

# Fixierung von CO<sub>2</sub> durch Mikroalgen als Lösung für den Klimawandel

Die moderne, intelligente Stadt: SMART CITY – Lernen von der Biologie

Vanessa Vogel

2601463

Der Klimawandel ist seit Anbeginn der Zeit ein Teil der Evolutionsgeschichte der Erde und beschäftigt die Lebewesen auf ihr seit jeher. Mit dem Aufkommen der Industrialisierung aber leitete der Mensch einen neuen Klimawandel ein. Die Konsequenzen aus den Folgen dessen sind bereits jetzt spürbar und werden sich in Zukunft noch verschlimmern. Damit stellt der Klimawandel stellt damit eines der größten Probleme des 21. Jahrhunderts dar und wir als Menschheit sind vor allem als Initiator, dafür verantwortlich präventive Schritte einzuleiten, um das Leben auf diesem Planeten sicherzustellen.

Neben vielen Methoden dem Klimawandel entgegenzuwirken, wie etwa die Nutzung erneuerbarer Energien oder anderer Projekte, die zur Reduktion des  $\text{CO}_2$  Ausstoßes dienen, bieten Algen einen vielversprechenden Ansatz (Onyeaka 2021).

Neben den anderen Pflanzen sind Algen allein bereits für über 50% der globalen  $\text{CO}_2$ -Fixierung verantwortlich (Swastik, 2021).

Über Photosynthese wird unter Verwendung von Wasser, Lichtenergie von der Sonne und  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre, Sauerstoff und Energie hergestellt, die in der Zelle gespeichert wird. Über die Photosynthese fixieren die Mikroalgen also das  $\text{CO}_2$  aus der Umwelt und können so dem Klimawandel entgegenwirken. Dabei bieten Mikroalgen einen besonderen Vorteil gegenüber anderen  $\text{CO}_2$  fixierenden Methoden. Nicht nur sind sie aufgrund ihres biologischen Ursprungs nachhaltig, sondern besitzen gegenüber anderen Pflanzen auch eine sehr hohe Wachstumsrate, was eine schnelle Heranzucht bedeutet. (Onyeaka 2021)

Dies bildet die Grundlage zur breiten Anwendung von Algenfarmen zur  $\text{CO}_2$ -Fixierung. Betrachtet man ein Kraftwerk das 200 Mwh produziert, ist es bereits einer Mikroalgen Plantage auf einer Fläche von 14,6  $\text{km}^2$  möglich 90% des ausgestoßenen  $\text{CO}_2$  dieses Kraftwerks während der Sonnenstunden zu fixieren. Aus einer Studie aus dem Jahre 2020 ging hervor das theoretisch eine Mikroalgen Plantage von 100.000  $\text{km}^2$  2,35 GT  $\text{CO}_2$  fixieren kann, was die  $\text{CO}_2$ -Emissionen weltweit um 5,31 - 8,01 % reduziert. (Onyeaka 2021)

Die Effektivität einer Mikroalge zur  $\text{CO}_2$  Fixierung hängt dabei stark von ihrer Physiologie und der Umwelt, also dem pH-Wert, der Salzkonzentration, der Temperatur und der Feuchtigkeit ab. Je nach Art können die Wachstumsfaktoren stark variieren. Dennoch belegen Studien unter normalen Bedingungen, also einem

neutralen bis leicht basischem pH-Wert und einer Temperatur um 25 - 30°C, eine 80 – 99%ige Effektivität. (Onyeaka 2021)

Zur effizienten Nutzung von Algen zur CO<sub>2</sub>-Fixierung ist es somit essenziell spezifische Wachstumsfaktoren und Stressfaktoren zu identifizieren und die Umgebung für eine maximale Fixierungsrate an die Mikroalge anzupassen.

