

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 464 797 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91111037.7**

51 Int. Cl.⁵: **B01F 3/04**

22 Anmeldetag: **03.07.91**

30 Priorität: **05.07.90 DE 4021366**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.01.92 Patentblatt 92/02

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE ES IT NL

71 Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft
Abraham-Lincoln-Strasse 21
W-6200 Wiesbaden(DE)**

72 Erfinder: **Danzer, Wolfgang, Dr. rer. nat.
Lasa das Palmeiras
P-2670 Loures-Mealhada(PT)**

74 Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.
Linde Aktiengesellschaft Zentrale
Patentabteilung
W-8023 Höllriegelskreuth(DE)**

54 **Verfahren und Vorrichtung zum Gaseintrag in eine Flüssigkeit.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Gaseintrag in Flüssigkeiten. Es wird vorgeschlagen, das Gas in einen Flüssigkeitsstrom in Strömungsrichtung gleichmäßig verteilt einzutragen. Vorrichtungsseitig wird empfohlen, mindestens einen perforierten Begasungsschlauch 2 in einer für den Flüssigkeitsstrom vorgesehenen Leitung 1 longitudinal zu verlegen.

EP 0 464 797 A1

Zur Beurteilung der optimalen Lösung von Gasen in Flüssigkeiten wurde bisher vor allem das Gesetz von Henry-Dalton benutzt. Als bekanntestes Beispiel ist die Lösung von Sauerstoff in Wasser zu nennen. Das Gesetz von Henry-Dalton lautet hier folgendermaßen:

$$c = H \cdot p,$$

wobei die einzelnen Parameter folgende Bedeutung haben:

- c: Konzentration des Sauerstoffs im Wasser
- H: Henry-Konstante
- p: Partialdruck des gasförmigen Sauerstoffs.

Die Konzentration des im Wasser gelösten Sauerstoffs steigt also mit steigendem Sauerstoffpartialdruck. In der Technik wurden unter Zugrundelegung dieses Gesetzes folgende Maßnahmen ergriffen:

- a) Der Partialdruck des Sauerstoffs wird erhöht durch Ersatz von Luft durch reinen Sauerstoff. Dies hat eine Erhöhung des Sauerstoff-Partialdrucks auf das fünffache zur Folge, wodurch sich auch der im Wasser gelöste Sauerstoffanteil verfünffacht.
- b) Der Partialdruck des Sauerstoffs wird erhöht durch möglichst tiefe Verlegung von Begasungsschläuchen im Wasser. Der Druck der Wassersäule erhöht den Partialdruck des Sauerstoffs, wodurch ebenfalls der Anteil des gelösten Sauerstoffs vergrößert wird.
- c) Das Wasser wird in Reaktoren mittels Pumpen unter Druck gesetzt, so daß der Partialdruck des Sauerstoffs erhöht wird. Dies hat wiederum eine Vergrößerung des Anteils des gelösten Sauerstoffs zur Folge.

Die bekannten Methoden des Gaseintrags in Flüssigkeiten weisen jedoch folgende Nachteile auf:

Bei bereits bestehenden Wassersystemen ist eine Verlegung von Begasungsschläuchen in tiefem Wasser oft nicht möglich bzw. nur unter Zuhilfenahme großer Baumaßnahmen möglich. Bei Einsatz von Reaktoren muß außerdem zusätzliche Energie für den Sauerstoffeintrag aufgebracht werden (ca. 0,5 kWh/kg Sauerstoff). Es fallen zudem Anschaffungskosten und Instandhaltungskosten für die Reaktoren und Pumpen an.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Gaseintrag in Flüssigkeiten zur Verfügung zu stellen, die auf wirtschaftliche Weise einen effektiven Gaseintrag ermöglichen.

Diese Aufgabe wird verfahrensseitig erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gas in einen Flüssigkeitsstrom in Strömungsrichtung gleichmäßig verteilt eingetragen wird.

Vorrichtungsseitig wird die Aufgabe dadurch

gelöst, daß in einer für einen Flüssigkeitsstrom vorgesehenen Leitung mindestens ein perforierter Begasungsschlauch longitudinal verlegt ist.

