioula, Christos Chatzissavvidis, Ioannis Therios, und Eleftheria Tsaboulidou. 2009. „The Effects of a Seaweed Extract in Addition to Nitrogen and Boron Fertilization on Productivity, Fruit Maturation, Leaf Nutritional Status and Oil Quality of the Olive (*Olea Europaea* L.) Cultivar Koroneiki“. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89(6):984–88.
- Ciepiela, Grażyna Anna, Agnieszka Godlewska, und Jolanta Jankowska. 2016. „The Effect of Seaweed *Ecklonia Maxima* Extract and Mineral Nitrogen on Fodder Grass Chemical Composition“. *Environmental Science and Pollution Research* 23(3):2301–7.
- Clement, G., und H. van Landeghem. 1970. „Spirulina: Ein Günstiges Objekt Für Die Massenkultur von Mikroalgen“. *Berichte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 83(11):559–65.
- Clouse, Steven D., und Jenneth M. Sasse. 1998. „BRASSINOSTEROIDS: Essential Regulators of Plant Growth and Development“. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49(1):427–51.
- Cluzet, S., C. Torregrosa, C. Jacquet, C. Lafitte, J. Fournier, L. Mercier, S. Salamagne, X. Briand, M. T. Esquerré-Tugayé, und B. Dumas. 2004. „Gene Expression Profiling and Protection of *Medicago Truncatula* against a Fungal Infection in Response to an Elicitor from Green Algae *Ulva* Spp“. *Plant, Cell & Environment* 27(7):917–28.
- Colavita, G. M., N. Spera, V. Blackhall, und G. M. Sepulveda. 2011. „EFFECT OF SEAWEED EXTRACT ON PEAR FRUIT QUALITY AND YIELD“. *Acta Horticulturae* (909):601–7.
- Colla, Giuseppe, Youssef Roupheal, Renaud Canaguier, Eva Svecova, und Mariateresa Cardarelli. 2014. „Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis“. *Frontiers in plant science* 5:448.
- Constantinescu-Aruxandei, Diana, Alexandru Vlaicu, Ioana Cristina Marinaş, Alin Cristian Nicolae Vintilă, Luminița Dimitriu, und Florin Oancea. 2019. „Effect of Betaine and Selenium on the Growth and Photosynthetic Pigment Production in *Dunaliella Salina* as Biostimulants“. *FEMS Microbiology Letters* 366(21).
- Coppens, Joeri, Oliver Grunert, Sofie Van Den Hende, Ilse Vanhoutte, Nico Boon, Geert Haesaert, und Leen De Gelder. 2016. „The use of microalgae as a high-value organic slow-release fertilizer results in tomatoes with increased carotenoid and sugar levels“. *Journal of applied phycology* 28(4):2367–2377.
- Craigie, James S. 2011. „Seaweed Extract Stimuli in Plant Science and Agriculture“. *Journal of Applied Phycology* 23(3):371–93.
- Crouch, I. J., R. P. Beckett, und J. Van Staden. 1990. „Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce“. *Journal of Applied Phycology* 2(3):269–272.

- Crouch, I. J., und J. van Staden. 1993. „Evidence for the Presence of Plant Growth Regulators in Commercial Seaweed Products“. *Plant Growth Regulation* 13(1):21–29.
- Dogra, B. S., und Rakesh K. Mandradia. 2012. „Effect of seaweed extract on growth and yield of onion“. *International Journal of Farm Sciences* 2(1):59–64.
- EBIC. 2020. „European Biostimulants Industry Council“. *European Biostimulants Industry Council*. Abgerufen 29. Juni 2020 (<http://www.biostimulants.eu/>).
- Elarroussia, Hicham, Najib Elmernissia, Redouane Benhima, Isam Meftah El Kadmiria, Najib Bendaou, A. Smouni, und I. Wahbya. 2016. „Microalgae polysaccharides a promising plant growth biostimulant“. *J. Algal Biomass Utiln* 7(4):55–63.
- Elhafiz, AreegAbd, AfnanAbd Elhafiz Suruchika S. Gaur, und Noor Hamdany Maryam Osman and T. V. Rajya Lakshmi. 2015. „Chlorella Vulgaris and Chlorella Pyrenoidosa Live Cells Appear to Be Promising Sustainable Biofertilizer to Grow Rice, Lettuce, Cucumber and Eggplant in the UAE Soils.“ *Recent Research in Science and Technology* 14–21.
- Eris, A., HÖ Sivritepe, und N. Sivritepe. 1995. „The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on yield and quality criteria in peppers“. S. 185–192 in *International Symposium on Solanacea for Fresh Market* 412.
- Faheed, Fayza A., und Zeinab Abd-El Fattah. 2008. „Effect of *Chlorella vulgaris* as bio-fertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant“. *J Agric Soc Sci* 4:165–169.
- Fan, Di, D. Mark Hodges, Alan T. Critchley, und Balakrishnan Prithiviraj. 2013. „A commercial extract of brown macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro“. *Communications in soil science and plant analysis* 44(12):1873–1884.
- FAO, und Fisheries and Aquaculture Department. 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FiBL, Hrsg. 2020. „Betriebsmittelliste 2020 für den Biolandbau“.
- FIGIS. 2020. „FIGIS - Fisheries Statistics - Aquaculture“. Abgerufen 20. Mai 2020 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>).
- Finnie, J. F., und J. Van Staden. 1985. „Effect of seaweed concentrate and applied hormones on in vitro cultured tomato roots“. *Journal of plant physiology* 120(3):215–222.
- Fornes, F., M. Sánchez-Perales, und J. L. Guardiola. 2002. „Effect of a Seaweed Extract on the Productivity of ‚de Nules‘ Clementine Mandarin and Navelina Orange“. *Botanica Marina* 45(5):486–89.
- Froni, Tommaso, Paolo Sabbatini, Sergio Tombesi, Jeffrey Norrie, Stefano Poni, Matteo Gatti, und Alberto Palliotti. 2018. „Effects of a Biostimulant Derived from the Brown Seaweed

- Ascophyllum Nodosum on Ripening Dynamics and Fruit Quality of Grapevines“. *Scientia Horticulturae* 232:97–106.
- G.a, Dias, Rocha R.h.c, Araújo J.I, De Lima J.f, und Guedes W.a. 2016. „Growth, Yield, And Postharvest Quality In Eggplant Produced Under Different Foliar Fertilizer (Spirulina Platensis) Treatments“. *Scopus*.
- Gaiero, Jonathan R., Crystal A. McCall, Karen A. Thompson, Nicola J. Day, Anna S. Best, und Kari E. Dunfield. 2013. „Inside the Root Microbiome: Bacterial Root Endophytes and Plant Growth Promotion“. *American Journal of Botany* 100(9):1738–50.
- Garbary, D. J., und J. F. London. 1995. „The Ascophylluml Polysiphonial Mycosphaerella Symbiosis V. Fungal Infection Protects A. nosodum from Desiccation“. *Botanica Marina* 38(1–6):529–534.
- Garcia-Gonzalez, Jesus, und Milton Sommerfeld. 2016. „Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*“. *Journal of applied phycology* 28(2):1051–1061.
- Godlewska, Agnieszka, und Graã...¼yna Anna Ciepiela. 2013. „The Effect of Natural Growth Regulators Obtained from *Ecklonia Maxima* and Mineral Nitrogen on True Protein and Simple Sugar Contents of *Dactylis Glom*“. *Turkish Journal Of Field Crops* 18(2):247–53.
- Guedes, Wellington Alves, Railene Hérica Carlos Rocha Araújo, Josinaldo Lopes Araújo Rocha, José Franciraldo de Lima, George Alves Dias, Ágda Malany Forte de Oliveira, Robson Felipe de Lima, und Luana Muniz Oliveira. 2018. „Production of Papaya Seedlings Using *Spirulina platensis* as a Biostimulant Applied on Leaf and Root“. *Journal of Experimental Agriculture International* 1–9.
- Guiry, Michael D. 2012. „How many species of algae are there?“ *Journal of phycology* 48(5):1057–1063.
- Günerken, Emre, Els D'Hondt, M. H. M. Eppink, Linsey Garcia-Gonzalez, Kathy Elst, und Rene H. Wijffels. 2015. „Cell disruption for microalgae biorefineries“. *Biotechnology advances* 33(2):243–260.
- Guzmán-Murillo, María A., Felipe Ascencio, und Juan A. Larrinaga-Mayoral. 2013. „Germination and ROS Detoxification in Bell Pepper (*Capsicum Annuum* L.) under NaCl Stress and Treatment with Microalgae Extracts“. *Protoplasma* 250(1):33–42.
- Haider, Muhammad Wasim, Chaudhary Muhammad Ayyub, Muhammad Aslam Pervez, Habat Ullah Asad, Abdul Manan, Syed Ali Raza, und Irfan Ashraf. 2012. „Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.)“. *Soil & Environment* 31(2).
- Halpern, Moshe, Asher Bar-Tal, Maya Ofek, Dror Minz, Torsten Muller, und Uri Yermiyahu. 2015. „The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake“. S. 141–174 in *Advances in agronomy*. Bd. 130. Elsevier.

- Hassan, Shima M., M. Ashour, und A. a. F. Soliman. 2017. „Anticancer Activity, Antioxidant Activity, Mineral Contents, Vegetative and Yield of *Eruca sativa* Using Foliar Application of Autoclaved Cellular Extract of *Spirulina platensis* Extract, Comparing to N-P-K Fertilizers.“ *Journal of Plant Production* 8(4):529–36.
- Hayashi, Hidenori, Alia, Laszlo Mustardy, Patchraporn Deshniem, Miki Ida, und Norio Murata. 1997. „Transformation of *Arabidopsis thaliana* with the *CodA* Gene for Choline Oxidase; Accumulation of Glycinebetaine and Enhanced Tolerance to Salt and Cold Stress“. *The Plant Journal* 12(1):133–42.
- Hayashi, Leila, Alex A. Santos, Gabriel S. M. Faria, Beatriz G. Nunes, Marina S. Souza, Alessandra L. D. Fonseca, Pedro L. M. Barreto, Eurico C. Oliveira, und Zenilda L. Bouzon. 2011. „*Kappaphycus Alvarezii* (Rhodophyta, Areschougaceae) Cultivated in Subtropical Waters in Southern Brazil“. *Journal of Applied Phycology* 23(3):337–43.
- Hegazy, E. A., H. Abdel-Rehim, D. A. Diaa, und A. El-Barbary. 2009. „Controlling of degradation effects in radiation processing of polymers“. *Controlling of degradation effects in radiation processing of polymers* 67.
- Helferich, Cornelia. 2011. „Die Qualität qualitativer Daten“.
- Herrero, Miguel, Jose A. Mendiola, Alejandro Cifuentes, und Elena Ibáñez. 2010. „Supercritical Fluid Extraction: Recent Advances and Applications“. *Journal of Chromatography. A* 1217(16):2495–2511.
- Holden, D., H. Johnson, M. Ocafrain, und J. Norrie. 2008. „Effect of seaweed extract on fruit set, yield, and quality in Pinot noir winegrapes.“ in *Proceedings of the 35th Annual Meeting of the Plant Growth Regulation Society of America, San Francisco, California, USA, 3-7 August, 2008*. Plant Growth Regulation Society of America.
- Hole, D. G., A. J. Perkins, J. D. Wilson, I. H. Alexander, P. V. Grice, und A. D. Evans. 2005. „Does Organic Farming Benefit Biodiversity?“ *Biological Conservation* 122(1):113–30.
- Holmström, Kjell-Ove, Susanne Somersalo, Abul Mandal, Tapio E. Palva, und Björn Welin. 2000. „Improved Tolerance to Salinity and Low Temperature in Transgenic Tobacco Producing Glycine Betaine“. *Journal of Experimental Botany* 51(343):177–85.
- Ishii, Takaaki. 2000. „Effects of alginate oligosaccharide and polyamines on hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their infectivity of citrus roots“. *Proc. Int. Soc. Citriculture, 2000*.
- Jannin, Laëticia, Mustapha Arkoun, Philippe Etienne, Philippe Laîné, Didier Goux, Maria Garnica, Marta Fuentes, Sara San Francisco, Roberto Baigorri, und Florence Cruz. 2013. „*Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms“. *Journal of plant growth regulation* 32(1):31–52.
- du Jardin, Patrick. 2015. „Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation“. *Scientia Horticulturae* 196:3–14.

