

# IP PROJEKT 5: POTENZIAL ALGE



Gefördert durch:



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Die Landesregierung  
Nordrhein-Westfalen



## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| 1. Einführung und Einordnung in das Projekt Cross Innovation Lab Niederrhein (XI Lab) ..... | 2  |
| 1. Ziel des Projekts Cross Innovation Labs Niederrhein .....                                | 2  |
| 2. Ziele des Projektes Algen IP.....  | 4  |
| 1. Problemstellung.....   | 4  |
| 2. Warum können Mikroalgen eine Lösung darstellen? .....                                    | 5  |
| 3. Weiter Potenziale von Algen.....   | 6  |
| 3. Zeitlicher Ablauf des Projekts .....   | 8  |
| 4. Skizze des Ponds (Beispiel für Forschungsbereich).....                                   | 9  |
| 5. Materialliste .....  | 11 |
| 6. Notwendige technische und personelle Gebäude-/ Gewächshaus-ausstattung/ Unterstützung... | 12 |
| 7. Mitarbeiter des XI Labs/Studenten der Hochschule involviert im IP Algen Pond.....        | 13 |
| 8. Referenzen .....   | 14 |

## **Open Pond Reaktor**

### **1. Einführung und Einordnung in das Projekt Cross Innovation Lab Niederrhein (XI Lab)**

Mikroalgen wachsen mit Hilfe von Licht und CO<sub>2</sub> und besitzen die Fähigkeit sich sowohl über organischen als auch anorganischem/gelöstem Dünger zu ernähren. Aus Algen können unter anderem Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel, Futtermittel, Farbpigmente, Komponenten für Kosmetik oder pharmazeutische Produkte oder auch Gründünger hergestellt werden. Unterschiedliche Algen Spezies werden für diese Anwendungsgebiete eingesetzt. Je nachdem, wo der Fokus bei der Verwendung liegt, kann man in der Herstellung mit offenen oder geschlossenen Systemen arbeiten. Werden Algen beispielsweise zur Erzeugung von Nahrungsergänzungsmittel oder Pharmazeutika kultiviert, kommen aufgrund der Gewährleistung einer möglichst hohen Reinheit (d.h. möglichst nur die Ziel Spezies, keine oder wenige andere Organismen) geschlossene Kultivierungssysteme zum Einsatz. Wenn aber ihre internen biologischen Prozesse genutzt werden sollen, sie also nicht als Produkt, sondern als Dienstleister genutzt werden, müssen nicht unbedingt geschlossene, sterile System verwendet werden. Wenn die Dünger- bzw. Nährstoffrückgewinnung und dem vorangehend die Wasserreinigung das Ziel des Algeneinsatzes sind, kann ein offenes System installiert werden, das zum einen kostengünstiger und einfacher zu entwerfen ist und zum anderen leichter in Stand zu halten ist. In diesem Projekt ist es das Ziel Biomasse aus Algen zu erzeugen, die Phosphor und andere Nährstoff Überschüsse aus der ihr zugefügten Wassermenge zieht. Sekundäres Ziel ist diese Algenmasse weiter zu nutzen, beispielsweise als Gründünger. Zum Einsatz soll dafür ein Open Pond Algenreaktor, ein offener Bioreaktor, kommen.

Auf diese Weise soll der regionale Diskurs über das Potenzial von Algen vorangetrieben werden, so wie regionales Wissen über die Kultivierung und die Potenziale der 'Wasserpflanze' zu verbessern und somit Diskussionen, Ideen und Information über neue Möglichkeiten gezielt vorangetrieben werden.

Der Open Pond Reaktor soll als einer der Demonstratoren entwickelt werden, der seinen Ursprung im übergeordneten Projekt Cross Innovation Lab Niederrhein hat.