Weitere Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Die Effizienz des Sauerstoffeintrags mit Begasungsschläuchen wird nicht mehr bestimmt durch den Partialdruck des Sauerstoffs bzw. durch die Wassertiefe. Selbst bei einer Wassertiefe von nur 0,6 m kann eine Sauerstoffausnutzung von über 80 % erreicht werden. Die Thermodynamik der Formel von Dalton wird durch die Kinetik der Formel von Henry überspielt. Dabei gilt folgender Zusammenhang:

$$M = K \cdot A \cdot d_c/d_x,$$

wobei die einzelnen Parameter folgende Bedeutung haben:

- M: Sauerstoffmenge, die pro Zeiteinheit gelöst wird
- K: Diffusionskonstante
- A: Kontaktfläche zwischen Sauerstoff und Wasser
- d_c/d_x : Konzentrationsgefälle in der Phasengrenzschicht.

Entscheidend dabei ist, daß die Geschwindigkeit des Übergangs vom gasförmigen Sauerstoff zum gelösten Sauerstoff nur so schnell wird, daß es an der Pore des Begasungsschlauchs zu keiner Blasenablösung kommt. Dann träte nämlich das Gesetz von Dalton in Kraft. Das ideale Gleichgewicht erkennt man, wenn die Poren des Begasungsschlauches mit kleinen Sauerstofftröpfchen belegt sind, die zwar Sauerstoff an das Wasser abgeben, die sich selbst aber nicht ablösen. Physikalisch gesehen ist dieses Phänomen dadurch erklärbar, daß in der Gleichung $M = K \cdot A \cdot d_c/d_x$ der Bruch d_c/d_x wegen des schnell fließenden Wassers immer einen hohen Wert hat (d_c : Konzentration in der Gasphase = konstant bzw. 100 %; d_x : Konzentration von Sauerstoff in der Phasengrenzschicht ist wegen des schnell fließenden Wassers klein!).

Bei natürlichen Flüssigkeitsströmen bzw. -gefällen wird ein Teilstrom der Flüssigkeit so durch eine Leitung, z.B. ein Rohr geführt, daß in der Leitung Wassergeschwindigkeiten von vorzugsweise mindestens 0,5 m/s auftreten. In der Leitung werden perforierte Begasungsschläuche longitudinal verlegt. Der Gaseintrag wird umso besser, je schneller die Flüssigkeit am Begasungsschlauch entlang fließt. Besonders bevorzugt sind Strömungsgeschwindigkeiten von mindestens 1 m/s. Um die Austrittsgeschwindigkeit des Sauerstoffs pro Loch klein zu halten, werden vorteilhafterweise für diese Methode mehr Löcher als bei üblichen Begasungssystemen in den Schlauch eingebracht. Während bei Begasungssystemen nach dem Stand

der Technik ca. 1000 Löcher pro Meter Begasungsschlauch üblich sind, wird gemäß einer Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgeschlagen, daß der Begasungsschlauch ca. 3000 bis ca. 6000 Löcher pro Meter Begasungsschlauch aufweist. Treten an einer Stelle in einem Flüssigkeitssystem bereits hohe Flüssigkeitgeschwindigkeiten von mindestens 0,5 m/s auf, z.B. in Zuführungskanälen, können ohne weitere Aufwendungen die Schläuche direkt in den Kanal gelegt werden. Die Flüssigkeit kann auch in eine Leitung eingeführt werden, die ein so starkes Gefälle aufweist, daß sich eine Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 0,5 m/s einstellt. Die Begasungsschläuche werden in diesem Fall ebenfalls einfach longitudinal in der Leitung verlegt.

Bei Wassersystemen ohne natürliches Gefälle bzw. Wasserströme wird erfindungsgemäß ein neuer Reaktortyp eingesetzt, der sich dadurch auszeichnet, daß die Leitung für den Flüssigkeitsstrom ringförmig verlegt ist und je eine tangential angeordnete Zufuhrleitung und Abzugsleitung für die Flüssigkeit aufweist und die Zufuhrleitung mit einer Pumpe in Verbindung steht, die für die Erzeugung eines Flüssigkeitsstromes mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 0,5 m/s ausgelegt ist. Es entsteht so ein dynamischer Reaktor mit einer ringförmigen Leitung, in der sich die Flüssigkeit im Kreis dreht. Die Leitung kann beispielsweise als Rohr ausgebildet sein. Die Kreisbewegung wird durch tangential einströmende sauerstoffarme und tangential ausströmende sauerstoffreiche Flüssigkeit in Bewegung gehalten. Die Begasungsschläuche werden vorteilhaft auf der dem Zentrum entfernten Rohrinnenoberfläche verlegt, um die relative Druckerhöhung durch die Zentrifugalkraft des Wassers auszunützen.

