

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Januar 2010 (07.01.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/000486 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/004827
- (22) Internationales Anmeldedatum: 3. Juli 2009 (03.07.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2008 031 769.1 4. Juli 2008 (04.07.2008) DE
- (71) Anmelder und
(72) Erfinder: KALTENHÄUSER, Bernd [DE/DE]; Birken-
dörfle 20, 70191 Stuttgart (DE).
- (74) Anwalt: HERTZ, Oliver; V. Bezold & Partner, Akade-
miestrasse 7, 80799 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

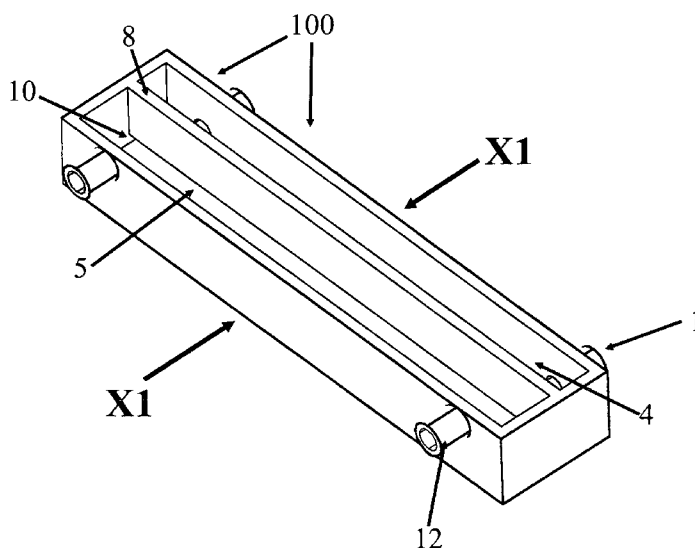
Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: BIOREACTOR HAVING A FLAT DESIGN

(54) Bezeichnung: BIOREAKTOR IN FLACHBAUWEISE

FIG. 1



(57) Abstract: The invention relates to a bioreactor in which algae and other microorganisms, preferably microorganism which carry out photosynthesis, can be cultivated as well as to a method for the operation thereof and a method for the production thereof. The invention discloses in particular a bioreactor (100) for cultivating microorganisms, comprising a first (60) and a second part (50), a chamber system that is integrated into the bioreactor and comprises at least one growth chamber (5) for cultivating microorganisms and at least one distribution chamber (4) which is arranged adjacent to the at least one growth chamber and is connected to the latter via at least one opening (10). In order to configure the at least one opening (10), the extension of at least a first septum (8) disposed between the at least one distribution chamber (4) and the at least one growth chamber (5) is at least in places smaller than the clearance extension of the at least one growth chamber (5).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Bioreaktor, in dem Algen und andere, vorzugsweise photosynthesetreibende, Mikroorganismen kultiviert werden können, sowie ein Verfahren zu dessen Betrieb und ein Verfahren

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/000486 A2

zu dessen Herstellung. Insbesondere wird ein Bioreaktor (100) für die Kultivierung von Mikroorganismen bereitgestellt, umfassend einen ersten (60) und einen zweiten Teil (50), mit einem in den Bioreaktor integrierten Kammersystem aus mindestens einer Wachstumskammer (5) zur Kultivierung von Mikroorganismen und mindestens einer, benachbart zu der mindestens einen Wachstumskammer angeordneten Verteilkammer (4), welche mit der Wachstumskammer über zumindest eine Öffnung (10) verbunden ist. Zur Ausbildung der zumindest einen Öffnung (10) ist die Ausdehnung von zumindest einem zwischen der mindestens einen Verteilkammer (4) und der mindestens einen Wachstumskammer (5) angeordnetem ersten Septum (8) zumindest stellenweise kleiner als die lichte Ausdehnung der mindestens einen Wachstumskammer (5).

Bioreaktor in Flachbauweise

5 Die Erfindung betrifft einen Bioreaktor, in dem Algen und andere Mikroorganismen kultiviert werden können, sowie ein Verfahren zu dessen Betrieb und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Durch die Geometrie des Bioreaktors entsteht mindestens eine im Wesentlichen quaderförmige Wachstumskammer, in der das vorzugsweise flüssige Kultivierungsmedium vorzugsweise mit Gas vermischt werden kann.

10

In Bioreaktoren werden biologische Stoffumwandlungen mit Enzymen oder Mikroorganismen, wie Algen, Bakterien, Pilzen oder Hefen durchgeführt. Dabei werden die Parameter Temperatur und Lichteintrag sowie der pH-Wert und die Nährstoffkonzentration der Lösung auf die idealen Wachstumsbedingungen bzw. die Reaktionsvorgänge optimiert.
15 Dazu muss die Nährflüssigkeit in der Regel gut durchmischt und mit einem Gas oder Gasgemisch vermischt werden. Diese beiden Prozesse können durch Gaseintrag in die Flüssigkeit mit einander kombiniert werden. Dabei werden die Reaktionsoberfläche vergrößert und die Wärme abgeführt. Die Bauform eines Bioreaktors hängt von seinem Einsatzbereich ab und muss dementsprechend die spezifischen Anforderungen des verwendeten biologischen Systems berücksichtigen.
20

Zur Kultivierung phototropher Mikroorganismen kommen so genannte Photobioreaktoren zum Einsatz. Dabei gelten Airlift-Photobioreaktoren als besonders geeignet, um phototrophe Mikroorganismen bei hoher Zelldichte zu kultivieren. Der Airlift-Photobioreaktor weist häufig einen turmförmigen Reaktorkessel auf, bei dem durch Eintrag eines Gases oder Gasgemisches innerhalb einer konstruktiv festgelegten Schlaufe ein Flüssigkeitsumlauf erzeugt wird. Somit entstehen im Airlift-Reaktor eine begaste und eine unbegaste Zone, die boden- und kopfseitig mit einander verbunden sind. Durch die Druckdifferenz wird eine Pumpenwirkung erzielt, die in einem Flüssigkeitsstrom durch die beiden Zonen führt.
25 Da die Durchmischung des Reaktormediums ausschließlich durch die Gaszufuhr hervorgerufen wird, sind bei dieser Photobioreaktor-Bauform eine gute Durchmischung und ein hoher Gas-Flüssigkeits-Stoffaustausch im Vergleich mit anderen Bauformen möglich. Airlift-Bioreaktoren sind vertikal ausgerichtet, um ein hohes Verhältnis von Volumen zu
30

Grundfläche zu erzielen. Ein solcher Airlift-Photobioreaktor wird beispielsweise in der DE 199 16 597 beschrieben.

5 Da zur Kultivierung von phototrophen Mikroorganismen eine Lichteinstrahlung hoher Intensität, insbesondere auch in die Tiefe des Reaktors, notwendig ist, weisen Photobioreaktoren vorzugsweise ein großes Oberflächen-Volumen-Verhältnis auf. Dies führt zu einem hohen Materialeinsatz, der aufgrund der verwendeten Materialien wie Glas verhältnismäßig kompliziert und kostenintensiv ist.

10 Des Weiteren werden in der Regel aufwändige und/oder teure Gerüste oder Tragkonstruktionen verwendet, an denen die Reaktoren aufgehängt oder befestigt werden. Durch die Höhe der Reaktoren (oft mehrere Meter) wird die Energie für den Eintrag des Gases in die Flüssigkeit von der Höhe der Wassersäule im Reaktor bestimmt.

15 In Anbetracht obiger Ausführungen wird es Fachleuten anhand dieser Offenbarung ersichtlich, dass ein Bedarf an einem verbesserten Bioreaktor besteht. Diese Erfindung bezieht sich auf diesen Bedarf des Stands der Technik, sowie auf andere Bedürfnisse, die Fachleuten anhand dieser Offenbarung ersichtlich werden.

20 Zusammenfassung der Erfindung

Die sich aus vorstehend Genanntem ergebenden Aufgaben können im Wesentlichen gelöst werden durch einen Bioreaktor zur Kultivierung von Mikroorganismen gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen gemäß Anspruch 39. Insbesondere umfasst der erfindungsgemäße Bioreaktor einen ersten und einen zweiten Teil, mit
25 einem in den Bioreaktor integrierten Kammersystem aus mindestens einer Wachstumskammer zur Kultivierung von Mikroorganismen und mindestens einer, benachbart zu der mindestens einen Wachstumskammer angeordneten Verteilkammer, welche mit der mindestens einen Wachstumskammer über mindestens eine Öffnung verbunden ist, insbesondere um diese mit Mikroorganismen, Kultivierungsmedium und/oder vorzugsweise mindestens einem Gas zu versorgen, wobei zur Ausbildung der mindestens einen Öffnung die
30 Ausdehnung (Höhe) von zumindest einem zwischen der mindestens einen Verteilkammer und der mindestens einen Wachstumskammer angeordnetem ersten Septum zumindest

stellenweise kleiner ist als die lichte Ausdehnung (Höhe) der mindestens einen Wachstumskammer.

Die jeweiligen Ausdehnungen entsprechen im Betrieb des Bioreaktors einem Höhenmaß.

5

Eine bevorzugte Ausführungsform des Bioreaktors umfasst einen ersten und einen zweiten Teil, mit mindestens einer Zuleitungs- und mindestens einer Ableitungskammer für ein Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas, wobei die mindestens eine Zuleitungskammer mit der mindestens einen Ableitungskammer über mindestens jeweils eine, jeweils durch Längs- und Quersepten gebildete Wachstumskammer und benachbart zur Wachstumskammer gelegene Verteilkammer verbunden sind, wobei die Ausdehnung (Höhe) von zumindest einer der die mindestens eine Verteilkammer begrenzenden und zur Wachstumskammer hin orientierten ersten Septen (Längssepten) zumindest stellenweise geringer als die lichte Ausdehnung (Höhe) der mindestens einen Wachstumskammer ist und wobei die die Verteilkammer begrenzenden ersten Septen (Längssepten) am zweiten Teil angebracht sind.

Vorteilhaft am erfindungsgemäßen Bioreaktor ist, dass eine im Vergleich zu existierenden Bioreaktoren extrem flache Bauweise erzielbar ist, da der erfindungsgemäße Bioreaktor im Wesentlichen horizontal anzuordnen ist. Dadurch wird die Energie für den Eintrag des Gases in das Kultivierungsmedium minimiert und die Reaktorplatten können auf einfache und schnelle Weise verlegt werden.

Des Weiteren ist der erfindungsgemäße Bioreaktor durch seine Geometrie selbsttragend und muss nicht an aufwändigen und/oder teuren Gerüsten oder Tragkonstruktionen aufgehängt oder befestigt werden. Vorzugsweise durch den Wasser- und Gasdruck bleibt er in seiner Form stabil.

Die Grundkörper in Form des ersten und zweiten Teils samt Septum bzw. Septen lassen sich günstig in einem Massenproduktionsverfahren wie dem Spritzgieß-, dem Extrusionsblas- oder dem Tiefziehverfahren herstellen und können anschließend oder gleichzeitig mit einander verklebt, mit Ultraschall oder Hochfrequenz verschweißt oder sonstwie miteinander verbunden werden. Zur Veränderung der Herstellung können die Septen auch innen hohl sein.

Der erfindungsgemäße Bioreaktor ist vorzugsweise lichtdurchlässig, kann aber je nach Bedarf auch teil- oder undurchlässig für Licht sein. Außerdem besteht die Möglichkeit, den ersten und/oder den zweiten Teil und/oder mindestens ein Septum zumindest teilweise aus
5 einem wellenlängenschiebenden Material zu fertigen und/oder mit einem solchen zu beschichten und/oder zumindest teilweise mit einer Antireflexbeschichtung zu versehen, um die Photosyntheseaktivität zu erhöhen.

Des Weiteren kann der Bioreaktor aus einem Material gefertigt sein bzw. mit einem Material, wie z.B. PTFE, beschichtet sein, das ein Haften von Mikroorganismen am Bioreaktor
10 verhindert.