- Jayaraj, J., A. Wan, M. Rahman, und Z. K. Punja. 2008. „Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot“. *Crop Protection* 27(10):1360–1366.
- Kadam, Shekhar U., Brijesh K. Tiwari, und Colm P. O'Donnell. 2013. „Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae“. *Journal of agricultural and food chemistry* 61(20):4667–4675.
- Kalaivanan, C., und V. Venkatesalu. 2012. „Utilization of Seaweed Sargassum Myriocystum Extracts as a Stimulant of Seedlings of Vigna Mungo (L.) Hepper“. *Spanish Journal of Agricultural Research* (2):466–70.
- Kalamaki, Mary S., Georgios Merkouropoulos, und Angelos K. Kanellis. 2009. „Can ornithine accumulation modulate abiotic stress tolerance in Arabidopsis?“ *Plant signaling & behavior* 4(11):1099–1101.
- Kannan, Rengasamy R. R., Mutalib A. Aderogba, Ashwell R. Ndhlala, Wendy A. Stirk, und Johannes Van Staden. 2013. „Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of Phlorotannins Isolated from the Brown Alga, Ecklonia Maxima (Osbeck) Papenfuss“. *Food Research International* 54(1):1250–54.
- Karthikeyan, Kosalaraman, und Munisamy Shanmugam. 2014. „Enhanced yield and quality in some banana varieties applied with commercially manufactured biostimulant Aquasap from sea plant Kappaphycus alvarezii“. *Sci. Tech* 4:621–631.
- Khairy, Hanan M., und Shimaa M. El-Shafay. 2013. „Seasonal variations in the biochemical composition of some common seaweed species from the coast of Abu Qir Bay, Alexandria, Egypt“. *Oceanologia* 55(2):435–452.
- Khan, Ahmad S., Bilal Ahmad, Muhammad J. Jaskani, Rashid Ahmad, und Aman U. Malik. 2012. „Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes“. *Int. J. Agric. Biol* 14(3):383–388.
- Khan, Wajahatullah, Usha P. Rayirath, Sowmyalakshmi Subramanian, Mundaya N. Jithesh, Prasanth Rayorath, D. Mark Hodges, Alan T. Critchley, James S. Craigie, Jeff Norrie, und Balakrishnan Prithiviraj. 2009. „Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development“. *Journal of Plant Growth Regulation* 28(4):386–399.
- Kim, Kyung-Tae. 2012. „Seasonal variation of seaweed components and novel biological function of fucoidan extracted from brown algae in Quebec“.
- Klarzynski, Olivier, Bertrand Plesse, Jean-Marie Joubert, Jean-Claude Yvin, Marguerite Kopp, Bernard Kloareg, und Bernard Fritig. 2000. „Linear β -1,3 Glucans Are Elicitors of Defense Responses in Tobacco“. *Plant Physiology* 124(3):1027–38.
- Kocira, Anna, Michał Świeca, Sławomir Kocira, Urszula Złotek, und Anna Jakubczyk. 2018. „Enhancement of Yield, Nutritional and Nutraceutical Properties of Two Common Bean Cultivars Following the Application of Seaweed Extract (*Ecklonia Maxima*)“. *Saudi Journal of Biological Sciences* 25(3):563–71.

- Kose, A., und S. S. Oncel. 2015. „Properties of microalgal enzymatic protein hydrolysates: Biochemical composition, protein distribution and FTIR characteristics“. *Biotechnology Reports* 6:137–143.
- Kotze, W. A. G., und M. Joubert. 1980. „Influence of foliar spraying with seaweed products on the growth and mineral nutrition of rye and cabbage“. *Elsenburg J* 4:17–20.
- Krouk, Gabriel, Benoît Lacombe, Agnieszka Bielach, Francine Perrine-Walker, Katerina Malinska, Emmanuelle Mounier, Klara Hoyerova, Pascal Tillard, Sarah Leon, und Karin Ljung. 2010. „Nitrate-regulated auxin transport by NRT1. 1 defines a mechanism for nutrient sensing in plants“. *Developmental cell* 18(6):927–937.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*.
- Kulkarni, Manoj G., Kannan R. R. Rengasamy, Srinivasa C. Pendota, Jiří Gruz, Lenka Plačková, Ondřej Novák, Karel Doležal, und Johannes Van Staden. 2019. „Bioactive Molecules Derived from Smoke and Seaweed Ecklonia Maxima Showing Phytohormone-like Activity in Spinacia Oleracea L.“ *New Biotechnology* 48:83–89.
- Kusano, T., T. Berberich, C. Tateda, und Y. Takahashi. 2008. „Polyamines: essential factors for growth and survival“. *Planta* 228(3):367–381.
- K.V., Supraja, Bunushree Behera, und Balasubramanian P. 2020. „Efficacy of Microalgal Extracts as Biostimulants through Seed Treatment and Foliar Spray for Tomato Cultivation“. *Industrial Crops and Products* 151:112453.
- Lattner, Daniel, Hans-Curt Flemming, und Christian Mayer. 2003. „¹³C-NMR study of the interaction of bacterial alginate with bivalent cations“. *International journal of biological macromolecules* 33(1–3):81–88.
- Little, H., und W. Neily. 2010. „Commercial extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* improve plant water use and drought stress resistance in the greenhouse and field“. in *Oral Presentation. Western Plant Growth Regulator Society Annual Meeting, Davis, California*.
- Lola-Luz, Theodora, Franck Hennequart, und Michael Gaffney. 2013. „Enhancement of Phenolic and Flavonoid Compounds in Cabbage (*Brassica Oleracea*) Following Application of Commercial Seaweed Extracts of the Brown Seaweed, (*Ascophyllum Nodosum*)“. *Agricultural and Food Science* 22(2):288–95.
- Lola-Luz, Theodora, Franck Hennequart, und Michael Gaffney. 2014. „Effect on Yield, Total Phenolic, Total Flavonoid and Total Isothiocyanate Content of Two Broccoli Cultivars (*Brassica Oleracea* Var *Italica*) Following the Application of a Commercial Brown Seaweed Extract (*Ascophyllum Nodosum*)“. *Agricultural and Food Science* 23(1):28–37.
- Lüthje, S., M. Niecke, und M. Böttger. 1995. „Iron and copper in plasma membranes of maize (*Zea mays* L.) roots investigated by proton induced X-ray emission“. *Protoplasma* 184(1–4):145–150.

- Mackinnon, Shawna L., David Hiltz, Raul Ugarte, und Cheryl A. Craft. 2010. „Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts“. *Journal of Applied Phycology* 22(4):489–494.
- Mancuso, S., E. Azzarello, S. Mugnai, und X. Briand. 2006. „Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants“. *Advances in Horticultural Science* 156–161.
- Manna, D., A. Sarkar, und T. K. Maity. 2012. „Impact of biozyme on growth, yield and quality of chilli (*Capsicum annuum* L.)“. *Journal of Crop and Weed* 8(1):40–43.
- Marinho-Soriano, E., P. C. Fonseca, M. A. A. Carneiro, und W. S. C. Moreira. 2006. „Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds“. *Bioresource technology* 97(18):2402–2406.
- Marsham, Sara, Graham W. Scott, und Michelle L. Tobin. 2007. „Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds“. *Food chemistry* 100(4):1331–1336.
- Mason, T. G., und G. Blunden. 1989. „Quaternary Ammonium and Tertiary Sulphonium Compounds of Algal Origin as Alleviators of Osmotic Stress“. *Botanica Marina* 32(4):313–16.
- Masondo, Ngobile A., Manoj G. Kulkarni, Jeffrey F. Finnie, und Johannes Van Staden. 2018. „Influence of Biostimulants-Seed-Priming on *Ceratotheca Triloba* Germination and Seedling Growth under Low Temperatures, Low Osmotic Potential and Salinity Stress“. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 147:43–48.
- Mata, Teresa M., António A. Martins, und Nidia. S. Caetano. 2010. „Microalgae for Biodiesel Production and Other Applications: A Review“. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14(1):217–32.
- Matson, P. A., W. J. Parton, A. G. Power, und M. J. Swift. 1997. „Agricultural Intensification and Ecosystem Properties“. *Science* 277(5325):504–9.
- Michalak, Izabela, und Katarzyna Chojnacka. 2014. „Algal extracts: Technology and advances“. *Engineering in life sciences* 14(6):581–591.
- Michalak, Izabela, und Katarzyna Chojnacka. 2015. „Algae as Production Systems of Bioactive Compounds“. *Engineering in Life Sciences* 15(2):160–76.
- Mógor, Átila Francisco, Vince Ördög, Guiseppina Pace Pereira Lima, Zoltán Molnár, und Gilda Mógor. 2018. „Biostimulant Properties of Cyanobacterial Hydrolysate Related to Polyamines“. *Journal of Applied Phycology* 30(1):453–60.
- Möller, M., und M. L. Smith. 1998. „The significance of the mineral component of seaweed suspensions on lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling growth“. *Journal of Plant Physiology* 153(5–6):658–663.
- Mondal, Dibyendu, Arup Ghosh, Kamalesh Prasad, Sarnam Singh, Nidhi Bhatt, S. T. Zodape, Jai Prakash Chaudhary, Jayesh Chaudhari, Pabitra B. Chatterjee, Abhiram Seth, und Pushpito K. Ghosh. 2015. „Elimination of Gibberellin from *Kappaphycus Alvarezii*

