

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1489/2009
(22) Anmeldetag: 22.09.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2011

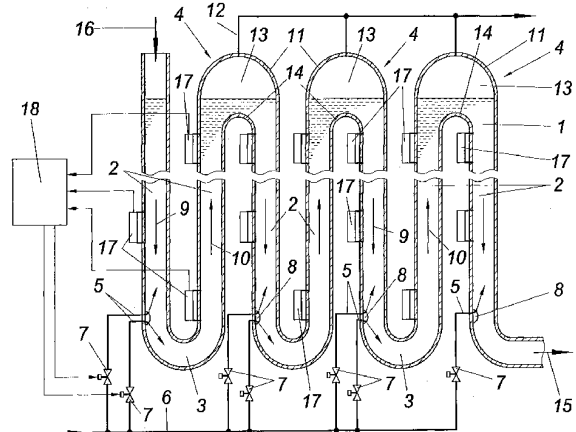
(51) Int. Cl. : **C12M 1/113** (2006.01)
C12N 1/12 (2006.01)
C12P 3/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 935991A1 WO 1999/015620A1
BRPIO701841A WO 2008/079724A2

(73) Patentinhaber:
JOAS ELISABETH MAG.
A-4840 VÖCKLABRUCK (AT)

(54) VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON BIOMASSE AUS ALGEN DURCH PHOTOSYNTHESE

(57) Es wird eine Vorrichtung zur Erzeugung von Biomasse aus Algen durch Photosynthese mit einer lichtdurchlässigen, einer Lichtstrahlung ausgesetzten, von einem wässrigen Algensubstrat (1) durchströmten Rohrschlange beschrieben, die Anschlüsse (5) für eine dosierte Zufuhr von Kohlendioxid aufweist. Um vorteilhafte Voraussetzungen für die Erzeugung der Biomasse zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass die Rohrschlange stehende, abwechselnd oben und unten miteinander strömungsverbundene Rohrabschnitte (2) umfasst, dass die Anschlüsse (5) für die Kohlendioxidzufuhr im Bereich der unteren Strömungsverbindungen (3) der stehenden Rohrabschnitte (2) vorgesehen sind und dass die oberen Strömungsverbindungen (4) je einen an eine Abzugleitung (12) angeschlossenen Sammelraum (13) für Sauerstoff bilden



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von Biomasse aus Algen durch Photosynthese mit einer lichtdurchlässigen, einer Lichtstrahlung ausgesetzten, von einem wässrigen Algensubstrat durchströmten Rohrschlange, die Anschlüsse für eine dosierte Zufuhr von Kohlendioxid aufweist.

[0002] Zum Erzeugen von Biomasse aus Algen, insbesondere Mikroalgen, ist es unter anderem bekannt, auf einer einer Sonnenbestrahlung ausgesetzten Fläche lichtdurchlässige Rohre, beispielsweise in Form einer Rohrschlange, zu verlegen, durch die das wässrige, gegebenenfalls mit Nährstoffen versetzte Algensubstrat gepumpt wird. Das vorteilhaft aus den Abgasen einer Verbrennung gewonnene Kohlendioxid, das von den Algen im Zuge der Photosynthese aufgenommen wird, wird der Rohrschlange dosiert zugeführt. Nachteilig bei diesen bekannten Vorrichtungen sind vor allem die Schwierigkeiten, die sich nicht nur im Zusammenhang mit der Forderung nach einer für eine gute Produktionsrate notwendigen, ausreichend gleichmäßigen Versorgung der Algen mit Kohlendioxid entlang der Rohrschlange, sondern auch beim Abzug des bei der Photosynthese freigesetzten Sauerstoffs ergeben, wenn dieser Sauerstoff möglichst rein verwertet werden soll. Dazu kommt, dass zur Herstellung größerer Mengen an Biomasse erhebliche, zumindest in Industrieländern kaum verfügbare, einer Sonnenbestrahlung ausgesetzte Flächen zur Verlegung der Rohrschlange erforderlich werden.

