



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 370 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 12 P 1/00

DEUTSCHES PATENTAMT

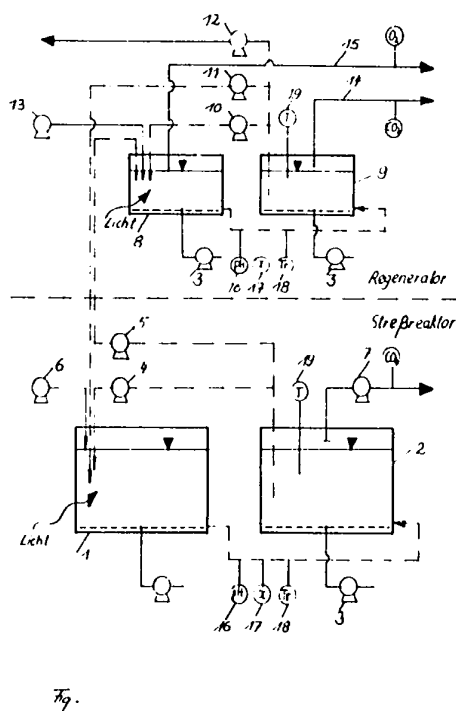
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD C 12 P / 339 192 1 (22) 29.03.90 (44) 29.08.91

(71) siehe (73)
(72) Menschel, Claudia, Dr. rer. nat.; Panning, Frank, Dr.-Ing.; Petersohn, Dietmar, Dr. rer. nat.; Brankatschk, Klaus-Jürgen, Dipl.-Gartenbauing.; Schramm, Gottfried, Dr.-Ing., DE
(73) VEB Industrie-Consult Berlin, Görschstraße 45/46, O - 1100 Berlin, DE
(74) Frau Silvia Reppe, Segewaldweg 22, O - 1170 Berlin, DE

(54) Verfahren und Anordnung zur kontinuierlichen biotechnologischen Produktion von Kohlendioxid für Hydroponikanlagen

(55) Hydroponikanlagen; biotechnologische Produktion von Kohlendioxid; Biomasse; Algenmischpopulation; Streßsituation; Assimilation; Dissimilation; Anordnung von Streßreaktor und Regenerator
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Bereitstellung von Kohlendioxid für die industriemäßige gärtnerische Gewächshausproduktion auf der Grundlage von Biomasse. Als Biomasse kommt eine Algenmischpopulation aus Blau- und Grünalgen zur Anwendung. Erfindungsgemäß wird die Fähigkeit von Algen, in Reservedepots Kohlendioxid anzureichern und unter Hungerstreßbedingungen kurzfristig freizusetzen, durch gezielte Einstellung der Parameter Licht, Belüftung, Wärme, Nährstoffe und Hervorrufen einer Streßsituation durch kurzzeitigen Wechsel dieser Bedingungen zur Erzeugung von Kohlendioxid genutzt. Die erfindungsgemäße Anordnung umfaßt einen Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor und einen Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor, die in einem Hauptkreislauf zu einem Streßreaktor gekoppelt sind und einem damit verbundenen im Nebenkreislauf geführten Regenerator, der aus einem Assimilator und einem Dissimilator besteht. Figur



Patentansprüche:

1. Verfahren zur kontinuierlichen biotechnologischen Produktion von Kohlendioxid für Hydroponikanlagen, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Algenmischpopulation durch Belüften mit Luft bei gleichzeitiger Versorgung mit Nährstoffen, Licht und Wärme bei einer Temperatur von 10–30°C und einer Lichtintensität > 1000 Lux an ein niedriges Kohlendioxid-Niveau im umgebenden Medium adaptiert wird, die so eingestellte Biomasse im Wechsel einer 5–10minütigen Belichtung und Belüftung bei einem zu Carbonat hin verschobenem Carbonat-/Kohlensäuregleichgewicht im basischen pH-Bereich und einer 5–10minütigen Abdunklung im sauren pH-Bereich mit einem Optimum bei pH 5,3 unter Anlegen von Vakuumbedingungen, Entlüftung oder Durchblasen eines fein verteilten Luftstromes unterworfen wird, das dabei freigesetzte Kohlendioxid aus dem Kreislauf entfernt und zum Bedarfsort geleitet wird, wobei gleichzeitig ein Teilstrom von maximal 20% der Biomassesuspension unter optimalen Wachstumsbedingungen 4–12 h regeneriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Algenmischpopulation aus Blau- und Grünalgen besteht und deren Reproduktion über die Einstellung eines Orthophosphat-Gehaltes > 100 µg/l für Grünalgen bzw. > 150 µg/l für Blaualgen gewährleistet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Kohlendioxid-Anreicherungsphase die natürliche Assimilation durch Zusatz von Assimilationshemmern unterdrückt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß trägerfixierte adaptierte Biomasse eingesetzt wird.
5. Anordnung zur kontinuierlichen biotechnologischen Produktion von Kohlendioxid für Hydroponikanlagen, **gekennzeichnet dadurch**, daß in einem Hauptkreislauf ein Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor (1) und ein Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor (2) über eine Suspensionspumpe (4) zu einem Streßreaktor gekoppelt sind, wobei der Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor (1) mit einer Gasförderpumpe für Luftversorgung (3) und einer Dosierpumpe für Assimilationshemmer (6) und der Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor (2) mit einer Gasförderpumpe (3) und einer Entlüftungseinrichtung zur Kohlendioxidentsorgung (7) verbunden ist und der im Hauptkreislauf geführte Streßreaktor über Suspensionspumpen (5; 11) mit einem im Nebenkreislauf geführten Regenerator gekoppelt ist, der aus einem Assimilator (8) und einem Dissimilator (9) besteht, wobei beide jeweils mit einer Gasförderpumpe (3) ausgestattet und über eine Suspensionspumpe (10) für die Nebenkreislaufführung verbunden sind und der Assimilator (8) mit einer Dosierpumpe für Nährlösung (13) und einem Abzug für sauerstoffangereicherte Luft (15) und der Dissimilator (9) mit einer Suspensionspumpe für Algenüberschuß (12) und einem Abzug für kohlendioxidangereicherte Luft (14) versehen ist.
6. Anordnung nach Anspruch 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß jeweils im Hauptkreislauf zwischen dem Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor (1) und dem Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor (2) und im Nebenkreislauf zwischen dem Assimilator (8) und dem Dissimilator (9) Meßstellen für den pH-Wert (16), die elektrische Leitfähigkeit (17), die Trübung (18) und jeweils im Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor (2) und im Dissimilator (9) Meßstellen für die Temperatur (19) vorgesehen sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Bereitstellung von Kohlendioxid für die industriemäßige gärtnerische Gewächshausproduktion auf der Grundlage von Biomasse.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Aus der Patentliteratur ist eine Vielzahl von Verfahren zur Bereitstellung von Kohlendioxid für Gewächshäuser bekannt. Einerseits basieren die bekannten Verfahren auf einer zentralen Produktion von Kohlendioxid nach üblichen Methoden. Das Kohlendioxid wird dann in flüssiger, gasförmiger oder fester Form zum Gewächshaus transportiert, gelagert und zur Kaltbegasung eingesetzt. Nachteilig erweist sich insbesondere der hohe materielle und energetische Aufwand für Transport und Lagerung. Andererseits wird das Kohlendioxid dezentral im Gewächshaus durch Verbrennung fossiler Kohlenwasserstoffe erzeugt. Nachteilig ist hierbei die Verbrennung hochwertiger Energieträger lediglich zum Zweck der Kohlendioxidgewinnung. Durch den gegensätzlichen Bedarfsverlauf von Kohlendioxid und Heizwärme bei Sonnenstrahlung kann die Verbrennungswärme nicht genutzt werden und muß durch zusätzliche Einrichtungen abgeleitet werden.

Nachteilig für das Pflanzenwachstum ist dabei auch der Schwefelgehalt bestimmter Brennstoffe. Durch Betreiben der Kohlendioxidregeneratoren mit schwefelfreiem Methanerdgas wird diesem Nachteil entgegengewirkt.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Kohlendioxidversorgung von Gewächshäusern mittels kohlendioxidhaltiger Abgase von Kompostierungsreaktoren (DE 3043082), bzw. aus der Abwasserbehandlung mittels aerober Mikroorganismen (US 3577678) dar. Probleme sind hierbei die Produktion und der Einfluß von Schadstoffen, die Sicherung gegen Pflanzenkrankheiten sowie eine ausreichende Versorgung mit Kohlendioxid. Problematisch ist darüber hinaus die Beschickung und Beräumung der Kompostierungsreaktoren. Darüber hinaus werden diese Kompostierungsreaktoren in der Regel nur diskontinuierlich zu betreiben sein.

Nach DD 231976 soll durch Kopplung von Methan-Verbrennung und Beimengung von durch Fermentation von Biomasse erzeugtem Kohlendioxid eine Erhöhung der Kohlendioxid-Ausbeute bei gleichzeitiger Temperaturverringerng erreicht werden. Zusätzlich zu den Verbrennungseinrichtungen wird hierbei noch ein Biogasreaktor benötigt.

Eine Optimierung der bekannten üblichen Verfahren wurde durch den zusätzlichen Einsatz von Steuerungen angestrebt (DD 266954, DD 243422).

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Nachteile der bekannten Verfahren zur Kohlendioxidregenerierung durch ein Verfahren der biotechnologischen Kohlendioxidbereitstellung zu beseitigen und damit eine Erhöhung der Erträge in Hydroponikanlagen zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Kohlendioxid im Bereich von Hydroponikanlagen auf der Basis der Nutzung von Biomasse kontinuierlich zu produzieren.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Algenmischpopulation durch Belüften mit Luft bei gleichzeitiger Versorgung mit Nährstoffen, Licht und Wärme bei einer Temperatur von 10–30°C und einer Lichtintensität > 1000 Lux an ein niedriges Kohlendioxid-Niveau im umgebenden Medium adaptiert wird, die so eingestellte Biomasse im Wechsel einer 5 bis 10minütigen Belichtung und Belüftung bei einem zu Carbonat hin verschobenen Carbonat-/Kohlensäuregleichgewicht im basischen pH-Bereich und einer 5–10minütigen Abdunklung im sauren pH-Bereich mit Optimum bei pH 5,3 unter Anlegen von Vakuumbedingungen, Entlüftung oder Durchblasen eines fein verteilten Luftstromes unterworfen wird, das dabei freigesetzte Kohlendioxid aus dem Kreislauf entfernt und zum Bedarfsort geleitet wird, wobei gleichzeitig ein Teilstrom von maximal 20% der Biomassesuspension unter optimalen Wachstumsbedingungen 4–12 h regeneriert wird.

Der Erfindungsgedanke basiert auf der Tatsache, daß Algen die Fähigkeit besitzen, Kohlendioxid in Reserveredpots zu speichern und unter entsprechenden Bedingungen wieder freizusetzen.

Die Algenkulturen werden durch das Belüften mit Luft an ein niedriges Kohlendioxid-Angebot im Medium adaptiert, bei entsprechenden Wachstumsbedingungen eine hohe Biomassekonzentration eingestellt und danach durch eingestellte Hungerstreßbedingungen bei gleichzeitiger optimaler Belichtung und Verschiebung des Gleichgewichtes zum Carbonat hohe Kohlendioxid-Anreicherungsraten in den Reserveredpots der Zellen erzwungen. Durch Lichtentzug wird die Freisetzung des Kohlendioxids aus den Reserveredpots innerhalb weniger Minuten induziert, ohne daß dadurch die Biomasseveratmung nennenswerten Umfang annimmt.

Für die Algenmischpopulation werden erfindungsgemäß schnellwachsende Blau- und Grünalgen eingesetzt, deren Reproduktion über die Einstellung eines Orthophosphat-Gehaltes von > 100 µg/l für Grünalgen und > 150 µg/l für Blualgen gewährleistet wird. Die Algenmischpopulation wird aus natürlichen hochbelasteten Gewässern gewonnen, wobei die Selektion durch die Einstellung der Verfahrensparameter während der Adaptionsphase selbständig erfolgt.

Der Nährstoffgehalt in der Adaptionsphase muß dem des hochbelasteten Gewässers (Entnahmeort der Algenpopulation) entsprechen, um ein Absterben bzw. lange Adaptionszeiten der Algenpopulation zu vermeiden.

In der Kohlendioxid-Anreicherungsphase wird die natürliche Assimilation durch den Zusatz von Assimilationshemmern, z. B. Jodacetamid, unterdrückt und dadurch die schnelle Aufnahme von Kohlendioxid in die Reserverepools der Zellen erzwungen, ohne daß Kohlenstoff in Biomasse umgesetzt wird.