- Seaweed Sap Foliar Spray Enhances Corn Stover Production without Compromising the Grain Yield Advantage". *Plant Growth Regulation* 75(3):657–66.
- Moraes, Guilherme da Silva. 2015. „Potencial bioestimulante de hidrolisados da biomassa da microalga do gênero *Spirulina* na germinação de sementes e produtividade de plantas de interesse econômico“.
- Moreira, Ramón, Jorge Sineiro, Francisco Chenlo, Santiago Arufe, und Diego Díaz-Varela. 2017. „Aqueous Extracts of *Ascophyllum Nodosum* Obtained by Ultrasound-Assisted Extraction: Effects of Drying Temperature of Seaweed on the Properties of Extracts“. *Journal of Applied Phycology* 29(6):3191–3200.
- Nair, Prasanth, Saveetha Kandasamy, Junzeng Zhang, Xiuhong Ji, Chris Kirby, Bernhard Benkel, Mark D. Hodges, Alan T. Critchley, David Hiltz, und Balakrishnan Prithiviraj. 2012. „Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*“. *BMC genomics* 13(1):643.
- Näsholm, Torgny, Knut Kielland, und Ulrika Ganeteg. 2009. „Uptake of organic nitrogen by plants“. *New phytologist* 182(1):31–48.
- Navarro-López, Elvira, Angela Ruíz-Nieto, Alice Ferreira, F. Gabriel Acién, und Luisa Gouveia. 2020. „Biostimulant Potential of *Scenedesmus Obliquus* Grown in Brewery Wastewater“. *Molecules* 25(3):664.
- Nelson, W. R., und J. Van Staden. 1984. „The effect of seaweed concentrate on growth of nutrient-stressed, greenhouse cucumbers“. *HortScience* (19):81–82.
- Oancea, Florin, Sanda Velea, V. Fătu, Carmen Mincea, und Lucia Ilie. 2013. „Micro-algae based plant biostimulant and its effect on water stressed tomato plants“. *Rom. J. Plant Prot* 6:104–117.
- Park, Eung-Jun, Zoran Jeknić, Atsushi Sakamoto, Jeanine DeNoma, Raweewan Yuwansiri, Norio Murata, und Tony H. H. Chen. 2004. „Genetic Engineering of Glycinebetaine Synthesis in Tomato Protects Seeds, Plants, and Flowers from Chilling Damage“. *The Plant Journal* 40(4):474–87.
- Pejic-Pulkowski, Svjetlana. 2011. „Algen: Was Sie über Algen wissen sollten“. *geo*. Abgerufen 10. April 2020 (<http://www.geo.de/GEO/natur/oekologie/was-sie-ueber-algen-wissen-sollten-69388.html>).
- PfISchG, Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen. 2012. *BGB*.
- Posten, Clemens, und Christian Wilhelm. 2016. „Aquatische Biomasse“. S. 249–72 in *Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren*, herausgegeben von M. Kaltschmitt, H. Hartmann, und H. Hofbauer. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Power, Alison G. 2010. „Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies“. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2959–71.

- Prasad, Kamalesh, Arun Kumar Das, Mihir Deepak Oza, Harshad Brahmabhatt, Arup Kumar Sidhanta, Ramavatar Meena, Karuppanan Eswaran, Mahesh Rameshchandra Rajyaguru, und Pushpito Kumar Ghosh. 2010. „Detection and Quantification of Some Plant Growth Regulators in a Seaweed-Based Foliar Spray Employing a Mass Spectrometric Technique sans Chromatographic Separation“. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(8):4594–4601.
- Puglisi, Ivana, Valeria Barone, Ferdinando Fragalà, Piergiorgio Stevanato, Andrea Baglieri, und Alessandro Vitale. 2020. „Effect of Microalgal Extracts from *Chlorella Vulgaris* and *Scenedesmus Quadricauda* on Germination of Beta Vulgaris Seeds“. *Plants* 9(6):675.
- Puglisi, Ivana, Valeria Barone, Sarah Sidella, Mauro Coppa, Chiara Broccanello, Mara Gennari, und Andrea Baglieri. 2018. „Biostimulant activity of humic-like substances from agro-industrial waste on *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda*“. *European Journal of Phycology* 53(3):433–442.
- Puglisi, Ivana, Emanuele La Bella, Ermes Ivan Rovetto, Angela Roberta Lo Piero, und Andrea Baglieri. 2020. „Biostimulant Effect and Biochemical Response in Lettuce Seedlings Treated with A *Scenedesmus Quadricauda* Extract“. *Plants* 9(1):123.
- Quesada, Jesús, Esther Sendra, Casilda Navarro, und Estrella Sayas-Barberá. 2016. „Antimicrobial Active Packaging Including Chitosan Films with *Thymus Vulgaris* L. Essential Oil for Ready-to-Eat Meat“. *Foods* 5(4):57.
- Rafiee, H., H. Naghdi Badi, A. Mehrafarin, A. Qaderi, N. Zarinpanjeh, A. Sekara, und E. Zand. 2016. „Application of plant biostimulants as new approach to improve the biological responses of medicinal plants-A critical review“. *3(59):6–39*.
- Rama Rao, K. 1992. „Effect of aqueous sea weed extract on *Zizyphus mauratiana* lamk“. *Journal of the Indian Botanical Society* 71(1–4):19–21.
- Rathore, S. S., D. R. Chaudhary, G. N. Boricha, A. Ghosh, B. P. Bhatt, S. T. Zodape, und J. S. Patolia. 2009. „Effect of Seaweed Extract on the Growth, Yield and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine Max*) under Rainfed Conditions“. *South African Journal of Botany* 75(2):351–55.
- Rayirath, Prasanth, Bernhard Benkel, D. Mark Hodges, Paula Allan-Wojtas, Shawna MacKinnon, Alan T. Critchley, und Balakrishnan Prithiviraj. 2009. „Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*“. *Planta* 230(1):135–147.
- Rengasamy, Kannan R. R., Manoj G. Kulkarni, Srinivasa C. Pendota, und Johannes Van Staden. 2016. „Enhancing Growth, Phytochemical Constituents and Aphid Resistance Capacity in Cabbage with Foliar Application of Eckol – a Biologically Active Phenolic Molecule from Brown Seaweed“. *New Biotechnology* 33(2):273–79.
- Rengasamy, Kannan R. R., Manoj G. Kulkarni, Wendy A. Stirk, und Johannes Van Staden. 2015. „Eckol - a New Plant Growth Stimulant from the Brown Seaweed *Ecklonia Maxima*“. *Journal of Applied Phycology* 27(1):581–87.

- Renuka, Nirmal, Abhishek Guldhe, Radha Prasanna, Poonam Singh, und Faizal Bux. 2018. „Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges“. *Biotechnology advances* 36(4):1255–1273.
- Richmond, Amos. 2008. *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycolgy*. John Wiley & Sons.
- Ronga, Domenico, Elisa Biazzi, Katia Parati, Domenico Carminati, Elio Carminati, und Aldo Tava. 2019. „Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions“. *Agronomy* 9(4):192.
- Rose, Michael T., Antonio F. Patti, Karen R. Little, Alicia L. Brown, W. Roy Jackson, und Timothy R. Cavagnaro. 2014. „Chapter Two - A Meta-Analysis and Review of Plant-Growth Response to Humic Substances: Practical Implications for Agriculture“. S. 37–89 in *Advances in Agronomy*. Bd. 124, herausgegeben von D. L. Sparks. Academic Press.
- Rouphael, Youssef, Veronica De Micco, Carmen Arena, Giampaolo Raimondi, Giuseppe Colla, und Stefania De Pascale. 2017. „Effect of Ecklonia Maxima Seaweed Extract on Yield, Mineral Composition, Gas Exchange, and Leaf Anatomy of Zucchini Squash Grown under Saline Conditions“. *Journal of Applied Phycology* 29(1):459–70.
- Rudolph, Klaus, Regine Jahn, und Wolf-Henning Kusber. 2017. *Rote Liste und Gesamtartenliste der limnischen Rotalgen (Rhodophyta) und Braunalgen (Phaeophyceae)*. Universitätsverlag der TU Berlin.
- Safi, Carl, Alina Violeta Ursu, Céline Laroche, Bachar Zebib, Othmane Merah, Pierre-Yves Pontalier, und Carlos Vaca-Garcia. 2014. „Aqueous Extraction of Proteins from Microalgae: Effect of Different Cell Disruption Methods“. *Algal Research* 3:61–65.
- Sakamoto, Atsushi, Roberto Valverde, Alia, Tony H. H. Chen, und Norio Murata. 2000. „Transformation of Arabidopsis with the CodA Gene for Choline Oxidase Enhances Freezing Tolerance of Plants“. *The Plant Journal* 22(5):449–53.
- Sarhan, Taha Zubair, und Salih Farhan Ismael. 2014. „Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (Cucumis sativus L.)“. *International Journal of Agricultural and Food Research* 3(1).
- Schopfer, Peter, und Axel Brennicke. 2010. *Pflanzenphysiologie*. 7. Aufl. Springer Spektrum.
- Selvaraj, R., M. Selvi, und P. Shakila. 2004. „Effect of seaweed liquid fertilizer on *Abelmoschus esculentus* (L.)“. *Moench and Lycopersicon lycopersicum Mill. Seaweed Res Utilin* 26:121–123.
- Shaaban, Mahmoud M. 2001. „Green microalgae water extract as foliar feeding to wheat plants“. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4(6):628–632.
- Sharma, HS Shekhar, Colin Fleming, Chris Selby, J. R. Rao, und Trevor Martin. 2014. „Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses“. *Journal of applied phycology* 26(1):465–490.

- Sharp, Russell G. 2013. „A review of the applications of chitin and its derivatives in agriculture to modify plant-microbial interactions and improve crop yields“. *Agronomy* 3(4):757–793.
- Shukla, Pushp Sheel, Emily Grace Mantin, Mohd Adil, Sruti Bajpai, Alan T. Critchley, und Bala-krishnan Prithiviraj. 2019. „Ascophyllum nodosum-Based Biostimulants: Sustainable Ap-plications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Dis-ease Management“. *Frontiers in Plant Science* 10.
- Soppelsa, Sebastian. 2019. „The Use of Natural Substances to Improve Fruit Crop Perfor-mances, Quality and Tolerance towards Stress Conditions“.
- Sosnowski, Jacek, Kazimierz Jankowski, Elzbieta Malinowska, und Milena Truba. 2017. „The effect of Ecklonia maxima extract on Medicago X Varia T. Martyn biomass“. *Journal of soil science and plant nutrition* 17(3):770–80.
- Spann, Timothy M., und Holly A. Little. 2011. „Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed Ascophyllum Nodosum Increases Drought Tolerance in Container-Grown ‘Hamlin’ Sweet Orange Nursery Trees“. *HortScience* 46(4):577–82.
- Spinelli, Francesco, Giovanni Fiori, Massimo Noferini, Mattia Sprocatti, und Guglielmo Costa. 2009. „Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees“. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 84(6):131–137.
- Spinelli, Francesco, Giovanni Fiori, Massimo Noferini, Mattia Sprocatti, und Guglielmo Costa. 2010. „A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production“. *Scientia horticultrae* 125(3):263–269.
- Stirk, Wendy A., Danuše Tarkowská, Veronika Turečová, Miroslav Strnad, und J. Van Staden. 2014. „Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial sea-weed extract made from Ecklonia maxima“. *Journal of applied phycology* 26(1):561–567.
- Szczepanek, Małgorzata, Edward Wilczewski, Jarosław Pobereźny, Elżbieta Wszelaczyńska, und Ireneusz Ochmian. 2017. „Carrot root size distribution in response to biostimulant application“. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 67(4):334–39.
- Szczepanek, Małgorzata, Elżbieta Wszelaczyńska, und Jarosław Pobereźny. 2018. „Effect of the seaweed biostimulant application in spring wheat“. *AgroLife Scientific Journal* 7(1):131–136.
- Tierney, Michelle S., Thomas J. Smyth, Dilip K. Rai, Anna Soler-Vila, Anna K. Croft, und Nigel Brunton. 2013. „Enrichment of Polyphenol Contents and Antioxidant Activities of Irish Brown Macroalgae Using Food-Friendly Techniques Based on Polarity and Molecular Size“. *Food Chemistry* 139(1):753–61.
- Tilman, David, Joseph Fargione, Brian Wolff, Carla D’Antonio, Andrew Dobson, Robert Howarth, David Schindler, William H. Schlesinger, Daniel Simberloff, und Deborah Swackhamer. 2001. „Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change“. *Science* 292(5515):281–84.