Es existieren bereits Unternehmen, die mittels Mikroalgen Plantagen, versuchen CO<sub>2</sub> aus der Umwelt oder per Zufuhr zu binden, um somit dem Klimawandel entgegenzuwirken. Indem Sie die die Wachstumsfaktoren, also den pH-Wert, die Salzkonzentration und die Temperatur kontrollieren und an die Algenart optimal anpassen, erreichen Sie eine effiziente CO<sub>2</sub>-Fixierung. (Onyeaka 2021)

Je nach Weiterverwendungszweck und Art der Plantage können andere Algenarten angebaut und somit der wirtschaftliche Wert gesteigert werden (Onyeaka 2021).

Vielversprechend für die Breite Anwendung sind dabei Mikroalgen wie die *Chlorella Sp.* oder *Oscillatoria*. Besonders *Chlorella Sp.* sind aus wirtschaftlicher Hinsicht rentabel da sie auch höhere CO<sub>2</sub> Konzentrationen tolerieren und dabei eine hohe Fixierungsrate aufweisen (Onyeaka 2021).

Neben den positiven Eigenschaften der CO<sub>2</sub>-Fixierung durch Mikroalgen besitzt diese Methode allerdings auch Limitierungen, die besonders bei der Umsetzung wirtschaftliche Einbüßen bedeuten, denn die Methode ist in ihrer Umsetzung ökonomisch gesehen umständlich. Geschuldet ist dies durch die Aufrechterhaltung eines optimalen Umfeldes für die Mikroalgen. (Onyeaka 2021)

Kosten können beispielsweise beim Wasser eingespart werden, in dem man industrielles Abwasser verwendet. Aber auch Meerwasser ist eine kostengünstige Alternative. (Onyeaka 2021)

Generell existieren zwei Möglichkeiten von Algenplantagen, ein offenes oder ein geschlossenes System.

Zu den offenen Systemen gehören zum einen Einfache Teiche. Diese sind schlicht in ihrer Bedienung und benötigen weniger Energie. Sie lassen sich beliebig ausweiten und sind somit wirtschaftlich effizient. Problematischer ist allerdings die Kontrolle der Wachstums Parameter. Die Algen sind im offenen System Kontamination von anderen Mikroorganismen oder Algenkulturen, als auch den sich stetig ändernden

Temperaturen und pH-Werten ausgesetzt. Durch das fehlende Licht in der Nacht kann zudem keine Photosynthese betrieben werden. Für diese Systeme bieten sich also Mikroalgen an, die in hohen Salzgehalten oder alkalischen Bedingungen wachsen können. (Swastik, 2021)

Ein weiteres offenes System stellen „Open raceway ponds“ (ORP) dar. Hierbei wird über ein Schaufelrad ein Strom erzeugt, der die Algensuspension im Teich in eine Richtung zwingt und somit eine bessere Wachstumskontrolle ermöglicht. In solchen Teichen wird für gewöhnlich *Chlorella Spirulina* angebaut. (Swastik, 2021)

Geschlossene Systeme bieten gegenüber den offenen den entscheidenden Vorteil, dass es nicht zu einer Kontamination kommen kann. Im Allgemeinen können die Parameter, also die Temperatur, der pH-Wert und der Salzgehalt, in geschlossenen Systemen besser kontrolliert und optimal angepasst werden. Dazu kommt, dass solche Systeme anfänglich weniger Geld kosten, als offene Systeme und es in ihnen nicht zu Verlusten durch Evaporation kommt. Die Ausweitung dieser Systeme ist allerdings kostspielig. Zu den geschlossenen Systemen gehören Closed raceway ponds (CRWP) oder auch Photobioreaktoren (PBR), die über hohe Kontrolle der Wachstums- und Stressfaktoren ökonomischer sind als offene Systeme. (Swastik, 2021)