Als vorteilhaft wird der Einsatz von trägerfixierter adaptierter Biomasse angesehen. Damit wird einerseits ein höherer Anreicherungsgrad von Biomasse im Reaktor erreicht und damit der Kohlendioxid-Umsatz gesteigert. Andererseits ist trägerfixierte Biomasse gegenüber Schwankungen der eingestellten Parameter nicht so anfällig wie eine frei schwebende Population.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur kontinuierlichen biotechnologischen Produktion von Kohlendioxid für Hydroponikanlagen besteht aus einem Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor und einem Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor, die in einem Hauptkreislauf über eine Suspensionspumpe zu einem Streßreaktor gekoppelt sind, wobei der Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor mit einer Gasförderpumpe für Luftversorgung und einer Dosierpumpe für Assimilationshemmer und der Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor mit einer Gasförderpumpe und einer Entlüftungseinrichtung zur Kohlendioxidentsorgung verbunden ist. Der im Hauptkreislauf geführte Streßreaktor ist über zwei Suspensionspumpen mit einem im Nebenkreislauf geführten Regenerator gekoppelt, der aus einem Assimilator und einem Dissimilator besteht, wobei beide jeweils mit einer Gasförderpumpe ausgestattet und über eine Suspensionspumpe für die Nebenkreislaufführung verbunden sind. Der Assimilator ist mit einer Dosierpumpe für Nährlösung und einem Abzug für sauerstoffangereicherte Luft und der Dissimilator mit einer Suspensionspumpe für Algenüberschuß und einem Abzug für kohlendioxidangereicherte Luft versehen.

Im Hauptkreislauf sind zwischen dem Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor und dem Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor und im Nebenkreislauf zwischen dem Assimilator und dem Dissimilator Meßstellen für den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, die Trübung und jeweils im Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor und im Dissimilator Meßstellen für die Temperatur vorgesehen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend am Beispiel näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung.

In Algenkulturen, die an geringe Kohlendioxid-Konzentrationen im Medium adaptiert sind, kommt es neben der Assimilation zur Anlage von Kohlendioxid-Pools in der Zelle, die die Aufgabe von Reservedepots haben und vorwiegend unter Streßbedingungen angelegt werden. Die Anreicherungsfaktoren bei Kohlendioxidmangel betragen 200–1 000. Die Auffüllung der Kohlendioxid-Pools nimmt Zeiträume von 1–5' in Anspruch. Bei Lichtentzug werden ehe die Veratmung der Biomasse einsetzt, die Reservedepots in voller Höhe entleert, wobei von gleichen Zeiträumen wie bei der Bildung der Depots auszugehen ist. Diese Prozesse sind ohne Abbau von Biomasse nutzbar, wenn Assimilation und Dissimilation durch den Zusatz von Hemmstoffen wie z. B. Jodacetamid unterbunden werden.

Am Beispiel von *Anabena variabilis* werden für den KAPLAN 1980 nachgewiesene Anreicherungs- und Freisetzungsraten berechnet:

Adaption an Luft-Kohlendioxid Kohlendioxidkonzentration im Medium	0,033 % Kohlendioxid 10 µmol/l
Anreicherungsfaktor	500
Anreicherung von Kohlendioxid in der Biomasse	0,22 g/l
Umsetzungspotential bei 5' Intervall	31,7 g Kohlendioxid/1 d

In Hydroponikanlagen besteht ein Bedarf von 40–50 g Kohlendioxid/m² d. Bei Nutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens wäre bei Einsatz von *Anabena variabilis* 1,4 l Algensuspension für die Versorgung von 1 m² Gewächshausfläche erforderlich. Der Beispielreaktor besteht aus dem Streßreaktor und dem Regenerator. Der als lichtdurchlässiger Tubularreaktor ausgebildete Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor 1 wird über die Gasförderpumpe 3 mit Luft zum Zwecke der Kohlendioxid-Versorgung und intensiven Durchmischung der Algensuspension versorgt. Durch die externe Lichtquelle erfolgt die Licht- und Wärmeversorgung. Mittels der Dosierpumpe 6 wird dem Reaktor eine Jodacetamidlösung zugeführt. Über eine Freispielleitung wird die Algensuspension dem als Tubularreaktor ausgebildeten Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor 2 zugeführt, der über die Gasförderpumpe 3 mit Luft zum Zwecke der Durchmischung und pH-Wert-Regulierung versorgt wird. Mit der Vakuumpumpe 7 erfolgt der Abzug der kohlendioxidhaltigen Luft, die entweder direkt oder über einen Zwischenspeicher der Hydroponikanlage zugeführt wird.