- Turan, Metin, und Cafer Köse. 2004. „Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine“. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science* 54(4):213–220.
- Van Oosten, Michael James, Olimpia Pepe, Stefania De Pascale, Silvia Silletti, und Albino Maggio. 2017. „The Role of Biostimulants and Bioeffectors as Alleviators of Abiotic Stress in Crop Plants“. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 4(1):5.
- Van Staden, J., S. J. Upfold, und F. E. Drewes. 1994. „Effect of seaweed concentrate on growth and development of the marigold *Tagetes patula*“. *Journal of applied phycology* 6(4):427–428.
- Verkleij, F. N. 1992. „Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review“. *Biological Agriculture & Horticulture* 8(4):309–324.
- Weinmann, Markus. 2017. „Bio-Effectors for Improved Growth, Nutrient Acquisition and Disease Resistance of Crops“. 607.
- Welbaum, Gregory E., Antony V. Sturz, Zhongmin Dong, und Jerzy Nowak. 2004. „Managing soil microorganisms to improve productivity of agro-ecosystems“. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23(2):175–193.
- Wijesinghe, W. a. J. P., und You-Jin Jeon. 2012. „Enzyme-Assisted Extraction (EAE) of Bioactive Components: A Useful Approach for Recovery of Industrially Important Metabolites from Seaweeds: A Review“. *Fitoterapia* 83(1):6–12.
- Wilson, S. 2001. „Frost management in cool climate vineyards“. *University of Tasmania research report UT 99(1)*.
- Xu, Lin, und Danny Geelen. 2018. „Developing Biostimulants From Agro-Food and Industrial By-Products“. *Frontiers in Plant Science* 9.
- Yang, Xinghong, Xiaogang Wen, Hongmei Gong, Qingtao Lu, Zhipan Yang, Yunlai Tang, Zheng Liang, und Congming Lu. 2007. „Genetic Engineering of the Biosynthesis of Glycinebetaine Enhances Thermotolerance of Photosystem II in Tobacco Plants“. *Planta* 225(3):719–33.
- Yanni, Youssef G., Amany A. Elashmouny, und Abdelgawad Y. Elsadany. 2020. „Differential Response of Cotton Growth, Yield and Fiber Quality to Foliar Application of *Spirulina Platensis* and Urea Fertilizer“. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research* 29–40.
- Zhai, Ruijie. 2013. „Effects of the Brown Seaweed, *Ascophyllum Nodosum*, on the Nodulation and Growth of Alfalfa“.
- Zhang, Bochao, und Xuewu Zhang. 2013. „Separation and nanoencapsulation of antitumor polypeptide from *Spirulina platensis*“. *Biotechnology progress* 29(5):1230–1238.
- Zhang, Jing, Xinjie Wang, und Qifa Zhou. 2017. „Co-Cultivation of *Chlorella Spp* and Tomato in a Hydroponic System“. *Biomass and Bioenergy* 97:132–38.

- Zhang, Xunzhong, und R. E. Schmidt. 2000. „Hormone-Containing Products' Impact on Antioxidant Status of Tall Fescue and Creeping Bentgrass Subjected to Drought“. *Crop Science* 40(5):1344–49.
- Zhu, Jian-Kang. 2000. „Genetic analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis“. *Plant physiology* 124(3):941–948.
- Zocher, Maria Katja. 2019. „Extraction of bioactive primary and secondary Metabolites from Microalgae by atmospheric pressure Plasmas and pulsed Discharges in Water“.
- Zodape, S. T., Abha Gupta, S. C. Bhandari, U. S. Rawat, D. R. Chaudhary, K. Eswaran, und J. Chikara. 2011. „Foliar Application of Seaweed Sap as Biostimulant for Enhancement of Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.)“. *JSIR Vol. 70(03) [March 2011]*.

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1. Die Wirkungsweisen von Algen als Biostimulator am Beispiel der Sojabohne. Die verschiedenen Arten die Algenpräparate zu applizieren führen zu verschiedenen Verbesserungen der Pflanze. Dabei laufen komplexe Mechanismen ab. Visualisierung Tatjana Wais, Informationen: (Battacharyya u. a. 2015)..... 7
- Abbildung 2. Mögliche Wirkungsweisen von drei Extrakten von *Ascophyllum nodosum* welche mittels Säurehaltiger-Extraktion, Alkalinen-Extraktion oder ohne Lösungsmittel hergestellt wurden auf Hitzestress. Visualisierung Tatjana Wais, mit Informationen von (Shukla u. a. 2019). 15
- Abbildung 3. 18 Mikroalgen-Extrakte und ihre Wirkung auf die Tomatenpflanze. Man sieht deutlich, dass die besten Ergebnisse bezüglich Wurzellänge und Wurzeltrockengewicht mit der Mikroalge *Aphanothece sp.* erreicht werden konnte. Abbildung: (Chanda u. a. 2020) 24
- Abbildung 4. 18 Mikroalgen Extrakte wurden an Tomatensetzlinge getestet und die Sprosslänge und das Sprosstrockengewicht gemessen. *Chlorella ellipsoidea* hebt sich stark von der Kontrolle ab. (Chanda u. a. 2020)..... 24
- Abbildung 5. Zeitstrahl wann die Produkte der Unternehmen ins Sortiment eingeführt wurden. 29
- Abbildung 6. Abgebildet sind die verschiedenen Meinungen zur Nachfrage an Algenpräparaten. Drei Personen finden, dass die Nachfrage jedes Jahr steigt. Zwei Befragte meinen, dass der Verkauf ähnlich ist in den letzten Jahren, da Stammkunden das Produkt jedes Jahr wiederkufen. Eine Person hat dazu geantwortet, dass das Interesse am Algenprodukt da ist, aber nicht ob es wächst oder stagniert in den letzten Jahren. 30
- Abbildung 7. Abgebildet sind die verschiedenen Meinungen, ob eine Änderung der Nachfrage durch die Klimadebatte festgestellt wurde. Eine Person hat eine Änderung wahrgenommen. Für eine Person ist es schwierig abzuschätzen, ob sich die Nachfrage dadurch geändert hat. Drei Personen haben keine Veränderung wahrgenommen. 30
- Abbildung 8. Prozentueller Anteil von Käufern der Algenpräparate. 67% der Kunden sind Landwirte, welche vor allem im Gemüsebau und Weinbau tätig sind. 33% sind Gärtnereien und Baumschulen. 31
- Abbildung 9. Zur Frage ob die Algenpräparate bereits auf grossen Flächen angewendet werden haben 83% Ja geantwortet und 17% nein. 31

Abbildung 10. Zur Frage ob Interesse besteht in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen haben zwei Personen mit Ja, eine Person mit Nein geantwortet. Drei Personen wünschen sich von einem neuen Produkt andere Wirkungen, dann kommt es in Frage..... 32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Zur Gewinnung von Algenextrakten gibt es verschiedene Extraktionsmöglichkeiten (Shukla u. a. 2019).....	12
Tabelle 2 Liste von Versuchen mit <i>A. nodosum</i> als Biostimulanzie an verschiedenen Kulturen mit unterschiedlichen positiven Effekten.....	16
Tabelle 3. Liste mit bereits durchgeführten Versuchen mit der Makroalge <i>Ecklonia maxima</i> als Biostimulanzie an verschiedenen Kulturen.	18
Tabelle 4. Versuche mit KAE an den drei Nutzpflanzen: Tomate, Banane und Sojabohne.....	20
Tabelle 5. zeigt die Ergebnisse von verschiedenen Mikroalgenstämmen an unterschiedlichen Kulturen.....	23
Tabelle 6. Versuche mit <i>Chlorella sp.</i> an verschiedenen Kulturen. Bei den Versuchen konnten verschiedene Effekte gesehen werden.....	25
Tabelle 7. Studien mit <i>Spirulina sp.</i> und die Effekte welche bei der Applikation auf verschiedene Kulturen gesehen wurden.....	26
Tabelle 8. zeigt die verschiedenen Gründe warum das Produkt ins Sortiment genommen wurde.	29
Tabelle 9. Liste mit Algenpräparate-Produkte in Europa.....	64

Anhang

Anhang 1: Aufgabenstellung der Bachelorarbeit	59
Anhang 2: Plagiatserklärung	62
Anhang 3: Methodische Vorgehensweise bei der Literaturrecherche	63
Anhang 4: Liste mit Algenpräparate-Produkte in Europa	64
Anhang 5: Fragebogen Vorlage	66
Anhang 6: Transkribierte Interviews	68
Anhang 7: Poster	79

Anhang 1: Aufgabenstellung der Bachelorarbeit

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



**Life Sciences und
Facility Management**

Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen

Bachelor-Arbeit		
Studienjahrgang	2017	
Titel	Algen als Biostimulator für Pflanzen, aktueller Forschungsstand und Marktanalyse	
Vertraulich	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Fachgebiet	Phytomedizin	
Namen	StudentIn	Tatjana Wais waistat1@students.zhaw.ch
	1. KorrektorIn	Esther Fischer esther.fischer@zhaw.ch
	2. KorrektorIn	Dominik Refardt dominik.refardt@zhaw.ch

<p>Aufgabenstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausgangslage • Zielsetzungen • Zusätzliche Auftragsmodalitäten 	<p>Ausgangslage</p> <p>Im Pflanzenschutz dominieren chemisch-synthetische Wirkstoffe seit Jahren. Dennoch werden seit geraumer Zeit immer mehr kritische Stimmen laut, dass chemische Wirkstoffe unsere Ökosysteme durchaus belasten können. Die Suche nach biologischen Pflanzenschutzmitteln als Ersatz zu chemisch-synthetischen Mitteln erhält immer mehr an Bedeutung. Seit kurzem wird erforscht, ob Mikroalgen als biologische Pflanzenschutzmittel geeignet sind. Mikroalgen besitzen sekundäre Metabolite die potentiell antibakterielle und/oder antifungale Eigenschaften haben können und somit die Pflanze stärken oder vor Krankheiten schützen kann.</p> <p><u>Forschungsfragen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche positiven Eigenschaften können Algen auf Pflanzen haben? - Welche Algenpräparate werden bereits auf dem Markt im Pflanzenschutz verkauft? - Zu welchen neuen Algen mit potenziellen pflanzenstärkenden Eigenschaften wird momentan Forschung betrieben? <p>Zielsetzungen </p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche Algen eignen sich zur Pflanzenstärkung? Wie ist der aktuelle Forschungsstand - Produktübersicht von Algenpräparaten auf dem aktuellen Markt in Europa - Erstellen eines Fragebogens an Unternehmen welche bereits Algenpräparate im Sortiment haben - Durchführung und Auswertung der Umfrage <p>Zusätzliche Auftragsmodalitäten</p> <p>Erwartete Resultate</p> <ul style="list-style-type: none"> o Bachelorarbeit gemäss Weisungen o Präsentation und Verteidigung o Poster <p>Provisorische Inhaltsverzeichnis</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Abstract</p> <p>Inhaltsverzeichnis</p> <p>Liste der Abkürzungen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einleitung 2. Theorie <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Algen 2.2. Sekundäre Metabolite 3. Methoden <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Literaturrecherche <ol style="list-style-type: none"> 3.1.1. Marktanalyse 3.1.2. Forschungsstand 3.2. Umfrage 4. Auswertung <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Statistische Auswertung der Umfrage 4.2. Auswertung des aktuellen Forschungsstand 5. Diskussion <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Diskussion der Marktanalyse 5.2. Diskussion der Literaturrecherche zum aktuellen Forschungsstand 6. Schlussfolgerungen <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Zusammenfassung 5.2. Wissenschaftlicher Beitrag 5.3. Ausblick 6. Literaturverzeichnis <p>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</p> <p>Anhang</p> <p>Poster (A4)</p>
--	--

Bachelorarbeit Zeitplan

Phase		(h)	Termin	April					Mai			Juni					Juli
				15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	Aufgabenstellung	4	20. Jan.														
1.1	Literatursuche / Marktanalyse	30															
2	<i>Durchführen der Umfrage</i>																
2.1	Umfrage erstellen + Personen anfragen	8															
2.2	Umfrage durchführen (telefonisch oder online)	8															
3	<i>Auswertung und Theorie</i>																
3.1	Theorie schreiben	90															
3.2	Methoden beschreiben	90															
3.3	Datenauswertung der Umfrage	30															
3.4	Statistische Auswertung	20															
3.5	Halbzeitgespräch	4															
4	<i>Arbeit verfassen</i>																
4.1	Diskussion	60															
4.2	Schlussfolgerungen	10															
4.3	Quellen / Zitate	20															
4.4	Korrektur / Gegenlesen	15															
4.5	Poster gestalten	8															
4.6	Abgabe Rohfassung																
4.7	Überarbeitung Rohfassung	30															
4.8	Endgültige Abgabe	5	02. Juli														♦
5	BA Kolloquium / Besprechungen		20.-22. Juli														

Anhang 2: Plagiatserklärung

**Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management.**

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

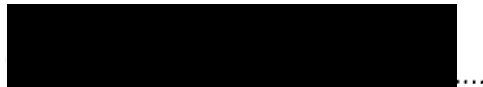
Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urhebererschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Unterschrift:

24.06.2020 Emmetmoo



Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.

Anhang 3: Methodische Vorgehensweise bei der Literaturrecherche

Ziel und Vorgehen

Das Ziel der Literaturrecherche für diese Arbeit war es, die aktuelle und relevante Literatur zur Wirkungsweise von Algen als Biostimulator zu erschliessen. Dabei wurde geschaut welche Studien bereits an welchen Kulturen gemacht wurden und welche Effekte durch die Algen erzielt worden sind. Der Ablauf der Suche:

- > Datenbanken / Bibliothekskataloge und Verzeichnisse auswählen
- > Passende Schlagwörter suchen und Artikelsuche in den Datenbanken
- > Auswahl der Artikel und Einschränkung

Die Auswahl der Datenbanken für die Literaturrecherche erfolgte nach Anweisungen der IUNR für Studierende in der Complusis Datenbank (<https://complusis.lsfm.zhaw.ch>), die Übersicht auf der Website der Hochschulbibliothek der ZHAW (<https://www.zhaw.ch/de/hochschulbibliothek/suchen-finden/>) und das Wissen aus eigener Erfahrung.

Für die Literaturrecherche wurden folgende Bibliothekskataloge/Datenbanken online durchsucht:

1. Google Scholar (scholar.google.ch)
2. Organic Eprints (www.orgprints.org)
3. NEBIS; Verbund von mehr als 80 Bibliotheken aus der Schweiz
4. Web of Science (www.webofknowledge.com)

Auswahl von Schlagwörtern und Artikeln

Zu Beginn gewählte Stichwörter:

- Algae, Biostimulant

Nach der ersten Recherche mit den Schlagwörtern nach «Inhalt» wurden bei Google Scholar über 620 Ergebnisse gefunden bei Web of Science 50 Ergebnisse. Bei Google Scholar wurde auch die Literatur angezeigt, in welche die Schlagwörter auch in Literaturhinweisen der Arbeit vorkamen. Deshalb musste das Thema weiter eingegrenzt werden. Die Suche nach der spezifischen Mikro- oder Makroalge mit lateinischem Namen der beste Weg zu passender Literatur zu gelangen. Beispielsweise:

- *Ascophyllum nodosum*, Biostimulant, Effect

Bei der Auswahl der Artikel wurde auf die Aktualität der Studien geachtet. Aus diesem Grund erfolgte die Auswahl der Artikel nach Erscheinungsjahr. Da die Forschung der Algenpräparate eher jung ist, ist der Grossteil der Artikel im Jahr 2005 oder später erschienen.

Anhang 4: Liste mit Algenpräparate-Produkte in Europa

Tabelle 9. Liste mit Algenpräparate-Produkte in Europa.

PRODUKT	FIRMA	BEMERKUNG
AGRIALGAE® ECOLÓGICO	AgriAlgae®	
AGRIALGAE® ORIGINAL	AgriAlgae®	
AGRIALGAE® PREMIUM	AgriAlgae®	
AGROCEAN BASE	AgriMer	durch das BVL zugelassen in De & A
AGROPTIM ALGO-SPE ALGENEXTRAKT	Olmix	Zugelassen in CH durch FiBL
ALGA SPECIAL	L. Gobbi	
ALGAEGREEN	OGT	durch das BVL zugelassen in De & A
ALGAN (BRAUNALGENEXTRAKT)	Omya	Zugelassen in CH durch FiBL
ALGENKONZENTRAT	Ökohum	Zugelassen in CH durch FiBL
ALGIN (NUTRI-KELP)	AgroSys	Zugelassen in CH durch FiBL
ALGIN OS (BRAUNALGEN)	PlantoSys	Zugelassen in CH durch FiBL
ALGIN BIOVITAL	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL untersagt in De & A
ALGINURE AMIN	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL zugelassen in De & A
ALGINURE BIO SCHUTZ 13	TILCO-Alginure GmbH	Durch das BVL nicht mehr zugelassen in De & A
ALGINURE BIO SCHUTZ/FRUTOGARD	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL untersagt in De & A
ALGINURE BIOVITAL-AMIN	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL zugelassen in De & A
ALGINURE VITAL K	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL untersagt in De & A
ALGINURE® TRI-X	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL zugelassen in De & A
ALGINURE®-VITAL	TILCO-Alginure GmbH	durch das BVL zugelassen in De & A
ALGO + TONIC B	Bio3g	Zugelassen in CH durch FiBL
ALGOVITAL PLUS (ALGENPRODUKTE)	Andermatt Biocontrol	Zugelassen in CH durch FiBL
ALTHIA	Goemar	durch das BVL zugelassen in De & A
AMALGEROL ESSENCE – SEETANGEX-TRAKT	Amelgo	Zugelassen in CH durch FiBL
ATLANTIS®	ATLANTIS®	
BETALGINE PCH (GETROCKNETE ALGEN)	Comptoir	Zugelassen in CH durch FiBL
BIOALGAX	Kimitecagro	
BIO-ALGIHUM® "BODENGRANULAT PLUS" / GRANULADO PLUS	aqua-terra	durch das BVL zugelassen in De & A
BIO-ALGIHUM® "FLÜSSIGKONZENTRAT B" / CONCENTRADO LIQUIDO B	aqua-terra	durch das BVL zugelassen in De & A
BIO-ALGIHUM® "VERDUNSTUNGS-SCHUTZ" / ANTITRANSPIRANTE	aqua-terra	durch das BVL zugelassen in De & A
BIO-ALGIHUM® "WURZELFLOTT K" / ACTIVADOR DE RAICES CONCENTRADO	aqua-terra	durch das BVL zugelassen in De & A
BIO-ALGIHUM® 'TERRATOP® GOLF 6'	aqua-terra	durch das BVL zugelassen in De & A
BIOFALGUE (ALGENEXTRAKT)	Cercle	Zugelassen in CH durch FiBL
BIOFORT CALCIUM (MIT ALGENEXTRAKTEN)	Timac Agro	Zugelassen in CH durch FiBL
BIOHOP FERTIHUM (SEETANG FLÜSSIG)	Renovita	Zugelassen in CH durch FiBL

BIOPOST AG 200 (<i>ASCOPHYLLUM NODOSUM</i>)	Primplants	Zugelassen in CH durch FiBL
BIO-SPIRULINA-TABS	GeoVitalis	Durch das BVL nicht mehr zugelassen in De & A
CTA STYMULANT 4	Meristem	
ENDOSPOR DRY MIX	PL-Agri	Zugelassen in CH durch FiBL
FORALG ADVANCE (<i>ASCOPHYLLUM NODOSUM</i>)	Vitistim	Zugelassen in CH durch FiBL
GOEMAR START, SPURENNÄHRSTOFFMISCHUNG MIT BRAUNALGENEXTRAKTLÖSUNG FÜR DEN OBST- WEIN- UND GEMÜSEBAU	Stahler	Zugelassen in CH durch FiBL
HASORGAN MC FLÜSSIG (ALGENEXTRAKT)	Landor	Zugelassen in CH durch FiBL
HASORGAN PROFI (<i>ASCOPHYLLUM NODOSUM</i>)	Landor	Zugelassen in CH durch FiBL
HAUERT HGB	Hauert Biorga Gartenkalk mit Meeresalgen	Zugelassen in CH durch FiBL
KELPAK	Biolchim	durch das BVL zugelassen in De & A
KELPGROW	Ascaleia	durch das BVL zugelassen in De & A
KOPROS (ALGENEXTRAKT)	Bioma	Zugelassen in CH durch FiBL
MANVERT OCEAN	manvert	
MARINE ALGAE	Brandon Bioscience	
MEERWUNDER SEETANG GRANULAT	Snoek	durch das BVL zugelassen in De & A
NATURSTÄRKEN - ALGENEXTRAKT	Wilhelm Eder GmbH	Durch das BVL nicht mehr zugelassen in De & A
NEOMED PHARMA GMBH	Algifol	durch das BVL nicht mehr zugelassen in De & A
NEOMED PHARMA GMBH	ALGIFOL	durch das BVL nicht mehr zugelassen in De & A
PHYLGREEN (<i>ASCOPHYLLUM NODOSUM</i>)	Agribort	Zugelassen in CH durch FiBL
PHYTOGREEN ALGENEXTRAKT	PHYTOsolution	durch das BVL nicht mehr zugelassen in De & A
POLYGRÜN	Leu+Gygax	Zugelassen in CH durch FiBL
PROGROW® 3600	Progress Agrar	durch das BVL zugelassen in De & A
PROGROW®-PRX 700	Progress Agrar	durch das BVL zugelassen in De & A
PROGROW®-PRX-K 45-385	Progress Agrar	durch das BVL zugelassen in De & A
RENOSAN 1	Aqua-terra	durch das BVL zugelassen in De & A
ROTALGEN UND BRAUNALGEN	Symbioars GmbH	Zugelassen in CH durch FiBL
SEANERGY	Kimitecagro	
SNOEKS MEERESALGEN SUSPENSION	Snoek GmbH	durch das BVL zugelassen in De & A
SNOEKS MEISTERDÜNGER	Snoek GmbH	durch das BVL zugelassen in De & A
STIMPLEX	Acadian	durch das BVL zugelassen in De & A
STYMULANT PLUS	Meristem	
STYMULANT FORTE	Meristem	
SUPERFIFTY	BioAtlantis	
TSB BIO LANDWIRTSCHAFT APPLIKATIONEN (ALGENEXTRAKT)	TSB	Zugelassen in CH durch FiBL
VACCIPLANT FRUITS ET LÉGUMES	Vaciplant®	durch das BVL zugelassen in De & A

Anhang 5: Fragebogen Vorlage

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Anhang 6: Transkribierte Interviews

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Befragte Person 1

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Das erste Gesuch für eine Bewilligung war 1988.

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

*Ich denke, es war vor meiner Zeit aber ich vermute, dass verschiedene Kontakte dazu geführt haben. Wir verkaufen schon relativ lange Produkte einer Firma in Nordfrankreich. Das ist ein kleiner, eigenständiger Produzent gewesen, welche die Algenextrakte gemacht hat und als Zusatz für Pflanzendünger formuliert hat. Wir verkaufen Algenpräparate vor allem in einer Mischung mit Spurenelementen und Makronährstoffe. Im Feld sieht man das die Felder grüner wurden. Aber dazu führten nicht nur die Algenpräparate, sondern die Mischung mit Spurenelementen und Makronährstoffe. Der Bauer sieht dann eher eine Wirkung und kauft das Produkt eher. Am Anfang waren nicht reine Algenpräparate im Sortiment. Die späteren Produkte mit reinen Algen sind schwieriger zu verkaufen und zu beraten. Der Landwirt möchte eine Wirkung sehen. Mit der Zeit wurde das Sortiment vergrößert mit verschiedenen Mischungen. Wir verkaufen die Produkte aber weiterhin und seit 2007 haben wir eine Bewilligung für ein Pflanzenschutzmittel erhalten welches ein reines Algenpräparat ist, das Produkt kann im Getreide angewendet werden, hat eine Elicitorwirkung und aktiviert somit die Pflanzenabwehr und hat eine Wirkung gegen Septoria und gegen echten Mehltau. 2010 kam die Bewilligung für ein anderes Produkt gegen Feuerbrand im Kernobst. Alle Mittel sind mit *Ascophyllum nodosum*. Diese Pflanzenschutzprodukte sind sehr stark aufgereinigt. Viel strengere Auflagen, dass der Laminaringehalt, die Aktivsubstanz eingehalten wird. Je nach Dünger gibt es grössere Toleranzen und bei Pflanzenschutzmittel muss es stärker kontrolliert werden. Damit die Wirkung, welche man in Versuchen gesehen hat wirklich eine Wirkung zeigt.*

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Das Problem ist, dass es heute eine extreme Flut an solchen Präparaten gibt und für was und wie man sie einsetzt ist manchmal unklar. Das ist auch in der Firma eine Challenge sich bei den Produkten nicht zu verzetteln. Wir haben weiterhin 5 verschiedene Produkte als Dünger im Sortiment und zwei Produkte als Pflanzenschutzmittel. Bei den Produkten für den Pflanzenschutz konnten wir in Versuchen die Wirkung zeigen und das wird nun von unseren Beratern so weitervermittelt. Jetzt sehen wir eine schöne langjährige Beziehung zu den Kunden, welche die Produkte immer wieder kaufen. Es ist wichtig richtig zu informieren wie die Produkte richtig eingesetzt werden damit man Effekte hat. Einfach zu einem Händler gehen und einen Liter davon zu kaufen ist wahrscheinlich schwieriger, man muss wissen wie man es einsetzt. Gerade im Pflanzenschutz

kann man es nicht vergleichen mit einem klassischen Fungizid. Wo einfach anzuwenden ist und eine sichere Wirkung hat. Zum Beispiel ein Produkt von uns, kann man auch gegen echten Mehltau in der Rebe einsetzen und das empfehlen wir nur noch bis kurz nach der Blüte. Da hat man zwei Effekte es wirkt gut auf den echten Mehltau auf dem Blatt und es hat einen greening Effekt das Blatt erscheint grüner. Dies wird von Bauern geschätzt. Es hat keine Nährstoffe drinnen keinen Stickstoff nur das Algenextrakt. Aber was man auch gesehen hat, dass die jungen Trauben nicht mehr geschützt sind gegen Echten Mehltau aus diesem Grund empfehlen wir es nur in der Blüte. Das haben wir zuerst merken müssen. Wenn diese Strategie empfohlen wird, dann wird die Geschichte auch glaubwürdiger und man kann bessere Empfehlungen abgeben. Die Produkte die man sieht im Internet und auf Werbungen fehlt wahrscheinlich oft auch das Knowhow um so etwas zu empfehlen. Also ich kenne diese Produkte nicht so gut aber ich denke das A&O ist die Produkte gut zu kennen und sie so empfehlen zu können.

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Landwirte

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Ja. Wir haben bei diesen Produkten erstaunlicherweise eher einen aufwärts Trend gehabt im Verkauf. Wir verkaufen jedes Jahr die gleiche Menge.

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Wir vermuten, dass die Produkte sehr zufriedenstellend sind, da die Kunden sie jedes Jahr wiederkaufen.

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Doch das hatten wir sicher auch schon. Es gab sicher schon Leute die gesagt haben, dass sie keinerlei Wirkung gesehen haben aber das gibt es bei jedem Produkt. Aber ich bin seit 10 Jahren in der Firma und kann mir an keinen Fall erinnern. Am Anfang gab es sicher Kunden, welche gesagt haben das Produkt sei unnötig.

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Wir sind schon interessiert. Im Düngerbereich sind wir gut abgedeckt mit dem was wir haben. Im Pflanzenschutz wären wir sehr interessiert, wenn es ein Mittel gegen ein anderes Pathogen geben würde. Aber einfach so noch mehr Produkte aufzunehmen, etwas für Boden oder Fruchtansatz und so weiter brauchen wir nicht. Wir haben einen Markennamen aufgebaut und das war nicht so einfach, das hat ein paar Jahre gedauert und wir möchten nicht noch was Neues aufnehmen. Wir haben vor ein paar Jahren ein neues Produkt aufgenommen, ist aber eher ein Komposttee mit einem Algenanteil. Die Alge im Produkt wird aber nicht extra vorgehoben. Steht schon auf der Etikette aber nicht auf dem Flyer.

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Vor zwei Jahren habe ich mal etwas gelesen aber seither nicht mehr. Ich habe gelesen, dass ein Fungizid auf den Markt kommen soll aber ich habe es nicht weiterverfolgt. Selber investieren wir nicht in die Forschung. Wir versuchen von Forscher oder Firmen welche so ein Produkt in der Pipeline haben das Produkt mitzutesten bei uns. Wir haben ein eigenes Versuchswesen. Wir machen häufig eine Geheimhaltungsvereinbarung. Wir bekommen dann Muster und wenn etwas daraus wird dann arbeiten wir damit weiter und wenn keine Wirkung eintritt oder das Produkt zu teuer ist dann hören wieder auf. Mit Mikroalgen haben wir momentan nichts in Arbeit.

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Ich vermute es bleibt ein Nischenprodukt und auch ein Mischprodukt. Das Produkt welches im Weinbau in der Westschweiz eingesetzt wird gegen Echten Mehltau das wird häufig auch mit Schwefel benutzt. Das sind Fungizide mit Teilwirkungen, also kein klassisches Fungizid oder es kann auch nicht Kupfer oder Schwefel ersetzen. Deshalb glaube ich nicht das es aus der Nische herauskommen wird. Es kommen auch extrem viele andere Produkte mit ähnlicher Wirkung auf den Markt: Hefextrakte, lebendige Hefen, tote Hefen, Chitinprodukte, Amöben. Die haben alle eine Teilwirkung und eine Berechtigung aber die werden nur gross mit dem richtigen Marketing. Der Landwirt hat schon Geld aber am Schluss schaut er trotzdem auf das Geld und experimentiert nicht einfach rum.

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Befragte Person 2

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Makroalgenpräparate seit 2013. Mikroalgenpräparate seit 2003

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

Wir entwickeln selber Mikroalgenzuchtanlagen Produkte und stehen in engen Kontakt mit Makroalgenzüchter. Das breite Anwendungsspektrum für Algen ist uns seit 1996 bekannt und stellt eine Forschung und Entwicklungsgegenstand dar.

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Im europäischen Kontext sieht man ein klares Interesse für Algenprodukte in der Landwirtschaft gegeben durch die Klimadebatte. In der Schweiz konnten wir da noch keine Entwicklung beobachten.

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Beide gleichviel.

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Ja.

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Wir bekommen ein sehr gutes Feedback.

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Bisher keine

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Wir entwickeln gerade drei neue Produkte auf Algenbasis für die Landwirtschaft.

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Wir bauen PBRs.

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

In der Schweiz besteht noch sehr viel Aufklärungsbedarf. Weltweit hingegen sieht es wesentlich besser aus.

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Befragte Person 3

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Seit 2015

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

Ein Konkurrent hat dasselbe Produkt und verkauft es viel teurer. Ich verkaufe es für den halben Preis.

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Für die Leute ist es klar das Algen biologisch abbaubar sind und kein Problem für die Umwelt darstellen. Normalerweise fragen sie nicht danach.

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Nur Landwirte, vor allem im Gemüsebau

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Ja

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Ja

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Nein es wurden noch nie negative Erfahrungen mit dem Produkt gemacht.

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Ich weiss es nicht. Ich bin zufrieden, mit dem momentanen Produkt.

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Ich habe davon noch nie etwas gehört, hört sich aber sehr interessant an.

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Wenn die Wirkung sich verbessert dann schon. Momentan hat die Alge noch keine vollständige Wirkung von mindestens 80%. Im Moment ist die Wirkung zwischen 35-40%. Das ist schon gut aber die Wirkung sollte noch besser werden.

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Befragte Person 4

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Seit 2015

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

Der Grund ist zum einen gewesen das die Mitbewerber keinen pflanzlichen Dünger haben. Aus unserer Philosophie wollten wir einen biologischen und natürlichen Dünger einsetzen und nicht mineralische Dünger oder Dünger welche aus Schlachtabfällen oder aus Hornmehl / Hornspäne bestehen. Man wollte wirklich einen Dünger, welcher nachhaltig ist und nicht auf Kunstbasis hergestellt ist. Aus diesem Grund hat man die Produkte eingeführt. Man konnte sich mit diesen Produkten auch abheben von Mitbewerbern, es gibt auch heute noch nicht viele Händler mit Algenprodukten.