Doch nicht nur in Hinsicht der CO<sub>2</sub>-Fixierung sind Mikroalgen einsetzbar. Die gespeicherte Energie in Form von Stärke und Fettsäuren machen Mikroalgen auch für die Weiterverarbeitung zu Biogas, Bioöl und anderen wertvollen Produkten interessant. Die Mikroalgen wirken dem Klimawandel also nicht nur durch die reine CO<sub>2</sub>-Fixierung entgegen, sondern können auch zur Herstellung von alternativen und umweltfreundlichen Rohstoffen verwendet werden. (Onyeaka 2021)

Dies schließt einen vollen Kreislauf bei dem das CO<sub>2</sub> ausgestoßen, fixiert und in Form von Algen wiederverwertet wird, wodurch es zur erneuten Freisetzung kommt, was wiederum in der Fixierung durch Algen resultiert. Ein neuer Kreislauf beginnt. (Swastik, 2021)

Weiterhin können Algen nicht nur als Ausgangsmaterial für Industrie Produkte, sondern auch zur Anwendung in pharmazeutischen und kosmetischen Produkten als auch zur Produktion von Chemikalien genutzt werden. Auch in Nahrungsmitteln oder als Nahrungsergänzungsmittel können Algen Anwendung finden. Dabei wirken Algen also

nicht nur dem Klimawandel, aber auch dem Problem der Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung entgegen. (Onyeaka 2021)

Die etlichen Vorteile und der Nutzen, der aus Algenfarmen gezogen werden kann, vermitteln meiner Meinung nach ein positives Zukunftsbild. Neben dem offensichtlichen Nutzen der CO<sub>2</sub>-Fixierung, bieten Algen auch einen hohen ökonomischen Wert. Während andere Methoden hauptsächlich Geld kosten und den Firmen einen geringen Ertrag erbringen, bieten Algen ein großes Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten. Wie bereits angeführt, lassen sie sich unter anderem zu Bioöl und Biogas weiterverarbeiten. Besonders unter dem Aspekt, dass uns Erdöl und Erdgas nur limitiert zur Verfügung stehen und neben der aufwendigen Gewinnung und dem Transport zudem noch umweltschädlich sind, werden biologische Alternativen In Hinblick auf die Zukunft immer relevanter. Allein dadurch wird kommend ohne staatliches Zutun ein Anreiz zur Investition in Algenplantagen geschaffen.

So gehe ich davon aus, dass sich die Ölindustrie zunehmend an Firmen wie etwa AlgaEnergy oder anderen ähnlichen Unternehmen beteiligen wird. Der Markt hierfür wurde bereits durch die Autoindustrie geöffnet. Autos, die mit Biogas betrieben werden, fahren bereits jetzt auf deutschen Straßen und wenn nicht die pure Liebe zum Planeten die Menschen zum Wechsel treibt, wird es letztlich die reine Not durch überteuertes Erdöl. Spätestens dann sind Unternehmen dazu gezwungen in biologische Alternativen wie Bioöl oder Biogas aus Algen umzustellen sollten sie nicht bankrottgehen wollen.

Aber nicht nur die Industrie- und der Transportsektor, die gemeinsamen bereits 35% der Emissionen ausmachen, können von Algen profitieren. Ungefähr 24% der Emissionen entstehen bei der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und anderweitiger Nutzung von Landflächen. (Onyeaka 2021)

Algen können Landwirtschaft teilweise ersetzen oder zumindest unterstützen, indem sie als Nahrungersatzprodukt in Lebensmitteln eingesetzt werden. Durch ihr schnelles Wachstum und relativ einfachen Anbau, im Gegensatz zu anderen Pflanzen, kann in kurzer Zeit viel produziert werden. Problematisch wird es hierbei lediglich bei der gesellschaftlichen Akzeptanz. Eine Etablierung solcher Produkte könnte sich schleppend gestalten, wie bereits bei Fleischersatzprodukten zu sehen ist. Dabei spielt es zunächst keine Rolle ob jene Produkte den gleichen Geschmack und Geruch des

Originalproduktes aufweisen, da die bloße Neuheit bereits zur Ablehnung führen könnte. Man müsse sich also Strategien der Vermarktung überlegen, um es der breiten Masse schmackhaft zu machen.

Auch wenn diese Argumente erst für einen Umschwung in naher Zukunft sprechen, gibt es bereits heute Firmen, darunter AlgaEnergy, AlgoSource, Neoalgae oder auch Brilliant Planet, die sich mit Algen zur CO<sub>2</sub>-Fixierung als Rettung des Klimas oder als zukunftsweisendes Produkt beschäftigen.

Brilliant Planet, als Beispiel, versucht seit 2013 über offene einfache Teichsysteme, auf mehreren 30.000 m<sup>2</sup>, CO<sub>2</sub> aus der Umwelt zu binden und somit dem Klimawandel entgegenzuwirken. Über Hochfrequenz-Satellit-Überwachung und industrielle Automatisierung überwachen sie die Algenplantage und kontrollieren die Wachstumsfaktoren. (Brilliant Planet)

Während Brillenplanet einen guten Ansatz bietet und zeigt, dass Algenplantagen zur CO<sub>2</sub>-Fixierung ökonomisch möglich sind, reichen die Bemühungen dennoch nicht aus um einen Einfluss auf das Klima zu nehmen. Brillant Planert operiert momentan auf mehreren Quadratmetern. Um dem Klimawandel entgegenzuwirken, benötigt es jedoch mehrere Quadratkilometer an Algenfarmen. Dies dürfte das Unternehmen allerdings an seine Grenzen bringen. Hier fehlt es an Finanzierung um die Algenfarmen entsprechend auszuweiten. Dies zeigt, dass die Algenfarm allein, noch nicht rentabel sind. Die Probleme und Knappheiten, die in Zukunft auf uns warten sind momentan noch nicht dringlich genug, um Firmen zum Umschwung auf Algenalternativen zu bewegen und damit die Möglichkeit des Geldverlustes einzugehen.

Ein weiteres Problem, mit dem Brilliant Planet aufgrund seiner offenen Systeme womöglich zu kämpfen haben wird, sind schädliche Algenblüten. Durch den Klimawandel und die steigenden Temperaturen der Meere, die auch die Algenfarmen betreffen wird, vor allem aber solche die frei im Meer liegen, kommt es zur Änderung des pH-Wertes und der CO<sub>2</sub> Konzentration, wodurch das Wachstum von schädlichem Algenarten begünstigt wird. Durch das offene System und die Nutzung von Meerwasser, womit Brilliant Planet wirbt, kann es auf den Algenfarmen einfach zu einer Kontamination mit solchen schädlichen Algenarten kommen. Das Wachstum der gewünschten Algenart wird folglich durch die vom Klima veränderten Bedingungen, gehemmt oder gar unterdrückt. (Glibert, 2020)

Für Firmen, die auf Profit aus sind, wäre dies verheerend, was die Investition in Algenfarmen unattraktiv macht. Deshalb sind staatliche Anreize und Finanzierungshilfen vor allem in der Übergangszeit essenziell.

Davon lässt sich ableiten, dass Algenfarmen durch ihren hohen Wartungsaufwand und die damit verbundenen Kosten zunächst nicht rentabel erscheinen. Doch zieht man solche Algenplantagen auf mehreren Quadratkilometern und nicht nur auf wenigen Quadratmetern auf, so minimieren sich die Kosten. Zudem darf der positive Effekt auf den Klimawandel dabei nicht vergessen werden, was die Investition schon aus ökologischer Perspektive rentabel macht. Auch werden die Reparaturen und Hilfspakete, die uns der Klimawandel kosten wird, jene Kosten für die Algenfarmen erheblich übersteigen.

Gerade offene Systeme lassen sich beliebig oft erweitern und bieten den Firmen damit Gewinn orientierte Expansionsmöglichkeiten.