Der neue Reaktortyp verbraucht gegenüber den bisherigen Reaktortypen weniger Energie. Der Leistungsbedarf einer Pumpe für einen Sauerstoffreaktor nach dem Stand der Technik ergibt sich aus dem Förderstrom (dynamischer Anteil) und der Förderhöhe (statischer Anteil). Die Förderhöhe ist beim neuen Reaktortyp geringer, da die Flüssigkeit nicht mehr komprimiert werden muß, sondern nur noch bewegt wird.

Außerdem tritt bei dem neuen dynamischen Reaktortyp gegenüber dem bekannten Druckreaktor nicht der Nachteil auf, daß bei Entspannung der mit Gas gesättigten Flüssigkeit sowohl manchmal sehr unangenehme Turbulenzen auftreten als auch der gelöste Sauerstoff bei der Entspannung dazu neigt, wieder in die Gasform überzugehen.

Die Erfindung eignet sich allgemein zum Lösen von Gasen in Flüssigkeiten. Insbesondere ist die Erfindung für den Sauerstoffeintrag in Wasser, beispielsweise Abwasser oder Trinkwasser, vorgesehen. Besonders geeignet ist die Erfindung bei-

spielsweise für den Sauerstoffeintrag in das Fischwasser einer Fischzuchtanlage.

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Die Figur zeigt einen Wasserzuflußkanal einer Fischzuchtanlage.

Der Wasserzuflußkanal 1 weist eine Breite von ca. 0,9 m und eine Tiefe von ca. 0,6 m auf. Am Boden des Kanals 1 sind zehn perforierte Begasungsschläuche 2 mit je einer Länge von ca. 40 m parallel längs zur Strömungsrichtung des Wassers verlegt, d.h. es ergibt sich ein Schlauchpaket mit einer Länge von ca. 40 m. Die Schläuche weisen ca. 1000 Löcher pro Meter Schlauchlänge auf. Der Kanal hat ein so starkes Gefälle, daß das darin fließende Wasser eine Strömungsgeschwindigkeit von ca. 1 m/s aufweist. Über den Kanal 1 werden den in der Zeichnung nicht dargestellten Fischbäcken ca. 540 Liter Wasser pro Sekunde zugeführt. Das Wasser weist eine Temperatur von ca. 20 °C auf. Der Sauerstoffdruck im Schlauch beträgt ca. 0,8 bar. Die Schläuche werden mit ca. 3,9 m³ Sauerstoff pro Stunde beaufschlagt. Vor dem Schlauchpaket 2 weist das Wasser einen Gehalt an gelöstem Sauerstoff von ca. 7,3 mg/l auf. Nach dem Schlauchpaket 2 beträgt der Gehalt an gelöstem Sauerstoff 9,5 mg/l. Es ergibt sich eine Eintragungseffizienz von 82,6 %. Bis 50 m nach dem Schlauchpaket 2 kann keine Ausgasung des mit Sauerstoff angereicherten Wassers gemessen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gaseintrag in eine Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas in einen Flüssigkeitsstrom in Strömungsrichtung gleichmäßig verteilt eingetragen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Flüssigkeitsstrom eine Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 0,5 m/s aufrechterhalten wird.
3. Vorrichtung zum Gaseintrag in eine Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, daß in einer für einen Flüssigkeitsstrom vorgesehenen Leitung (1) mindestens ein perforierter Begasungsschlauch (2) longitudinal verlegt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Begasungsschlauch ca. 3000 bis ca. 6000 Löcher pro Meter Schlauchlänge aufweist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitung ein so starkes

Gefälle aufweist, daß sich eine Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit von mindestens 0,5 m/s einstellt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitung ringförmig verlegt ist und je eine tangential angeordnete Zufuhrleitung und Abzugsleitung für die Flüssigkeit aufweist und die Zufuhrleitung mit einer Pumpe in Verbindung steht, die für die Erzeugung eines Flüssigkeitsstromes mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 0,5 m/s ausgelegt ist.