#### **1. Ziel des Projekts Cross Innovation Labs Niederrhein**

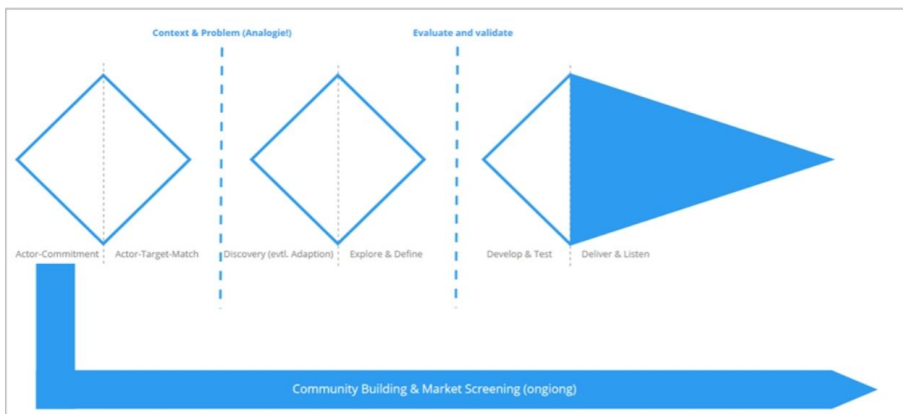
Im Projekt Cross Innovation Lab Niederrhein geht es um die Herausarbeitung von Methoden, mit denen Innovationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen gefördert werden können. Bei den Workshops, Gesprächen und Exkursionen, die im Rahmen der Methoden Ausarbeitung stattfinden, werden immer wieder verschiedene Themen unter die Lupe genommen, anhand derer die Cross-Innovationsmethoden ausprobiert werden. Die Ergebnisse dieser Workshops werden dann aufgegriffen und sollen in Subprojekten, sogenannten Interdisziplinären Projekten (IPs), realisiert werden, neun Stück an der Zahl. Dabei kann es sich um Produkte, Maschinen, technische Systeme oder auch Konzepte handeln.

Eines dieser IPs, dass sich im Verlaufs des XI Labs als geeignetes herauskristallisiert hat, ist der Open Pond Algenreaktor. Im Abschnitt Projektziele wird erklärt, welche weiteren Ziele damit erreicht werden sollen.

Kommentiert [SA1]: gehört hier nicht rein.

Beim Vorgehen innerhalb des IPs ist ein gewisses Maß an kreativer Freiheit vorgesehen, da das Hauptaugenmerk des XI Lab Projekts auf dem Innovationsaspekt des Projektes liegt und nicht auf den einzelnen IPs. Das heißt das optimale Vorgehen beim Innovieren soll ermittelt werden. Daher wird versucht, nachdem das Thema feststeht, es so weit wie möglich zu planen und Materialien zu besorgen, jedoch wird auch wissentlich Spielraum offengelassen, um flexibel in der Durchführung zu sein. Letztendlich sollen die Ergebnisse für die Öffentlichkeit zugänglich publiziert werden, also "open source" Charakter haben.

Einzugliedern wäre das IP in unseren jährlichen Projektzeitplan, dem jährlichen Zeitplan des übergeordneten Projekts Cross Innovation Lab, zwischen "Explore/Define" und "Develop and Test". Das Gesamtprojekt dauert drei Jahre und beinhaltet jedes Jahr dieselben Schritte zu sehen in der Grafik (Grafik1: 3 Diamond-Diagramm). Die vorhergehenden Schritte zu "Explore/Define" und "Develop and Test" (siehe Grafik 1) beschreiben das Identifizieren von Themengebieten, Interessenten, Problemstellungen, dem Organisieren und Durchführen von Workshops und schließlich das Bestimmen des IP-Themas. Diese Prozesse geschahen vor dem Identifizieren des Innovationspotenzials des Themas Mikroalgen. All diese Schritte werden von Mitarbeitern des XI-Labs wissenschaftlich begleitet, während sich einige um die Ausarbeitung und Evaluation der Methodik, also des Weges hin zur Innovation kümmern, beschäftigen sich die Anderen mit der Implementierung der entstehenden Innovationsideen.



