

Verfahrenstechnik und rechtliche Einordnung der Mikroalgenproduktion im gärtnerischen Betrieb

1 Einleitung

Algen sind als ein- und mehrzellige Pflanzen die ältesten pflanzlichen Organismen der Erde. Sie sind hauptsächlich im Wasser, aber auch an Land anzutreffen. Algen betreiben Photosynthese und sind zudem die wichtigsten Sauerstofflieferanten unseres Planeten. Evolutionsgeschichtlich haben diese Organismen durch die Produktion von Sauerstoff die Erdatmosphäre lebensfreundlich gemacht. Sie bilden seit Jahrmillionen die Nahrungsgrundlage für viele Lebewesen unseres Planeten.

Seit dem letzten Jahrhundert werden Algen zur Nahrungsmittelproduktion und zunehmend für verschiedene kommerzielle Anwendungen kultiviert, wie zum Beispiel als Nahrungsergänzungsmittel (für Tier und Mensch), als Zusatzstoff in der Kosmetikindustrie, in der chemischen oder pharmazeutischen Industrie oder als Biokraftstoff. Seit 1960 werden weltweit große Anlagen für die Algenproduktion aufgebaut. Prototypen dieser großflächig angelegten Fabriken sind beispielsweise Einrichtungen in Japan zur Massenproduktion von Süßwasseralgien der Gattung *Chlorella* oder Anlagen in Australien zur großräumigen Produktion von *Dunaliella salina*. Algen werden als Proteinquelle der Zukunft gehandelt (POSTEN und CHEN 2016). So haben Studien ergeben, dass sie physiologisch für die Ernährung von Mensch und Tier als Proteinquelle eingesetzt werden können und – wenn nicht ergänzend – sogar substitutiv als Hauptproteinquelle genutzt werden könnten.

Aus klimapolitischer Sicht findet das Thema Algenproduktion ebenfalls zunehmendes Interesse. Aufgrund des steigenden Ölpreises und der zunehmenden Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlenstoffdioxid wird überall nach alternativen Prozesstechnologien gesucht, bei denen rasch Kohlendioxid aus der Atmosphäre in Rohstoffen oder Nahrungsmitteln gebunden wird.

Weltweit gibt es ein großes Marktpotenzial für Mikroalgen. Auch in Deutschland entstanden in der letzten Dekade einige Produktionsanlagen für Algen, vielfach als geschlossene oder eingehauste Photobioreaktoren (Abb. 1). Da die hohen Produktionskosten den Einsatz als Proteinquelle im Lebensmittelbereich erschweren, werden kostenextensive und innovative Produktions-

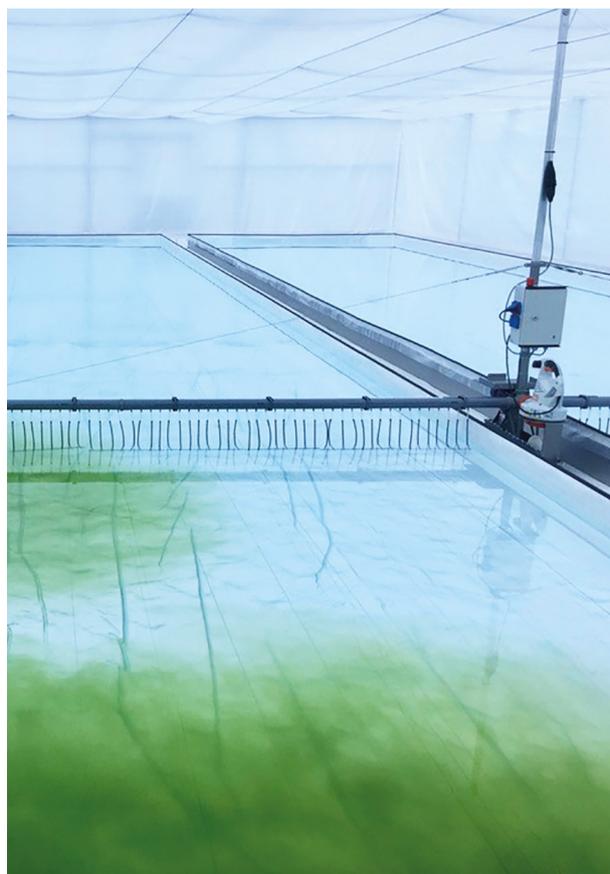


Abb. 1: Ausbreitung der Mikroalgen (1 m³ Starterkultur aus dem V-System in 10 m³ Open-Pond-System) im H-System von NOVAgreen (© Evergreen-Food GmbH)

verfahren gesucht, die auch gleichzeitig eine hohe Produktqualität garantieren.

In diesem Arbeitsblatt werden aufgrund aktueller Literatur (BIALON und RATH 2018, GARCÍA et al. 2017, SINGH und SINGH 2014) die zur Produktion von Algen eingesetzten Produktionssysteme beschrieben, die Algen mit ihren Erzeugnissen dargestellt und die Algenproduktion als Betriebszweig des Gartenbaus definiert. Es richtet sich an Mitarbeiter von Genehmigungsbehörden, aber auch gezielt an Gärtner, die sich für das Thema Mikroalgenproduktion interessieren.

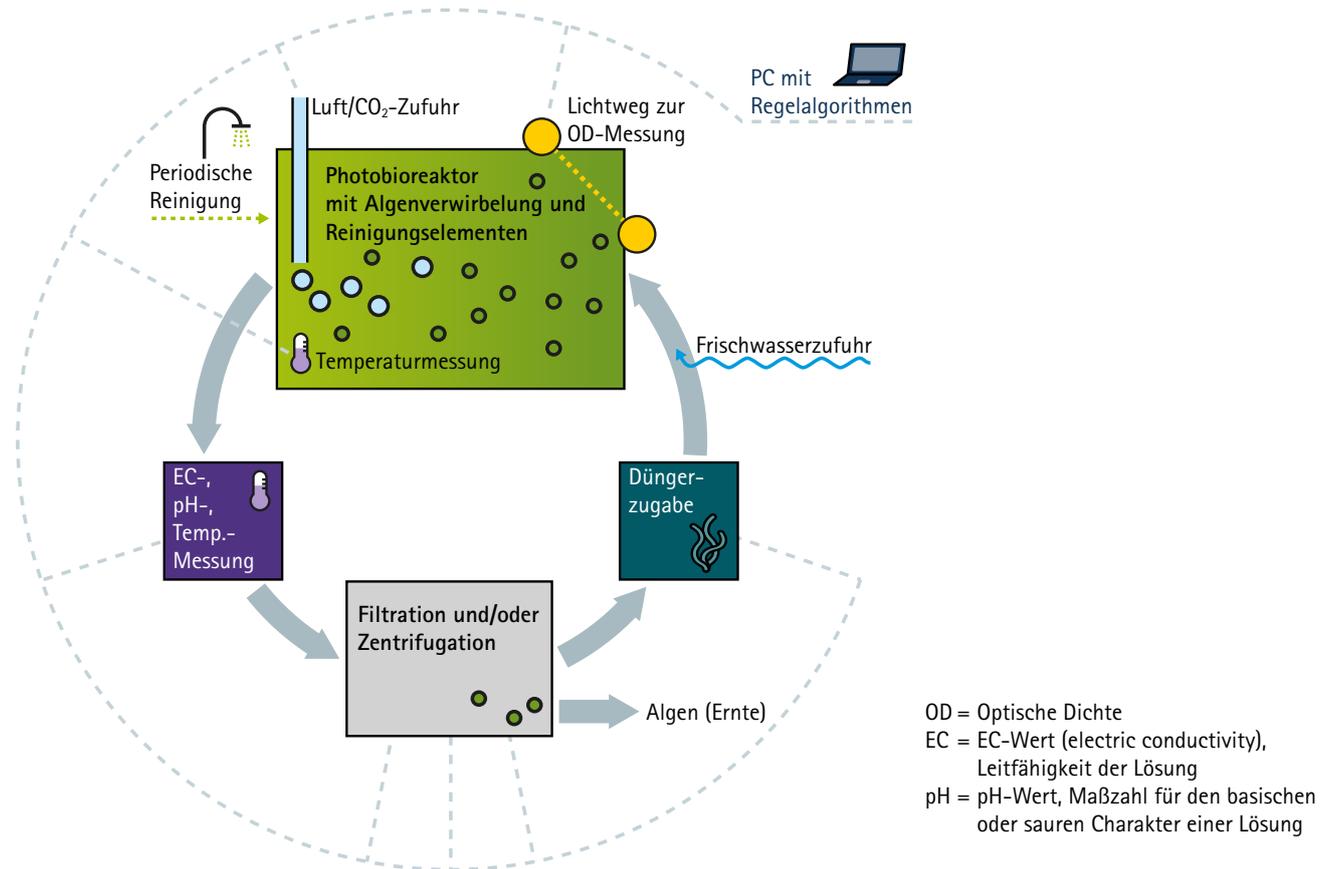


Abb. 2: Schematische Darstellung der Verfahrenstechnik der Algenproduktion in Photobioreaktoren (© T. Rath; Zeichnung: S. Winter-Graf)

2 Produktionssysteme

2.1 Prinzipieller Aufbau von Mikroalgenreaktoren

Die Produktion von Mikroalgen in Photobioreaktoren erfolgt immer nach einem ähnlichen Prinzip. In einer Nährstofflösung wachsen und kursieren Mikroalgen, die entweder laufend oder periodisch geerntet werden. Die Algensuspension wird dabei überwacht und durch entsprechende Sensorik ausgewertet. Die Einhaltung optimaler Algendichten, Kohlendioxid(CO₂)- und Nährstoffgehalten und Temperaturen stellt das regelungstechnische Grundgerüst dar. Ferner muss bei Reaktoren dafür gesorgt werden, dass Algen nicht an Reaktorwandungen, Leitungen usw. anhaften und zu ungleichen Lichtbedingungen führen. Ebenso muss dafür gesorgt werden, dass die Algen in Schwebelage bleiben. Beide Effekte lassen sich in der Regel durch Rührwerke, angeströmte Turbulatoren, Airliffturbulenzen oder auch Putzer- oder Wirbulatorelemente in der Algensuspension erreichen. Die Reinigung von Reaktoren kann auch durch periodische Stilllegung und Komplettreinigung der Anlage erfolgen. Abbildung 2 stellt den generellen Aufbau von Algenproduktionsanlagen dar. Im Betrieb befindliche Anlagen können stark automatisiert sein und alle Anlagenkomponenten in Abbildung 2 beinhalten; gleichzeitig existieren aber auch Anlagen, die nur geringe Kontrollmechanismen und Sensoren enthalten.

2.2 Stand der Bioreaktortechnik zur Mikroalgenproduktion

Die folgenden Bioreaktoren werden zurzeit in Deutschland eingesetzt und basieren auf den in Abbildung 2 beschriebenen Kernprinzipien der Produktionstechnik. Sie lassen sich grob in sechs Kategorien einteilen: Airliftreaktoren, Röhrenreaktoren, Plattenreaktoren, V-Schlauchreaktoren, Mattenreaktoren und Open-Pond-Systeme.

Die Verfahrenstechnik zur Mikroalgenproduktion in Deutschland muss insbesondere die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- Die eingesetzten Bioreaktoren dürfen technisch nicht zu aufwendig und damit zu kostenintensiv werden. Hierbei sind insbesondere auch Zusatzkosten für Reinigung, Wartung und Instandhaltung zu berücksichtigen.
- Die Ernte der Algen und Gewinnung der Produkte daraus darf nicht zu viel Primärenergie erfordern und damit den ganzen Produktionsprozess in einen energetisch unwirtschaftlichen Bereich drängen.
- Die maximal erzielbare Produktivität wird in Reaktorsystemen in der Regel nur kurzfristig erreicht, da Licht, Nährstoffe oder CO₂ limitiert vorliegen. Eine genaue Steuerung der Wachstumsfaktoren, Algendichtesteuerung und Ernte ist sehr wichtig.
- Einfache Freiland-Open-Pond-Systeme stellen die günstigste Verfahrenstechnik dar. Sie erfüllen aber häufig nicht oder nur begrenzt die Produktionsbedingungen, um den notwendigen Qualitätsansprüchen im Nahrungsmittelbereich gerecht zu werden.

Airliftreaktoren

Airliftreaktoren basieren auf dem Prinzip, dass durch aufsteigende Luftblasen die Algensuspension durchwirbelt wird und somit ein Absetzen der Algen am Reaktorgrund vermieden wird (Abb. 3). Der Reaktor besteht aus einer oder mehreren Röhren aus Glas oder Kunststoff. Die Reaktoren stehen senkrecht oder leicht gekippt in Reihen nebeneinander oder als Röhrenkreis um eine zentrale Kunstlichtquelle (Abb. 4). Sie können sowohl als Forschungs-, Stammkultur- oder Kleinreaktor mit einem Volumen von unter 1 Liter als auch als Produktionssystem mit mehreren Kubikmetern Volumen und Höhen bis 5 Meter ausgeführt werden. Die Luft/CO₂-Zufuhr erfolgt entweder durch einen

am Reaktorboden eingeführten Belüftungskanal, durch eine Belüftungsplatte am Reaktorboden oder durch eine innen im Reaktor zum Boden geführte Luft/CO₂-Zufuhr. Bei einigen Reaktortypen werden im Inneren der Röhren noch Strömungsführungen integriert, die sowohl die Strömung der Luft als auch die Strömung der Algensuspension in bestimmte Richtungen leiten können. Airliftfröhren können sowohl im Batchbetrieb als auch im kontinuierlichen Betrieb eingesetzt werden. Die Algenentnahme und -zufuhr erfolgt dabei entweder durch einen Ein-/Auslass im unteren Reaktorbereich oder durch manuelle Entnahme von oben.

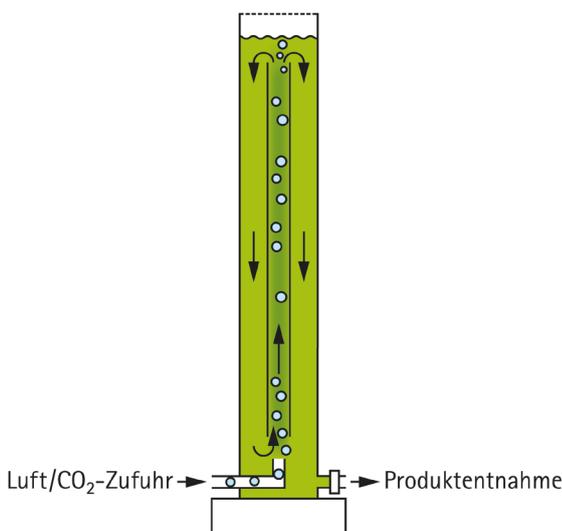


Abb. 3: Schematische Seitenansicht eines Airliftreaktors (© T. Rath; Zeichnung: E. Werner, punktwiss)

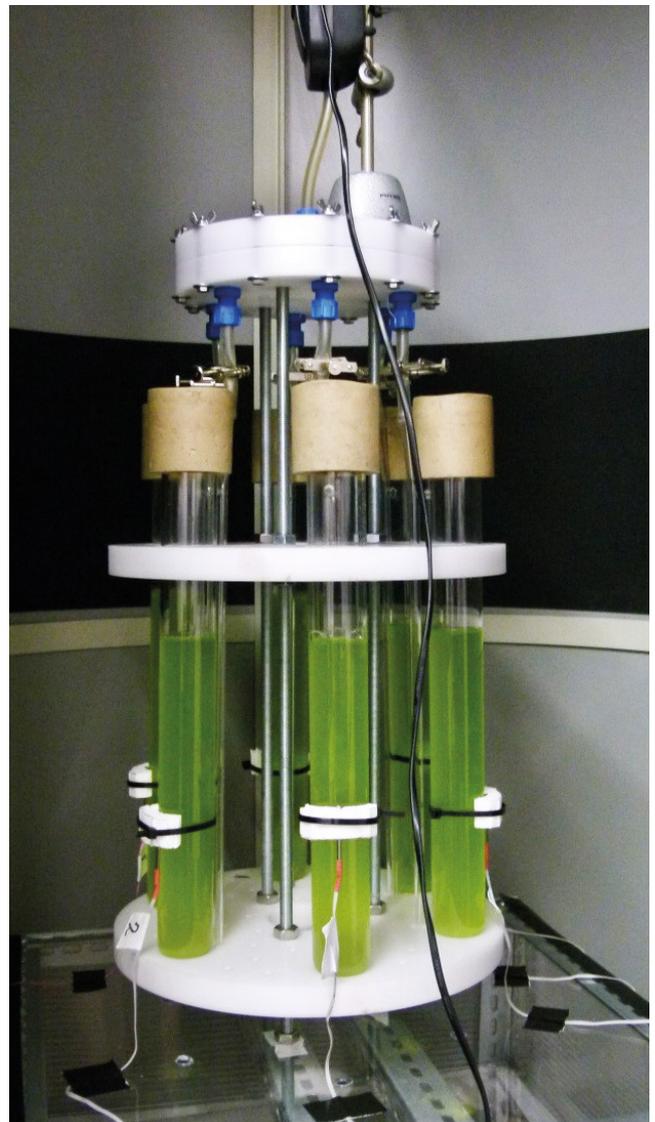


Abb. 4: Photo-Airliftreaktor-System mit 6 gleichzeitig belüfteten Reaktorröhren (© Hochschule Osnabrück)

Röhrenreaktoren

Röhrenreaktoren bestehen aus waagrecht angeordneten miteinander kommunizierenden Glas- oder Kunststoffröhren (Abb. 5 und 6). Sie werden in Deutschland in der Regel in Gewächshäusern installiert und mit technischem Kohlendioxid versorgt. Die Luft/CO₂-Zufuhr erfolgt in der untersten Röhre. Die Suspension wird – durch eine Pumpe angetrieben – von der untersten zur obersten Röhre durchströmt und wird dann wieder im Kreis geführt. Die Durchmischung erfolgt durch die Strömungsführung. Um

einen gleichbleibenden Lichteinfall zu gewähren, kommen Reinigungskugeln zum Einsatz, die die Innenseiten der Röhren von anhaftenden Algen befreien. Es erfolgt ein kontinuierlicher Betrieb, bei dem die Algenentnahme durch einen Auslass erfolgt. Dies ist eine hochtechnisierte und effiziente Methode der Mikroalgenproduktion. Der hohe Technikeinsatz erschwert allerdings eine rentable Produktion. In Südeuropa sind auch senkrecht aufgestellte und im Freiland stehende Röhrensysteme im Einsatz.

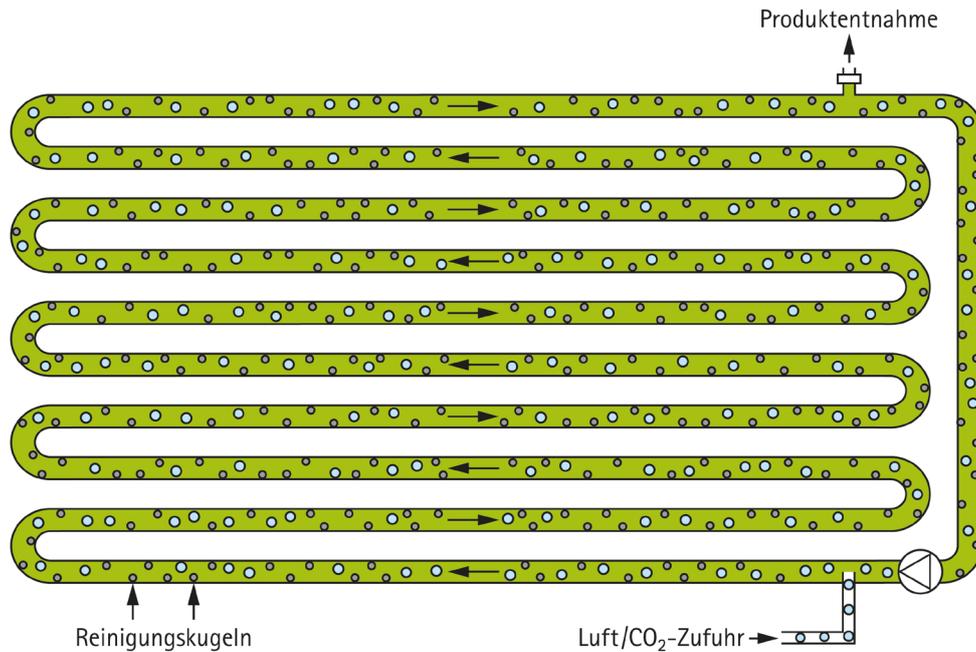


Abb. 5: Schematische Seitenansicht eines Röhrenreaktors mit Produktentnahme oben (© T. Rath; Zeichnung: E. Werner, punktweiss)



Abb. 6: Hochtechnisierte Röhrenreaktoren zur Produktion im Gewächshaus (© Roquette Klötze GmbH & Co. KG)

Plattenreaktoren

Plattenreaktoren bestehen hauptsächlich aus transparenten Kunststoffplatten in unterschiedlichen Formen (Abb. 7 und 8). Das Kohlendioxid wird dabei von unten zugeführt und dient gleichzeitig zur Durchmischung der Algensuspension. Das aufsteigende Gemisch aus CO_2 - und Luft wird an Umlenk-Systemen oder Wirbulatorien abgelenkt und verwirbelt die Algensuspension (Wirbelstromverfah-

ren). Die Reaktoren können im Freiland oder vor künstlichen Lichtquellen betrieben werden. Die Algenentnahme erfolgt durch einen Auslass im mittleren oder unterem Reaktorbereich während eines kontinuierlichen Betriebs. Die relativ hohen Reaktorkosten und der hohe Reinigungsaufwand erschweren den rentablen Einsatz als ein Verfahren zur Massenproduktion.

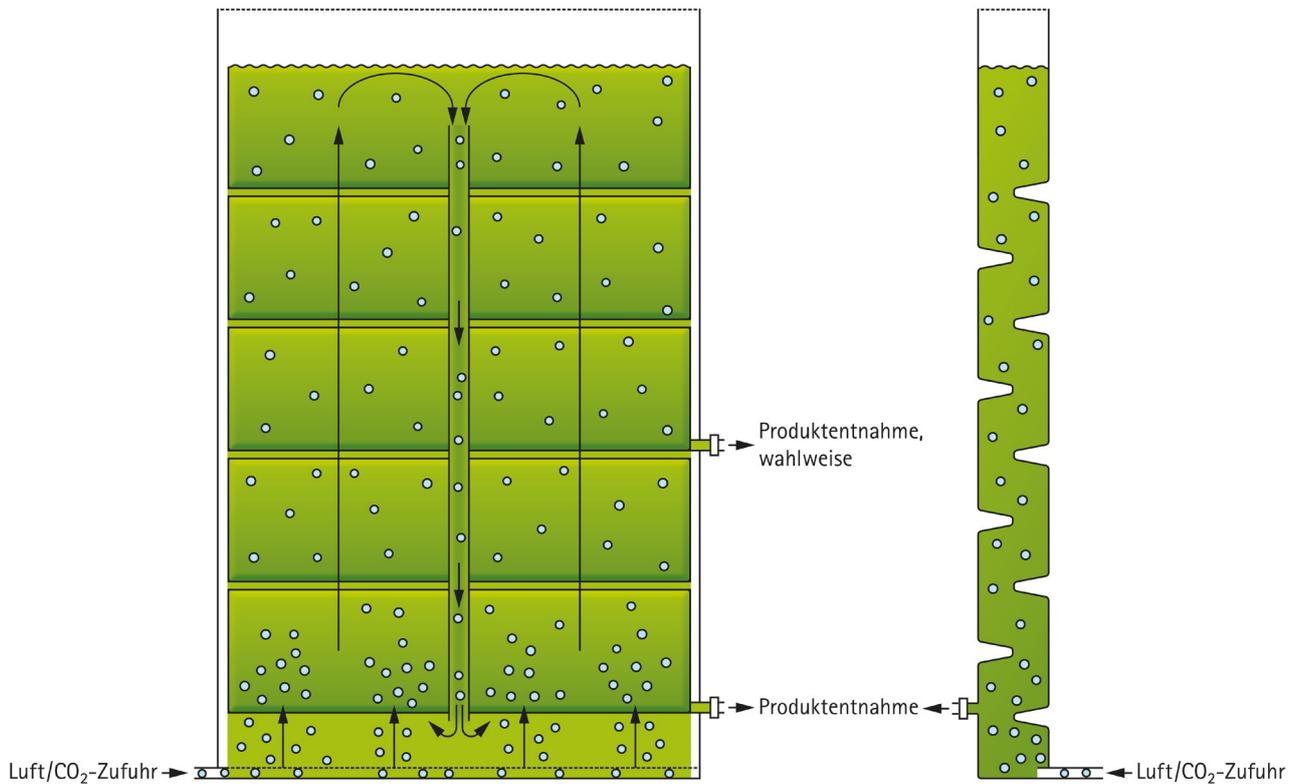


Abb. 7: Schematische Front- und Seitenansicht eines Plattenreaktors (© T. Rath; Zeichnung: E. Werner, punktweiss)

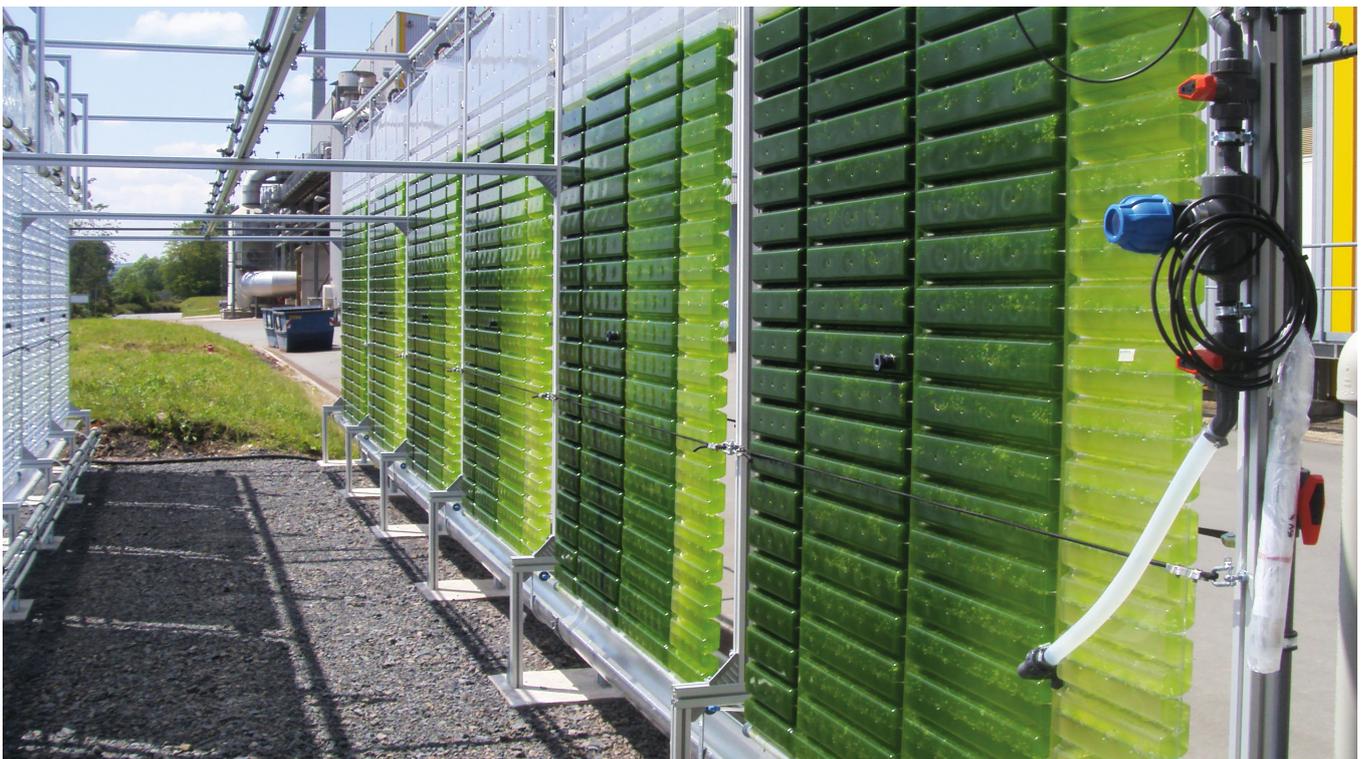


Abb. 8: Flat-Panel-Reaktor der Firma Subitec GmbH als Freilandproduktionsanlage (© Subitec GmbH)

V-Schlauchreaktoren

V-Schlauchreaktoren bestehen aus Kunststoffschläuchen, sind in der Regel in Gewächshäusern eingebaut und dienen der Anzucht von Stammkulturen. Sie bieten gute Kultivierungsmöglichkeiten, weisen jedoch deutliche Nachteile im Verfahrensablauf beim kontinuierlichen Betrieb (Ernte und Befüllen) auf. Die Luft/CO₂-Zufuhr erfolgt von unten. Eine Durchmischung bzw. Transport der Suspensi-

on findet nicht statt. Es erfolgt ein Batchbetrieb, bei dem die Algenentnahme durch einen Auslass im unteren Reaktorbereich erfolgt. Insgesamt sind sie als Anzuchtssystem gut geeignet; als Kultivierungssystem kommen sie aufgrund des hohen Arbeitskräfte- und Technikeinsatzes eher nicht in Frage.

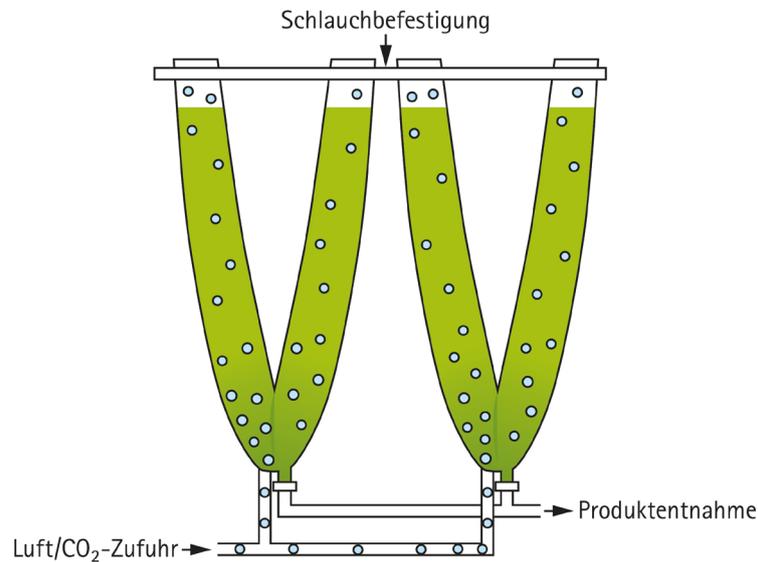


Abb. 9: Schematische Seitenansicht eines V-Schlauchreaktors (© T. Rath; Zeichnung: E. Werner, punktwiss)



Abb. 10: V-Schlauchsystem der NOVAgreen zur Anzucht von Stammkulturen und zur Technologieentwicklung mit einer Luft/CO₂-Zufuhr von unten durch eingestochene Kanülen (© Forschungszentrum Jülich GmbH/IBG-2)

Mattenreaktoren

Bei den Mattenreaktoren werden die Algen in Polyethylen-Schlauchmatten produziert, die mit leichter Steigung im Freiland installiert werden. Die Durchmischung der Algen erfolgt durch periodische Umwälzung und durch das Einblasen von Luft und CO_2 am Fußpunkt (Abb. 11 und 12) der Matten. Man erkennt deutlich die an der Oberseite der Reaktoren in Richtung der leichten Hangsteigung sich bewegenden Luft/ CO_2 -Blasen. Die Kühlung erfolgt durch Beregnung der gesamten Mattenfläche mit Drehstrahlregnern. Das System sollte mit einer Wasserrückführung für das Kühlwasser, vergleichbar mit der aus der Container-

kultur bekannten Bauweise, ausgestattet sein. Damit kann auch Niederschlagswasser im Speicherbecken aufgefangen werden, die Ressource Wasser wird geschont. Mattenreaktoren vereinigen viele Einzelaspekte bisheriger Produktionsanlagen und addiert sie zu einem effizienten Gesamtsystem. Bisher sind jedoch noch einzelne Teilbereiche unbefriedigend gelöst (wie zum Beispiel die optimale CO_2 -Versorgung oder die Einhaltung konstanter Algendichten im kontinuierlichen Betrieb) und benötigen innovative Lösungsansätze.

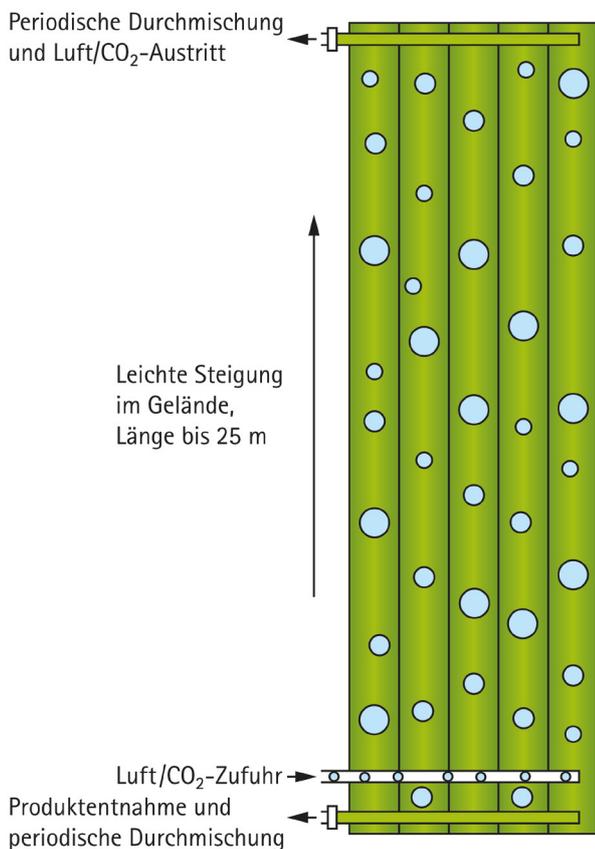


Abb. 11: Schematische Draufsicht eines Mattenreaktors (© T. Rath; Zeichnung: E. Werner, punktweiss)

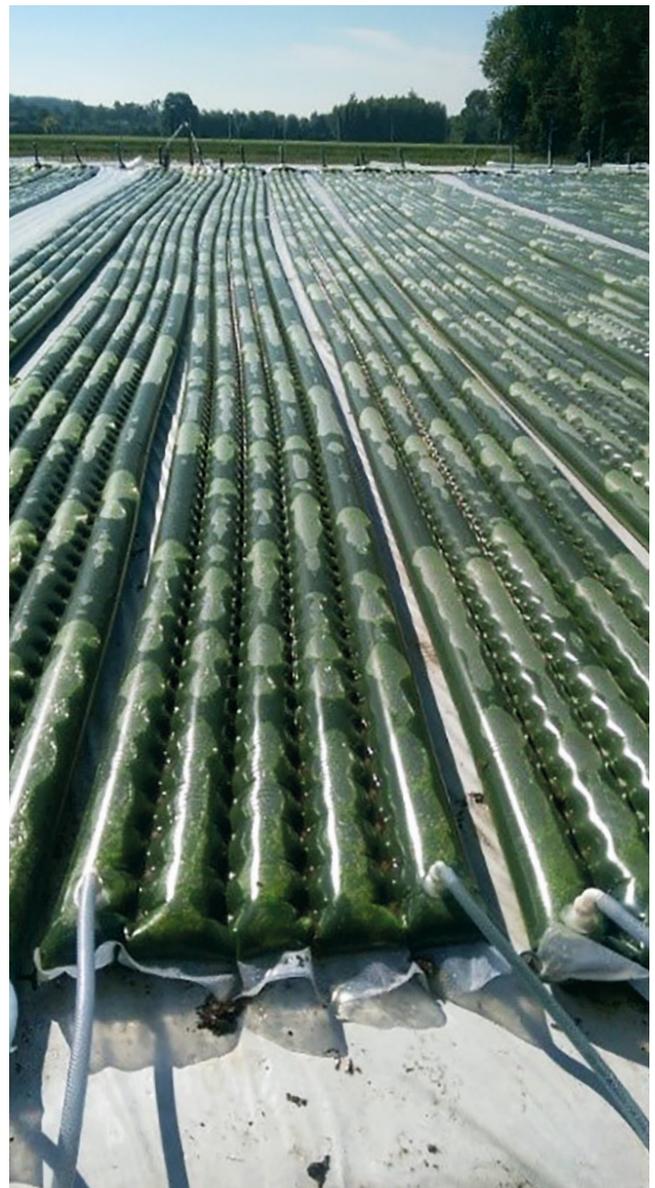


Abb. 12: Mikroalgenproduktion in Mattenreaktoren der Microganic GmbH (© T. Rath)

Open-Pond-Systeme

Open-Pond-Systeme (Abb. 13) sind große künstliche bis zu 30 cm tiefe Becken, bei denen die Algensuspension mithilfe technischer Systeme (Propeller, Belüftungskamm, ...) durchmischt und belüftet bzw. im Kreis umgewälzt wird. Durch den Einsatz von 1 m³ Starterkultur (z.B. aus einem V-Schlauchreaktor) in einem Open-Pond-Systeme, werden bei optimalen Klimabedingungen nach ca. 10 Tagen 10 m³ Algensuspension (DAG 2020). Das H-System der NOVAgreen fasst beispielsweise 2 x 10 m³ (2 x 100 m², 0,1 m tief). Man unterscheidet offene und geschlossene Reaktoren. Die offenen Reaktoren (Abb. 14) sind weltweit betrachtet heute der technische Standard der kommerzi-

ellen Mikroalgenproduktion (ACIEN et al. 2017). Qualitativ hochwertige und reine Algenprodukte sind aber aufgrund der Kontamination mit Fremdalgen oder Verschmutzungen nur begrenzt möglich. In Deutschland werden Freiland-Open-Pond-Systeme nur sehr begrenzt verwendet, in Südeuropa sind vereinzelt Anlagen im Einsatz. Bei den im Gewächshaus installierten Open-Pond-System (Abb. 15) erschweren hohe Installationskosten (Einhausung) und schwierige Erntemöglichkeiten einen effizienten Betrieb. Die Algenentnahme erfolgt durch einen Auslass am Beckenrand oder durch Abschöpfen mit einem Sieb. Erntesysteme werden momentan entwickelt (Abb. 16).

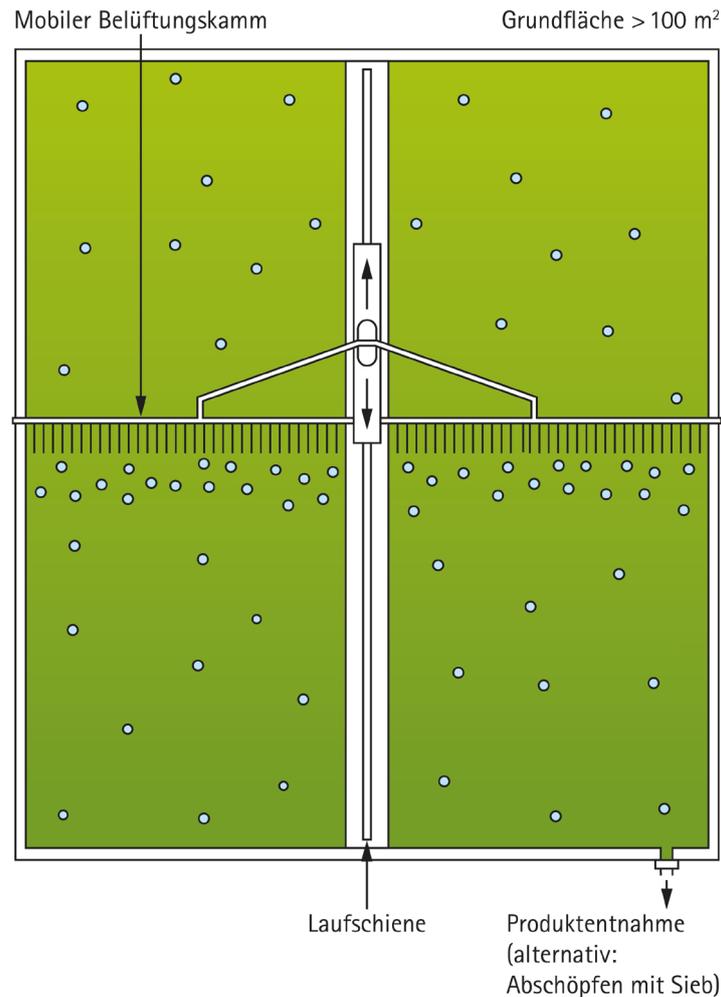


Abb. 13: Schematische Draufsicht eines Open-Pond-Systeme (© T. Rath; Zeichnung: E. Werner, punktweiss)



Abb. 14: Leeres Open-Pond-System im Freiland (Demonstrationsanlage der SSC StrategicScienceConsult GmbH) mit Umwälzung (© T. Rath)



Abb. 15: Im Gewächshaus installiertes H-System der NOVAgreen (Open-Pond-System) mit Belüftungskamm (© R. Lüttmann)

2.3 Hersteller und Anbieter von Produktionssystemen

Die Zusammenstellung in Tabelle 1 wurde auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Informationen ausgearbeitet, sie gibt keine Wertung ab und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.



Abb. 16: Neu entwickelte Erntetechnik für Zellgrößen ab 5 µm mit einer Leistung von 12 m³/h (© NOVAgreen)

Tab. 1: Hersteller und Anbieter von Produktionssystemen – eine Auswahl

Hersteller/Anbieter	Internetseite	Angebote Systeme
bbi-biotech GmbH	www.bbi-biotech.com	Röhrenreaktoren, Labortechnik
ecoduna AG	www.ecoduna.com	Röhrenreaktoren
GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH	www.gicon.de	Röhrenreaktoren
NOVAgreen Projektmanagement GmbH	www.novagreen-microalgae.de	Schlauchreaktoren, Open-Pond-Systeme
Microganic GmbH	www.microganic.de	Mattenreaktoren
Omega Green	www.omegagreen.nl	Mattenreaktoren
Roquette Klötze GmbH & Co. KG	www.algomed.de	Röhrenreaktoren
SCHOTT AG	www.schott.com	Glasröhren für Röhrenreaktoren
Subitec GmbH	www.subitec.com	Plattenreaktoren

3 Mikroalgen

Seit 2000 konzentriert sich die biotechnologische Anwendung hauptsächlich auf vier Mikroalgen: die Gattung *Spirulina* (*Arthrospira*) sowie die Arten *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* und *Haematococcus pluvialis*.

Die Mikroalgen sind in die Abteilungen Cyanobakterien (Blaualgen), Rhodophyten (Rotalgen), Chlorophyten (Grünalgen) und Chromophyten (alle anderen Algen) unterteilt. Jede Gruppe enthält wiederum Hunderte von Arten und für jede von diesen Arten gibt es Tausende von Stämmen (MOBIN und ALAM 2016). Die Tabelle 2 enthält für einige wichtige Mikroalgen die daraus zu gewinnenden Produkte (Abb. 17) und deren Anwendungsbereiche.



Abb. 17: Algenrohstoff nach der Ernte und Trocknung (© R. Lüttmann)

Tab. 2: Einige wichtige Mikroalgen, -produkte und -anwendungen (MOBIN und ALAM 2016)

Mikroalge	Produkt	Anwendungsbereiche
<i>Arthrospira (Spirulina) platensis</i>	Phycocyanin, Biomasse	Biokost, Kosmetik
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	Protein, essenzielle Fettsäuren, β-Carotin	Gesundheitskost, Nahrungsergänzungsmittel
<i>Arthrospira (Spirulina)</i>	Protein, Vitamin B 12	Antioxidanskapsel, Immunsystem
<i>Chlorella</i> spp.	Biomasse, Kohlenhydratextrakt	Tierernährung, Gesundheitsgetränke, Nahrungsergänzungsmittel
<i>Chlorella vulgaris</i>	Biomasse, Kohlenhydratextrakt	Reformkost, Nahrungsergänzungsmittel, Futtermittel
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	Docosahexaensäure (DHA)	Säuglingsgesundheit und Ernährung
<i>Dunaliella salina</i>	Carotinoide, β-Carotin	Reformkost, Nahrungsergänzungsmittel, Futtermittel
<i>Haematococcus pluvialis</i>	Carotinoide, Astaxanthin	Reformkost, Arzneimittel, Futtermittel
<i>Isochrysis galbana</i>	Fettsäuren	Tierernährung
<i>Lyngbya majuscula</i>	Immunmodulatoren	Arzneimittel, Ernährung
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Biomasse	Futter für Larven und Jungfische
<i>Nannochloropsis</i> sp.	Eicosapentaensäure (EPA)	Nahrungsergänzungsmittel, Arzneimittel
<i>Odontella aurita</i>	Fettsäuren, Eicosapentaensäure (EPA)	Arzneimittel, Kosmetika, entzündungshemmende Wirkstoffe
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	Lipide, Fettsäuren	Ernährung, Kraftstoffproduktion
<i>Porphyridium cruentum</i>	Polysaccharide	Arzneimittel, Kosmetika
<i>Scenedesmus</i> spp.	Protein	menschliche Ernährung
<i>Schizochytrium</i> sp.	Docosahexaensäure (DHA), Eicosapentaensäure (EPA)	Lebensmittel, Getränke und Nahrungsergänzungsmittel

4 Die Produktion von Mikroalgen – ein gartenbauliches/landwirtschaftliches Erzeugnis

Wie in der Einleitung erwähnt, sind Algen Pflanzen. In der Gliederung der Pflanzenwelt sind sie den niederen Pflanzen zuzuordnen (Abb. 18).

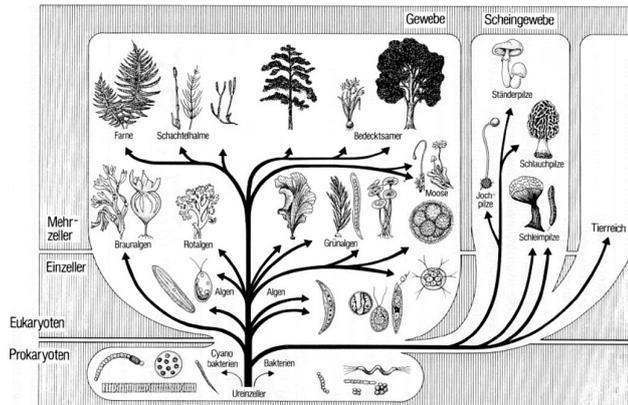


Abb. 18: Gliederung der Pflanzenwelt (Böhlmann 1994)

Die Europäische Union hat im Jahre 2016 mit der Durchführungsverordnung (EU) 2016/673 festgestellt, dass es sich bei der Algenproduktion um ein landwirtschaftliches Erzeugnis handelt:

- (1) *Algen und Tange fallen unter Kapitel 12 des Brüsseler Zolltarifschemas gemäß Anhang 1 des Vertrages. Algen und Tange sind daher landwirtschaftliche Erzeugnisse im Sinne von Artikel 1 Absatz 2 Unterabsatz 1 Buchstabe a der Verordnung (EG) Nr. 834/2007. Da Tange auch „Mikroalgen“ umfassen, fallen diese ebenfalls in den Geltungsbereich der Verordnung (EG) Nr. 834/2007.*

Durchführungsverordnung (EU) 2016/673 der Kommission vom 29. April 2016 zur Änderung der Verordnung über die ökologisch/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle

Mit der Definition als landwirtschaftliches Erzeugnis ist die Produktion von Mikroalgen der Landwirtschaft zugehörig. Diese Feststellung hat weiterführende rechtliche Konsequenzen im Hinblick auf den Anbau von Algen. Die Einkünfte aus der Algenerzeugung sind Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft. Die zuständige Unfallversicherung für die Produktionsbetriebe von Algen ist die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG). Bei den für die Erzeugung von Algen erforderlichen Einrichtungen und Kulturflächen handelt es sich um landwirtschaftliche Produktionsflächen. Die Algenerzeugung fällt somit unter den „Begriff der Landwirtschaft“, in § 201 BauGB geregelt, und im Weiteren, da die Algenproduktion im Wesentlichen in Gewächshäusern erfolgt, unter die „gartenbauliche Erzeugung“. Im Gartenbau findet unter anderem eine bodenunabhängige Erzeugung von Pflanzen in Behältnissen mithilfe von Nährmedien statt. Dies ist auch bei der Erzeugung von Algen der Fall.

Rechtliche Zulässigkeit von Produktionsflächen

Der Außenbereich ist vor Zersiedelung und Bebauung geschützt. Bauvorhaben land- und gartenbaulicher Betriebe sind nach § 35 Baugesetzbuch privilegiert.

- (1) *Im Außenbereich ist ein Vorhaben nur zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen, die ausreichende Erschließung gesichert ist und wenn es*
1. *einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dient und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt,*
 2. *einem Betrieb der gartenbaulichen Erzeugung dient, [...]*

BauGB (2017): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 587) geändert worden ist.

Bei der Errichtung von Wirtschaftsgebäuden und Gewächshäusern zur Erzeugung von Algen ist für Bauvorhaben im Außenbereich regelmäßig zu prüfen, ob ein Funktionszusammenhang zwischen dem Vorhaben und einem landwirtschaftlichen Betrieb besteht. Ein räumlich funktionaler Zusammenhang zur Hofstelle sowie die Dauer- und Ernsthaftigkeit des Vorhabens sollten gegeben sein.

Begriffsdefinition „dienen“

1972 ist vom Bundesverwaltungsgericht ein Grundsatzurteil gesprochen worden, das den Begriff „dienen“ im Sinne des § 35 BauGB definiert:

Ein Vorhaben dient einem landwirtschaftlichen Betrieb, wenn ein „vernünftiger“ Landwirt auch und gerade unter Berücksichtigung des Gebots größtmöglicher Schonung des Außenbereichs dieses Vorhaben mit etwa gleichem Verwendungszweck und etwa gleicher Gestaltung und Ausstattung für einen entsprechenden Betrieb errichten würde und das Vorhaben durch diese Zuordnung zu dem konkreten Betrieb auch äußerlich erkennbar geprägt wird.

Bundesverwaltungsgericht: Grundsatzurteil vom 03.11.1972 – IV C 9.70 –, a.a.O., vor Rn 1.

Beabsichtigt ein bestehender landwirtschaftlicher oder gartenbaulicher Betrieb mit überwiegend bodengebundener Produktion bei deutlich untergeordneter Gebäudefläche den Bau von Gewächshäusern für die Algenerzeugung, so dient dieses Bauvorhaben in der Regel einem Betrieb gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 1 BauGB.

Ist für einen bestehenden Gartenbaubetrieb (z.B. Zierpflanzenbaubetrieb oder Tomatenanbau unter Glas) die bodenungebundene Produktion überwiegend und/oder die Gebäudefläche übergeordnet, so ist das Bauvorhaben für die Algenerzeugung nach § 35 Abs. 1 Nr. 2 BauGB einzuordnen.

Beabsichtigt ein Betrieb künftig ein bereits vorhandenes Gewächshaus für die Erzeugung von Algen zu nutzen, so ist dies möglich, da nach wie vor eine landwirtschaftliche oder gartenbauliche Erzeugung vorliegt. Eine ander-

weilige, beispielsweise gewerbliche Nutzung der Gewächshausfläche wäre hingegen nicht zulässig.

Ist eine Betriebsneugründung zur alleinigen Erzeugung von Algen geplant, so sind die erforderlichen Bauvorhaben generell nach § 35 Abs. 1 Nr. 2 zu beurteilen, da die bodenungebundene Erzeugung überwiegt. Dies gilt beispielsweise auch für die Algenerzeugung in Schlauchsystemen im Freiland, also ohne überbaute Fläche.

Verfahrensfreie Vorhaben

Der verfahrensfreie Bau von Gewächshausfläche ist möglich, wenn das Vorhaben einem landwirtschaftlichen Betrieb oder einem Betrieb der gartenbaulichen Erzeugung dient. Das verfahrensfreie Bauen ist nicht bundeseinheitlich geregelt. Maßgebend sind hier die Bauordnungen der Länder. Begrenzender Faktor der Verfahrensfreiheit ist bei Gewächshäusern zum einen die Firsthöhe (überwiegend < 5 m), zudem gibt es in den meisten Bundesländern eine Beschränkung der zulässigen Grundfläche des Gewächshauses.

Die verfahrensfreien Baumaßnahmen müssen die Anforderungen des öffentlichen Baurechts ebenso wie genehmigungsbedürftige Vorhaben erfüllen. Zu nennen wären hier Statik, Brandschutz, Grenzabstand, Ausgleichspflicht usw. Für die Einhaltung des Rechts ist die Bauherrin/der Bauherr selbst verantwortlich. Örtliche Vorschriften hierzu sind zu beachten.

Gelegentlich wird von Bauverwaltungen die Auffassung vertreten, die Erzeugung von Mikroalgen wie *Chlorella vulgaris* sei keine privilegierungsfähige Produktion und damit hierfür ein Bauvorhaben im Außenbereich generell nicht zulässig. Für einige bestehende Anlagen zur Algenerzeugung in Deutschland musste aufgrund ihrer Dimension über ein Vorhaben und Erschließungsplanverfahren ein Sondergebiet für die Erzeugung von Algen geschaffen werden. Diese Bauleitplanungen sind in der Regel aufwendig und kostenintensiv. Ein Sondergebiet kann über die Kommune beantragt werden.

Aus den oben genannten Gründen ist die Erzeugung von Mikroalgen der Landwirtschaft bzw. dem Gartenbau zugehörig und somit auch im Außenbereich privilegiert bzw. zulässig. Ein Erschließungsplanverfahren im Rahmen einer Bauleitplanung ist nicht erforderlich.

5 Schlussbetrachtung

Weltweit überwiegen einfache Open-Pond-Systeme, die sehr geringe Anlagenkosten verursachen, jedoch auch nur geringe Qualitäten erzielen können.

Die in Kapitel 2.2 beschriebenen und für Deutschland typischen Reaktorsysteme führen zu hohen Anlagenkosten; im Vergleich zu offenen Systemen aber zu verbesserten Produktqualitäten. Bisher können Produktionsverfahren, die nicht auf komplett geschlossenen Systemen aufbauen, die hohen Produktqualitätsanforderungen im Nahrungsbereich für Mensch und Tier nur begrenzt erfüllen.

Die Erzeugung von Mikroalgen ist rechtlich der Landwirtschaft bzw. dem Gartenbau zugehörig und somit nach Baugesetzbuch privilegiert und damit grundsätzlich auch im Außenbereich zulässig. Ein Erschließungsplanverfahren im Rahmen einer Bauleitplanung ist nicht erforderlich.

Literatur

- Acién, F. G.; Molina, E.; Reis, A.; Torzillo, G.; Zittelli, G. C.; Sepúlveda, C.; Masojidek, J. (2017): Photobioreactors for the production of microalgae. In: *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts*. Woodhead Publishing Series in Energy, Gonzalez-Fernandez, C.; Muñoz, R. (eds.), Woodhead Publishing, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101023-5.00001-7>, Zugriff am 17.08.2020
- BauGB (2020): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 587) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BJNR003410960.html>, Zugriff am 11.08.2020
- Bialon, J.; Rath, T. (2018): Growth rates and photon efficiency of *Chlorella vulgaris* in relation to photon absorption rates under different LED-types. *Algal Research* 31, pp. 204-215, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.02.007>, Zugriff am 17.08.2020
- Böhlmann, D. (1994): *Botanisches Grundpraktikum zur Phylogenie und Anatomie*. Stuttgart, UTB-Verlag
- BVerwG 4. Senat | IV C 9.70: Urteil | Voraussetzungen einer Privilegierung landwirtschaftlicher Betriebe im Außenbereich | § 35 Abs 1 Nr 1 BBauG vom 23. Juni 1960, § 35 Abs 1 Nr 4 BBauG vom 23. Juni 1960. <https://www.juris.de/jportal/prev/WBRE113228399>, Zugriff am 11.08.2020
- DAG (2020): Firmeninformation der Deutsche Algen Genossenschaft e.G.. <https://www.deutsche-algen.de/>, Zugriff am 07.09.2020
- Durchführungsverordnung (EU) 2016/673: Durchführungsverordnung (EU) 2016/673 der Kommission vom 29. April 2016 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32016R0673>, Zugriff am 11.08.2020
- García J. L.; Vicente, M.; Galán, B. (2017): Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microbial Biotechnology* 10(5), pp. 1751-7915, <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12800>, Zugriff am 17.08.2020
- Mobin, S.; Alam, S. (2016): Some promising microalgal species for commercial applications: A review. 1st International Conference on Energy and Power, ICEP2016, 14-16 December 2016, RMIT University, Melbourne, Australia
- Posten, C.; Chen, S. F. (2016): *Microalgae Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23808-1>, Zugriff am 11.08.2020
- Singh, S. P.; Singh, P. (2014): Effect of CO₂ concentration on algal growth: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38, pp. 172-179, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.043>, Zugriff am 17.08.2020

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet.

© KTBL 2020

Herausgeber und Druck
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 7001-0 | E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Veröffentlichungen zum Thema Gartenbau



Gemüsebau

2017, 652 S., 26 € (Best.-Nr. 19521)

Die Datensammlung Gemüsebau beinhaltet Produktionsverfahren für eine Vielzahl an Kulturen, die mit den relevanten Verfahrensschritten beschrieben werden. Vom Anbau über Ernte bis hin zum Transport zur jeweiligen Verwertung – für jede Kultur werden Anbauhinweise mit Angaben zu Maschinenkosten, Arbeitszeitbedarf und Dieselbedarf gegeben. Auch in der Praxis weniger verbreitete Kulturen werden berücksichtigt.



Bewässerungs- und Düngungssysteme im Gartenbau

2018, 56 S., 9 € (Best.-Nr. 40121)

Dieses Heft bietet Mitarbeitern von Genehmigungsbehörden, Wasserversorgungsunternehmen und Gärtnern Informationen, welchen Anforderungen die Anlagen zur Lagerung und Verteilung von flüssig ausgebrachten Düngern aus wasserwirtschaftlicher Sicht genügen müssen und wie bestehende Anlagen beurteilt werden können – kurz, wie sich die rechtlichen Anforderungen in der Praxis umsetzen lassen.



Weihnachtsbaumanbau

2019, 280 S., 26 € (Best.-Nr. 19525)

Die Datensammlung bietet für die Erzeugung konventioneller und ökologischer Nordmann-tannen und Blaufichten – geschlagen, im Topf oder als Schnittgrün – Maschinenkosten, Materialkosten und anschauliche Planungsbeispiele; dabei werden auch der Anbau auf Hanglagen und die Pflege mit Schafen berücksichtigt.



Stromeinkauf in Landwirtschaft und Gartenbau

2019, 64 S., 9 € (Best.-Nr. 40125)

Das Heft bietet einen Einblick in die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen beim Einkauf von Strom. Es zeigt wo günstige Tarife gefunden, wie Bonusfallen umgangen und wie Rechnungen richtig kontrolliert werden können. Nicht zuletzt hilft das Heft bei der Beantwortung der Frage, ob Eigenstrom eine kostengünstige Bezugsquelle ist.

Bestellservice:

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Tel.: 06151 7001-189 | E-Mail: vertrieb@ktbl.de

► Das weitere Angebot
finden Sie unter
www.ktbl.de