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Städte lassen sich momentan Lizenzieren, es gibt das Grünstadtlabel (Bronze, Silber, Gold) und da wird der ganzheitliche Betrieb (Stadtgärtnerei) angeschaut, auf Torffrei, Kunstdünger etc. Politisch ist der Wille da möglichst nachhaltige Dünger zu verwenden und viele Städte stellen jetzt darauf um. Ich denke auch bei den Endverbrauchern merkt man eine Umstellung, beispielsweise durch die Initiativen zum Beispiel der Trinkwasserinitiative. Das verschiedene Produzenten nur noch biologisch düngen in ihren Gärtnereien und dann das nach aussen tragen. Das Algenprodukt kostet mehr als normaler Dünger und nur die Produzenten welche Bio zertifiziert sind, setzen das Produkt ein. Wir verkaufen jedes Jahr mehr vom Produkt.

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Wir verkaufen an Gärtnereien und Baumschulen

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Kein Verkauf an Bauern

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Die Zufriedenheit ist sehr gut. Es bringt nur Vorteile für die Pflanzen. Der Preis schreckt zwar immer zuerst ab, aber wenn man sich überlegt wie andere Dünger hergestellt werden, wählen sie dann doch eher die Algenprodukte.

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Nein überhaupt nicht. Es ist nur der Preis welcher manchmal Missverständnis auslöst.

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Im Bereich Dünger sind wir gut aufgestellt, wir haben verschiedene Dünger auf Algenbasis. Aber ich denke in der Pflanzenstärkung wird man in Zukunft noch viel mehr machen. Wir haben nun auch eine neue Firma gegründet. Die Firma wird sich nur auf Pflanzenstärkungsprodukte spezialisieren. Wir machen sicher noch mehr in den nächsten Jahren. Aber auch im Bereich mit Chilmittel.

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Wir sind nur eine Handelsfirma. Eine andere Firma beliefert uns mit neuen Produkten und sie forschen auch an neuen Produkten. Wir selber machen das nicht.

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Wir denken, es ist wichtig wie die Trinkwasserinitiative ausgeht. Wir denken in Zukunft wird auch der Endkonsument immer mehr sensibilisiert sein für natürliche Mittel. Der ganze Bereich Pflanzenstärkung, egal ob Algen oder andere Produkte wird sehr viel Zukunft haben. Da ist ein riesiges Potential da. Es ist wirklich ein Bedarf und ein Bedürfnis und meiner Meinung nach ist es auch der richtige Weg.

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Befragte Person 5

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Seit 2004

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

Wir sind vor allem in Kontakt gewesen mit anderen Bioanbieter und Produzenten im Ausland und so ist das wahrscheinlich entstanden. Zu Beginn hat man wahrscheinlich Versuche gemacht, wo die Wirkung nachher nicht gezeigt hat. Algenmittel sind kein Pflanzenschutzmittel welche einen eindeutigen Effekt zeigt gegen Echten Mehltau oder so. Das hat man sich am Anfang wahrscheinlich erhofft und war dann auch enttäuscht darüber. Aus diesem Grund hat man es dann länger auch nicht wirklich gepushed, weil die Effekte nicht schwarz auf weiss waren.

Tatjana: also eher biostimulierende Wirkungen hat man festgestellt?

Ja sicher. Man kann das aber auch nicht von allen Algenprodukten sagen. Es kommt extrem darauf an ob es sich dabei um ein Filtrat oder Extrakt handelt und wie es hergestellt wurde. Bei einem Filtrat hat man eher die Pflanzenschutzfaktoren (bei echtem Mehltau Beispielsweise), sie sind teilweise sogar auch als Pflanzenschutzmittel zugelassen, wenn Beispielsweise nur das Laminarin verwendet wird. Wir arbeiten aber mit einem Extrakt, bei der die ganze Pflanze extrahiert ist. Die Wirkung geht dabei in die Wachstumsförderung und Biostimulierung. Aus unserer

Erfahrung sieht man die Wirkungen jedoch erst wenn man über die Jahre hinweg schaut. Plus vor allem was sehr wichtig war ist die Wirkung der Algen bei der Spritzung. Wenn man Algen beimischt hat man meistens den Benefit das die Pflanzen die Spritzbrühe besser vertragen, dass generell die Brühe besser läuft und es keine Verstopfungen gibt. Das Algenextrakt kann auch gut als Netzmittel eingesetzt werden und hat nachher auch den Effekt beim Obstbau auf Regenflecken oder Rost-Flecken. Es vermindert verschiedene negative Effekte auf die Pflanze welche Pflanzenschutzmittel, auch biologische Pflanzenschutzmittel, auslösen. Was wir in den letzten Wochen gesehen haben bei grossen Temperaturwechseln sind die Algenextrakte sehr wertvoll, die Pflanze reagiert weniger auf die Umwelteinflüsse und kann mit dem Stress besser umgehen. Es ist nicht der Hauptfehler aber wenn man es beimischt hat man wertvolle Effekte.

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Das ist schwierig zu sagen. So eine Frage müsste man wahrscheinlich stellen, wenn wir im Hobbybereich verkaufen würden. Dort ist es wahrscheinlich mehr auch eine Generationsfrage. Die jüngere Generation ist eher offen und interessierter in diesem Bereich. Ob das aus der Klimadebatte herauskommt das Interesse, ist schwierig zu sagen. Für uns ist das schwierig zu sagen, weil wir seit 32 Jahren so unterwegs sind und für uns hat sich nichts geändert. Ausser vielleicht die Nachfrage. Aber aus welchen Gründen die Kunden kommen ist schwierig zu sagen. Wir haben aber auch langjährige Kunden. Man kann sicher sagen, dass die Nachfrage nach biologischen Produkten gestiegen ist, wie es bei Algenprodukten aussieht kann ich nicht beantworten. Ein grosser Einfluss haben wir in der Beratung. Durch die Beratung konnten wir eine grössere Offenheit aufbauen aber aus welchem Grund kann ich nicht beantworten. Wahrscheinlich ist es wirklich eine Generationsfrage.

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Landschaftsgärtnereien, Gärtnereien und Wein und -Obstbau. Vor allem im Wein und -Obstbau. Das Algenpräparat kommt aus unserer Schwesterfirma aus Deutschland und dort wird es sehr viel im Wein- und Obstbau ausgebracht.

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Ja

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Die Zufriedenheit ist gut. Aber man muss dazu sagen, dass es keine Schwarz-Weiss Produkte sind und man deshalb auch viel weniger Feedback erhält als beispielsweise bei Pflanzenschutzmittel. Die Rückmeldungen würden wir wahrscheinlich nur erhalten, wenn es jemand ganz alleine anwenden würde. Sehr wahrscheinlich wäre dann das Feedback auch mal negativ, weil die Erwartung falsch wäre. Im Rebbau oder Obstbau hat man gesehen, dass es nicht nur mit Algenpräparaten geht. Dann ist es denke ich eher schwierig, sicher zu Beginn, wenn man es umstellt.

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Nein, es ist ein sehr verträgliches Produkt. Wir beraten sehr offen, technisch und ehrlich über unsere Produkte und versprechen nicht das Blaue vom Himmel. Wie ich es vorher erklärt habe, beraten wir das Produkt auch das es nur eine unterstützende Wirkung hat. Es ist auch immer einen Kostenfaktor. Es ist ziemlich schnell der teuerste Punkt in einer Spritzbrühe verglichen zu Schwefel und Kupfer. Aus diesem Grund muss man auch offen sein für das.

Tatjana Wais: Die Kosten sind wahrscheinlich auf den Abbau der Algen zurückzuführen?

Nein bei der Herstellung und beim Abbau. Beim Extraktionsprozess.

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Das kommt darauf an was die Mittel zu bieten haben. Es kommt darauf an, ob es sich dabei um Pflanzenschutzmittel handelt oder nicht. Falls es ein ähnliches Produkt ist wie das was wir bereits haben, dann wahrscheinlich nicht. Das Produkt müsste einfach andere Faktoren bieten können. Wenn es sich dabei um ein interessantes biologisches Produkt handelt, dann schauen wir es immer an. Aber entweder ist es düngend oder es ist ein Pflanzenschutzmittel. Und wenn es sich um ein Pflanzenschutzmittel handelt, holen wir lieber direkt eine Bewilligung für den Pflanzenschutz ein damit wir es danach seriös verkaufen können und sagen können für was es ist. Das ist ein bisschen das Problem, weil es so viele verschiedene Produkte momentan auf dem Markt gibt. Zum Teil sind die Produkte als Dünger zugelassen aber Berater erzählen dann von Effekten gegen das und das und wenn das der Fall wäre, dann lassen wir es lieber direkt als Pflanzenschutzmittel zu. Dann können wir sagen wir haben das Produkt auf der Basis von dem gegen das und dann ist es seriös. Sonst sind wir ziemlich schnell in diesem Snake-Oil Kuchen drinnen, wo es 100 Anbieter gibt auf der ganzen Welt und unseriöse Sachen verkaufen. Wir versuchen immer Produkte zu haben wo man offen beraten kann und sagen kann was es bringt.

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Nein. Das ist nicht unsere Kernkompetenz. Wir sind Händler und verkaufen die Produkte wieder. Wenn es interessant ist dann schauen wir das an. Wenn es biologisch abbaubar ist dann ist das extrem interessant für uns. Oder ob es sich dabei um einen schonenden Abbau handelt oder wie das Herstellungsverfahren der Extraktion ist. Wie man die Stoffe behandelt oder wie es dann später auf der Pflanze ist. Unser Algenextrakt ist ein sehr schonender Prozess wo wir nicht gross mit Lösungsmitteln arbeiten. Das ist uns schon wichtig aber wir sind nicht allzu aktiv in diesem Bereich.

Tatjana Wais: bei den Extraktionen, gibt es da keine Regelungen, sind die immer biokonform?

Nein die sind nicht alle Biokonform. Aber sie müssen biokonform sein für uns. Wenn ein Produkt für uns interessant ist, dann lassen wir dieses vom FiBL beurteilen ob es biotauglich ist oder nicht und wenn es das ist, dann ist es für uns in Ordnung.

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Ja die Frage ist was ein Nischenprodukt ist. Wenn man das im globalen Kontext anschaut, sind alle biologischen Mittel noch ein Nischenprodukt. Für uns ist es sicher ein interessantes, wichtiges Produkt aber sicher kein Hauptprodukt. Bei uns ist es weniger verbreitet. Bei uns kann man

auch weniger mit dem Produkt rausholen. Je weniger Stress die Pflanze hat, desto weniger kann man damit rausholen. Dort wo sie immer Trockenstress haben, wirken die Produkte auch viel besser. Wenn man so Wunderstudien sieht mit riesigen Effekten, kommt das meistens nicht aus der Schweiz. Bei uns haben wir sehr gute Böden, im Normalfall eine gute Wasserversorgung. Je weniger Stress desto weniger Effekte kann man erkennen. Das sieht man mit allen bio-stimulierenden Produkten. Je schlechter das System ist, desto besser reagiert das System auch darauf. Auch wenn der Boden stark befahren wurde oder viel chemische Mittel eingesetzt wurden, dann hat man mit solchen Produkten meistens bessere Effekte, weil so viel kaputt gewesen ist. Das sehen wir weltweit in unserer Tätigkeit immer wieder. Dasselbe sieht man auch bei Mikroorganismen, wo alles schon tot ist als bei einem Bio-Boden mit guter Fruchtfolge. Da sind die Wirkungen meistens viel kleiner und auf einem überschaubareren Level.