5

10

15

20

25

30

35

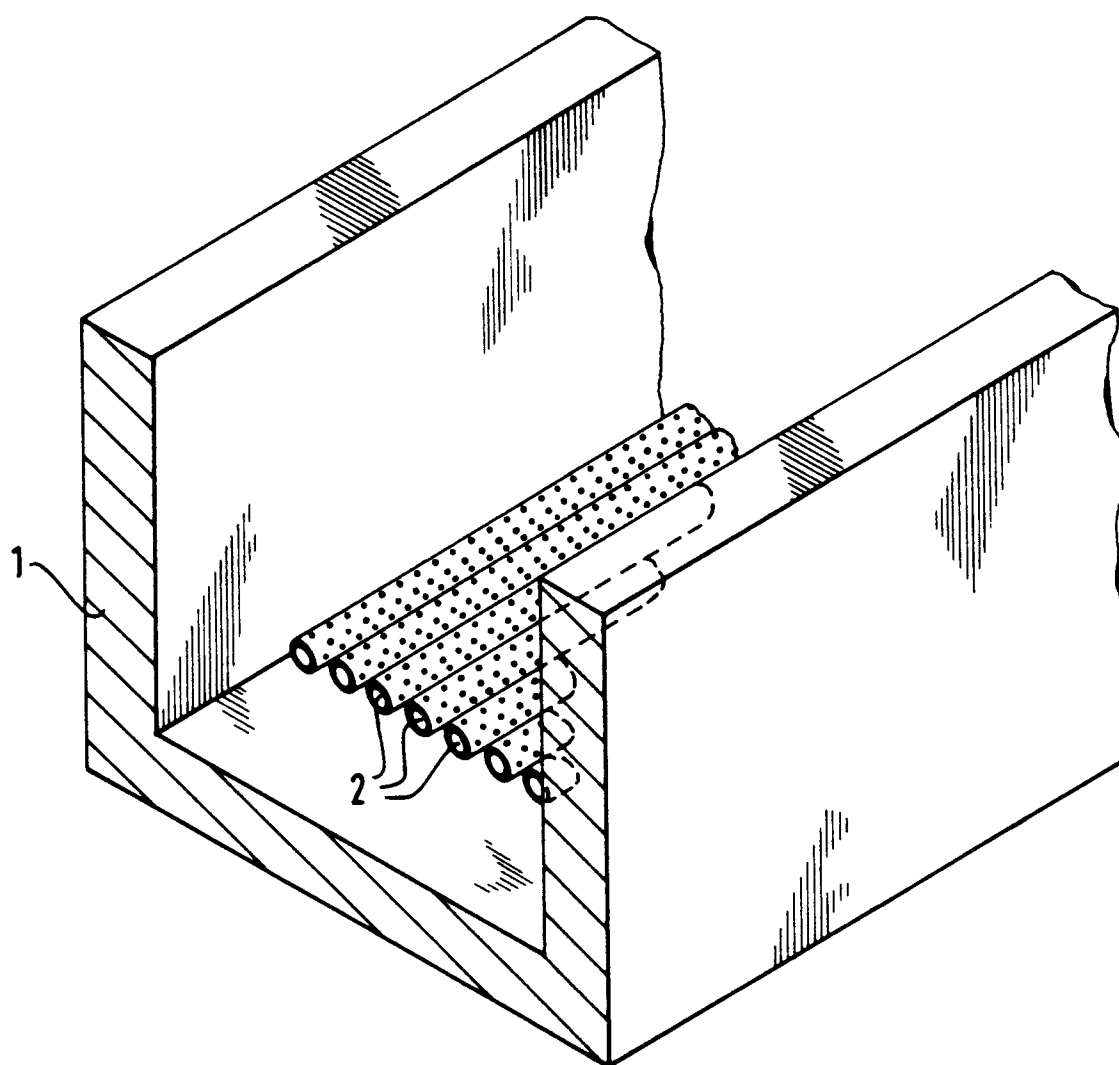
40

45

50

55

4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 1037

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)		
X	GB-A-694 918 (GIBBS) * Seite 2, Zeilen 37-48; Figuren * - - -	1-4	B 01 F 3/04		
A	US-A-3 977 606 (WYSS) * Spalte 3, Zeilen 50-57; Figuren * - - -	4			
A	CH-A-475 920 (SCHREIBER) * Figuren 1,9 * - - -	6			
A	US-A-2 383 946 (TIETIG) * Seite 2, linke Spalte, Zeilen 45-62; Figur 6 * - - -	1-4			
A	CA-A-949 239 (BOGDANOVIC-BARON) - - -				
A	BE-A-685 372 (FELIX OPHEIS) - - -				
A	US-A-3 417 975 (WILLIAMS) - - -				
A	FR-A-371 308 (STROH) - - -				
A	US-A-4 360 234 (HSUEH) - - -				
A	EP-A-0 105 593 (NICHOLSON) - - - - -				
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 24 September 91	Prüfer PEETERS S.		
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td>E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument				