

# Kurzbericht

Zur Bekanntmachung  
„Photonische Verfahren zur Erkennung und Bekämpfung  
mikrobieller Belastungen“

zum BMBF-Verbundprojekt  
Optische Softsensorik von Algenkultivierungen in großskaligen  
Photobioreaktoren - Optimierung durch Prozessführung und  
Bekämpfung mikrobieller Belastungen (OptiPBR)

## Teilvorhaben

Validierung der optischen Softsensorik in Photobioreaktoren unterschiedlicher  
Größen

Projektnehmer	Landwirt Münch
Förderkennzeichen	13N15854
Projektlaufzeit	15.11.2021 bis 14.11.2024
Berichtszeitraum	15.11.2021 bis 14.11.2024
Projektpartner	Institut für Lebensmittel und Umwelttechnik (ILU), Institut für Chemie & innoFSPEC, Universität Potsdam, SOPAT GmbH, Algoliner GmbH & Co. KG
Projektkoordinator	Algoliner GmbH & Co. KG

Groß-Umstadt, der 12 Mai 2025

### Teilprojektleiter:

Moritz Münch  
Landwirtschaftlicher Betrieb  
Georg-August-Zinn-Str. 102  
64823 Groß-Umstadt  
Tel.: 06078-2308  
m.m@erdbeerhof-muench.de

## Inhaltsverzeichnis

1. Ziele und Aufgabenstellung
2. Planung und Ablauf
3. Wesentliche Ergebnisse

## **1. Ziele und Aufgabenstellung**

Für Landwirtschaft wird es in der Bundesrepublik Deutschland immer schwieriger, Produkte zu erzeugen und zu vermarkten, welche ein ausreichendes Auskommen erlauben. Seit Generationen ist unser Unternehmen daher von fortlaufenden Änderungen und Anpassungen geprägt. In diesem Zusammenhang haben wir bereits vor Jahren damit begonnen, Mikroalgen als zukünftigen weiteren Umsatzträger für unser Unternehmen zu betrachten. Mit Hilfe der von Algoliner erstellten Anlage auf unserem Hof, sammeln wir hierzu umfangreiche Erfahrungen. Kontaminationen der Mikroalgen stellen hierbei ein großes Problem dar, da sich diese nur dann wirksam bekämpfen lassen, wenn sie rechtzeitig entdeckt werden.

Bisher müssen wir hierfür regelmäßig Proben aus dem Reaktor entnehmen und mit Hilfe eines Mikroskops nach Kontaminationen suchen. Die Beurteilung erfordert oftmals tiefgreifende spezifische Sachkenntnisse, über die wir nur bedingt verfügen. Eine automatische integrierte Qualitätskontrolle in Echtzeit hätte für uns doppelte Vorteile. Zum einen müssten wir nicht mehr regelmäßig (täglich) Proben aus dem Reaktor entnehmen, um diese unter dem Mikroskop zu untersuchen. Zum anderen würden automatisierte Algorithmen die Proben bewerten. Die Aktivitäten im Rahmen des OptiPBR Projektes versprachen hierfür eine Lösung bereit zu stellen.

Entsprechend der Planung des Projektes im Antrag bestand unsere Aufgabe darin, die zu entwickelte Sensorplattform in unseren großskalierten Reaktor zu integrieren, um somit zu erkennen, ob sich die Sensoren in der Großanlage genauso verhalten wie in den kleinen Laboranlagen.

## **2. Planung und Ablauf**

Der Partner Algoliner stellte uns einen Inokulum Reaktor zur Verfügung, mit dem wir die von dem Partner ILU ausgewählten Mikroalgenstämme hochskalieren konnten. In Absprache mit Algoliner wurde die Anlage derart modifiziert, dass die Sensorplattform zum Projektabschluss in den Großreaktor integriert werden konnte, während diese fortlaufend kultiviert.

Die Anzucht des Großreaktors ist zeitlich langwierig, weshalb diese Aktivitäten eng und detailliert mit den anderen Partnern abgestimmt werden musste.

Nach dem Beginn des Projektes wurde entschieden, dass anstatt der zunächst vorgesehenen Spirulina, jetzt Chlorella verwendet werden soll.

Da wir diese Mikroalgen Gattung zuvor noch nicht kultiviert haben, mussten wir uns zunächst die theoretischen Kenntnisse hierfür aneignen. Der Partner ILU als auch die Universität Potsdam haben uns hierbei tatkräftig unterstützt.

Hinsichtlich des AP 2 (Maßnahmen zur Bekämpfung mikrobieller Belastungen) standen wir im regelmäßigen Austausch mit den Projektpartnern ILU und UP. Wir begannen bereits frühzeitig mit der Anzucht von Chlorella und beobachteten hierbei die Ausbreitung von Kontaminationen.

Im AP3 unterstützten wir die Projektpartner ILU und UP, wonach wir deren Algenstämme in unsere Labor- und Inokulum Reaktoren kultivierten. Die Ergebnisse wurden hierbei regelmäßig ausgetauscht. Der AP4 war für uns die wichtigste Phase des Projektes, da sich dieser darum drehte, die Sensorplattform an unsere Großanlage anzuschließen. Mit Hilfe des von Algoliner erstellten Inokulum Reaktor haben wir rechtzeitig damit begonnen, eine ausreichende Menge Chlorella anzuzüchten, damit die Anlage im Zeitraum der Integration der Sensorplattform in den Großreaktor entsprechend präpariert ist. In der letzten Phase des Projektes erfolgten die Messungen, wobei wir den Partner UP so weit als möglich unterstützten.

Der Landwirtschaftlich Betrieb Münch war in den AP 2, 3 und 4 wesentlich eingebunden.

Optische Softsensorik von Algenkultivierungen in großskaligen Photobioreaktoren - Optimierung durch Prozessführung und Bekämpfung mikrobieller Belastungen - Zeitplanung																																															
Arbeitspakete												1. Jahr												2. Jahr												3. Jahr											
1 Q.			2 Q.			3 Q.			4 Q.			1 Q.			2 Q.			3 Q.			4 Q.			1 Q.			2 Q.			3 Q.			4 Q.														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>1 Messtechnik</b>																																															
1.1 Photonendichtewellen-Spektroskopie																																															
1.2 Mikroskopie																																															
1.3 Optische Referenz inline Spektroskopie (Trübung und Raman)																																															
1.4 Sensorplattform																																															
<b>2 Maßnahmen zur Bekämpfung mikrobieller Belastungen</b>																																															
2.1 Algenkultivierung mit Modellkontamination																																															
2.2 Algenkultivierung mit Realkontamination																																															
2.3 Evaluierung von pH-, pCO <sub>2</sub> -, T- und Nährstoffvariatoren																																															
2.4 Gegenmaßnahmen bei Modell- und Realkontaminationen																																															
<b>3 Modelle und Prozesskontrolle</b>																																															
3.1 Erstellung von Modellen																																															
3.2 Validierung der Modelle																																															
3.3 Entwicklung von Prozesskontrollstrategien																																															
3.4 Integration zu Softsensor																																															
<b>4 Übertragung der Ergebnisse auf die Pilotanlage</b>																																															
4.1 Kultivierung von <i>Spirulina</i> sp.																																															
4.2 Realkultivierung in Pilot-PBR mit mobiler Sensorplattform (Proof-of-Principle)																																															
4.3 Softsensorik und Prozesskontrollstrategien																																															
<b>5 Verwertungsplanung und Ergebniskommunikation</b>																																															
5.1 Evaluierung der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertung																																															
5.2 Verwertungsstrategie (IP)																																															
5.3 Dokumentation der Ergebnisse																																															

### 3. Wesentliche Ergebnisse

Wir konnten im Rahmen der Aktivitäten der AP2 und 3 die Erkenntnisse der ILU weitestgehend bestätigen. Hierbei wurde deutlich, dass die

Kultivierung mit Hilfe von Sonnenlicht, in einem Gewächshaus deutlich besser ist als jene im Labor des ILU. Die Kontaminationen unterschieden sich teilweise erheblich voneinander, wobei die in unseren Labor Reaktoren beobachteten Störungen keineswegs ausgeprägter waren als jene der ILU, obwohl sich unsere Laborreaktoren in einer rauerer Umgebung befanden.

Die zum Projektende durchgeführten Messungen im Großreaktor zeigten überraschend, dass die Kontaminationen weniger stark ausgeprägt waren, wie wir das im Sinne der Versuche gerne gehabt hätten. Dieser Umstand ist wohl der Tatsache geschuldet, dass es zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung schon kühl war. Das Risiko für Kontaminationen steigt zumindest bei Chlorella signifikant mit steigenden Temperaturen.

# Schlussbericht

## Eingehende Darstellung

Zur Bekanntmachung  
„Photonische Verfahren zur Erkennung und Bekämpfung  
mikrobieller Belastungen“

zum BMBF-Verbundprojekt  
Optische Softsensorik von Algenkultivierungen in großskaligen  
Photobioreaktoren - Optimierung durch Prozessführung und  
Bekämpfung mikrobieller Belastungen (OptiPBR)

### Teilvorhaben

Validierung der optischen Softsensorik in Photobioreaktoren unterschiedlicher  
Größen

Projektnehmer	Landwirt Münch
Förderkennzeichen	13N15854
Projektlaufzeit	15.11.2021 bis 14.11.2024
Berichtszeitraum	15.11.2021 bis 14.11.2024
Projektpartner	Institut für Lebensmittel und Umwelttechnik (ILU), Institut für Chemie & innoFSPEC, Universität Potsdam, SOPAT GmbH, Algoliner GmbH & Co. KG
Projektkoordinator	Algoliner GmbH & Co. KG

Groß-Umstadt, der 12 Mai 2025

### Teilprojektleiter:

Moritz Münch  
Landwirtschaftlicher Betrieb  
Georg-August-Zinn-Str. 102  
64823 Groß-Umstadt  
Tel.: 06078-2308  
m.m@erdbeerhof-muench.de

## **Inhaltsverzeichnis**

1. Wichtige wissenschaftlich-technische Ergebnisse
2. Versuche im 250 Liter Reaktor
3. Durchführung von Kultivierversuchen im Großreaktor
4. Zusammenfassung der Ergebnisse

### **1. Wichtige wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

Die Rolle des Landwirtschaftlichen Betriebes Münch im Rahmen dieses Projektes bezog sich auf die Validierung der Endanwendung aus der Sicht eines kommerziellen Algenproduzenten. Vor diesem Hintergrund unterschieden sich die von uns zu erbringenden Aufgaben nur unwesentlich von einer üblichen Neuanzucht von Mikroalgen.

Basierend auf unserem Arbeitspaket zum Projekt, konnten wir daher keine neuen Erkenntnisse gewinnen.

Die uns von den anderen Projektpartnern zur Verfügung gestellten Ergebnisse unterschieden sich teilweise kaum von üblichen mikroskopischen eigenen Untersuchungen.

Im Rahmen, der von uns regelmäßig durchgeführten mikroskopischen Untersuchungen fällt, es uns oft schwer, Kontaminanten von den Wertstoffen zu unterscheiden. Hierbei hilft uns die optische Betrachtung unter dem Mikroskop, wobei sich Kontaminanten häufig dadurch zu erkennen geben, dass sie sich bewegen. Diesen für uns positiven Aspekt würden wir gerne auch in Zukunft nutzen. Wir sind uns nicht sicher, ob dies mit Hilfe der SOPAT, PDW oder Raman Spektroskopie möglich ist.

## **2. Versuche im 250 Liter Reaktor**

Wir erhielten von dem Projektpartner ILU eine ausreichende Menge Chlorella Mikroalgen Dispersion, welche wir mit Hilfe unserer vorhandenen Vorrichtung vermehren konnten. Nachdem wir eine ausreichende Menge angezchtet hatten, impften wir den von Algoliner zur Verfügung gestellten 250 Liter Reaktor an. Nach einigen anfänglichen Schwierigkeiten, welche wir mit Hilfe der anderen Projektpartner lösen konnten, stellte sich ein zufriedenstellendes Algenwachstum in diesem Reaktor ein.

Planungsgemäß übertrugen wir die gewonnene Biomasse zunächst in einem reduzierten Volumen des Großreaktors und züchteten umgehend weitere Kulturen im 250 Liter Reaktor an.

Obwohl für uns Chlorella ein neues Produkt war und wir zunächst einige Erfahrungen damit sammeln mussten, war das Ergebnis letztendlich zufriedenstellend. Obwohl der geplante Zeitrahmen für die Versuche im Großreaktor bereits durch kalte Außentemperaturen geprägt war, funktionierte die Anzucht im 250 Liter Reaktor gut. Hierbei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass sich dieser Reaktor in einem geschlossenen und isolierten Gewächshaus befindet. Hierdurch waren die Kulturbedingungen deutlich günstiger als jene des Großreaktors.

### **3. Durchführung von Kultivierversuchen im Großreaktor**

Die Übertragung der Biomasse von dem 250 Liter Reaktor in den Großreaktor funktionierten planmäßig. Zum Zeitpunkt dieser Versuche war es leider schon kalt, weshalb wir uns sorgten, dass die Kulturen nicht mehr ausreichend schnell wachsen, um die anstehenden Versuche im Großreaktor durchführen zu können. Wir haben daher parallel den 250 Liter mehrfach aufkonzentriert und die Biomasse in den Großreaktor überführt. Auch wenn temperaturbedingt die Wachstumsraten im Großreaktor niedriger waren als dies üblicherweise der Fall ist, konnten wir bis zum Zeitpunkt der geplanten Messreihen, eine ausreichende Biomassekonzentration erreichen.

Unsere üblichen Mikroskopischen Analysen zeigten auffällig wenige Kontaminanten.



Obwohl es zum Zeitpunkt der Messreihendurchführung schon kalt war, konnten wir eine ausreichende Kulturdichte erzeugen, was auf diesen Bildern zum Ausdruck kommt.



#### **4. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Aus unserer Perspektive betrachtet lief das Projekt wie erwartet. Es war sicherlich ungünstig, dass die Messreihen im Großreaktor zu einer späten Jahreszeit durchgeführt wurden. Dies erschwerte einerseits die Bereitstellung einer ausreichenden Menge von Biomasse und zum anderen befanden sich auffällig wenig Kontaminanten in der Biomasse. Üblicherweise ist dies bei wärmeren Temperaturen deutlich ausgeprägter.

Die Einbindung der Sensorplattformen in den Großreaktor stellte sich als unkompliziert dar. In Absprache mit den anderen Projektteilnehmern platzierten wir einen Bürocontainer nahe an den Kopfbereich des Reaktors. Wir gingen zunächst davon aus, dass wir die teure Messtechnik in diesem aufbewahren können. Es war geplant, dass die Zuleitungen in den Container gelegt werden, wodurch die Messelektronik vor Umwelteinflüssen und Vandalismus geschützt wird. Unsere Projektpartner entschieden sich jedoch für einen Lösungsansatz, wonach die Sensorplattform als auch die Messauswertung in einen Rollcontainer untergebracht war. Dieser wurde in unmittelbarer Nähe des Großreaktors positioniert. Obwohl sich das Wohnhaus des landwirtschaftlichen Betriebes in einer Entfernung von ca. 150 Metern befindet und der Folientunnel zumindest bei Nacht geschlossen ist, haben wir über den Zeitraum der Messungen die Vorrichtung mit einer Alarmanlage ausgestattet.

Im Falle einer kommerziellen Anwendung dieser Technologien auf einem landwirtschaftlichen Betrieb müssen die sicherheitsrelevanten Details berücksichtigt werden. Hierbei denken wir auch an eine Diebstahlsicherung



Die Sensorplattform wurde in unmittelbarer Nähe der Anlage positioniert, um die Kabellängen zu den integrierten Sensoren genauso lang zu gestalten, wie dies bei den vorhergehenden Laborversuchen der Fall war.