[0003] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs geschilderten Art zur Erzeugung von Biomasse so auszugestalten, dass einerseits eine hohe Produktionsrate sichergestellt und andererseits der bei der Photosynthese anfallende Sauerstoff vorteilhaft gewonnen werden kann. Außerdem soll die jeweils zur Verfügung stehende, sonnenbestrahlte Fläche gut genützt werden können.

[0004] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die Rohrschlange stehende, abwechselnd oben und unten miteinander strömungsverbundene Rohrabschnitte umfasst, dass die Anschlüsse für die Kohlendioxidzufuhr im Bereich der unteren Strömungsverbindungen der stehenden Rohrabschnitte vorgesehen sind und dass die oberen Strömungsverbindungen je einen an eine Abzugleitung angeschlossenen Sammelraum für Sauerstoff bilden.

[0005] Die stehende Anordnung von abwechselnd oben und unten miteinander verbundenen Rohrabschnitten bringt zunächst den Vorteil mit sich, dass in Abhängigkeit von der jeweils gewählten Höhe der Rohrabschnitte eine bestrahlte Rohroberfläche sichergestellt werden kann, die jene Bestrahlungsfläche erheblich übersteigt, die mit Hilfe von auf einer übereinstimmenden Fläche bodenparallel verlegten Rohrabschnitten für die Photosynthese zur Verfügung gestellt werden könnte. Dazu kommt, dass das im Bereich der unteren Strömungsverbindungen der Rohrabschnitte zugeführte Kohlendioxid innerhalb der stehenden Rohrabschnitte im wässrigen Algensubstrat aufsteigt, sodass die Algen in jedem Rohrabschnitt vorteilhaft mit dem erforderlichen Kohlendioxid versorgt werden können. Aufgrund der Umlenkung der Substratströmung im Bereich der unteren und oberen Strömungsverbindungen tritt zusätzlich eine Substratdurchmischung mit der Wirkung auf, dass im Strömungskern geführte Algen in den Mantelbereich der Strömung gespült werden, was eine weitgehend einheitliche Lichtbestrahlung der Algen unterstützt. Schließlich bieten die stehenden Rohrabschnitte die vorteilhafte Möglichkeit, im Bereich ihrer oberen Strömungsverbindungen je einen an eine Abzugleitung angeschlossenen Sammelraum vorzusehen, in den der bei der Photosynthese entstehende, im Algensubstrat ebenfalls aufsteigende Sauerstoff gesammelt und über eine Abzugleitung abgeführt werden kann.

[0006] Besonders vorteilhafte Konstruktionsbedingungen ergeben sich in diesem Zusammenhang, wenn die oberen Strömungsverbindungen der stehenden Rohrabschnitte die Form von Rohrbögen aufweisen, im oberen Scheitelbereich den an die Abzugleitung angeschlossenen Sammelraum für den in den Rohrabschnitten aufsteigenden Sauerstoff und im unteren Scheitelbereich einen Überlauf für das wässrige Algensubstrat bilden. Die in dieser Art miteinander verbundenen Rohrabschnitte ergeben somit kommunizierende Gefäße mit einer übereinstimmenden Füllstandshöhe, sodass sich sehr einfache Förderbedingungen für das Durchströmen

der Rohrschlange mit dem wässrigen Algensubstrat einstellen. Es braucht ja auf der Zulaufseite lediglich eine Substratmenge zugeführt zu werden, die der ablaufseitig entnommenen Substratmenge entspricht, um einen kontinuierlichen Durchsatz des Algensubstrats durch die Rohrschlange sicherzustellen, und zwar bei gleichbleibender Füllstandshöhe der Rohrabschnitte. Der wässrige Anteil des entnommenen Algensubstrats kann nach der Abtrennung der durch die Algen gebildeten Biomasse zusammen mit dem verbliebenen Algenrest gegebenenfalls unter Zusatz von Nährstoffen im Kreislauf wieder der Zulaufseite zugeführt werden, sodass lediglich die mit der Biomasse ausgeschiedene Flüssigkeitsmenge im Substratkreislauf zu ersetzen ist.