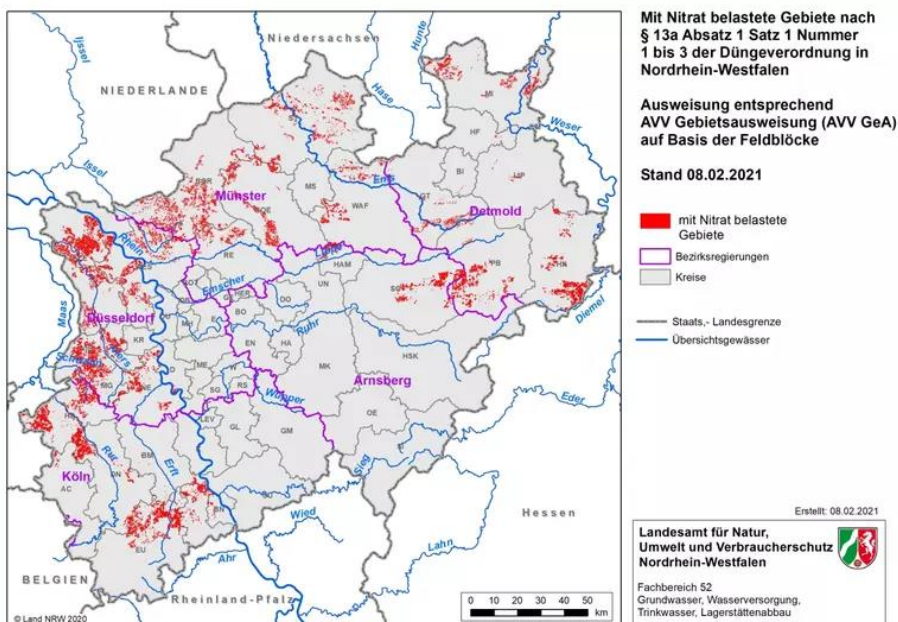
Grafik1: Innovationsprozess nach dem 3 Diamond-Diagramm (Weidner et. Wirth, 2021)

## 2. Ziele des Projektes Algen IP

### 1. Problemstellung

In Gesprächen mit verschiedenen Interessenvertretern aus Landwirtschaft, Gartenbau, öffentlichem Dienst, Lehre und Forschung kamen die Themen Oberflächen- und Grundwasserverschmutzung, „rote Gebiete“ (Stichwort Düngerverordnung) und Phosphorrückgewinnung mehrmals zur Sprache.

Die Nitratbelastung in einigen Gebieten am Niederrhein überschreitet den Grenzwert von 37,5mg/L und kamen dem Wert von 50mg/L Grundwasser, der als Richtwert für gesundheitlich unbedenkliches Wasser gilt, an einigen Orten sehr nah. Die Proben werden punktuell vorgenommen, deshalb wird vorsichtshalber ein Wert von 37,5mg/L als Grenzwert für die Einstufung zum roten Gebiet vorgenommen (FAQs zu Nitrat im Grund- und Trinkwasser, 2020).



Stand 8.2.21 Kulisse Nitratbelastete Gebiete (Quelle: LANUV, Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben, 2021, Artikel: (Schröder, 2021))

Das Thema Phosphorrückgewinnung ist mittlerweile ebenfalls ein Thema politischer Debatten und Gesetzesentwürfe geworden. So müssen Kläranlagen beispielsweise bis 2029 beziehungsweise 2032 nachweislich Phosphorrecycling betreiben. Warum das? Das Problem liegt darin, dass man von einem Schwund der Phosphorminenvorkommnisse in den nächsten 100 – 300 Jahren ausgeht, die Prognosen schwanken. Doch warum ist das jetzt schon ein Problem? Das liegt daran, dass die Vorkommnisse punktuell auf der Welt verteilt sind. In Ländern wie Deutschland, die keine eigenen Vorkommnisse haben, könnte das zu einem Problem werden. Der Preis für eine Tonne Phosphor beispielsweise hat sich 2008 versechsfacht und sich dann innerhalb eines Jahrzehnts nochmal zwei-einhalb-facht (Netz, n.d.). Zusätzlich dazu kann das Auswaschen von Phosphor aus dem Anbau

von Kulturpflanzen unter freiem Himmel eine Phosphorüberlastung von Oberflächengewässern nach sich ziehen, was wiederum zur Eutrophierung von diesen Gewässern führen kann. Das heißt es entsteht eine Algenblüte, die dadurch, dass sie nicht entfernt wird, in diesem Gewässer abstirbt und bei ihrer Zersetzung durch anaerobe Mikroorganismen einen giftigen Faulschlamm bildet.

