

Andreas Peterhansl, Alexander Höldrich, Heinz Bernhardt und Manfred Reisch

Aufbau eines tageslichtgestützten Algen-Photobioreaktors – Erste Versuche

Die Nutzung regenerativer Energien und die Suche nach neuen nachhaltigen Rohstoffquellen stehen weltweit in einem immer größeren Fokus. Algen können sowohl Quelle für regenerative Energien sein als auch stofflich genutzt werden. In unseren Breiten ist eine Züchtung von Algen über den gesamten Jahresverlauf nicht möglich. Abhilfe schafft hierbei der tageslichtgestützte Photobioreaktor. Dieser bietet durch den Vorteil eines geschlossenen Systems, geringen äußeren Einflussfaktoren und einer einfachen Handhabbarkeit die Möglichkeit der ganzjährigen Nutzung.

Schlüsselwörter

Algen, Photobioreaktor, Tageslichtsystem, Mikroalgen, *Chlorella vulgaris*, Algenwachstum, Algenzucht

Keywords

Algae, photobioreactor, daylight system, micro algae, *chlorella vulgaris*, algae growth, algae breeding

Abstract

Peterhansl, Andreas; Höldrich, Alexander; Reisch, Manfred and Bernhardt, Heinz

Construction of a daylight-assisted algae-photobioreactor – First experiments

Landtechnik 66 (2011), no. 6, pp. 457–459, 2 figures

The use of renewable energies and the search for new sustainable sources of raw materials are worldwide in an even greater focus. Algae can be both source for regenerative energy recovery and are used as material. In the climate of central Europe, however it is problematic to grow algae all year-round. The light-assisted photobioreactor offers beside the advantage of a closed system, low external impacts and the easy manageability of the potential of an all year-round utilisation.

■ Umweltverschmutzung einhergehend mit fortschreitendem Klimawandel, Verteuerung und Verknappung fossiler Brennstoffe, steigende Lebensmittelkosten, Nahrungsmittelknappheit in verschiedenen Erdteilen sowie der Verlust landwirtschaftlicher Nutzflächen sind bereits heute aktuelle Themen. Diese werden in naher Zukunft noch akuter sein und zu kontroversen Diskussionen führen.

Erste Schritte zur Minderung der Folgen des Klimawandels wurden bereits getätigt. Der Bioenergiesektor zeichnet sich zur Zeit durch steigende Beschäftigungszahlen, hohe Investitionssummen, eine Vielzahl von Neugründungen sowie hohe Gewinne in den verschiedenen Sparten aus. Ein Schwerpunkt in der Forschung liegt dabei in dem Auffinden und Implementieren neuer Methoden zur Steigerung der Effektivität. Wichtig ist auch die Suche nach Organismen, die als nachwachsender Rohstoff genutzt werden können, um damit Zielkonflikte zwischen der energetischen Nutzung und der Lebensmittelproduktion zu minimieren. Daher sind bereits seit einigen Jahren, bedingt durch ihre vielfältigen Eigenschaften, verschiedene Algenarten in das Blickfeld wissenschaftlichen Interesses geraten. Viele Algen können für die Biodiesel-, Wasserstoff- und Lebensmittelproduktion bis hin zu Pharmazieprodukten oder die Biomasseproduktion samt CO₂-Reduktion genutzt werden. Dies wird heutzutage schon untersucht und mit ökonomischem Erfolg angewandt.

Sollte eine ganzjährige Nutzung in unseren Breiten möglich sein, bieten Algen wegen ihrer mannigfaltigen Eigenschaften große Einsatzmöglichkeiten.

Problemstellung und These

Für den Ersatz von fossilen Brennstoffen müssen Biomasse- und Rohstoffalternativen gefunden werden. Voraussetzung für die Nutzung solcher Alternativen ist eine hohe Wachstumsrate

und somit ein hoher Biomassewert. Dies kann nur zugesichert werden, wenn ein ganzjähriger Betrieb des Bioreaktors möglich ist. Daher liegt es nahe einen Reaktor zu entwickeln, der ausreichend gedämmt ist, um eine kontinuierliche Biomasseproduktion über das gesamte Jahr zu gewährleisten. Die Dämmung führt allerdings dazu, dass das Licht nicht mehr auf die übliche Art und Weise – also über das Durchdringen von transparenten, lichtdurchlässigen Wachstumsbehältnissen – zu den Algen vordringen kann und man daher auf ein Tageslichtsystem zurückgreifen muss. Mithilfe dieses Systems kann das Sonnenlicht über Glasfaserkabel in das Reaktorinnere eingebracht werden.

Da durch den Aufbau optimale Wuchsbedingungen für die Algen geschaffen werden, wurden hohe Biomasseerträge erwartet.