Die kultivierten Mikroorganismen können vorzugsweise zu Biosprit, Futtermittel, Nahrungsergänzungsmittel und Erzeugnissen für die pharmazeutische, chemische oder kosmetische Industrie verarbeitet werden. Darüber hinaus kann der Bioreaktor auch zur Klärrei-
15 nigung eingesetzt werden. Dadurch können die Mikroorganismen mit Nährstoffen versorgt werden.

Die innere Form des Bioreaktors wird im Wesentlichen durch Septen bestimmt. Je nach Ausführungsform können diese als Längs- und Quersepten bezeichnet werden. Diese können
20 vorteilhaft zur mechanischen Stabilität des Bioreaktors beitragen. Durch ihre Anordnung ergeben sich im Wesentlichen quader- bzw. wannenförmige Wachstumskammern. In diesen werden die Mikroorganismen kultiviert.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des Bioreaktors besteht aus einer Wachstumskammer und einer benachbart dazu angeordneten Verteilkammer, welche die Wachstumskammer mit einem vorzugsweise flüssigen Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens einem Gas versorgen kann. Die Verteilkammer wird
25 von der Wachstumskammer durch mindestens ein erstes Septum getrennt. Dieses erste Septum ist am zweiten Teil des Bioreaktors angeordnet und dessen Ausdehnung (Höhe) ist
30 zumindest stellenweise kleiner als die lichte Ausdehnung (Höhe) der Wachstumskammer. Dadurch entsteht zwischen der jeweiligen Verteilkammer und der jeweiligen Wachstumskammer mindestens eine zum ersten Teil orientierte Öffnung (Öffnungsspalte oder Löcher), durch welche das vorzugsweise flüssige Kultivierungsmedium, die Mikroorganismen

men und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas in die Wachstumskammer(n) gelangen können.

5 In und/oder an der mindestens einen Öffnung kann auch ein flüssigkeits- und/oder gasdurchlässiges Material angeordnet sein, wie z.B. eine poröse Keramik.

Die gemeinsamen Leitungen für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas können bei Bedarf auch getrennt werden und/oder an der Peripherie des Bioreaktors (im Betrieb oben und/oder unten und/oder seitlich am Bioreaktor) oder innerhalb des Bioreaktors angebracht werden. Vorzugsweise handelt es sich dabei
10 um Zuleitungs-, Verteil-, zusätzliche und/oder Ausleitungskammern, die andere Kammern im Bioreaktor mit Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder Gas versorgen können und/oder diese aus dem Bioreaktor ausleiten können.

15 Im Betrieb können sowohl Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in einer Dimension (Richtung x, Figur 4) von der Verteilkammer durch die mindestens eine Öffnung in die Wachstumskammer gelangen und dann im Wesentlichen vertikal aufsteigen (Richtung z, Figur 4). Dadurch werden Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas mit einander vermischt.
20 Zusätzlich können Kultivierungsmedium und/oder Mikroorganismen in walzenförmige Rotation versetzt werden, wodurch sich jeder Organismus nur für kurze Zeit an der Oberfläche befindet, um Licht auf zu nehmen (Flashing Light Effekt). Dabei besteht die Möglichkeit, die Wachstumskammern im Wesentlichen zylinderförmig oder mit anderer Geometrie zu optimieren (Figur 3).

25 Von der Wachstumskammer werden Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und Gas aus dem Bioreaktor ausgeleitet.

Die Anschlüsse für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas
30 sind vorzugsweise direkt an der Verteil- und der Wachstumskammer angebracht und somit in den Bioreaktor integriert. Sollten in den Bioreaktor weitere Kammern wie z.B. Zu- und/oder Ausleitungskammern integriert sein, werden die Anschlüsse für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas vorzugsweise an

diesen angeordnet. Dabei können die Anschlüsse mit einer Vorrichtung versehen sein, um mit Schläuchen, Leitungen oder weiteren Bioreaktoren verbunden zu werden.

Sollte ein lösliches Gas, bei dem es sich insbesondere um Kohlendioxid handelt, für die Kultivierung erforderlich sein, kann dieses auch außerhalb des Bioreaktors im Kultivierungsmedium gelöst werden. In diesem Fall oder im Fall, dass kein Gas benötigt wird, kann die walzenförmige Rotation in der mindestens einen Wachstumskammer durch das Kultivierungsmedium selbst erzeugt werden, wenn dieses von der Verteilkammer in die Wachstumskammer gedrückt und/oder gesaugt wird.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, mehrere Verteil- und/oder Wachstumskammern in den Bioreaktor zu integrieren und seriell und/oder parallel mit einander zu verschalten.

Im Falle einer seriellen Verschaltung folgt auf eine Wachstumskammer vorzugsweise eine weitere Verteilkammer, die eine weitere Wachstumskammer mit Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens einem Gas versorgen kann.

Dabei werden die Wachstumskammer und die seriell folgende Verteilkammer durch mindestens ein zweites Septum von einander getrennt. Dieses mindestens eine zweite Septum ist am ersten Teil des Bioreaktors angeordnet und dessen Ausdehnung (Höhe) ist zumindest stellenweise kleiner als die lichte Ausdehnung (Höhe) der Wachstumskammer. Dadurch entsteht zwischen der jeweiligen Wachstumskammer und der jeweiligen Verteilkammer zumindest eine zum zweiten Teil orientierte Öffnung (Öffnungsspalte oder Löcher), durch welche Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in die Verteilkammer gelangen können.

Dabei können Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas in einer Dimension (Richtung x, Figur 8) von der Verteilkammer durch die mindestens eine Öffnung in die Wachstumskammer gelangen und dann im Wesentlichen vertikal aufsteigen (Richtung z, Figur 8). Dadurch werden Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas mit einander vermischt. Zusätzlich werden Kultivierungsmedium und/oder Mikroorganismen in walzenförmige Rotation versetzt, durch die sich jeder Organismus nur für kurze Zeit an der Oberfläche befindet, um Licht auf zu nehmen (Flashing Light Effekt). Von der Wachstumskammer gelangen Kultivierungsmedium, Mikroorga-

nismen und/oder mindestens ein Gas vorzugsweise in derselben Dimension (Richtung x, Figur 8) durch die mindestens eine Öffnung in die seriell folgende Verteilkammer. Von der seriell letzten Wachstumskammer werden Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas aus dem Bioreaktor ausgeleitet.

5

Im Falle einer parallelen Verschaltung mehrerer Verteil- und/oder Wachstumskammern werden diese vorzugsweise jeweils durch mindestens eine Zuleitungs- und/oder mindestens eine Ausleitungskammer miteinander verbunden.

- 10 Von der Zuleitungskammer zweigen die Verteilkammern ab. Diese verteilen Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas an die zu ihnen benachbart gelegenen Wachstumskammern, wobei benachbarte Wachstumskammern vorzugsweise durch mindestens ein drittes Septum (Längsseptum) von einander zumindest stellenweise getrennt sind. Vorzugsweise versorgt jede Verteilkammer zwei symmetrisch angeordnete
15 Wachstumskammern, es kann aber auch nur eine versorgt werden, um die Verwirbelung des Kultivierungsmediums zu optimieren. In diesem Fall wird die Verteilkammer auf einer Seite durch ein Längsseptum begrenzt.

- Durch mindestens ein viertes Septum (Querseptum) entsteht eine Zuleitungskammer für
20 Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas. Durch mindestens ein weiteres fünftes Septum (Querseptum) für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas entsteht eine Ausleitungskammer aus dem Bioreaktor. Das mindestens eine vierte Septum separiert vollständig die Wachstumskammern von der Zuleitungskammer. Das mindestens eine fünfte Septum separiert
25 vollständig die Verteilkammern von der Ableitungskammer, bildet aber zum zweiten Teil orientierte Öffnungen (Öffnungsspalte oder Löcher) zwischen den Wachstumskammern und der Ableitungskammer.

- Dabei können Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens
30 ein Gas in einer Dimension (Richtung x, Figur 12) in die Wachstumskammer(n) eingeleitet werden und dann im Wesentlichen vertikal aufsteigen (Richtung z, Figur 12). Von dort können sie über eine weitere Achse (Richtung y, Figur 12) ausgeleitet werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Wachstumskammern in einer Ebene anzuordnen und die Verteilkammern in einer anderen, im Wesentlichen parallelen Ebene anzuordnen. Ebenso können die Verteilkammern in einer Ebene angeordnet werden und die Wachstumskammern in derselben oder einer anderen, im Wesentlichen parallel angeordneten Ebene, während die mindestens eine Zuleitungskammer und/oder die mindestens eine Ausleitungskammer in einer anderen Ebene oder innerhalb der Verteil- und/oder Wachstumskammern angeordnet sind.

Es können auch weitere Septen hinzugefügt werden, so dass die Ausleitungskammer auf den Bereich zwischen zwei Wachstumskammern ausgedehnt wird. In diesem Fall gelangen Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas nach dem Aufsteigen in z-Richtung zuerst über die x-Richtung (im Wesentlichen horizontal) in die Ausleitungskammer und werden dann schließlich in y-Richtung (im Wesentlichen horizontal) ausgeleitet. Ebenso können die Zuleitungskammern mit den Verteilkammern identisch sein.

Da die Ausdehnung (Höhe) der ersten Septen (Längssepten) zumindest stellenweise kleiner als die lichte Ausdehnung (Höhe) der Wachstumskammer ist, entsteht zwischen der jeweiligen Verteilkammer und der jeweiligen Wachstumskammer mindestens eine zum ersten Teil orientierte Öffnung (Öffnungsspalte oder Löcher), durch welche Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in die Wachstumskammern gelangen können.

Die andere Seite der Wachstumskammern, welche nicht an die dazugehörige Verteilkammer grenzt, wird vorzugsweise durch dritte Septen (Längssepten) abgeschlossen, die wie manche Quersepten vorzugsweise zumindest stellenweise sowohl mit dem ersten als auch dem zweiten Teil des Bioreaktors verbunden sind. Sie können vor dem Aneinanderbefestigen, vorzugsweise Zusammenfügen, der beiden Reaktorhälften am ersten oder am zweiten Teil angeordnet sein, oder sie können auf die beiden Reaktorhälften verteilt sein und erst durch das Aneinanderbefestigen, vorzugsweise Zusammenfügen fertig gestellt werden.

In den Wachstumskammern kann das Gas in Richtung des zweiten Teils (Richtung z, Figur 12) sprudeln. Dadurch werden Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas mit einander vermischt. Zusätzlich entsteht eine Umwäl-

zung der Mikroorganismen, durch die sich jeder Organismus nur für kurze Zeit an der Oberfläche befindet, um Licht auf zu nehmen (Flashing Light Effekt).

Die fünften Septen (Quersepten), welche die Wachstumskammer(n) von der Ausleitungskammer trennen, sind vorzugsweise am ersten Teil angebracht und deren Ausdehnung (Höhe) entspricht nur stellenweise der lichten Ausdehnung (Höhe) der Wachstumskammer. Dadurch entsteht zumindest eine zum zweiten Teil orientierte Öffnung (Öffnungsspalte oder Löcher), durch welche das vorzugsweise flüssige Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas von der Wachstumskammer in die Ausleitungskammer gelangen können. Diese fünften Septen verhindern auch das Ausschwemmen von Kultivierungsmedium und Algen in die Ausleitungskammer. Die fünften Septen separieren vollständig die Verteilkammer(n) von der Ausleitungskammer.

Die Anschlüsse für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas sind vorzugsweise direkt an den Zu- und Ausleitungskammern angebracht und somit in den Bioreaktor integriert.

Es können auch mindestens ein seriell verschaltetes Kammersystem und/oder mindestens ein parallel verschaltetes Kammersystem ineinander verschachtelt und/oder parallel und/oder seriell miteinander verschaltet werden.

In allen oben beschriebenen Konfigurationen können Septen zur Stabilisierung Querstreben oder stärkere Stellen aufweisen. Ebenso können sie durch ihre eigene Form (z.B. an den ersten und zweiten Teilen dicker, nach innen dünner) stabilisiert sein.

Es besteht auch die Möglichkeit, an einem Teil, gegenüber von ersten oder zweiten Septen, welche am anderen Teil des Bioreaktors angeordnet sind, weitere Septen anzuordnen, um den Flüssigkeits- und den Gasverlauf zu modifizieren.

Die Anschlüsse für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas und/oder die Außenwände des Bioreaktors können vor dem Aneinanderbefestigen, vorzugsweise Zusammenfügen der beiden Reaktorhälften am ersten oder am zweiten Teil angebracht sein, oder sie können auf die beiden Reaktorhälften verteilt sein

und erst durch das Aneinanderbefestigen, vorzugsweise Zusammenfügen fertig gestellt werden.

5 Für die Begasung wird vorzugsweise Luft, mit Kohlendioxid angereicherte Luft oder auch reines Kohlendioxid verwendet. Es kann aber bei Bedarf jedes andere Gas oder Gasgemisch verwendet werden.

10 Der Bioreaktor kann seriell und/oder parallel mit weiteren Reaktoren verschaltet sein, um eine großflächige Anlage zu bilden und/oder um die Druckverhältnisse im Bioreaktor zu optimieren. Das Konzept ist vorzugsweise auf großflächige Anlagen ausgelegt. Der Bioreaktor kann aber auch einzeln verwendet werden. Großflächige Anlagen werden vorzugsweise auf anderweitig nicht nutzbaren Flächen, wie z.B. Wüsten, oder auf dem Meer installiert.

15 Die Breite und Länge eines Bioreaktors können jeweils von weniger als einem Meter bis mehrere Kilometer betragen. Die Höhe liegt vorzugsweise im Bereich einiger Zentimeter, sie kann aber auch von unter 1 mm bis über einen Meter betragen. Durch die geringe Höhe ist der Eintrag von Gas in das Kultivierungsmedium unter geringem Energieaufwand möglich. Dabei sind sämtliche Längenverhältnisse zwischen Höhe, Breite und Länge des Bioreaktors möglich, insbesondere handelt es sich dabei um die Längenverhältnisse wobei das
20 Verhältnis von Breite zu Länge des Bioreaktors von 1 : 100.000 bis 100.000 : 1 beträgt und das Verhältnis von Länge zu Höhe von 1.000.000 : 1 bis 0,1 : 1.

25 Durch das Gas, welches sich im Betrieb über dem Kultivierungsmedium und unterhalb des zweiten Teils (Deckelteil) befindet, kann im Bioreaktor ein Treibhauseffekt erzielt und/oder verstärkt werden.

Vorzugsweise besteht der Bioreaktor aus zwei Reaktorhälften bzw. Halbkörpern. Vorzugsweise umfasst die eine Reaktorhälfte das erste Teil (Bodenteil) und die andere Reaktorhälfte das zweite Teil (Deckelteil) samt zumindest einem Septum. Es können auch mehr
30 Lagen bzw. Körper verwendet werden, z.B. um andere Zu- oder Ausleitungen für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas zu erzeugen.

Am Rand des Bioreaktors können Löcher oder Halteringe bereitgestellt sein, mit denen die Bioreaktoren am Boden befestigt oder miteinander verbunden werden können.

Der Bioreaktor wird vorzugsweise aus einem lichtdurchlässigen Kunststoff wie PET,
5 PMMA oder PVC gefertigt, es können jedoch auch Glas, Plexiglas oder andere Stoffe verwendet werden.

Das Material des Bioreaktors kann weich sein, um Spannungen zu vermeiden, oder auch
fest, um Bodenunebenheiten auszugleichen. Dafür kann der Bioreaktor auch mit Füßen
10 oder einer anderen Unterlage versehen werden.

Darüber hinaus kann der Bioreaktor Lichtleitungselemente aufweisen, um Licht ins Innere
des Bioreaktors zu leiten, wobei die Lichtleitungselemente vorzugsweise Glasfasern um-
fassen.

15 Vorzugsweise hält im Betrieb das vorzugsweise mindestens eine, in einer Verteilkammer befindliche Gas die Wassersäule des Kultivierungsmediums durch Überdruck vorzugsweise in der entsprechenden Wachstumskammer auf einem bestimmten Niveau (in einer bestimmten Position bzw. auf einer bestimmten Höhe).

20 Die Zuleitungen für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas sind vorzugsweise in den Bioreaktor integriert und nicht separat, z.B. durch Schläuche. Sollten Schläuche verwendet werden, können diese eine beliebige Form haben und dabei starr oder flexibel sein.

25 Im Betrieb des Bioreaktors ist das erste Teil vorzugsweise ein Bodenteil und das zweite Teil vorzugsweise ein Deckelteil. Im Betrieb des Bioreaktors ist somit das zweite Teil vorzugsweise über dem ersten Teil angeordnet.

30 Das Kammersystem im Bioreaktor, welches durch die Septen erzeugt wird, stellt für das Kultivierungsmedium, die Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas eine Strömungsleiteneinrichtung dar.

An der Außenseite des ersten und/oder des zweiten Teils des Bioreaktors kann ein zusätzlicher vorragender Kragen angebracht sein, an dem die beiden Teile einfacher mit einander verbunden oder auf andere Art und Weise aneinandergesetzt werden können.

- 5 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nun anhand der beigefügten Figuren 1 bis 12 sowie den dazugehörigen Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

10

Figur 1 zeigt ein Bodenteil, Kammern und Septen eines Bioreaktors gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel;

Figur 2 zeigt einen aufgeklappt dargestellten Bioreaktor gemäß Figur 1;

15

Figur 3 zeigt schematisch einen Teil eines Schnitts durch den Bioreaktor gemäß Figur 1 entlang der Achse $x_1 - x_1$ in Figur 1;

20

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung der Strömungsrichtung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens eines Gases in einem Bioreaktor gemäß Figur 1;

25

Figur 5 zeigt einen Bodenteil, Kammern und Septen eines Bioreaktors gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel bei einer seriellen Verschaltung von Wachstums- und Verteilkammern;

Figur 6 zeigt einen aufgeklappt dargestellten Bioreaktor gemäß Figur 5;

30

Figur 7 zeigt schematisch einen Teil eines Schnitts durch den Bioreaktor gemäß Figur 5 entlang der Achse $x_2 - x_2$ in Figur 5;

Figur 8 zeigt eine schematische Darstellung der Strömungsrichtung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens eines Gases in einem Bioreaktor gemäß Figur 5;

Figur 9 zeigt einen Bodenteil, Kammern und Septen eines Bioreaktors gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel bei einer parallelen Verschaltung von Wachstums- und Verteilkammern;

5

Figur 10 zeigt einen aufgeklappt dargestellten Bioreaktor gemäß Figur 9;

Figur 11 zeigt schematisch einen Teil eines Schnitts durch den Bioreaktor gemäß Figur 9 entlang der Achse $x_3 - x_3$ in Figur 9; und

10

Figur 12 zeigt eine schematische Darstellung der Strömungsrichtung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens einen Gases in einem Bioreaktor gemäß Figur 9.

15 Im Folgenden werden ausgewählte Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben. Fachleuten wird es anhand dieser Offenbarung ersichtlich, dass die folgenden Beschreibungen der Ausführungsbeispiele der Erfindung nur zur Illustration bereitgestellt sind und nicht zum Zwecke der Einschränkung der Erfindung, wie definiert durch die beigefügten Ansprüche und deren Äquivalente.

20

Figur 1 zeigt ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Bioreaktors 100 in zusammengebautem Zustand. Dabei wurde der Übersichtlichkeit halber der zweite Teil 50 (siehe Figuren 2, 3) weggelassen, so dass das mindestens eine erste Septum 8 und die Kammern 4, 5 sichtbar sind. Der erste Teil 60 stellt im Betrieb ein Bodenteil dar, wohingegen der
25 zweite Teil 50 ein Deckelteil darstellt.

25

Wie in Figur 1 gesehen werden kann, ist eine Verteilkammer 4 von einer Wachstumskammer 5 durch mindestens das erste Septum 8 getrennt. Dieses erste Septum 8 hat zumindest stellenweise eine geringere Ausdehnung/Höhe als die lichte Ausdehnung/Höhe der Wachstumskammer 5. Die dadurch entstehende mindestens eine bodenseitige (zum ersten Teil 60 orientierte) Öffnung 10 zwischen der Verteilkammer 4 und der Wachstumskammer 5 ist ebenfalls dargestellt.

30

Der erfindungsgemäße Bioreaktor wird vorzugsweise in der abgebildeten Ausrichtung betrieben, d.h. in im Wesentlichen horizontaler Ausrichtung. Somit kann die in Figur 3 dargestellte Ausdehnung A des ersten Septums 8 (im Wesentlichen orthogonal zum zweiten Teil 50) als Höhe bezeichnet werden. Ähnlich kann die Ausdehnung H der Wachstumskammer 5 (im Wesentlichen orthogonal zum ersten Teil 60) als lichte Höhe bezeichnet werden.

Ebenfalls sind in Figur 1 Anschlüsse für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas 1, 2, welche an der Verteil- 4 bzw. Wachstumskammer 5 angeordnet sind, zu sehen. Ferner ist eine Achse $x_1 - x_1$ dargestellt.

Figur 2 zeigt das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 in auseinandergebautem/auseinandergeklapptem Zustand. Durch Zusammenklappen und Verbinden, vorzugsweise Verkleben und/oder Verschweißen der beiden Reaktorhälften entsteht der Bioreaktor 100 gemäß Figur 1. Das erste Septum 8 ist am Deckelteil 50 angebracht. Das erste Septum 8 ist zwischen der Verteilkammer 4 und der Wachstumskammer 5 angeordnet, um die Verteilkammer 4 und die Wachstumskammer 5 längsseitig voneinander zu trennen.

Figur 3 zeigt schematisch einen Teil eines Schnitts durch den Bioreaktor 100 entlang der Achse $x_1 - x_1$ in Figur 1. Wie in der Figur 3 besonders deutlich gesehen werden kann, trennt das erste Septum 8 die Verteilkammer 4 von der Wachstumskammer 5. Die Höhe A des ersten Septums 8 ist jedoch zumindest stellenweise geringer als die lichte Höhe H der Wachstumskammer 5. Die dadurch entstehende mindestens eine bodenseitige (zum ersten Teil 60 hin orientierte) Öffnung 10 zwischen der Verteilkammer 4 und der Wachstumskammern 5 ist ebenfalls dargestellt. Durch diese zum Bodenteil 60 orientierte Öffnung 10 kann die Wachstumskammer 5 mit Mikroorganismen, Kultivierungsmedium und vorzugsweise mindestens einem Gas versorgt werden.

Bei dem Bioreaktor gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist das erste Septum 8 am Deckelteil 50 angeordnet, wobei die Anordnung vorzugsweise erfolgt, bevor die beiden Reaktorhälften mit einander verbunden werden. Das erste Septum 8 ist vorzugsweise deckelseitig (zum zweiten Teil 50 hin) stärker als bodenseitig (zum ersten Teil 60 hin).

Figur 4 zeigt eine Darstellung der Strömungsrichtung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens eines Gases in einem Bioreaktor gemäß Figur 1. Das Kultivierungsmedium, die Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas strömen durch Druck- und/oder Sogwirkung, welche durch ein geeignetes Beaufschlagungsmittel, vorzugsweise einer Pumpe, erzeugt werden, in x-Richtung (d.h. im Wesentlichen horizontal) durch die mindestens eine Öffnung 10 zwischen dem ersten Septum 8 und dem Bodenteil 60 von der Verteilkammer 4 in die Wachstumskammer 5. Dort steigt das Gas in z-Richtung (d.h. im Wesentlichen vertikal) in Richtung des Deckelteils 50 auf und versetzt das Kultivierungsmedium und/oder die Mikroorganismen in der Wachstumskammer 5 in walzenförmige Rotation.

Figur 5 zeigt ein zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Bioreaktors 100. Zum ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel identische oder im Wesentlichen identische Teile sind mit identischen Bezugszeichen versehen, so dass auf wiederholende Beschreibungen verzichtet werden kann. Es ist ersichtlich, dass insoweit die Beschreibungen zum ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel sinngemäß auf das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel anzuwenden sind.