## 2. Warum können Mikroalgen eine Lösung darstellen?

Ziel des XI-Lab Teams ist es einen funktionierenden Demonstrator aufzubauen. Das bedeutet in diesem Fall einen offenen Algenpool, der möglichst viel Biomasse in möglichst kurzer Zeit erzeugt. Bereits bekannt ist, dass Algen als Nahrungsmittel, Nahrungsergänzungsmittel, Futtermittel, Farbpigmente, Kosmetik- oder Arzneikomponenten genutzt werden können; hier geht ein sog. Downstreamprocessing, z.B. eine Extraktion, der Nutzung voraus. Dies sind häufig komplexe technische Vorgänge, die Arbeit von Verfahrenstechnikern/-ingenieuren voraussetzt. Doch wie steht es um ihr Potenzial, wenn es um das Thema Wasserreinigung geht? Eine wichtige Eigenschaft von Mikroalgen ist, dass sie sehr effizient darin sind Phosphor und andere Nährstoffe aufzunehmen. Eine Studie von Su et al. (2012) beschreibt eine Stickstoff- und Phosphorentfernung aus Abwasser von jeweils  $91.0 \pm 7.0\%$  und  $93.5 \pm 2.5\%$  aus einem. Diese Werte wurden von Algen in Kooperation in Verbindung mit Bakterien (eingebracht über Schlick) erreicht. Das Algen/Schlick Verhältnis betrug dabei 5:1. Deshalb bieten sie möglicherweise Gartenbau und Landwirtschaft die Möglichkeit ihre Abwässer vorzufiltern. Eine Algen Bakterien Koexistenz wird sich dadurch, dass im offenen Pond kultiviert wird auf natürlich Weise einstellen (Kontamination). Über Sensoren wie EC Sensoren und andere Sensoren, können der Mineralgehalt und je nach Sensor auch die spezifischen Mengen an Phosphor oder Nitrat, die sich vor und nach der Behandlung mit den Algen im Wasser befinden gemessen werden. Optimal wäre es an diese Hauptfunktion eine Nebenfunktion, wie zum Beispiel das Herstellen von Dünger oder Pflanzenwachstumsstimulanzien.

Zusätzliche Studien, die durchgeführt werden können, falls Interesse besteht, wären also beispielsweise das Potenzial der Algen als Düngemittel, oder auch ihr indirektes Potenzial als Wachstumsstimulanzien zu erforschen. In offenen Anbausystemen ist es unvermeidbar, dass neben den Mikroalgen auch andere Organismen im Wasser wachsen, darunter auch Rhizobien. Zu den Rhizobien gehören auch solche Bakterien, die in Symbiose mit Pflanzenwurzeln Luftstickstoff binden. Sie können also dazu dienen, den Mineraldüngerbedarf zu senken und den Weg in eine nachhaltigere Landwirtschaft zu ebnen (Grover et al., 2021). Allerdings können Rhizobien als sogenannte PGP (plant growth promoting bacteria) auch weitere positive Effekte auf das Pflanzenwachstum haben; dazu gehört das Verfügbarmachen von Phosphat, Siderophorenproduktion (Eisenbindende Mikroorganismen) und Phytohormonen, aber auch Schutzwirkungen auf Pflanzen wie z.B. das Triggern einer systemischen Resistenz gegen Pathogene, gewissermaßen eine Vorbereitung des Organismus, der dann schneller und widerstandsfähiger reagiert. Diese Mischung könnten also durch die Applikation der Algenlösung auf die Pflanzenerde einen noch weitaus positiveren Effekt ausüben. Hier sind noch viele interessante Fragen ungeklärt. Lässt sich dies auch mit dem Filtern von Nährstoffen aus Wasser kombinieren?

### 3. Weiter Potenziale von Algen

Zur Thematik Algen als Bio-Dünger gibt es erste Befunde. Ein Versuch des Forschungszentrums Jülich dokumentierte beispielsweise ein Pflanzenwachstum bei mit Algendünger behandeltem Weizen, das 81-90% des Wachstums von mit Mineraldünger behandeltem Weizen entspricht. Dies ist der Fall für in „NullErde“ wachsenden Weizen (Schreiber et al., 2018). Um preislich mit Mineraldünger mithalten dürfte die Produktion von Algen jedoch nur wenige Cent/kg(DM) kosten. Das ist zurzeit jedoch nicht realisierbar (Schreiber et al., 2018). Daher muss die Produktion der Algen andere Nutzen mit sich bringen, wie zum Beispiel die Rückgewinnung von Ressourcen wie Phosphor aus Abwässern. Andere interessante mögliche Potenziale von Algen, gezüchtet in Open Pond Systemen, sind zum Beispiel das Zusammenspiel von Algen und Bakterien, die möglicherweise eine Verbesserung des Pflanzenwachstums von Nutzpflanzen nach sich ziehen.