Methodik

Das System des tageslichtgestützten Photobioreaktors kann in fünf Bereiche gegliedert werden: 1. Kohlenstoffversorgung, 2. Lichtversorgung, 3. Bioreaktoren 4. GaszwischenSpeicherung und 5. Gasanalyse. Folgende Komponenten werden dabei eingesetzt:

- Flasche mit reinem CO₂
- Druckminderer
- Magnetrührer (2 x)
- Tageslichtsystem
- Gasanalysator
- pH-Meter (2 x)
- Pumpe
- Schwebekörperdurchflussmengen-Messgeräte (2 x)
- Gassack

Eine Gasflasche mit Kohlenstoffdioxid dient als Nahrungsversorgung für *Chlorella vulgaris*. Das Gas durchströmt die beiden

Reaktoren und führt zu dem sogenannten Air-Lift-Effekt, einer vertikalen Durchmischung der Algen-Wasser-Emulsion. Zusätzlich durchmengen Magnetrührer das Gemisch horizontal. Über ein Tageslichtsystem wird den Algen zudem das lebensnotwendige Licht zur Verfügung gestellt. Eine ständige Überwachung der Temperatur und des pH-Werts über ein pH-Meter mit entsprechender Messkette garantiert eine optimale Überwachung der idealen Wuchsbedingungen. Nicht verbrauchtes Gas und evtl. durch Organismen gebildete Gase werden in einem Gassack zwischengespeichert und per Gasanalysator überprüft. Zum Schluss wird das analysierte Gas in den freien Raum abgelassen (**Abbildung 1**).

Während des ersten Testlaufs wurden alle 60 Minuten der pH-Wert und die Temperatur gemessen. Gleichzeitig wurde das ausströmende Gas beim Befüllen des Gassacks mit CO₂ jede Sekunde, später alle 30 Sekunden, auf die CO₂- und O₂-Konzentration überprüft. Ebenfalls erfolgte eine Aufzeichnung von Raumtemperatur und -druck am Gasanalysegerät.

Ergebnisse

Der Aufbau des Photobioreaktors erfolgte ohne Probleme. Das Algenwachstum ging nach dem Impfen mit *Chlorella vulgaris* wie erwartet vonstatten. Durch regelmäßige Messungen konnten Wachstumskurven der Algen erstellt werden.

Die Wachstumskurven der Algen beider Reaktorgefäße sowie deren pH-Wert und Temperaturgradient sind in **Abbildung 2** dargestellt. Auf der x-Achse ist der Zeitraum in Tagen, auf den beiden y-Achsen der pH-Wert, die Temperatur in Grad Celsius und die optische Dichte der Algenlösung von *Chlorella vulgaris* aufgetragen. Die beiden Graphen Wachstum R1 (Wachstumsrate der Algen in Reaktorgefäß 1) und Wachstum R2 (Wachstumsrate der Algen in Reaktorgefäß 2) beschreiben zu Beginn einen ähnlichen Anstieg des Wachstumsgradienten. Die optische Dichte des zweiten Reaktors beträgt anfangs 0,008 und steigt bis zum 19.09.2010 auf ihr Maximum. Die Dichte der Algen im ersten Reaktor ist ein wenig geringer und liegt bei einer Startdichte von 0,006. Der Graph zeigt ein kontinuierliches Wachstum bis zum 18.09.2010, gefolgt von einem leichten Einbruch am darauffolgenden Tag. Ab dem 19.09.2010 zeigt sich wieder ein starkes Wachstum.

Diskussion

Die Temperatur und der pH-Wert konnten über den Messzeitraum nahezu konstant gehalten werden. Größere Schwankungen der Temperatur werden über eine Klimateinheit verhindert. Auffällig ist allerdings der starke Abfall der Kurve „Wachstumsrate R2“. Erste Überprüfungen zeigen, dass die Rührfische der Magnetrührer die Mikroorganismen auf der Rührplattform irreversibel zerreiben. Eine mikroskopische Untersuchung zeigt darüber hinaus eine Verunreinigung durch Bakterien. Die Konzentration der Algen waren jedoch in einem ungefährlichen Bereich. Eine Wasseranalyse soll weiteren Aufschluss darüber bringen, ob toxische Stoffe von anderen Mikroorganismen gebildet wurden.