Figur 5 zeigt einen Bioreaktor bei einer seriellen Verschaltung der Wachstums- 5 und Verteilkammern 4 in zusammengebautem Zustand. Dabei wurde der Übersichtlichkeit halber der zweite Teil 50 (siehe Figuren 6, 7) weggelassen, so dass eine Vielzahl von ersten und zweiten Septen 8, 13 und eine Vielzahl von Kammern 4, 5 sichtbar sind.

Bei dem hier gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel sind vier Wachstumskammern 5 mit vier dazugehörigen Verteilkammern 4 dargestellt, d.h. jede Verteilkammer versorgt eine Wachstumskammer. Es ist ersichtlich, dass auch mehr oder weniger Wachstums- und Verteilkammern bereitgestellt werden können.

Darüber hinaus ist eine optionale Ausleitungskammer 3 dargestellt, welche mit der seriell letzten Wachstumskammer 5 verbunden ist.

Die ersten Septen 8 trennen die Verteilkammern 4 von den dazugehörigen Wachstumskammern 5, ähnlich wie beim ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel. Diese ersten Septen 8 haben stellenweise eine Höhe A, die geringer als die lichte Höhe H der Wachstums-

kammern 5 ist (siehe Figur 7). Dadurch entsteht zumindest eine bodenseitige (zum ersten Teil 60 orientierte) Öffnung 10 zwischen den Verteilkammern 4 und den dazugehörigen Wachstumskammern 5.

5 Die zweiten Septen 13 trennen die Wachstumskammern 5 von den seriell folgenden Verteilkammern 4. Diese zweiten Septen 13 haben eine Höhe B (siehe Figur 7), die zumindest stellenweise geringer als die lichte Höhe H der Wachstumskammern 5 ist. Dadurch entsteht zumindest eine deckelseitige (zum zweiten Teil 50 orientierte) Öffnung 14 zwischen einer jeweiligen Wachstumskammer 5 und der zu dieser seriell folgenden Verteilkammer
10 4.

Ebenfalls sind Anschlüsse für Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas 1, 12, welche an der seriell ersten Verteilkammer 4 bzw. der Ausleitungskammer 3 angeordnet sind, zu sehen. Ferner ist eine Achse $x_2 - x_2$ dargestellt.

15

Figur 6 zeigt das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 in auseinandergebautem/auseinandergeklapptem Zustand. Durch Zusammenklappen und Verbinden, vorzugsweise Verkleben und/oder Verschweißen der beiden Reaktorhälften entsteht der Bioreaktor 100 gemäß Figur 5. Die zweiten Septen 13 sind hier am Bodenteil 60 angeordnet. Die ersten Septen 8 sind am Deckelteil 50 angeordnet. Durch die ersten und zweiten Septen 8, 13
20 werden die Verteilkammern 4 längsseitig begrenzt.

Figur 7 zeigt schematisch einen Teil eines Schnitts durch den Bioreaktor 100 bei einer seriellen Verschaltung der Wachstums- 5 und Verteilkammern 4 entlang der Achse $x_2 - x_2$. Hierbei sind der Boden- und Deckelteil 60, 50 mit einander verbunden dargestellt. Die
25 ersten Septen 8 trennen die Verteilkammern 4 von den dazugehörigen Wachstumskammern 5. Die Höhe der ersten Septen 8 ist zumindest stellenweise geringer als die lichte Höhe H der Wachstumskammern 5. Dadurch entstehen Öffnungen 10 zwischen den Verteilkammern 4 und den dazugehörigen Wachstumskammern 5.

30

In Figur 7 sind die ersten Septen 8 am Deckelteil 50 angebracht, wobei die Anbringung vorzugsweise erfolgt, bevor die beiden Reaktorhälften mit einander verbunden werden. Die ersten Septen 8 sind vorzugsweise deckelseitig stärker als bodenseitig.

Die zweiten Septen 13 trennen die Wachstumskammern 5 von den seriell folgenden Verteilkammern 4. Die Höhe B der zweiten Septen 13 ist zumindest stellenweise geringer als die lichte Höhe H der Wachstumskammern 5. Dadurch entstehen deckelseitige (zum zweiten Teil 50 orientierte) Öffnungen 14 zwischen den Wachstumskammern 5 und den seriell
5 folgenden Verteilkammern 4.

In der Figur 7 sind die zweiten Septen 13 am Bodenteil 60 angeordnet, wobei vorzugsweise die Anbringung erfolgt, bevor die beiden Reaktorhälften mit einander verbunden werden. Die zweiten Septen 13 sind vorzugsweise bodenseitig stärker als deckelseitig.

10

Da der erfindungsgemäße Bioreaktor vorzugsweise in der abgebildeten Ausrichtung betrieben wird, d.h. in einer im Wesentlichen horizontalen Ausrichtung, kann die Ausdehnung B des zweiten Septums 13 (im Wesentlichen orthogonal zum ersten Teil 60) als Höhe B bezeichnet werden. Ähnlich kann die lichte Ausdehnung H der Wachstumskammern 5
15 (im Wesentlichen orthogonal zum ersten Teil 60) als lichte Höhe H bezeichnet werden.

Figur 8 zeigt eine Darstellung der Strömungsrichtung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens einen Gases in einem Bioreaktor bei einer seriellen Verschaltung der Wachstums- 5 und Verteilkammern 4 gemäß Figur 5. Diese Strömungsrichtung ist schematisch an mehreren Wachstumskammern 5 dargestellt. Das Kultivierungsmediums, die Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas strömen durch Druck- und/oder Sogwirkung, welche durch ein geeignetes Beaufschlagungsmittel, vorzugsweise einer Pumpe, erzeugt werden, in x-Richtung (d.h. im Wesentlichen horizontal) durch die jeweilige bodenseitige Öffnung 10 von einer Verteilkammer 4 in die dazugehörige Wachstumskammer 5. Dort steigt das Gas in z-Richtung (d.h. im Wesentlichen vertikal) in Richtung des Deckelteils auf und versetzt das Kultivierungsmedium und/oder die Mikroorganismen in der Wachstumskammer 5 in walzenförmige Rotation. Von der Wachstumskammer 5 gelangen Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas in x-Richtung (d.h. im Wesentlichen
20 horizontal) durch die deckelseitige Öffnung 14 in die seriell folgende Verteilkammer 4.
25
30

Figur 9 zeigt ein drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Bioreaktors 100 bei einer parallelen Verschaltung von Wachstums- 5 und Verteilkammern 4 in zusammengebautem Zustand. Zum ersten und/oder zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel identische oder

im Wesentlichen identische Teile sind mit identischen Bezugszeichen versehen, so dass auf wiederholende Beschreibungen verzichtet werden kann. Es ist ersichtlich, dass insoweit die Beschreibungen zum ersten und/oder zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel sinngemäß auf das dritte bevorzugte Ausführungsbeispiel anzuwenden sind.

5

In Figur 9 wurde der Übersichtlichkeit halber der zweite Teil 50 (siehe Figuren 10, 11) weggelassen, so dass eine Vielzahl von ersten, dritten, vierten und fünften Septen 6, 7, 8, 9 und eine Vielzahl von Kammern 2, 3, 4, 5 sichtbar sind.

10 Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel sind sechs Wachstumskammern 5 mit drei dazugehörigen Verteilkammern 4 dargestellt, d.h. jede Verteilkammer versorgt zwei benachbart dazu angeordnete Wachstumskammern. Es ist ersichtlich, dass auch mehr oder weniger Wachstums- und Verteilkammern bereitgestellt werden können. Jeweils zwei benachbarte Wachstumskammern sind vorzugsweise durch ein drittes Septum 7 (Längssep-

15 tum) zumindest stellenweise voneinander separiert.

Die vierten Septen 9 (Quersepten) separieren vollständig die Zuleitungskammer 2 von den Wachstumskammern 5. Da die vierten Septen 9 Öffnungen bereitstellen, entstehen Verbindungen von der Zuleitungskammer 2 zu den Verteilkammern 4, um Kultivierungs-

20 medium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in die Verteilkammern 4 einzuleiten. Die Verteilkammern 4 sind durch die ersten Septen 8 von den danebenliegenden Wachstumskammern (5) getrennt.

Die Wachstumskammern 5 sind von der Ausleitungskammer 3 durch das mindestens eine

25 fünfte Septum 6 (Querseptum) getrennt. Dieses mindestens eine fünfte Septum 6 hat stellenweise eine Höhe, die geringer als die lichte Höhe H der Wachstumskammern 5 ist. Dadurch entstehen deckelseitige (zum zweiten Teil 50 orientierte) Öffnungen 11 zwischen den Wachstumskammern 5 und der Ausleitungskammer 3, um Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas aus den Wachstumskammern 5

30 auszuleiten. Ebenfalls sind Flüssigkeits- und Gasanschlüsse 1, 12, welche an der Zu- bzw. Ausleitungskammer 3 angebracht sind, zu sehen. Ferner ist eine Achse $x_3 - x_3$ dargestellt.

Figur 10 zeigt das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 9 in auseinandergebautem/auseinandergeklapptem Zustand. Durch Zusammenklappen und Verbinden, vorzugsweise Verkleben und/oder Verschweißen der beiden Reaktorhälften entsteht der Bioreaktor 100 gemäß Figur 9. Die fünften und dritten Septen 6, 7 sind hier am Bodenteil 60 angeordnet, die ersten und vierten Septen 8, 9 am Deckelteil 50. Durch die ersten Septen 8 werden die Verteilkammern 4 längsseitig begrenzt.

Figur 11 zeigt schematisch einen Teil eines Schnitts durch den Bioreaktor 100 bei einer parallelen Verschaltung der Wachstums- 5 und Verteilkammern 4 entlang der Achse $x_3 - x_3$ in Figur 9. Hierbei sind der Boden- und Deckelteil 60, 50 mit einander verbunden. Jeweils zwei erste Septen 8 begrenzen eine Verteilkammer 4. Die Höhe A der ersten Septen 8 ist zumindest stellenweise kleiner als die lichte Höhe H der Wachstumskammern 5. Dadurch entstehen bodenseitige (zum ersten Teil 60 orientierte) Öffnungen 10 zwischen der Verteilkammer 4 und den jeweiligen Wachstumskammern 5.

Jeweils zwei Wachstumskammern 5 sind vorzugsweise durch mindestens ein drittes Septum 7 von einander getrennt. Dieses dritte Septum 7 verbindet den Bodenteil 60 mit dem Deckelteil 50 zumindest stellenweise und stabilisiert somit vorteilhaft den Bioreaktor. Wie in Figur 11 zu sehen, sind die dritten Septen 7 am Bodenteil 60 angeordnet, wobei vorzugsweise die Anordnung erfolgt, bevor die beiden Reaktorhälften mit einander verbunden werden. Die dritten Septen 7 sind vorzugsweise bodenseitig stärker als deckelseitig. Die ersten Septen 8 sind vorzugsweise am Deckelteil 50 angeordnet, wobei vorzugsweise die Anordnung erfolgt, bevor die beiden Reaktorhälften mit einander verbunden werden. Somit sind die dritten Septen 7 vorzugsweise bodenseitig stärker als deckelseitig.

Figur 12 zeigt eine Darstellung der Strömungsrichtung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens einen Gases in einem Bioreaktor 100 bei einer parallelen Verschaltung der Wachstums- 5 und Verteilkammern 4 gemäß Figur 9. Diese Strömungsrichtung ist schematisch an einer Wachstumskammer 5 dargestellt. Das Kultivierungsmedium, die Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas strömen durch Druck- und/oder Sogwirkung, welche durch ein geeignetes Beaufschlagungsmittel, vorzugsweise einer Pumpe, erzeugt werden, in x -Richtung (d.h. im Wesentlichen horizontal) durch die Zuleitungskammer 2 und werden von dort in y -Richtung (d.h. im Wesentlichen horizontal) in die Verteilkammer 4 geleitet. Von der Ver-

teilkammer 4 strömen das Kultivierungsmedium, die Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas durch die bodenseitige Öffnung 10 entgegen der x-Richtung in eine Wachstumskammer 5. Dort steigt das Gas in z-Richtung (d.h. im Wesentlichen vertikal) entlang in Richtung des Deckelteils 50 auf und versetzt das Kultivierungsmedium in walzenförmige Rotation. Von dort gelangen Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder das vorzugsweise mindestens eine Gas schließlich durch die Öffnung 11 in y-Richtung (d.h. im Wesentlichen horizontal) von der Wachstumskammer in die Ausleitungskammer 3.