Nicht nur die Nährstoffe und die begleitenden Bakterien sind von Interesse, sondern auch der Eintrag von Kohlenstoff in den Boden, wenn mit Algenbiomasse gedüngt wird; in ärmeren Substraten kann dies zu einer Verbesserung der Bodenbedingungen beitragen. Dies sind aber längerfristige Prozesse, deren Betrachtung über den Fokus dieser Arbeit hinausgeht (die aber beispielsweise von Interesse für die Forschung an organischen Bodenzusatzstoffen und der Bildung von Boden aus Substraten sind); für die direkte Nutzung im Gewächshaus eher von minderer Relevanz. Dies sind Beispiele von Potenzialen, von denen wir uns versprechen, dass Wissenschaftler sie mit Hilfe unseres Prototyps untersuchen.

Beispiele von Institutionen und Firmen, die an Algen forschen oder mit Ihnen arbeiten sind das Forschungszentrum Jülich (Potenziale in der Abwasserreinigung und als Pflanzendünger, Nahrungsmittel, Futtermittel (Forschungszentrum Jülich - Alternative Biomass, 2021)), die technische Hochschule Mittelhessen (Abwasserreinigung mit Mikroalgen in Zusammenarbeit mit Kläranlagenbetreibern und Nutzungspotenziale der daraus entstehenden Algenbiomasse (Eichenauer, 2021)), die FH Bielefeld (Fassadenbegrünung, Wasserstoffherzeugung (Geförderte Projekte | FH Bielefeld, 2021)) und die Firma Biorizon (Firma in Spanien mit Hauptsitz in den Niederlanden, Produktion von Mikroalgen, Cyanobakterien und Bakterien, die der Wachstumsstimulation von Kulturen basiert auf biologische Anbauweise dienen (Biorizon Biotech, 2021)). Es gibt also Adressen, die kontaktiert werden können, um Informationen auszutauschen und eventuell beratend hinzugezogen werden können.

Um die Frage zu klären, wie effektiv die Algen bei der Phytoremediation (/auch Phytosanierung) von Gewässern sind und eventuell auch andere Fragen zu klären, werden Partner aus Praxis und Wissenschaft, die den Prototypen nutzen und die Ideen aufgreifen, um diese Fragen zu beantworten.

Zweites Ziel ist dementsprechend: Das Identifizieren von Bachelorstudenten, Masterstudenten, Doktoranden und/oder externen Wissenschaftlern, die den Demonstrator (das Algenbecken) nutzen, um Forschung der Art, wie sie im vorherigen Abschnitt beschrieben ist durchzuführen.

Zusammenfassend: Ziele sind das Bauen eines funktionierenden Demonstrators und der Gewinn von Wissenschaftlern, die sich mit dem Potenzial der Alge im Pflanzenbau auseinandersetzen und dessen Aspekte weiter erforschen. Um die Diskussion auf eine fachliche Grundlage zu stellen, soll eine

- 7 -

Informationsveranstaltung die fachlichen Informationen vermitteln. Mit dem Demonstrator als funktionierendes Vorzeigobjekt sollen auch andere Produktionsverfahren (offenen und geschlossene Verfahren) und deren Einsatzgebiete und Potenziale diskutiert werden.