Mittels der Suspensionspumpe 4 wird die Kreislaufführung der Algensuspension so eingestellt, daß eine Aufenthaltsdauer der Algen von 5–10 min in jedem Reaktor gewährleistet wird. Über die Suspensionspumpe 5 wird der Teilstrom der Algensuspension von max. 20% dem Regenerator zugeführt. Der Regenerator besteht aus dem Assimilator 8 und dem Dissimilator 9. Der als lichtdurchlässiger Tubularreaktor ausgebildete Assimilator 8 wird über die Gasförderpumpe 3 mit Luft zum Zwecke der Kohlendioxid-Versorgung und intensiven Durchmischung versorgt. Das für die Assimilation erforderliche Licht wird über eine externe Lichtquelle zugeführt. Über die Dosierpumpe 13 wird dem Assimilator Nährlösung zugeführt, bestehend aus Nährlösungsabfällen der Hydroponikanlage, wobei ein Orthophosphat-Limit von 100–150 µg/l nicht überschritten werden darf. Über die Abzugsleitung 15 wird die infolge der Assimilation mit Sauerstoff angereicherte Luft zur weiteren Verwendung in der Hydroponik (z. B. Sauerstoffanreicherung der Nährlösung) abgeführt.

Über eine Freispielleitung wird die Algensuspension dem als Tubularreaktor ausgebildeten Dissimilator 9 zugeführt, der über die Gasförderpumpe 3 mit Luft zum Zweck der Durchmischung, pH-Regulierung und Kohlendioxid-Austreibung versorgt wird. Über die Abzugsleitung 14 wird kohlendioxidangereicherte Luft (natürlich oder über Vakuum) abgezogen, direkt oder über Zwischenspeicher der Hydroponikanlage zugeführt.

Nach einer Aufenthaltszeit von 4–12 h in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Algenpopulation wird mittels der Suspensionspumpe 11 ein Teilstrom der regenerierten Algensuspension, der dem Teilstrom der Regeneratorzuführung entspricht, in den Kohlendioxid-Anreicherungsreaktor 1 des Streßreaktors zurückgeführt.

Mittels der Suspensionspumpe 12 erfolgt der Abzug überschüssiger Algensuspension.

Über die pH-Wert-Meßstelle 16 werden die Assimilations- und Dissimilations-Bedingungen im Regenerator bzw. das pH-Niveau im Streßreaktor überwacht. Entsprechend pH-Wert wird die Luftzufuhr zum Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor 2, zum Dissimilator 9 sowie die Lichtintensität und Nährstoffzufuhr zum Assimilator 8 geregelt.

Über die elektrische Leitfähigkeits-Meßstelle 17 wird der Salzgehalt der Algensuspension kontrolliert sowie die Nährstoffzufuhr zum Assimilator 8 geregelt. Bei Überschreiten eines in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Algenpopulation festzulegenden Grenzwertes muß die vorhandene Nährlösung durch eine salzarme ersetzt werden. Über die Trübungs-Meßstelle 18 wird das Algenproduktionsniveau kontrolliert. Entsprechend der durch die Trübung ausgewiesenen Suspensionsdichte erfolgt die Regelung der Algenüberschußabfuhr.

Über eine Kohlendioxid-Konzentrationsmessung der aus dem Kohlendioxid-Freisetzungsreaktor 2 und dem Dissimilator 9 abgeführten kohlendioxidangereicherten Luft erfolgt die Regelung der Kohlendioxid-Zufuhr zur Hydroponik.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens und der zugehörigen Anordnung bestehen in

- der Produktion von Kohlendioxid am Verbraucherort durch Nutzung natürlicher Stoffwechselvorgänge
- einer Nährstoffbedarfsdeckung auf der Grundlage der in der Hydroponik anfallenden Abprodukte (Restnährlösung)
- Auslegung des Verfahrens und der verfahrensbedingten Anlagen auf der Grundlage des tatsächlichen Kohlendioxid-Bedarfes
- einer Ertragssteigerung von 20–30% in der Hydroponik-Anlage
- einer Produktion von Überschußbiomasse bei entsprechender Betriebsführung als Dünger oder Eiweißfuttermittel
- dem Wegfall von Transporten zusätzlicher Einsatzstoffe
- zusätzliche Bereitstellung von Sauerstoff für die Hydroponikanlage
- in der Bereitstellung eines umweltfreundlichen abproduktfreien Verfahrens.