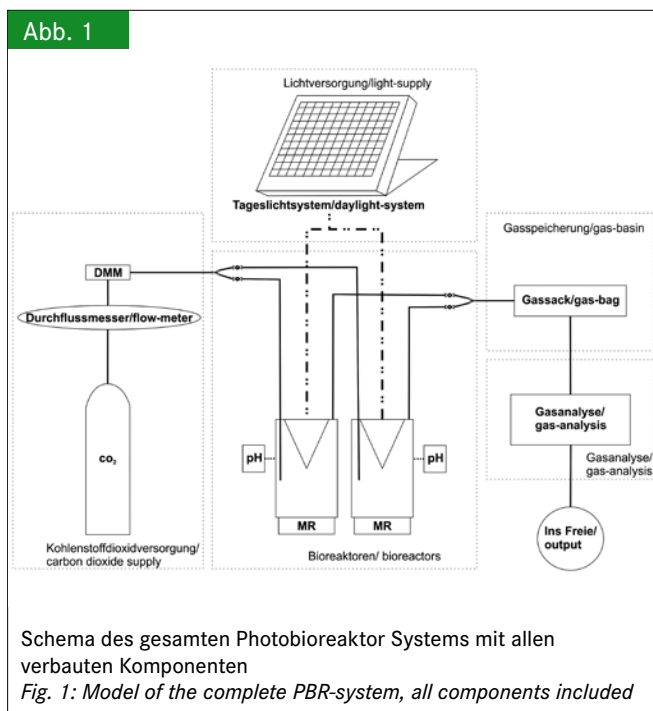
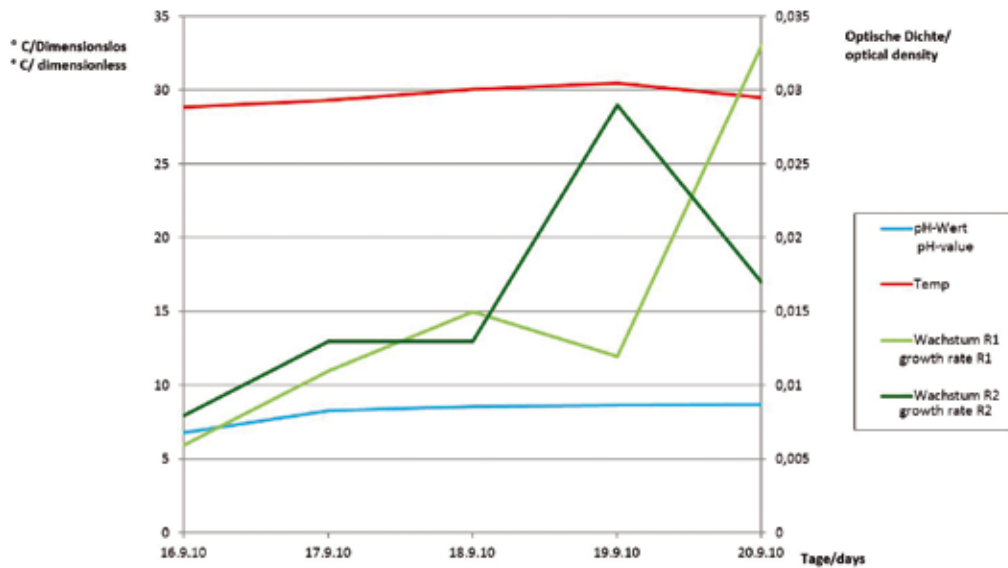


Abb. 2



Vergleich der Wachstumskurven der beiden Reaktorgefäße in Abhängigkeit von der Temperatur und dem pH-Wert; aufgenommen über vier Tage
 Fig. 2: Comparison of growth-rate of both reactors addicted to temperature pH-value in a time period of four days

Schlussfolgerungen

Der Aufbau zeigt, dass es möglich ist, einen Photobioreaktor zu konstruieren, der ausreichend gedämmt ist, um eine kontinuierliche Biomasseproduktion über das gesamte Jahr zu gewährleisten. Die Dämmung führt jedoch dazu, dass das Sonnenlicht nicht mehr auf die übliche Art und Weise, also über das Durchdringen von transparenten, lichtdurchlässigen Wachstumsbehältnissen, zu den Algen vordringen kann und man daher auf ein Tageslichtsystem zurückgreifen muss. Durch weitere Optimierungen im technischen Bereich ist ein stärkeres und kontinuierliches Algenwachstum zu erwarten.

Autoren

B.sc. Andreas Peterhansl ist Masterstudent der Umweltplanung und Ingenieurökologie an der TU München und wiss. Mitarbeiter an der Hochschule München, FK04, Labor für Bioenergien, Dachauerstr. 98b, 80335 München, E-Mail: andreas.peterhansl@hm.edu

Prof. Dr. Heinz Bernhardt ist Ordinarius am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der TU München in Weihenstephan, dem auch **Dr. Alexander Höldrich** angehört, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, E-Mail: agrarsystemtechnik@wzw.tum.de

Prof. Dr. Manfred Reisch ist Laborleiter des Labors für Bioenergien an der Hochschule in München.

Danksagung

Die Autoren danken der Hochschule für angewandte Wissenschaften München sowie der Firma Lumena.