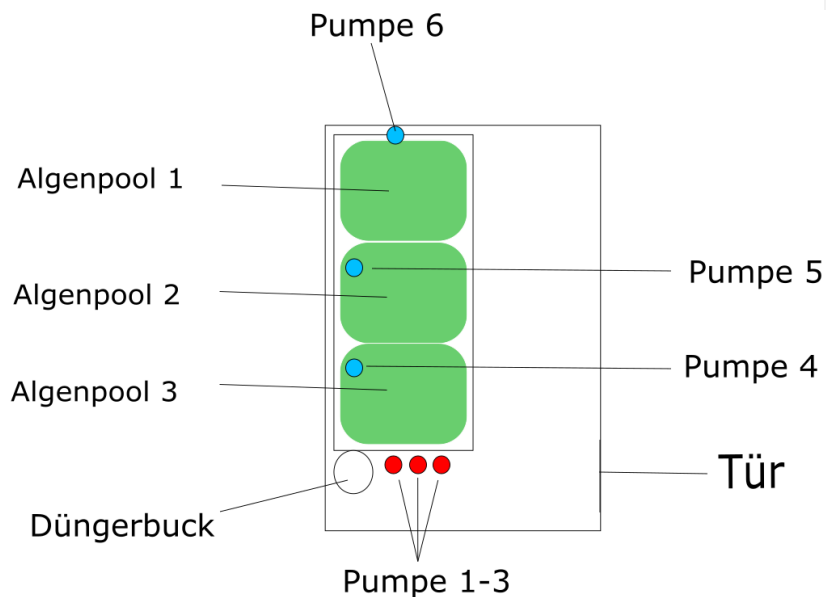


### 3. Zeitlicher Ablauf des Projekts

1 Jahr, aufgliedert wie folgt:

|   |   |
|---|---|
| 1. – 3. Monat   | Aufbau des Algenbeckens   |
| 4. – 5. Monat   | Probelauf des Beckens, Test der Sensorik, Aktorik und Erntemethodik, Beginn der Datenerhebung<br><br>Workshop zur Wissenvermittlung zum Thema Algen |
| 6. – 12. Monat (ab diesem Zeitpunkt kümmert sich das Team des XI Labs ausschließlich um die technische Instandhaltung der Anlage) | Datenerhebung und wissenschaftliche Aufarbeitung des Projekts durch Bachelor-/Masterstudenten und externe Forscher                                  |

#### 4. Skizze des Ponds (Beispiel für Forschungsbereich)



Grafik 2: Anordnung der Ponds

Die Skizze zeigt drei Algenpools, die nach unterschiedlichen Prinzipien funktionieren sollen. Zwei der Pools sollen nach dem Raceway Prinzip funktionieren. Das heißt es werden Bahnen in den Pond eingebaut, durch die die Algen strömen sollen. Die notwendige Strömung wird durch Pumpen und sogenannte "Paddle wheels" erzeugt. Ein Paddle Wheel ist ein rotierender Stab, über einen Motor angetrieben, der an jedem Ende eine Schaufel Vorrichtung aufweist, die das Wasser mit den darin beinhaltenden Algen in eine Strömungsrichtung in Bewegung setzt. Das sorgt für eine Verteilung zugeführter Nährstoffe im Wasser und einer Durchmischung der sich in der Lösung befindlichen Algen. Somit werden die Algen gleichmäßig mit Licht und CO<sub>2</sub> versorgt. Der dritte Pond wird mit Hilfe einer Luftpumpe und entsprechenden im Wasser endenden Schläuchen durchmischt und mit CO<sub>2</sub> versorgt.

Pumpe 1 - 3 stellen die Pumpen da, die der Versorgung des Wassers mit Frischwasser dienen. Pumpen 4 - 6 sind Pumpen, die dem Abpumpen, Durchsetzen mit Luft und/oder der Strömungsbewegung des Wassers dienen.

Ein Fass mit gedüngtem Wasser/Nährlösung vor Ort. Über eine Pumpe und ein Ventil pro Pond können wir die Ponds ferngesteuert füllen. Die Sensoren sind bewusst noch nicht eingezeichnet. Es wird sich im Laufe des Projekts ergeben an welchen Stellen und zu welcher Zeit sie installiert werden. Über den Wasserstandsensor können wir registrieren, wenn der Pond voll ist, und können dann das Ventil schließen.

An den Ponds hängt jeweils eine Pumpe mit 2 Ventilen. Darüber können wir entweder das Wasser im Pond zirkulieren lassen, oder Wasser abpumpen zum Bewässern der Pflanzen. Am Pond können wir pH, Temperatur, Strömungsgeschwindigkeit und die Trübung messen; damit wollen wir die Kulturdichte messen, um zu bestimmen, wann Wasser abgepumpt wird. Da das Algenwachstum bei zunehmender Dichte wegen des weniger werdenden verfügbaren Lichts (Selbstbeschattung) langsamer wird, muss eine Algenlösung regelmäßig verdünnt werden, um im Bereich des bestmöglichen Wachstums zu bleiben.

Der Schritt, der vor dem Abpumpen des Wassers ansteht, ist der des Erntens der Algen. Um herauszufinden welche Erntemethode diejenige ist, die auf die beschriebenen Anwendungsfälle am besten passt, werden mehrere bekannte Prozesse ausprobiert, eventuell optimiert und angepasst und dann hochskaliert auf die benötigte Größe; beispielsweise Sedimentation (Absetzen lassen, dekantieren) oder Filtration mit geeigneten Filtermaterialien.

## 5. Materialliste

Es werden Wasser- und Luftpumpen für das Befüllen des Ponds und das Zirkulieren des Wassers mitgebracht. Elektromotoren werden benötigt für das Betreiben eines Paddle Wheels, PVC und KG Rohre für das Fundament der Ponds. Für den Fall, dass die Lichtintensität nicht ausreichend ist, halten wir LED Leuchten auf Lager. An Sensorik bringen wir pH-Sensoren, Trübungssensoren, Strömungssensoren, Temperatursensoren, Lufttemperatur- und Drucksensoren und Wasserstands Sensoren ein. Dazu wird ein Kontrollsystem bereitgestellt, was die Bewässerung und Düngung des Algendurchsetzten Wassers regelt und damit ein Eingreifen nur in Ausnahmesituationen nötig macht. Ebenfalls werden mehrere Magnetventile, Dünger und eine pH Regelung mitgebracht.