In Zukunft werden sich solche Ansätze wie bei Brillant Planet, die versuchen über neueste Technik ihre Algenfarmen und die darin vorherrschenden Bedingungen zu regulieren, vermutlich noch verbessern, umso ein Optimum an CO<sub>2</sub>-Fixierung und Ausbeute für die Weiterverarbeitung zu erreichen.

Im Gegensatz zur Brillant Planet, setzt die Firma AlgaEnergy, die versuchen Biokraftstoffe aus Algen herzustellen, auf geschlossene Systeme (AlgaEnergy). Durch das hohe Maß an Kontrolle kann so eine größtmögliche Ausbeute an Algen für die Weiterverarbeitung erzielt werden. Problematisch ist dabei die Ausweitung des Systems, womit es schwer wird dies marktreif zu machen. Es müsste also möglich sein die hohe Effizienz der geschlossenen Systeme auf die offenen Systeme zu übertragen. Dafür bedarf es allerdings Förderung im Bereich der Forschung. Denn hierfür benötigen wir einen erweitertes Verständnis der Mechanismen und der Interaktion zwischen der Umwelt und den Algen. Zum anderen müssen wir die umweltbedingten, sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen verstehen, die durch Algenplantagen auftreten. Genannte Firmen und auch viele andere bieten uns bereits einen kleinen Einblick in unsere Zukunft, doch es bleibt noch viel Luft nach oben, die ebenfalls gereinigt werden möchte.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Algenplantagen Ein großes Potential zur Rettung des Planeten und der Eindämmung des Klimawandels bieten. Durch ihr schnelles Wachstum und Ihre Haltung in unterschiedlichen Lebensräumen, lassen Sie

sich im Gegensatz zu anderen Pflanzen relativ einfach anbauen. Durch mehr Forschung sei es uns möglich ein besseres Verständnis über die Zusammenhänge der Umweltbedingungen und den Algen zu erlangen um somit die Algenernte auf ein Optimum anzuheben. Damit können wir nicht nur die CO<sub>2</sub>-Fixierung erheblich steigern, sondern auch anderweitige Probleme, wie etwa die Erdölknappheit oder die Ernährung der Weltbevölkerung möglicherweise bewältigen. Somit würden wir einen Kreislauf schaffen, der eine klimaneutrale Wirtschaft verspricht. Soll ein solches Szenario eintreten, müssen dafür allerdings zeitige Anreize von den Staaten geschaffen und in die Forschung investiert werden.



## Literaturverzeichnis

Onyeaka, Helen; Miri, Taghi; Oibileke, KeChrist; Hart, Abarasi; Anumudu, Christian; Al-Sharify, Zainab T. (2021): Minimizing carbon footprint via microalgae as a biological capture. In: *Carbon Capture Science & Technology* 1, S. 100007. DOI: 10.1016/j.ccst.2021.100007.

Paul, Swastik; Bera, Souhardya; Dasgupta, Rishav; Mondal, Shibsankar; Roy, Subhasis (2021): Review on the recent structural advances in open and closed systems for carbon capture through algae. In: *Energy Nexus* 4, S. 100032. DOI: 10.1016/j.nexus.2021.100032.

Glibert, Patricia M. (2020): Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. In: *Harmful Algae* 91, S. 101583. DOI: 10.1016/j.hal.2019.03.001.

Brilliant Planet: Harnessing the power of algae. Online verfügbar unter <https://www.brilliantplanet.com/>, zuletzt geprüft am 07.02.2023.

AlgaEnergy. Online verfügbar unter <https://www.algaenergy.es/>, zuletzt geprüft am 17.02.2023.

## Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit in allen Teilen selbstständig angefertigt und keine anderen als die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Sämtliche wörtlichen oder sinngemäßen Übernahmen und Zitate sind kenntlich gemacht und nachgewiesen.

Würzburg, 21.02.2023,

Ort, Datum, Unterschrift