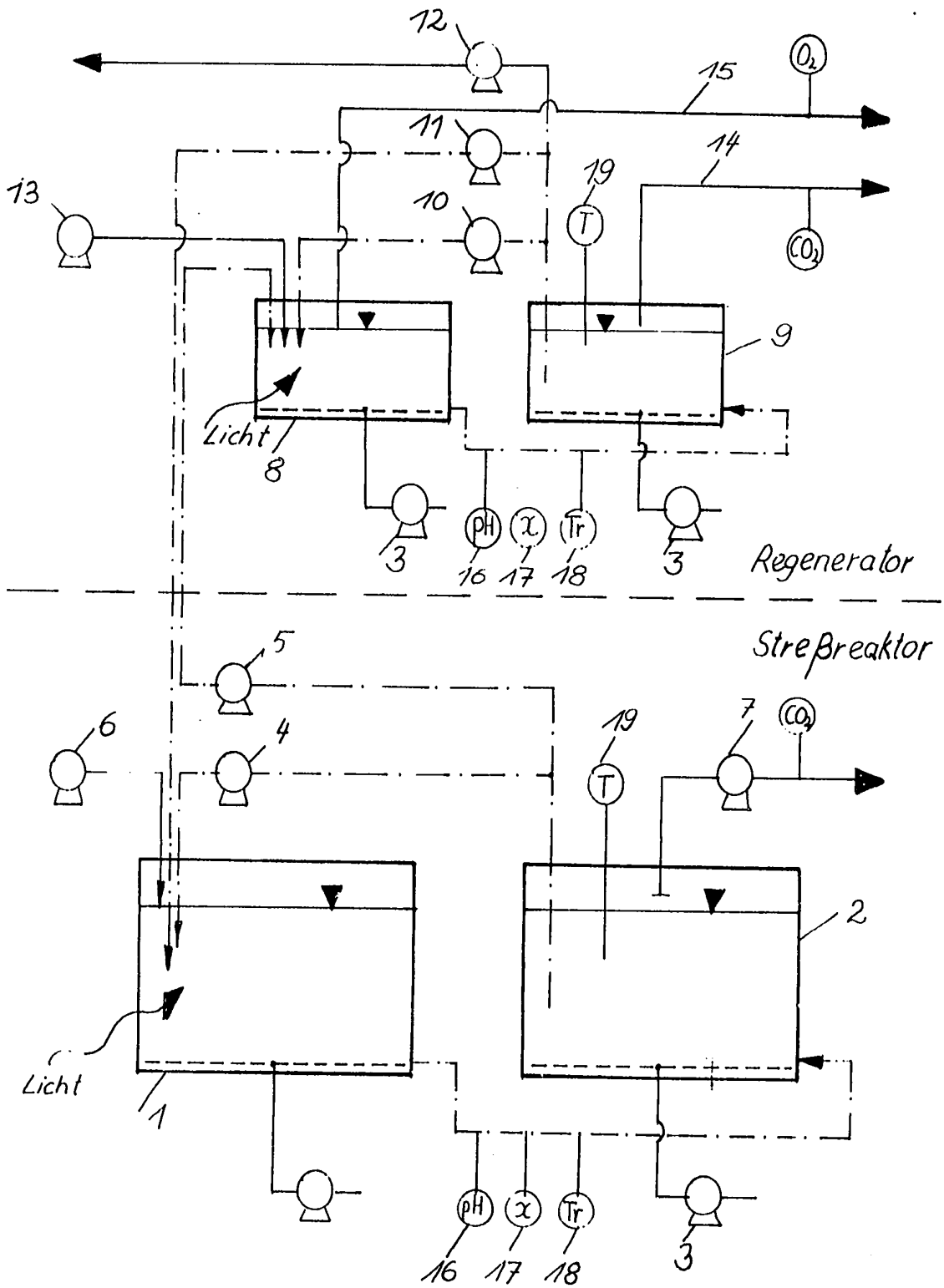


Fig.