Tatjana Wais: das ist sehr interessant, weil ich schon ein paar Studien aus Ägypten gelesen habe, welche immer sehr tolle Effekte haben. Das macht für mich sehr Sinn.

Nein das ist so. Sie haben meistens noch Salzeffekte. Die Produkte können Stressvermindern und arbeiten bei Stress am besten. Das geht immer Hand in Hand. Wenn eine Pflanze gestresst ist, ist sie auch anfälliger für Krankheiten.

Umfrage: Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmitteln

Zukünftig werden Alternativen zu immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei können Algen einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von konventionellen Pflanzenschutzmitteln leisten. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit möchte ich herausfinden welche Erfahrungen mit Algenpräparaten im Sortiment bei Firmen bisher gemacht wurden und bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie bei der Umfrage teilnehmen.

Befragte Person 6

Seit wie vielen Jahren haben Sie Algenpräparate als Pflanzenstärkungsmittel in ihrem Sortiment?

Seit 12 Jahren

Welche Faktoren (Beispielsweise: Studien, Empfehlung über Produzenten, Wirkung der gewählten Alge) führten zur Entscheidung das Produkt in das Sortiment mit aufzunehmen? Wurden dabei verschiedene Algenpräparate verglichen?

Algenpräparate sind auch für humane Nahrungsergänzung ein gut erforschtes Thema. Wir haben unsere Alge aufgrund der Zulassung gewählt.

Wie gross ist die Nachfrage der Kunden an Algenpräparaten als Biostimulanzien? Erkennen Sie durch die Klimadebatte und das daraus resultierende Bewusstsein für Nachhaltigkeit eine Veränderung an der Nachfrage an Algenpräparaten?

Algen sind allein nur ein kleiner aber wichtiger Puzzlestein!

Werden die Algenpräparate mehr an Hobbygärtner verkauft oder an Landwirte?

Hobbygärtner sind «nach – Plauderei» da setze ich kein Engagement – die wissen so oder so alles – oder noch besser, reiner Zeitverschleiss

Das Algenpräparat welches Sie in Ihrem Sortiment führen, ist auf der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft. Somit kann man davon ausgehen, dass das

FiBL in Zukunft immer mehr auf diese Mittel setzen wird. Gibt es bereits Bauern welche die Algenpräparate im grossen Stil auf ihren Flächen anwenden?

Ja, (in der Schweiz) auf mehreren tausend Hektar

Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit von Kunden in Bezug auf die verkauften Algenpräparate ein?

Da die Nachfrage dauernd steigt, kann ich davon ausgehen, dass meine Kunden sehr zufrieden sind

Haben Sie schon negative Erfahrungen mit dem Verkauf gemacht? Unzufriedenheit bei Kunden durch Nachteile am Produkt? Beispielsweise: die gewünschte pflanzenstärkende Wirkung des Produktes ist nicht eingetreten?

Pflanzenstärkung/Immunsierung von Pflanzen ist selbst bei FIBL ein. Sie haben kein Interesse an einer wirklichen Lösung. Wo ich Algenprodukte eingesetzt habe war eigentlich immer grosses Erstaunen und Kopfschütteln. Aber Betriebe mit mehreren Tausend Litern (1-2 Liter/ha) – dies seit mehreren Jahren sollte doch schon aufhorchen lassen

Sind Sie daran interessiert in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen und was würde dafür oder dagegen sprechen?

Für funktionierende durchdachte Verbesserungen im Bereich der Pflanzenstärkung bin ich immer zu haben, Pflanzenschutzmittel überlassen wir gerne unseren ineffizienten Staatsbetrieben

Der Abbau von Makroalgen ist aufwendig, Mikroalgen wären eine Alternative welche im grossen Stil auf kleiner Fläche, lokal gezüchtet werden können. Fördern Sie entsprechende Studien in diesem Gebiet?

Nein, Ich beziehe meine Algen nicht aus Europa – aus Gebieten wo nicht nur das Wasser noch sauber ist.

Momentan ist die Alge als Pflanzenschutzmittel noch ein Nischenprodukt. Denken Sie, dass sich dies in Zukunft ändern wird?

Nein, Die Algen sind keine Pflanzenschutzmittel auch wenn dies FIBL und der Staat nicht gerne so sieht

Anhang 7: Poster

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zhaw Life Sciences und
Facility Management
IUNR Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen

Tatjana Wais
Bachelorarbeit FS20
Algen als Biostimulator für Pflanzen
aktueller Forschungsstand und Marktanalyse

Ausgangslage

Im Pflanzenschutz dominieren chemisch-synthetische Wirkstoffe seit Jahren. Dabei nimmt die Nachfrage nach Nahrung aufgrund des Bevölkerungswachstums immer mehr zu. Seit einiger Zeit wird deutlich, wie chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel unsere Ökosysteme gefährden. Dadurch erhält die Suche nach biologischen Alternativen an Bedeutung. Die Definition von Biostimulatoren sind Substanz(en) oder Mikroorganismen welche an Pflanzen oder im Bodenleben natürliche Prozesse stimulieren, um die Nährstoffaufnahme, die Nährstoffeffizienz, die Toleranz gegenüber abiotischem Stress und die Qualität der Kulturpflanzen zu verbessern oder/ und zu begünstigen.¹ Algenpräparate können positive Wirkungen auf Pflanzen haben und einen Beitrag zur Nahrungssicherheit leisten. Momentan werden einige Algenpräparate im Handel angeboten, andere Algen werden zur Zeit untersucht und können in Zukunft auf den Markt kommen. In der Arbeit wurde der aktuelle Forschungsstand zu Algenpräparaten untersucht und bei sechs Schweizer Unternehmen, welche bereits Algenprodukte im Handel haben eine Marktanalyse in Form eines Interviews durchgeführt.

Fragestellungen

- > Welche positiven Eigenschaften können Algen auf Pflanzen haben?
- > Welche Algenpräparate werden bereits auf dem Markt im Pflanzenschutz verkauft?
- > Zu welchen neuen Algen mit potenziellen pflanzenstärkenden Eigenschaften wird momentan Forschung betrieben?

Makroalgen

Makroalgen sind vielzellig, kommen vor allem im Meer vor und erreichen eine Grösse von bis zu 65 Meter. Ihre Wirkungen auf Pflanzen wurde in den letzten Jahren intensiv untersucht und es gibt immer mehr Präparate aus Makroalgen im Handel zu kaufen. Auf Abbildung 1 wird zusammengefasst welche Wirkungsweisen bisher herausgefunden wurden, je nach dem ob man das Präparat auf die Blätter spritzt oder mithilfe von Wasser in den Boden giesst.

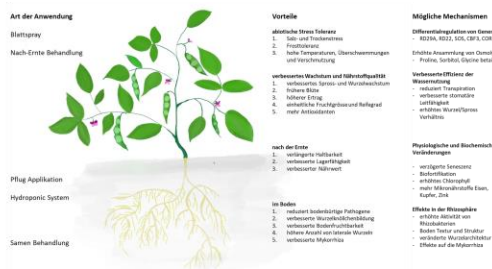


Abbildung 1. Die Wirkungsweisen von Algen als Biostimulator am Beispiel der Sojabohne. Die verschiedenen Arten die Präparate zu applizieren führen zu verschiedenen Verbesserungen der Pflanze. Dabei laufen komplexe Mechanismen ab.²

Mikroalgen als Biostimulatoren

Die einzelligen Mikroalgen werden erst seit einigen Jahren auf ihre Wirkungen als Biostimulator auf Pflanzen untersucht. Mikroalgen könnten in Zukunft nachhaltiger, effektiver sein und Nährstoffkreisläufe besser schliessen als Makroalgen, da sie lokal im Labor gezüchtet werden können und nicht im Meer geerntet werden müssen.³ Der Gehalt an Primärmetaboliten, Kohlenhydrate und Lipide sind in Mikroalgen sehr hoch. Das Vorhandensein einiger Aminosäuren wie Tryptophan und Arginin in Mikroalgenextrakten kann Vorteile für das Pflanzenwachstum sowie den Ertrag haben.⁴ In den letzten Jahren wurden immer mehr Studien im Freiland- und unter Gewächshausbedingungen durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass Mikroalgen einen positiven Einfluss auf die Keimung, das Wachstum von Spross und Wurzelbiomasse bei verschiedenen Kulturen wie Salat, Roter Amaranth, Pack Choi, Tomate und Paprika hatte.^{5,6,7,8}

Resultate und Schlussfolgerung

83% der Befragten gaben an, dass Kunden welche die Algenpräparate kaufen, das Mittel bereits auf grossen Flächen anwenden. Kunden sind zu 67% Landwirte, welche vor allem im Gemüse- und Weinbau tätig sind und 33% davon sind Gärtnereien und Baumschulen. Dabei wurde die generelle Zufriedenheit der Kunden von den Firmen als durchgehend positiv eingeschätzt. Ein Grund dafür ist, dass die Algenpräparate als Mischprodukte mit anderen Wirkstoffen verkauft werden und so sehen Kunden die Effekte an den Kulturen mehr. fünf von sechs der Befragten gaben an keine Studien zu fördern welche sich mit den Wirkungen von Mikroalgen beschäftigen. Eine Firma jedoch stellt seit Jahren Mikroalgenprodukte her und forscht an weiteren Präparaten. Alle Firmen interessieren sich für den Anbau von Mikroalgen als Alternative zu Makroalgen.

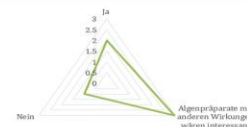


Abbildung 11. Zur Frage ob Interesse besteht in Zukunft weitere Pflanzenschutzmittel auf Algenbasis ins Sortiment zu nehmen haben zwei Personen mit Ja, eine Person mit Nein geantwortet und drei Personen wünschensich von einem neuen Produkt andere Wirkungen, dann kommt es in Frage.

Zur Frage ob Algen ein Nischenprodukt bleiben werden, gaben drei der sechs Unternehmen an, das es voraussichtlich so bleiben wird. Jedoch könnten Algenpräparate mit dem richtigen Marketing und der Wirkungsverbesserung der Produkte, durch andere Extraktionsverfahren oder Mischungen mit anderen Produkten aus dieser Nische kommen. Entscheidend ist auch die Agrarpolitik in der Schweiz. Sie entscheidet welche Mittel eingesetzt werden dürfen. Bei den Makroalgen, besteht eine wissenschaftlich fundierte Grundlage zu den unterschiedlichen Wirkungen. Bei den Mikroalgen hingegen ist die Forschung noch in den Kinderschuhen und es Bedarf noch weiterer intensiver Forschung. Abschliessend kann gesagt werden, das Algen durchaus ihre Berechtigung als Biostimulanzie auf dem Markt haben und zukünftig chemisch-synthetische Wirkstoffe teilweise ersetzen können.

Quelle:
 1. Bi-Algenpräparat der Marke Ecolife
 2. Algen (Biodiversität) (Gard)
 3. Ecolife (Biodiversität) (Gard)
 4. Ecolife (Biodiversität) (Gard)
 5. Ecolife (Biodiversität) (Gard)
 6. Ecolife (Biodiversität) (Gard)
 7. Ecolife (Biodiversität) (Gard)
 8. Ecolife (Biodiversität) (Gard)