[0007] Um den bei der Photosynthese anfallenden Sauerstoff vorteilhaft verwerten zu können, ist dafür zu sorgen, dass das den stehenden Rohrabschnitten zugeführte Kohlendioxid nicht aufgrund einer Überdosierung von den Algen ungenützt in den Sammelraum für den Sauerstoff austreten kann. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Kohlendioxidzufuhr zu den einzelnen Rohrabschnitten über eine Steuereinrichtung in Abhängigkeit vom Kohlendioxidgehalt des Algensubstrats im Bereich des oberen Endes der Rohrabschnitte zu steuern, sodass aufgrund der Messung des freien Kohlendioxids im Bereich des oberen Endes der einzelnen Rohrabschnitte durch eine gegebenenfalls erforderlich werdende Drosselung der Kohlendioxidzufuhr sichergestellt werden kann, dass kein freies Kohlendioxid mehr am oberen Ende der Rohrabschnitte im Algensubstrat vorhanden ist. Eine solche Steuerung ermöglicht außerdem eine an den jeweiligen Kohlendioxidbedarf angepasste Kohlendioxidzufuhr, was optimale Verhältnisse für das Algenwachstum gewährleisten kann.

[0008] Über die Kohlendioxidmessung im Bereich des oberen Endes der einzelnen Rohrabschnitte kann zwar ein Durchschlagen des Kohlendioxids in den Sammelraum für Sauerstoff ausgeschlossen werden, doch ist diese Kohlendioxidüberwachung im Bereich des oberen Endes der Rohrabschnitte nicht hinreichend für eine optimale Kohlendioxidversorgung der Algen. Zu diesem Zweck können die Rohrabschnitte auch im Bereich ihres unteren Endes mit an die Steuereinrichtung angeschlossenen Messsonden für Kohlendioxid versehen werden, sodass anhand der Messdaten der unteren und oberen Messsonden die Kohlendioxidzufuhr in einfacher Weise an den Kohlendioxidbedarf angepasst werden kann. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass der Kohlendioxidbedarf der Algen in einem stehenden Rohrabschnitt durch jene Kohlendioxidmenge festgelegt wird, bei der gerade noch kein Kohlendioxid in den oberhalb des Rohrabschnittes gesammelten Sauerstoff austritt. Da in den jeweils unmittelbar miteinander verbundenen Rohrabschnitten eine gegensinnige Substratströmung vorliegt, ist diese Substratströmung bei der Kohlendioxidzufuhr zu berücksichtigen, was bei einer Steuerung der Kohlendioxidzufuhr in den einzelnen Rohrabschnitten mit einer Sink- und einer Steigströmung keinerlei Schwierigkeiten mit sich bringt, wenn die freie Kohlendioxidmenge im Substrat im Bereich des unteren und des oberen Endes der Rohrabschnitte gemessen wird. Besonders einfache Konstruktionsverhältnisse ergeben sich in diesem Zusammenhang, wenn die Anschlüsse für das Kohlendioxid sowohl für die Rohrabschnitte mit der Sinkströmung als auch für die Rohrabschnitte mit der Steigströmung auf der Zulaufseite der unteren Strömungsverbindungen der stehenden Rohrabschnitte vorgesehen werden und gegen die Sink- und in die Steigströmung gerichtete Düsen aufweisen. In diesem Fall wird nämlich sichergestellt, dass die Algen auch während des Durchgangs durch die untere Strömungsverbindung mit Kohlendioxid beaufschlagt werden können.

[0009] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt, und zwar wird eine erfindungsgemäß Vorrichtung zur Erzeugung von Biomasse aus Algen durch Photosynthese in einem vereinfachten Blockschaltbild gezeigt.

[0010] Die dargestellte Vorrichtung zur Erzeugung von Biomasse aus Algen durch Photosynthese weist eine von einem wässrigen Algensubstrat 1 durchströmte Rohrschlange auf, die parallele Rohrabschnitte 2 mit vertikaler Achse umfasst. Diese stehenden Rohrabschnitte 2 sind abwechselnd oben und unten strömungsverbunden. Die unteren Strömungsverbindungen sind mit 3 und die oberen Strömungsverbindungen mit 4 bezeichnet. Im Bereich der unteren Strömungsverbindungen 3 sind die Rohrabschnitte 2 mit Anschlüssen 5 für eine dosierte Zufuhr von Kohlendioxid versehen. Die Kohlendioxidzufuhr erfolgt über eine Kohlendioxidleitung 6, mit der

die Anschlüsse 5 über je ein Steuerventil 7 verbunden sind. Die Anschlüsse 5 selbst beaufschlagen einen im Zulaufbereich der Strömungsverbindungen 3 angeordneten Düsenkopf 8 mit wenigstens zwei Düsen, von denen eine gegen die Sinkströmung 9 und die andere in Richtung der Steigströmung 10 der durch die untere Strömungsverbindung 3 miteinander verbundenen Rohrabschnitte 2 ausgerichtet sind, wie dies durch entsprechende Strömungspfeile angedeutet ist. Da die Düsen zur Beaufschlagung der Sinkströmung 9 in dem einen und die Düsen zur Beaufschlagung der Steigströmung 10 in dem anderen der beiden an eine untere Strömungsverbindung 3 angeschlossenen Rohrabschnitte 2 im Zulaufbereich dieser Strömungsverbindung 3 vorgesehen und vorzugsweise in einem Düsenkopf 8 zusammengefasst sind, ergeben sich einfache Konstruktionsverhältnisse mit dem Vorteil, dass auch das Algensubstrat im Bereich der unteren Strömungsverbindung 3 mit Kohlendioxid versorgt wird.

[0011] Die oberen Strömungsverbindungen 4 der Rohrabschnitte 2 sind in Form von Rohrbögen 11 ausgebildet, die im oberen Scheitelbereich jeweils einen um eine Abzugleitung 12 angeschlossenen Sammelraum 13 für bei der Photosynthese der Algen freigesetzten Sauerstoff bilden. Im unteren Scheitelbereich formen die Rohrbögen 11 jeweils einen Überlauf 14 für das wässrige Algensubstrat 1 zwischen den angeschlossenen Rohrabschnitten 2. Aufgrund dieser Anordnung bilden die Rohrabschnitte 2 kommunizierende Gefäße, was die Förderung des Algensubstrats 1 durch die Rohrschlange erheblich erleichtert. Für eine kontinuierliche Substratströmung durch die Rohrschlange ist ja lediglich dafür zu sorgen, dass die ausgangsseitig zur Abtrennung der Biomasse entnommene Substratmenge eingangsseitig ergänzt wird, sodass der Füllstand der Rohrabschnitte 2 beibehalten werden kann. Aus der entsprechend dem Strömungspfeil 15 laufend abgezogenen Substratmenge kann die Biomasse in einfacher Weise beispielsweise mit Hilfe eines Schneckenförderers abgetrennt werden. Das verbleibende wässrige Substrat mit den Restalgen wird vorzugsweise gemäß dem Pfeil 16 wieder der Rohrschlange eingangsseitig zugeführt, wobei lediglich der insbesondere durch die Abtrennung der Biomasse bedingte Flüssigkeitsverlust zu ersetzen ist und allenfalls notwendige Nährstoffe zugeführt werden.

