



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 297 774 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 01 F 3/04

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 01 F / 321 031 6	(22)	24. 10. 88	(44)	23. 01. 92
(31)	EP87115583.4 EP88116219.2	(32)	23. 10. 87 30. 09. 88	(33)	EP

(71) siehe (73)
(72) Ott, Walter H., Dr., CH; Kolta, Peter, HU; Lantos, Michael, HU; Kehli, Jürg H., CH
(73) „Harrier“ GmbH, W - 8000 München 2, DE
(74) Viering u. Jentschura, Patentanwälte, Steinsdorfstraße 6, W - 8000 München 22, DE

(54) Verfahren zum Einführen und Binden von Gas in Wasser, Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens und nach dem Verfahren hergestelltes Wasser

(55) Sauerstoffanreicherung, stabil, gebunden; Wasser; Reaktionskammer; Wirbelströmung; Druckabfall; Druckminimum; Druckerhöhung; Rezirkulationsweg; Übersättigung

(57) Verfahren zum Einführen und Binden von Gas in Wasser, Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und Wasser, hergestellt durch das Verfahren. Bei dem Verfahren zum Einführen von Gas, wie Sauerstoff, Luft oder Kohlendioxyd, in Wasser wird ein Wasserstrom, der mit dem Gas angereichert ist, durch eine Reaktionskammer geführt, so daß der Strom um die Längsachse rotiert und entlang dieser Achse strömt, wobei im Bereich eines Abschnitts dieser Achse ein plötzliches Druckminimum erzeugt wird, bei welchem das in dem Strom enthaltene Gas gesammelt und mit Wasserdampf gemischt wird, wonach der Druck erhöht wird, wodurch Gas von Wasser derart aufgenommen wird, daß Gasmoleküle an Wassermoleküle gebunden werden. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens enthält einen geschlossenen Rezirkulationsweg, in welchen die Reaktionskammer eingeschaltet ist, wobei die Strömung von einer Pumpe aufrechterhalten wird und das Gas in das Wasser entweder durch einen Wirbelstrom oder durch eine Wasserstrahlpumpe in das Wasser eingeführt wird. Das so erzeugte Wasser enthält das Gas in stabilem und gebundenem Zustand in einer die normale Sättigung übersteigenden Konzentration. Die Dielektrizitätskonstante und gewisse physikalische Parameter solchen Wassers unterscheiden sich von denjenigen von reinem Wasser.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Einführen von Gas in Wasser, bei welchem Wasser mit einer vorbestimmten Durchflußrate entlang eines Weges zum Strömen gebracht wird, eine Oberfläche des strömenden Wassers in einem Abschnitt des Weges dem Gas unter einem vorbestimmten Druck ausgesetzt wird, so daß ein Teil des Gases von dem Strom weggenommen wird, um mit dem Gas angereichertes Wasser zu erhalten, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Strom angereichterten Wassers durch eine Reaktionskammer (15) hindurchgeführt wird, die in Reihe in den Weg eingeschaltet ist und eine zentrale Achse aufweist, daß der Strom gleichzeitig um die Achse in Drehung versetzt wird und entlang der Achse geführt wird, so daß ein Druckabfall in der radialen Richtung zu der Achse auftritt, daß der Druck in der Strömungsrichtung entlang der Achse bis auf ein Minimum in einem kurzen Abschnitt herabgesetzt wird und dann der Druck wieder erhöht wird, um dadurch den Gasanteil wenigstens teilweise an diesem Abschnitt minimalen Druckes zu sammeln und wenigstens einen Teil von Molekülen des Gases an Wassermoleküle zu binden, wenn sie dem erhöhten Druck hinter dem Abschnitt ausgesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Weg eine geschlossene Schleife ist und das Wasser wiederholt rezirkuliert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas in einen geschlossenen Raum gebracht wird, der mit dem Weg in Verbindung steht.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß Dampf aus dem geschlossenen Gasraum kondensiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wasser in einem Strom frei von Turbulenzen rezirkuliert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vorbestimmte Druck im Wesentlichen gleich dem Atmosphärendruck ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wasser eine Temperatur unter 23°C hat.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperatur des Wassers konstantgehalten wird.
9. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dem Gas ausgesetzte Fläche des strömenden Wassers eine Fläche eines Wirbels ist, der in einem in den Weg eingeschalteten Behälter gebildet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dem Gas ausgesetzte Fläche eine Fläche eines Strahlstromes des Wassers an einer Stelle ist, die von dem Gas umgeben ist, welches unter dem Unterdruck eingesaugt wird, der durch den mit dem Strahlstrom einhergehenden Druckabfall erzeugt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas Sauerstoff, Luft oder Kohlendioxyd ist.
12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rezirkulation aufrechterhalten wird, bis ein Anteil des Gases an das Wasser gebunden ist, der die Konzentration bei Sättigung des Wassers mit dem Gas, wenn dieses darin gelöst ist, bei dem Druck und der aktuellen Temperatur des rezirkulierenden Wassers übersteigt.
13. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dielektrizitätskonstante des Wassers gemessen wird und die Rezirkulation aufrechterhalten wird, bis ein vorbestimmter Anstieg der Dielektrizitätskonstanten erreicht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Einführen des Gases die vorbestimmte Durchflußrate eingestellt wird, indem gasfreies Wasser durch die Reaktionskammer (15) hindurchgeführt wird, und die Durchflußrate erhöht wird, bis Bläschen an dem Abschnitt minimalen Druckes sichtbar werden, wonach als vorbestimmte Durchflußrate ein Wert ausgewählt wird, der etwas unter derjenigen Rate liegt, bei welcher Bläschen ausgetreten waren.
15. Vorrichtung zum Einführen von Gas in Wasser, mit einem das Wasser gespeicherten Behälter (1, 34), der einen mit dem einzuführenden Gas gefüllten Raum über dem Wasser aufweist, einem geschlossenen Leitungsweg (16, 17, 18), der von dem Behälter ausgeht und in diesem endet, einer Pumpe (14), die in den Weg eingeschaltet ist, um Wasser durch den Weg zu rezirkulieren, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Reaktionskammer (15) in den Weg eingeschaltet ist, welche einen

- Innenraum rotationssymmetrischer Form mit einer Achse aufweist, wobei eine Mehrzahl von tangentialen Einlaßöffnungen (24) nahe des Einlaßendes des Innenraumes vorgesehen sind, um das einströmende Wasser um die Achse in Drehung zu versetzen, daß die Reaktionskammer (15) in dem Weg des rotierenden Wasserstroms vor den Öffnungen (24) einen in einem kurzen Stutzen (24) endenden Teil (26) kontinuierlich abnehmenden Querschnitts aufweist, wobei der Weg vor dem Stutzen (27) einen sich erweiternden Abschnitt aufweist, und daß der geschlossene Weg eine Einrichtung zum intensiven Inkontaktbringen des Gases mit dem Wasser aufweist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung zum Kontaktieren des Gases mit Wasser eine Wasserstrahlpumpe (35) ist, deren Wassereinlaßstutzen und Wasserauslaßstutzen in Reihe in den Strömungsweg eingeschaltet sind und die einen Gaseinlaßstutzen (45) aufweist, der an den Gasraum des Behälters (1, 34) angeschlossen ist.
 17. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung zum Kontaktieren des Gases mit Wasser von dem Behälter (1) gebildet wird, der einen Innenraum begrenzt, der zu einer Achse (5) kreissymmetrisch ist, wobei der Behälter (1) einen oberen Teil (2) mit einer im wesentlichen kugelförmigen Gestalt, einen mittleren Teil (3), der sich in einer von dem oberen Teil (2) weglaufenden Richtung verjüngt, und einen engeren unteren Teil (4) aufweist, der sich in der gleichen Richtung verjüngt und in einer Überlauföffnung endet, daß ein Stutzen (13) sich schräg aus dem oberen Teilabschnitt des mittleren Teils (2) im wesentlichen an oder unmittelbar unter einer Höhe herausschneidet, in welcher der Behälter (1) den größten Durchmesser hat, und einen spitzen Winkel wenigstens mit der Tangentialebene des Behälters zum Einführen von Wasser und zum Ausbilden eines Wirbels in dem Behälter einschließt, wobei der Stutzen (13) und die Überlauföffnung an den geschlossenen Weg angeschlossen sind.
 18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Mehrzahl von Reaktionskammern (15a, 15b, 15c) parallel in den Weg eingeschaltet sind.
 19. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gasraum in dem Behälter mit einer Gaszufuhreinrichtung zum Zuführen einer meßbaren Menge von Gas in den Raum in Verbindung steht, wobei diese Einrichtung im Betrieb für atmosphärischen Druck in dem Raum sorgt.
 20. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reaktionskammer (15) einen Einlaßendabschnitt (23) in der Gestalt eines Rotations-Hohlparaboloides aufweist, wobei die Öffnungen (24) in der Wand des Einlaßendabschnitts (23) ausgebildet sind, wobei ein Einlaßstutzen (25) in den Weg eingeschaltet ist und eine zylindrische Druckkammer zwischen dem Stutzen (25) und der Außenwand des Paraboloidabschnittes (23) ausgebildet ist.
 21. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Einrichtung (31) zum Kondensieren von Dampf aus dem Gasraum vorgesehen ist.
 22. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Temperaturregeleinrichtung (30) zum Einstellen der Temperatur des zirkulierenden Wassers auf einen vorbestimmten Wert vorgesehen ist.
 23. Wasser, enthaltend ein Gas übermäßiger Menge relativ zu einer Gleichgewichtsbedingung, die der Sättigung des Wassers mit dem Gas bei irgendeiner vorbestimmten Temperatur und einem vorbestimmten Druck entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas unter der vorbestimmten Temperatur und dem vorbestimmten Druck in einem stabilen und gebundenen Zustand enthalten ist.
 24. Wasser nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wasser eine Dielektrizitätskonstante aufweist, die deutlich höher ist als diejenige reinen Wassers.
 25. Wasser nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wasser strukturierter als reines Wasser der gleichen Temperatur und des gleichen Druckes ist, d. i. ausgewählte physikalische Parameter des Wassers vergleichbaren Parametern reinen Wassers mit einer geringeren Temperatur entsprechen.
 26. Wasser nach einem der Ansprüche 23 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas Sauerstoff oder Luft ist.
 27. Wasser nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas Kohlendioxyd ist.

Hierzu 14 Seiten Zeichnungen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einführen eines bestimmten Gases oder Gasgemisches in Wasser in einer spezifischen Art und Weise, die sich von der unterscheidet, die zum Lösen des Gases führt, eine Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens und auf das Wasser, das ein bestimmtes Gas oder Gasgemisch in einem speziellen gebundenen Zustand enthält, der sich von dem Zustand dieses Gases unterscheidet, wenn es in diesem gelöst ist.

Es ist dem Fachmann bekannt, daß verschiedene Gase in Wasser gelöst werden können unter irgendeiner vorgegebenen Temperatur und irgendeinem vorgegebenen Druck und im Falle eines jeden bestimmten Gases existiert eine maximale oder Sättigungskonzentration, die eine untere Grenze für die stabile Lösung dieses Gases im Wasser bildet. Im Falle von Sauerstoff lassen sich solche Daten z. B. in dem Buch mit dem Titel „Standard methods for the examination of water and waste water“, geschrieben und veröffentlicht bei American Public Health Association, Herausgeber: Mary Ann H. Frason (16. Auflage), Kapitel 421 dieses Buches enthält entsprechende Tabellen und beschreibt im Detail, wie gelöster Sauerstoff bestimmt werden kann. Ähnliche Daten können in verschiedenen Lehrbüchern der Physik auch für andere Gase gefunden werden.

Es ist bekannt, daß Wasser mit einem Gas übersättigt werden kann, wenn das Wasser unter einer gashaltigen Atmosphäre intensiv durchgemischt oder versprüht wird oder wenn das Gas in das Wasser unter hohem Druck geleitet wird. In solchen Fällen jedoch ist der überschüssige Gasgehalt nicht in einem stabilen Zustand an das Wasser gebunden und sprudelt aus dem Wasser innerhalb eines kurzen Zeitraums heraus, wenn der Druck oder die intensive Bewegung beendet ist.

Um die Erfindung verstehen zu können, sollen bestimmte Eigenschaften des Wasser aufgeführt werden. Es ist bekannt, daß „einfaches“ Wasser, das sogenannte monomere H_2O aus 2H und einem O-Atom aufgebaut ist. Auf der „L“-Bahn des Sauerstoffatoms werden die Elektronen $2s^2 2p^4$ durch die beiden Elektronen der beiden Wasserstoffatome ergänzt, um eine Konfiguration aus 8 Gliedern aufzubauen, d. h. in einer gewöhnlichen Elektronenschale von 8 Elektronen befinden sich die beiden Wasserstoffkerne und der Sauerstoffkern mit seiner $1s^2$ Elektronenschale. Auf diese Weise wird ein polarisiertes Molekül mit einer starken kovalenten Bindung gebildet, in welcher die gesamten Elektronen sich in einer Sigma-Bindung befinden. Aus dieser Konfiguration folgt, daß sich diese Elektronen leicht um ihre Bindungsachse drehen können.

Es ist bekannt, daß eine Elektronenbindung des O_2 -Moleküls sich im Sigma-Zustand und die andere sich im Pi-Zustand befindet, was zu einer vergleichsweise starren Struktur führt. Dies wird z. B. in dem Buch von L. Holics Fizika (Physik) auf Seite 1046, Fig. 21.1 (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.) erläutert.