Die Algenspezies, die zunächst eingesetzt werden soll, nennt sich *Chlorella vulgaris*. Diese ist ebenfalls bereits im Vorfeld dieses Projektes verfügbar gemacht worden. *Chlorella vulgaris* kann Wachstumsraten von circa 0,6g(DM)/L/d erreichen (Bialon, 2017). Diese Wachstumsrate wird von einem Sättigungswert der Algenkonzentration ausgebremst (s.o.). Die Maximalkonzentration kann je nach Lichtintensität und Temperaturspanne verschieden ausfallen. Sie bewegte sich in verschiedenen Versuchen mit unterschiedlichen Parametern zwischen 0,5g und 3g(TM) (Schreiber et al., 2018). Je nach zur Verfügung stehender Beleuchtung muss bei Erreichen eines bestimmten Wertes geerntet bzw. rück verdünnt werden, damit möglichst schnell neue Algen wachsen und die Algenkultur immer 'in der Wachstumsphase' bleibt; dies kann zum Beispiel bedeuten, beim Erreichen von 0.5g/l TM auf 0.1g/l TM zurück zu verdünnen, dh.  $\frac{1}{5}$  der Kultur zur Ernte zu entnehmen; bei einem 100l Pond wären dies dann 80l Algenlösung mit 40g Algenbiomasse. Auf einen 3,5kg schweren Topf wurden 14g TM Algen im zuvor beschriebenen Beispiel Versuch aufgewendet (Schreiber et al., 2018); dies geschah, um eine Phosphatversorgung von 45kg/ha zu simulieren (diese wurde für die Vegetationsperiode einmalig vorgenommen). Ginge man nach diesen Zahlen, könnten mit 80l Algenlösung am Algenerntetag knapp 3 Töpfe einmal komplett mit P versorgt werden; oder aber mehr Töpfe mit einer anteilsweisen P-Düngung, sodass kontinuierlich mit der Bewässerung auch Nährstoffe übertragen werden können. Bei guten Bedingungen kann ein Algenpond im Gewächshaus vermutlich 1-2mal wöchentlich geerntet werden.

## **6. Notwendige technische und personelle Gebäude-/ Gewächshausausstattung/ Unterstützung**

Eine Stromversorgung mit einer Spannung von 230V für Sensorik, Aktorik, Beleuchtung und Antriebswelle für das Durchmischen der Algen muss gegeben sein. Im Falle dessen, dass keine sichere Stromversorgung gewährleistet werden kann.

Wasserversorgung und Abfluss Zugang sind nötig für das Befüllen des Algenbeckens, so wie die Rückführung des Wassers in die Kanalisation oder das zirkuläre System des Gewächshaussystems nach Ernte der Biomasse.

Eine Heizung ist notwendig, die man bei Bedarf auch im Wasser des Beckens oder genau darüber platzieren kann.

Transport der benötigten Teile, Montage und Installation von Hard- und Software übernimmt das XI Lab Team.

Für die Überwachung des Systems soll die Sensorik sorgen. Eine einmalige tägliche visuelle Kontrolle, um die Funktionsfähigkeit des einzelnen Ponds kurz zu erfassen, wäre wünschenswert (z.B. 1 Minute mit: drehen die Paddels noch, ist das Licht noch an, ist noch Wasser drin, schäumt es übermäßig; mit Benachrichtigung im Problemfall).

## 7. Mitarbeiter des XI Labs/Studenten der Hochschule involviert im IP Algen Pond

Die Akteure sind:

| <b>Mitarbeiter</b> | <b>Fachrichtung</b>  | <b>Aufgabe innerhalb des Projektes</b>  |
|--------------------|--|---|
| Tobias Poppe       | Elektrotechniker und Mechatroniker, Spezialist für Sensortechnik, Mitarbeiter der Hochschule Ruhr West und Angestellter im Projekt XI Lab Niederrhein  | Implementierung der Sensor-, Regeltechnik und des Userinterfaces, Montage   |
| Ahmed Abdellatif   | Elektrotechniker, Usability Engineer (Sicherstellen der Gebrauchstauglichkeit von interaktiven Systemen, z.B. Software Interfaces), Mitarbeiter im FabLab der Hochschule Rhein Waal und Angestellter im Projekt XI Lab Niederrhein | Design des open Ponds und Implementierung der Sensor-, Regeltechnik und des Userinterfaces  |
| Omed Abed          | Logistiker, Mitarbeiter des Vereins Mobile Communication Cluster e.V. und Angestellter im Projekt XI Lab Niederrhein   | Einkauf der benötigten Materialien, Netzwerken mit Fokus: Technikorientierte Unternehmen, Montage, Assistenz open Pond und Sensorsystem Design                              |
| Lukas Kahlau       | Agrarwissenschaften Absolvent Schwerpunkt Nachhaltigkeit, Mitarbeiter des Veriens Agrobusiness Niederrhein e.V. und Angestellter im Projekt XI Lab Niederrhein   | Projektdesign, Netzwerken mit Fokus: Agrar-, Gartenbau- und Umweltorientierte Unternehmen und Forschungseinrichtungen, Montage, Assistenz open Pond und Sensorsystem Design |
| Felix Metzger      | Student Sustainable Agriculture Bsc.   | Montage, Versuchsdesign, Assistenz open Pond und Sensorsystem Design  |

## 8. Referenzen

Bialon, J.J., 2017. Modelle für Die Wachstumsraten Von Chlorella Vulgaris bei UNTERSCHIEDLICHEN Photonenabsorptionsraten und Lichtspektren. *Startseite*. Available at: <https://www.repo.uni-hannover.de/handle/123456789/8992> [Accessed September 9, 2021].

Biorizon Biotech. 2021. *Biorizon Biotech*. [online] Available at: <<https://www.biorizon.es/>> [Accessed 19 September 2021].

Eichenauer, S., 2021. *Forschung*. [online] Thm.de. Available at: <<https://www.thm.de/bau/fachbereich/fachgebiete-h-z/siedlungswasserwirtschaft-und-anaerobe-verfahrenstechnik/siwawi-forschung#interessante-links>> [Accessed 19 September 2021].

Fz-juelich.de. 2021. *Forschungszentrum Jülich - Alternative Biomass*. [online] Available at: <[https://www.fz-juelich.de/ibg/ibg-2/EN/Research/ResearchGroups/alternative\\_biomass/AlternativeBiomass\\_node.html;jsessionid=64FA9A51F1FEA1DDE26CC53F77192E77](https://www.fz-juelich.de/ibg/ibg-2/EN/Research/ResearchGroups/alternative_biomass/AlternativeBiomass_node.html;jsessionid=64FA9A51F1FEA1DDE26CC53F77192E77)> [Accessed 19 September 2021].

Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J. and Nain, L., 2021. PGPR Mediated Alterations in Root Traits: Way Toward Sustainable Crop Production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4.

Netz, H., n.d. *Die Phosphor-Krise - NABU*. [online] NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. Available at: <<https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/landwirtschaft/umweltschutz/23828.html>> [Accessed 19 September 2021].

Schreiber, C., Schiedung, H., Harrison, L., Briese, C., Ackermann, B., Kant, J., Schrey, S., Hofmann, D., Singh, D., Ebenhöf, O., Amelung, W., Schurr, U., Mettler-Altman, T., Huber, G., Jablonowski, N. and Nedbal, L., 2018. Evaluating potential of green alga Chlorella vulgaris to accumulate phosphorus and to fertilize nutrient-poor soil substrates for crop plants. *Journal of Applied Phycology*, 30(5), pp.2827-2836.

Schröder, M., 2021. *NRW: Rote Gebiete massiv geschrumpft*. [online] Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben. Available at: <<https://www.wochenblatt.com/landwirtschaft/acker-pflanzenbau/nrw-roete-gebiete-massiv-geschrumpft-12476334.html>> [Accessed 19 September 2021].

Su, Y., Mennerich, A. and Urban, B., 2012. Synergistic cooperation between wastewater-born algae and activated sludge for wastewater treatment: Influence of algae and sludge inoculation ratios. *Bioresource Technology*, 105, pp.67-73.

Umweltbundesamt. 2020. *FAQs zu Nitrat im Grund- und Trinkwasser*. [online] Available at: <<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser/nutzung-belastungen/faqs-zu-nitrat-im-grund-trinkwasser#welche-grenzwerte-gibt-es-fur-nitrat>> [Accessed 19 September 2021].