10 Während lediglich ausgewählte Ausführungsbeispiele ausgewählt worden sind, um die vorliegende Erfindung darzustellen, wird es Fachleuten anhand dieser Offenbarung ersichtlich, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen gemacht werden können ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie definiert in den beigefügten Ansprüchen und deren Äquivalenten. Die Strukturen und Funktionen von einem Ausführungsbeispiel
15 können in ein anderes aufgenommen werden. Somit sind die vorstehenden Beschreibungen der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung nur zur Illustration bereitgestellt und nicht zum Zwecke der Einschränkung der Erfindung, wie definiert durch die beigefügten Ansprüche und deren Äquivalente.

ANSPRÜCHE

1. Bioreaktor (100) für die Kultivierung von Mikroorganismen, umfassend einen ersten (60) und einen zweiten Teil (50), mit einem in den Bioreaktor integrierten Kammersystem aus mindestens einer Wachstumskammer (5) zur Kultivierung von Mikroorganismen und mindestens einer, benachbart zu der mindestens einen Wachstumskammer angeordneten Verteilkammer (4), welche mit der Wachstumskammer über zumindest eine Öffnung (10) verbunden ist, wobei zur Ausbildung der zumindest einen Öffnung (10) die Ausdehnung (A) von zumindest einem zwischen der mindestens einen Verteilkammer (4) und der
5
10
mindestens einen Wachstumskammer (5) angeordnetem ersten Septum (8) zumindest stellenweise kleiner ist als die lichte Ausdehnung (H) der mindestens einen Wachstumskammer (5).
2. Bioreaktor (100) nach Anspruch 1, wobei der Bioreaktor (100) einstückig bereitgestellt ist oder zweiteilig in Form des ersten (60) und des zweiten Teils (50) mit zumindest
15
einem ersten Septum (8), welche mit einander verbindbar sind.
3. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mindestens eine erste Septum (8) am zweiten Teil (50) angeordnet ist und die mindestens eine Öffnung
20
(10) zum ersten Teil (60) orientiert ist.
4. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei am ersten Teil (60) ein zusätzliches Septum gegenüber des mindestens einen ersten Septums (8) angeordnet ist, um die Lage der mindestens einen Öffnung (10) in Richtung des zweiten Teils (50)
25
zu verschieben.
5. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in und/oder an der mindestens einen Öffnung (10) ein gas- und/oder flüssigkeitsdurchlässiges Material angeordnet ist.
30
6. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bioreaktor mindestens eine Zuleitungskammer (2) aufweist, welche mit der mindestens einen Verteilkammer (4) verbunden ist, und/oder mindestens eine Ausleitungskammer (3) aufweist, welche mit der mindestens einen Wachstumskammer (5) verbunden ist, um Kultivie-

rungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens ein Gas in die mindestens eine Verteilungskammer (4) einzuleiten und/oder aus der mindestens einen Wachstumskammer (5) auszuleiten.

- 5 7. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bioreaktor mehrere Verteilkammern (4) und/oder mehrere Wachstumskammern (5) aufweist.
8. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere Verteilkammern (4) und/oder mehrere Wachstumskammern (5) parallel und/oder seriell mit
10 einander verschaltet sind.
9. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der seriellen Verschaltung auf eine Verteilungskammer (4) eine Wachstumskammer (5) und auf diese wiederum eine Verteilungskammer (4) folgt.
15
10. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verteil- (4) und die Wachstumskammern (5) in einer Ebene liegen.
11. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verteil- (4) und die Wachstumskammern (5) im Betriebszustand im Wesentlichen horizontal angeordnet sind.
20
12. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bioreaktor mindestens eine Zuleitungskammer (2) aufweist, welche mit der ersten Verteilungskammer (4) der seriellen Verschaltung verbunden ist und/oder mindestens eine Ausleitungskammer (3) aufweist, welche mit der letzten Wachstumskammer (5) der seriellen Verschaltung verbunden ist.
25
13. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein
30 zweites Septum (13) bereitgestellt ist, das mit dem zumindest einen ersten Septum (8) eine Verteilungskammer (4) ausbildet und dessen Ausdehnung (B) zumindest stellenweise kleiner ist als die lichte Ausdehnung (H) der mindestens einen Wachstumskammer (5).

14. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeweils eine Wachstumskammer (5) zur seriell darauf folgenden Verteilkammer (4) durch das mindestens eine zweite Septum (13) getrennt ist.

5 15. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mindestens eine zweite Septum (13) und das mindestens eine erste Septum (8) benachbart zueinander angeordnet sind, so dass das Volumen der durch diese Septen begrenzten Verteilkammer (4) kleiner als oder gleich dem Volumen der von dieser Verteilkammer zu versorgenden Wachstumskammer (5) ist.

10

16. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mindestens eine zweite Septum (13) am ersten Teil (60) angeordnet ist und mindestens eine zum zweiten Teil (50) orientierte Öffnung (14) zwischen mindestens einer Wachstumskammer (5) der seriell folgenden Verteilkammer (4) bereitstellt.

15

17. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere Verteilkammern (4) parallel miteinander und/oder mehrere Wachstumskammern (5) parallel miteinander und/oder mindestens eine Verteilkammer (4) und mindestens eine Wachstumskammer (5) parallel miteinander verschaltet sind.

20

18. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eine Zuleitungskammer (2) mehrere Verteilkammern (4) parallel mit einander verbindet um diese mit Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens einem Gas zu versorgen.

25

19. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eine Ausleitungskammer (3) mehrere Wachstumskammern (5) parallel mit einander verbindet um Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder mindestens einem Gas aus den Wachstumskammern auszuleiten.

30

20. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eine Wachstumskammer (5) und mindestens eine Verteilkammer (4) zwischen der mindestens einen Zuleitungs- (2) und der mindestens einen Ausleitungskammer (3) angeordnet sind.

21. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeweils zwei Wachstumskammern (5) unmittelbar benachbart zueinander angeordnet sind und von weiteren jeweils zwei unmittelbar benachbarten Wachstumskammern (5) durch je eine Verteilkammer (4) getrennt sind.

5

22. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest zwei erste Septen (8) bereitgestellt sind, um eine Verteilkammer (4) auszubilden.

10

23. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein fünftes Septum (6) bereitgestellt ist, das die mindestens eine Ausleitungskammer (3) gegen die mindestens eine Verteilkammer (4) und gegen die mindestens eine Wachstumskammer (5) begrenzt und zumindest stellenweise den ersten Teil (60) mit dem zweiten Teil (50) so verbindet, dass die mindestens eine Verteilkammer (4) relativ zur Ausleitungskammer (3) geschlossen wird.

15

24. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das fünfte Septum (6) am ersten Teil (60) angeordnet ist und zumindest stellenweise eine Ausdehnung aufweist, die kleiner ist als die lichte Ausdehnung (H) der mindestens einen Wachstumskammer (5).

20

25. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei durch das fünfte Septum (6) mindestens eine zum zweiten Teil (50) orientierte Öffnung (11) zwischen der mindestens einen Wachstumskammer (5) und der mindestens einen Ausleitungskammer (3) bereitgestellt ist.

25

26. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens ein viertes Septum (9) bereitgestellt ist, das die mindestens eine Zuleitungskammer (2) gegen die mindestens eine Wachstumskammer (5) und/oder die mindestens eine Verteilkammer (4) begrenzt und zumindest stellenweise den ersten Teil (60) mit dem zweiten Teil (50) so verbindet, dass die mindestens eine Wachstumskammer (5) relativ zur Zuleitungskammer (2) geschlossen wird während die mindestens eine Verteilkammer (4) durch mindestens eine Öffnung mit der mindestens einen Zuleitungskammer (2) verbunden ist.

30

27. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zuleitungs- (2) und/oder Ausleitungskammern (3) in Form von Schläuchen und/oder Röhren vorliegen.

28. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Verteil-
5 kammern (4) in einer Ebene liegen und die Wachstumskammern (5) in einer anderen, im Wesentlichen parallel angeordneten Ebene liegen.

29. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Verteil-
10 kammern (4) in einer Ebene angeordnet sind und die Wachstumskammern (5) in der selben oder einer anderen, im Wesentlichen parallel angeordneten Ebene angeordnet sind, während die mindestens eine Zuleitungskammer (2) und/oder die mindestens eine Ausleitungskammer (3) in einer anderen Ebene und/oder innerhalb der Verteil- (4) und/oder Wachstumskammern (5) angeordnet sind.

15 30. Bioreaktor (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens ein seriell verschaltetes Kammersystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche und/oder mindestens ein parallel verschaltetes Kammersystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche ineinander verschachtelt und/oder parallel und/oder seriell miteinander verschaltet sind.

20

31. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der aus einem lichtdurchlässigen Kunststoff wie PET, PMMA oder PVC gefertigt ist.

25 32. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine der ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Septen (6, 7, 8, 9, 13) zumindest stellenweise den ersten (60) und den zweiten Teil (50) zur Stabilisierung des Bioreaktors mit einander verbindet.

30 33. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mindestens eine Verteilkammer (4) und die mindestens eine Wachstumskammer (5) so angeordnet sind, dass ein Überdruck eines Gases in der mindestens einen Verteilkammer (4) die Wassersäule des Kultivierungsmediums in der mindestens einen Wachstumskammer (5) auf einem bestimmten Niveau halten kann.

34. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der Lichtleitungselemente aufweist, um Licht ins Innere des Bioreaktors zu leiten, wobei die Lichtleitungselemente vorzugsweise Glasfasern umfassen.

5 35. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der mit weiteren Bioreaktoren seriell und/oder parallel verschaltet/verbunden werden kann, um modulartig eine Produktionsanlage auszubilden.

10 36. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem über dem Kultivierungsmedium eine Gasschicht anordbar ist, mit der im Bioreaktor ein Treibhauseffekt erzielt und/oder verstärkt werden kann.

15 37. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste und/oder der zweite Teil (60, 50) und/oder mindestens ein Septum zumindest teilweise aus einem wellenlängenschiebenden Material gefertigt und/oder mit einem solchen beschichtet sind und/oder zumindest teilweise mit einer Antireflexbeschichtung versehen sind.

38. Bioreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Teil (60) ein Bodenteil ist und der zweite Teil (50) ein Deckelteil.

20

39. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen, welches insbesondere mit einem Bioreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 38 durchgeführt wird, wobei ein Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in mindestens eine Verteilkammer (4), von dort durch mindestens eine Öffnung (10) bodenseitig eines
25 mindestens einen ersten Septums (8), das zwischen der mindestens einen Verteilkammer (4) und mindestens einer Wachstumskammer (5) angeordnet ist, in die mindestens eine Wachstumskammer (5) und von dort in Richtung eines Deckelteils (50) gefördert werden.

30 40. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen nach Anspruch 39, wobei der Überdruck eines Gases in der mindestens einen Verteilkammer (4) ein in der mindestens einen Verteilkammer (4) befindliches Kultivierungsmedium hin zu der mindestens einen Wachstumskammer (5) drückt und sobald das Gas die mindestens eine Öffnung (10) bodenseitig des mindestens einen ersten Septums (8) erreicht, durch die mindestens eine Öffnung (10) in die mindestens eine Wachstumskammer (5) gelangt, in dieser aufsteigt

und vorzugsweise das in der mindestens einen Wachstumskammer (5) befindliche Kultivierungsmedium und/oder die Mikroorganismen in walzenförmige Rotation versetzt.

41. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen nach einem der Ansprüche 39
5 und 40, wobei ein Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in eine seriell erste Verteilkammer (4), von dort durch die mindestens eine Öffnung (10) bodenseitig des mindestens einen ersten Septums (8) in eine Wachstumskammer (5), von dort in Richtung eines Deckelteils (50), durch mindestens eine deckelseitig eines zweiten Septums (13) befindliche Öffnung (14) in eine nächste Verteilkammer
10 (4), und vorzugsweise von dort analog bis in eine seriell letzte Wachstumskammer (5) gefördert werden.

42. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen nach einem der Ansprüche 39
bis 41, wobei ein Kultivierungsmedium, Mikroorganismen und/oder vorzugsweise mindestens ein Gas in eine Zuleitungskammer (2) und von dort in eine seriell erste Verteilkammer
15 (4) gefördert werden und/oder von einer seriell letzten Wachstumskammer (5) in eine Ausleitungskammer (3) gefördert werden.

43. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen nach einem der Ansprüche 39
20 bis 42, wobei ein Kultivierungsmedium und/oder mindestens ein Gas in eine Zuleitungskammer (2), von dort in eine Verteilkammer (4), von dort durch die mindestens eine Öffnung (10) bodenseitig des ersten Septums (8) in eine Wachstumskammer (5) und von dort in Richtung eines Deckelteils (50), durch mindestens eine deckelseitig eines fünften Septums (6) befindliche Öffnung (11) in eine Ausleitungskammer (8) gefördert werden.

25

44. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen nach einem der Ansprüche 39 bis 43, wobei die Beförderung des Kultivierungsmediums, der Mikroorganismen und/oder des vorzugsweise mindestens einen Gases durch Druck- und/oder Sogwirkung erfolgt.

30 45. Verfahren zur Kultivierung von Mikroorganismen nach einem der Ansprüche 39 bis 44, bei dem das Kultivierungsmedium und/oder die Mikroorganismen in der mindestens einen Wachstumskammer (5) durch einströmendes Kultivierungsmedium in walzenförmige Rotation versetzt werden.

46. Verfahren zur Herstellung eines Bioreaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 38, wobei das erste und zweite Teil (50, 60) samt Septum/Septen gleichzeitig in einem Tiefziehverfahren hergestellt und dabei mit einander verschweißt werden.

FIG. 1

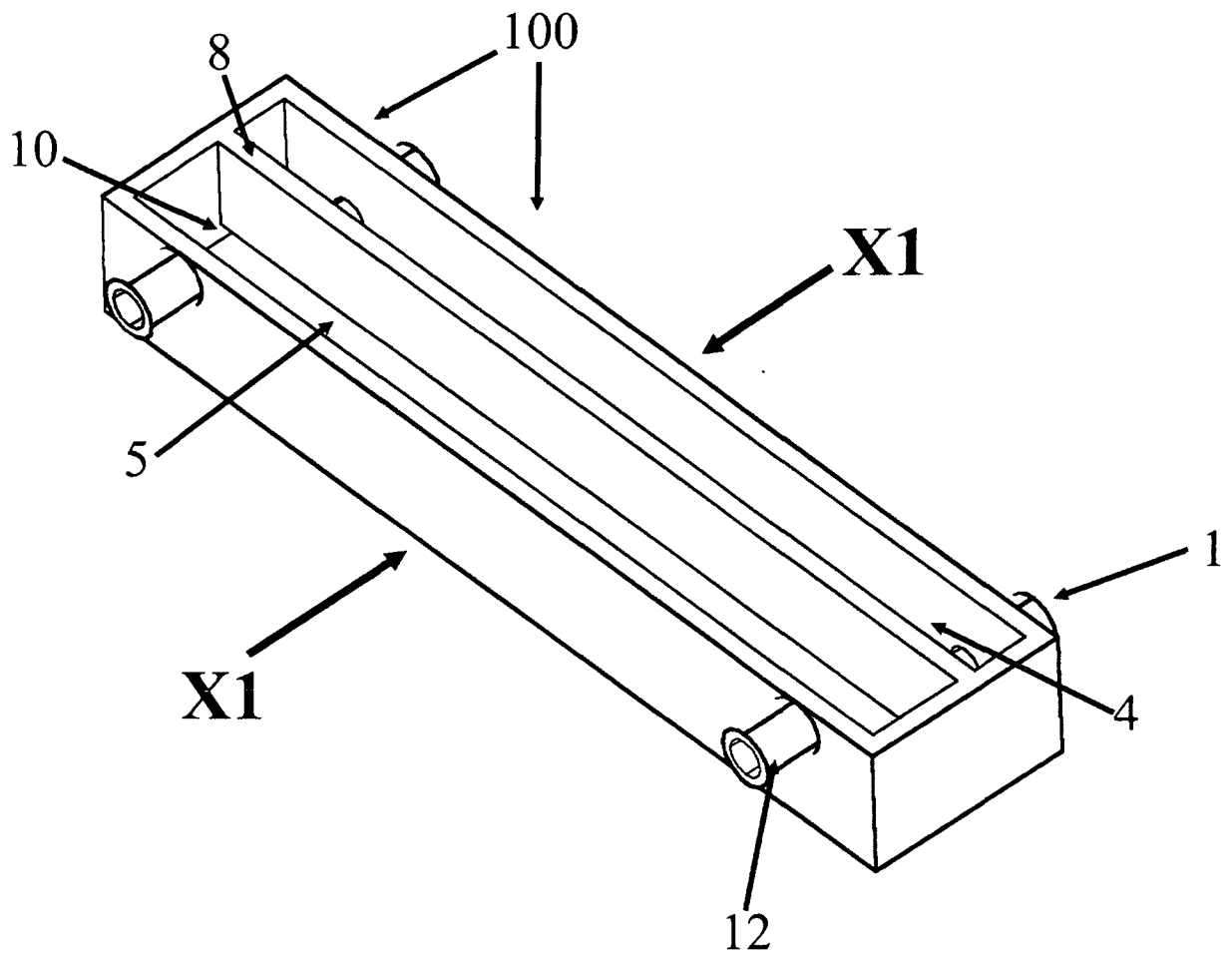


FIG. 2

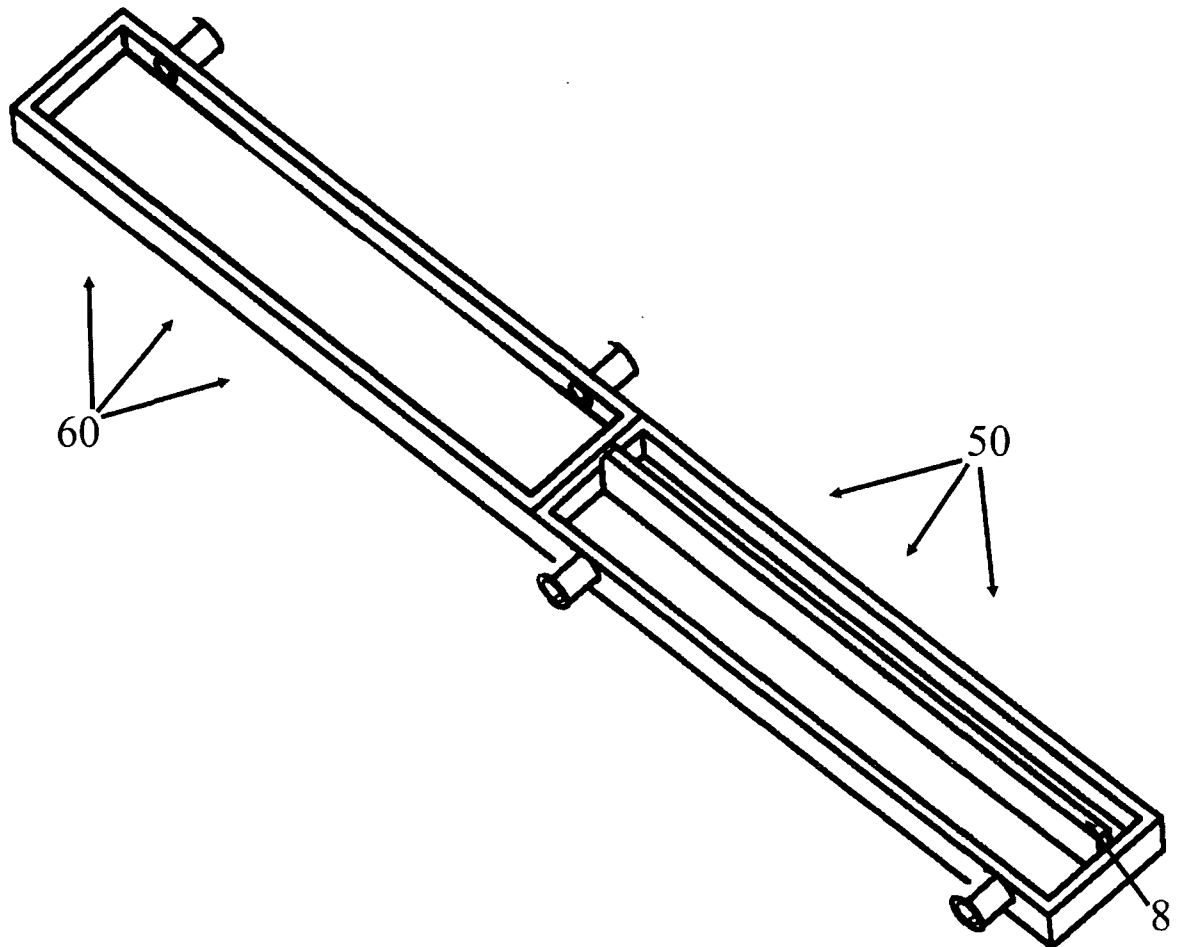


FIG. 3

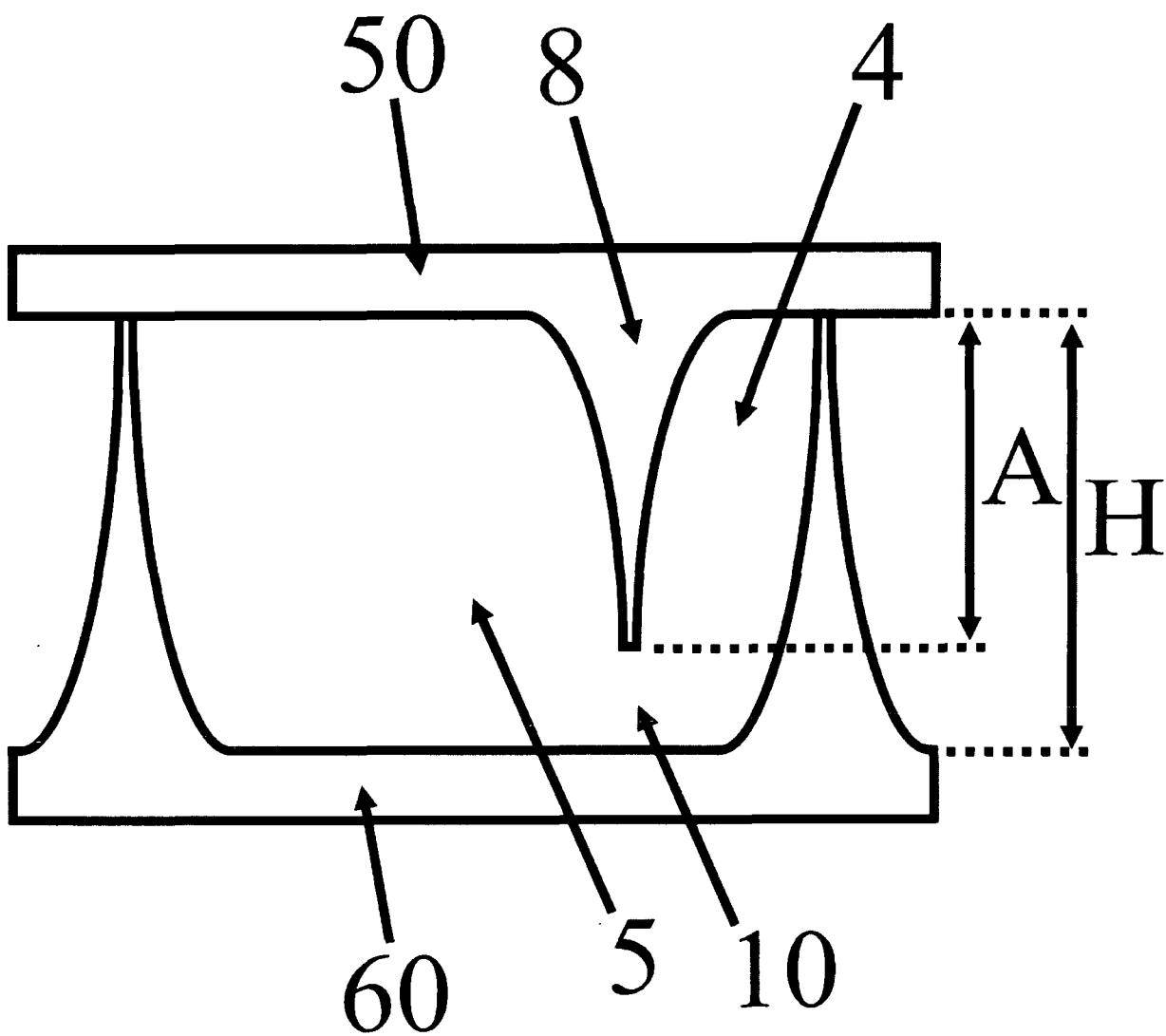


FIG. 4

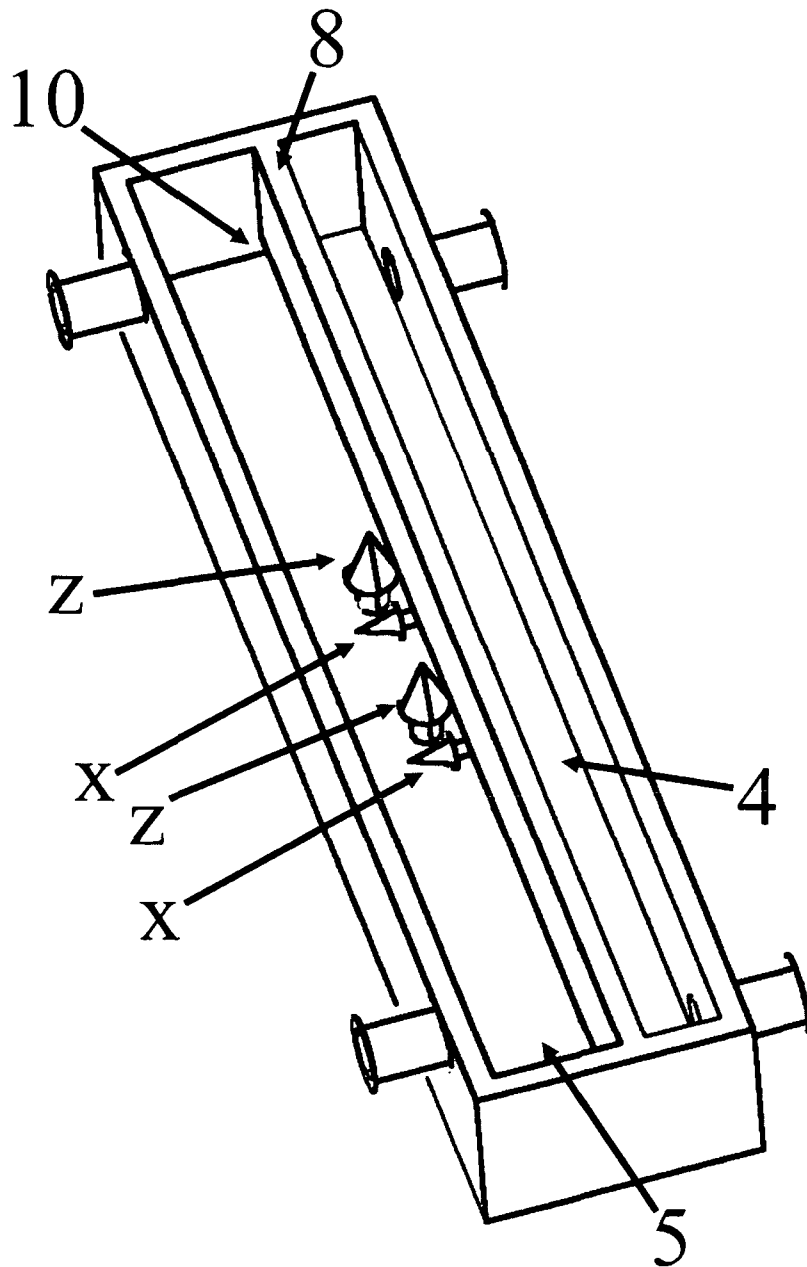


FIG. 5

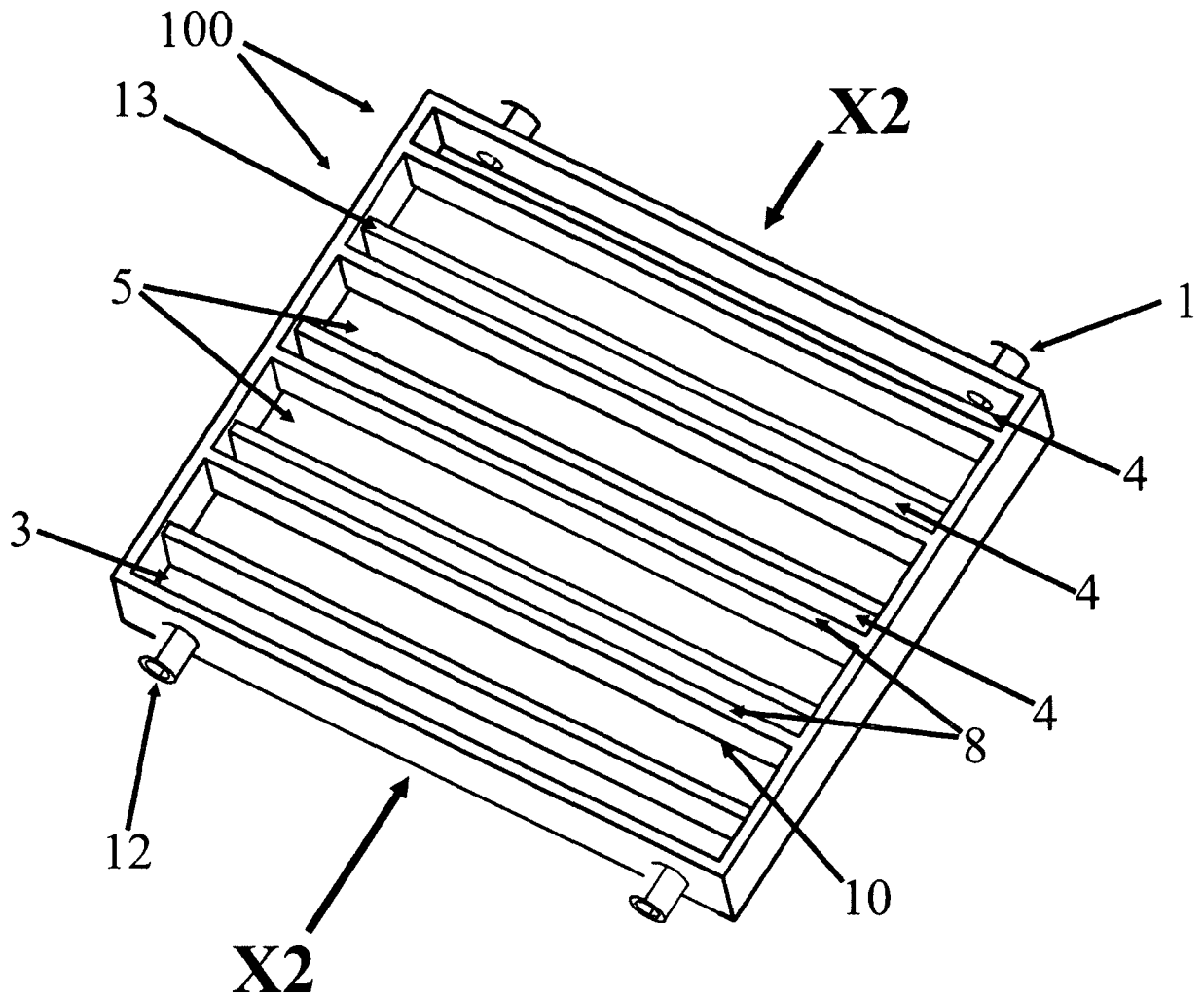


FIG. 6