[0012] Damit das über die Düsenköpfe 8 zugeführte Kohlendioxid den sich im Sammelraum 13 sammelnden, bei der Photosynthese freigesetzten Sauerstoff nicht verunreinigen kann, ist dafür zu sorgen, dass in die einzelnen Rohrabschnitte 2 jeweils gerade soviel Kohlendioxid eingeblasen wird, wie von den Algen während des Durchsatzes durch die Rohrabschnitte 2 benötigt wird, sodass im Bereich des Überlaufs 14 kein freies Kohlendioxid im Algensubstrat 1 mehr vorhanden ist. Zur Steuerung der zugeführten Kohlendioxidmenge werden daher die Kohlendioxidmengen in den einzelnen Rohrabschnitten 2 mit Hilfe von Messsonden 17 erfasst und mit den Messdaten eine Steuereinrichtung 18 beaufschlagt, mit deren Hilfe die Steuerventile 7 im Zulaufbereich der Anschlüsse 5 entsprechend angesteuert werden, wie dies für die beiden eingangsseitigen Rohrabschnitte 2, aus Übersichtlichkeitsgründen aber nicht für die nachfolgenden Rohrabschnitte 2 dargestellt ist.

[0013] Da die Messsonden 17 sowohl im Bereich des unteren als auch im Bereich des oberen Endes der Rohrabschnitte 2 angeordnet sind, kann über die oberen Messsonden 17 der zu unterbindende Durchgriff des Kohlendioxids auf die Sammelräume 13 und über die unteren Messsonden 17 überwacht werden, ob ausreichend Kohlendioxid für die Versorgung der Algen zugeführt wird. Wegen der gegensinnigen Substratströmung in den jeweils durch die unteren Strömungsverbindungen 3 verbundenen Rohrabschnitten 2 muss die Kohlendioxidaufteilung auf diese Rohrabschnitte 2 unter Berücksichtigung dieser gegensinnigen Substratströmungen vorgenommen werden, was bei einer gesonderten Steuerung der Kohlendioxidzufuhr zu den Düsen zur Versorgung der Sinkströmung 9 einerseits und der Steigströmung 10 andererseits keine zusätzlichen Maßnahmen erfordert.

[0014] Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung gelingt es in günstiger Weise, kontinuierlich Biomasse aus Algen durch Photosynthese zu erzeugen, und zwar mit dem Vorteil, Kohlendioxid zu binden. Solche Vorrichtungen können daher überall dort mit Vorteil eingesetzt werden, wo mit einem entsprechenden Kohlendioxidanfall zu rechnen ist, wie dies vor allem bei Verbrennungsvorgängen der Fall ist. Es ist aber auch ein erfolgreicher Einsatz im Bereich der

Abluftreinigung von Straßentunnelsystemen, von Tiefgaragen oder Klimaanlage denkbar.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Biomasse aus Algen durch Photosynthese mit einer lichtdurchlässigen, einer Lichtstrahlung ausgesetzten, von einem wässrigen Algensubstrat durchströmten Rohrschlange, die Anschlüsse für eine dosierte Zufuhr von Kohlendioxid aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrschlange stehende, abwechselnd oben und unten miteinander strömungsverbundene Rohrabschnitte (2) umfasst, dass die Anschlüsse (5) für die Kohlendioxidzufuhr im Bereich der unteren Strömungsverbindungen (3) der stehenden Rohrabschnitte (2) vorgesehen sind und dass die oberen Strömungsverbindungen (4) je einen an eine Abzugleitung (12) angeschlossenen Sammelraum (13) für Sauerstoff bilden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die oberen Strömungsverbindungen (4) der stehenden Rohrabschnitte (2) die Form von Rohrbögen (11) aufweisen, die im oberen Scheitelbereich den an die Abzugleitung (12) angeschlossenen Sammelraum (13) für Sauerstoff und im unteren Scheitelbereich einen Überlauf (14) für das wässrige Algensubstrat (1) bilden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlendioxidzufuhr zu den einzelnen Rohrabschnitten (2) über eine Steuereinrichtung (18) in Abhängigkeit vom Kohlendioxidgehalt des Algensubstrats (1) im Bereich des oberen Endes der Rohrabschnitte (2) steuerbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrabschnitte (2) im Bereich ihres unteren und oberen Endes mit an die Steuereinrichtung (18) angeschlossenen Messsonden (17) für Kohlendioxid versehen sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