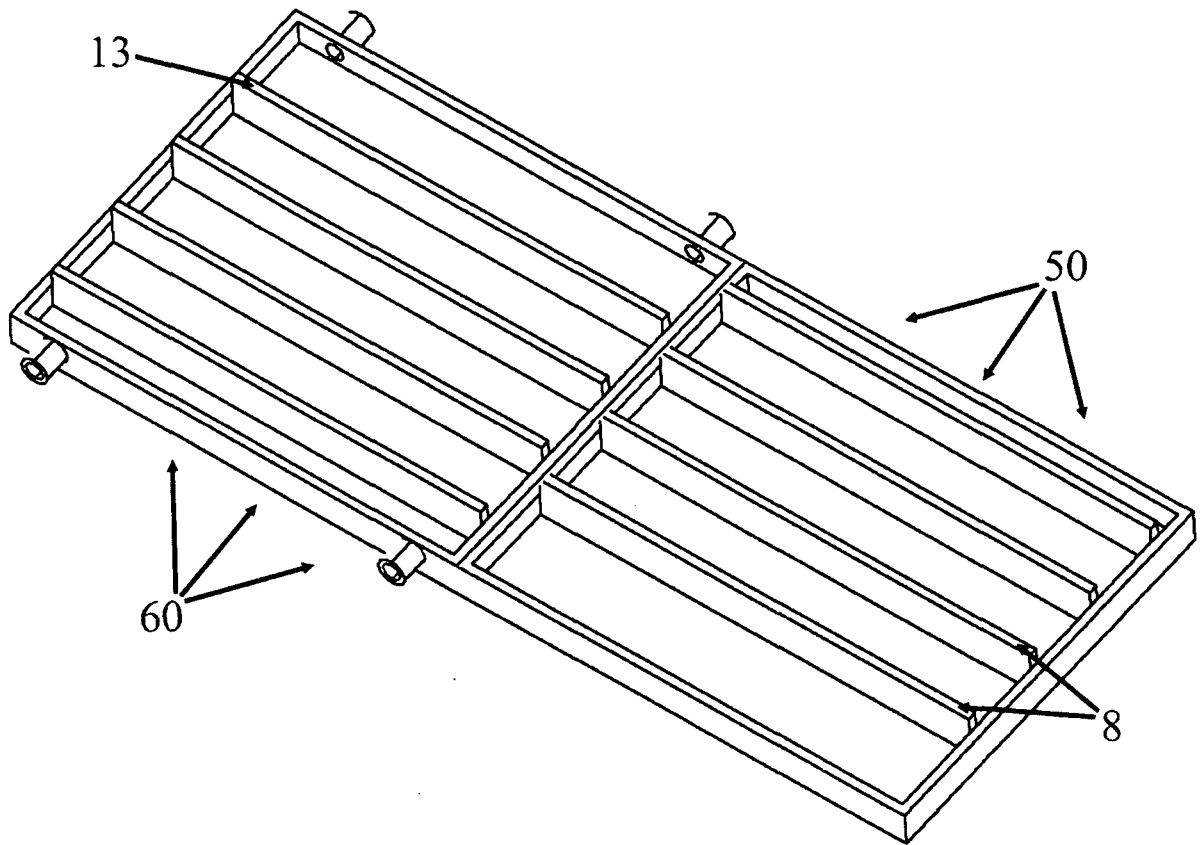


FIG. 8

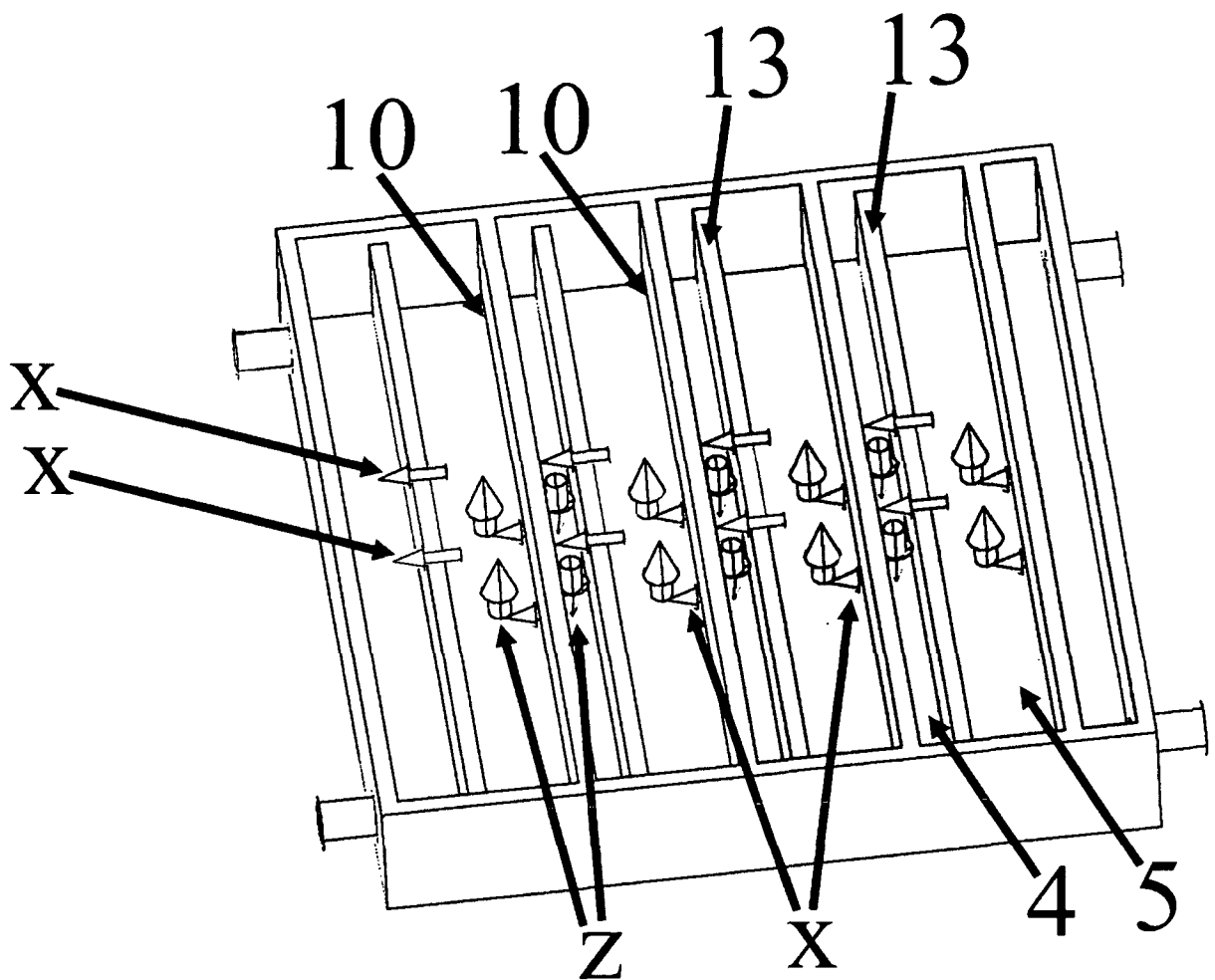


FIG. 9

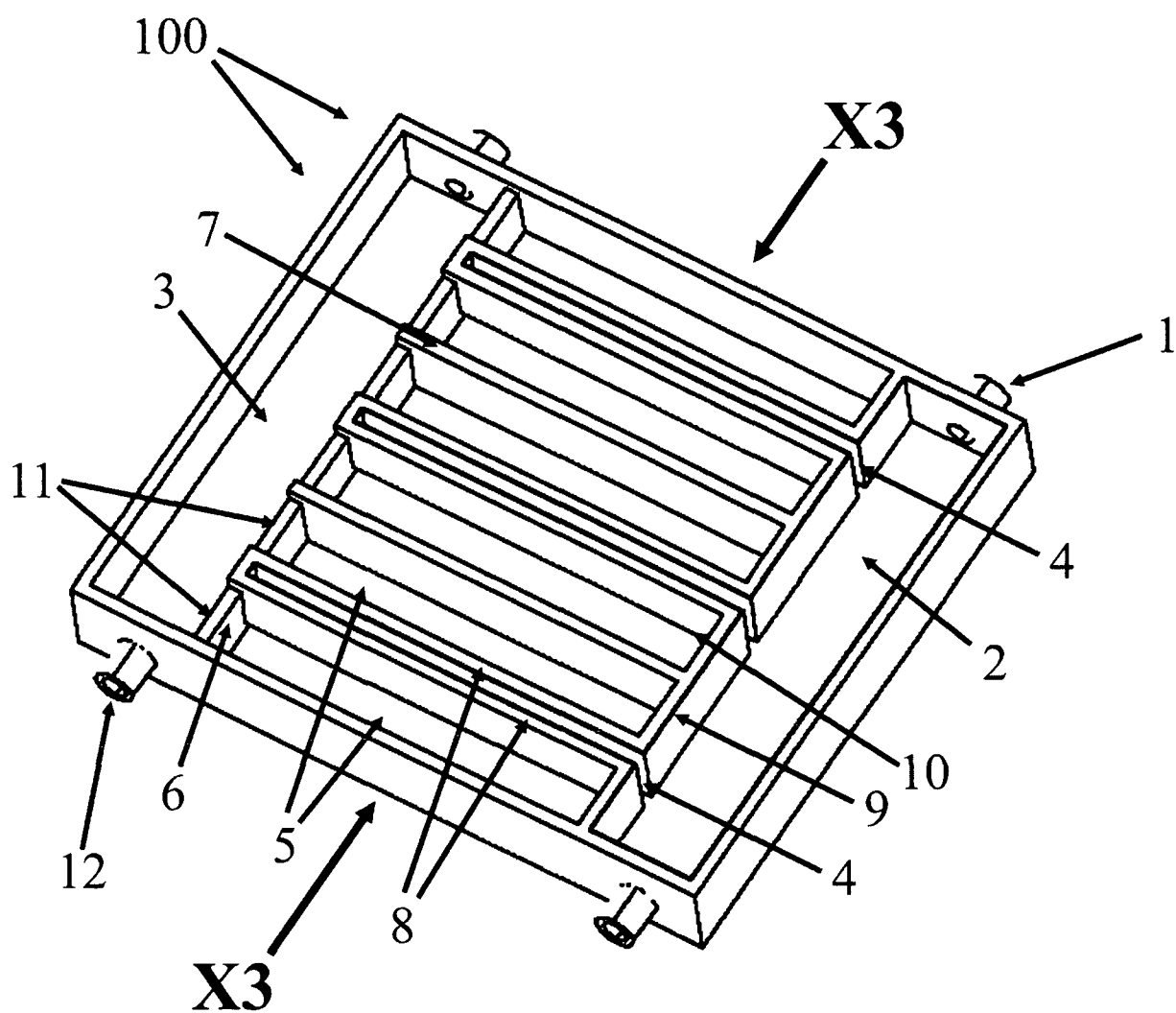


FIG. 10

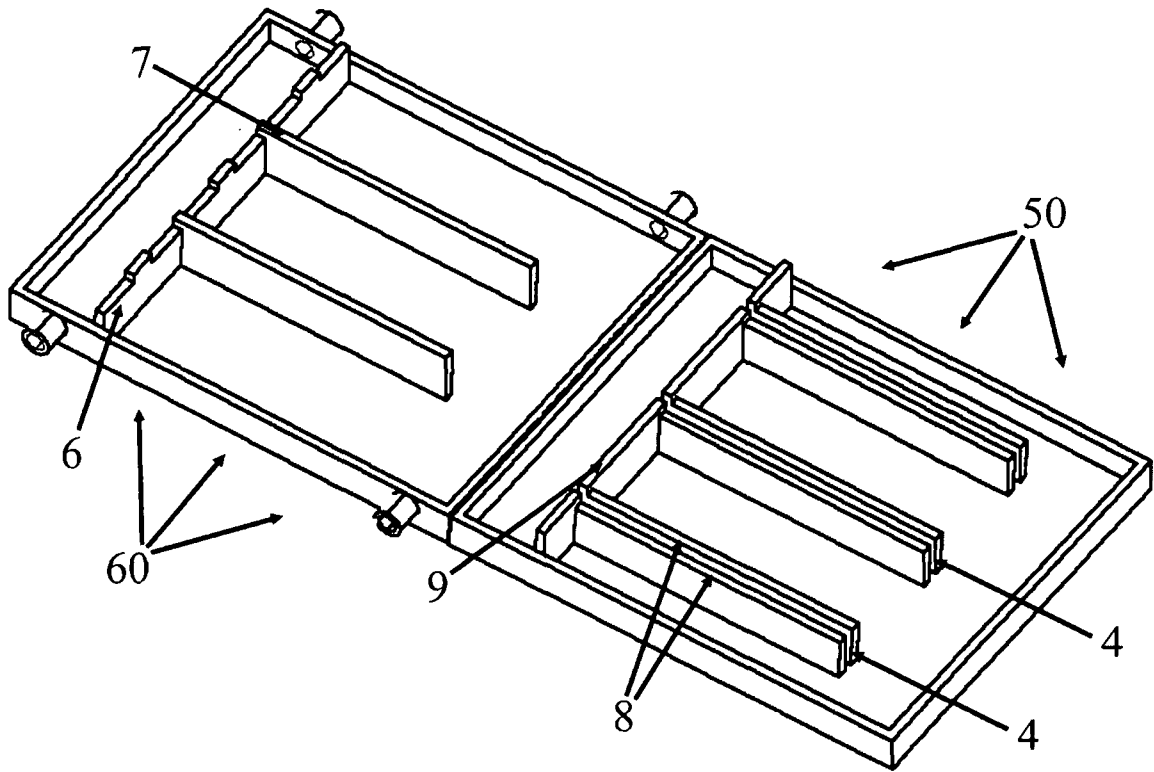


FIG. 11

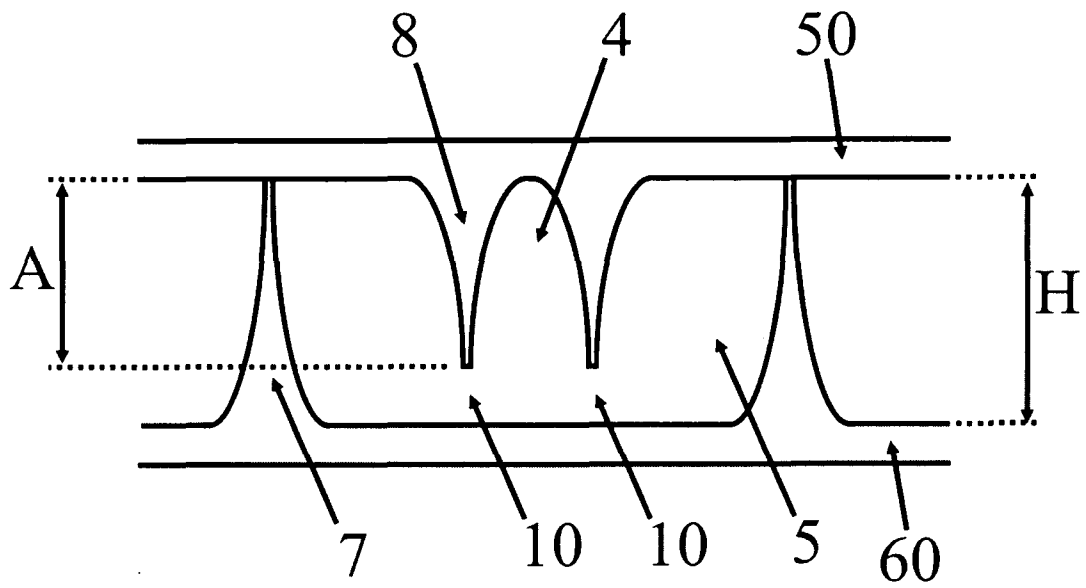


FIG. 12