Das monomere Wassermolekül ist ein Gebilde mit einem Radius von 1,33 Angström, das Zentrum dieses Moleküls wird von einem Sauerstoffatom besetzt und die beiden Wasserstoffatome sind mit diesem über einen Bindungswinkel (Valenzwinkel) von $104,45^\circ C$ verbunden. Die Entfernung zwischen den H-Atomen beträgt 1,63 Angström und die Bindungsenergie beträgt ungefähr 100 kcal/mol.

Aus diesen Daten kann abgeschätzt werden, daß das Volumen eines einzigen H_2O ungefähr 11 Kubik Angström beträgt. Wenn das gesamte Volumen von H_2O -Molekülen in einem Liter Wasser abgeschätzt wird, enthält man einen Wert von ungefähr $370 cm^3$. Die verbleibenden $630 cm^3$ sind freier Raum. Diese Ausbildung schafft die Möglichkeit, daß sogenannte Wasserstoffbrücken zwischen den Sauerstoff- und Wasserstoffatomen benachbarter Moleküle geschaffen werden, diese Brücken haben natürlich im wesentlichen ein geringeres Energieniveau. In dem Buch von I. Tarján und Gy. Rondó „A biofizika alapjai“ (Grundlagen der Biophysik) erschienen bei Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1987 – auf den Seiten 32 bis 33 und 52 ist offenbart, daß die Bindungsenergie der Wasserstoffbrücke ungefähr 3 bis 8 kcal/mol beträgt, und die Bindung ist zwischen zwei zusammenhängenden Dipolmolekülen ausgebildet. Obwohl Wasserstoff ein Element mit einem einzelnen Valenzwert ist, gibt es eine Anzahl von Verbindungen, bei welchen der Wasserstoff mit zwei Atomen verbunden ist. Diese Bindungen treten hauptsächlich auf, wenn der Wasserstoff mit Fluor-, Sauerstoff- und Stickstoffatomen verbunden ist.

In dem H_2O -Molekül beträgt die Entfernung der kovalenten Bindung zwischen dem Sauerstoff und dem Wasserstoff ein Angström, während in der Wasserstoffbrücke die Entfernung von Sauerstoff zum Wasserstoff 1,76 Angström beträgt.

Aus dem monomeren Wasser wird eine „polymere“ Phase gebildet mittels der Wasserstoffbrücken, in welcher die schwachen Wasserstoffbindungen und die Turbulenz aufgrund thermischer Bewegung eine Flüssigkristallstruktur bilden, welche hauptsächlich eine statische Wahrscheinlichkeit (Verteilung) bei jeder gegebenen Temperatur hat. Die Anzahl der Wassermoleküle, die die polymere Phase bilden, und das Volumen des betreffenden Molekülkomplexes, der als Polymer betrachtet werden kann, sind beide temperaturabhängig. Diese Hypothese konnte mittels Röntgendiffraktionsanalyse bestätigt werden, wie sie in dem Buch von D. Eisenberg und W. Kauzmann „The structure and Properties of Water (Oxford Clarendon Press, London 1969) beschrieben wird und dasselbe ist bei J. Ernst zusammengefaßt: „Bevezetés a fizikába (Einführung in die Physik), erschienen bei Akadémia Kiadó, Budapest 1968. Es sollte noch erwähnt werden, daß die Bezeichnungen „Molekülkomplex“, „Polymerfraktion“ und „Associat“ in der Literatur als Synonyme verwendet werden.

Auf Seite 111 des zuvor erwähnten Buches von D. Eisenberg wird die Temperaturabhängigkeit der Polymerfraktionen gezeigt (in detaillierterer Weise im Kapitel 4.2). Aus diesen Diagrammen ist ersichtlich, daß mit steigender Temperatur – bis $+4^\circ C$ – der Polymerisationsgrad ansteigt d. h. die Struktur strebt zu einer mehr kristallartigen Struktur. Als Konsequenz dieses Phänomens werden die Dichte, die Dielektrizitätskonstante, die Oberflächenspannung und die optische Brechung des Wassers mit steigender Temperatur höher.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, diese Eigenschaften von Wasser auszunutzen und ein Verfahren zu schaffen mittels welchem ein Gas oder ein Gasgemisch an Wasser in einem Umfang gebunden werden kann, welcher die Menge an Gas wesentlich übersteigt, die unter denselben Druckbedingungen im Wasser löslich ist.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Ausführung dieses Verfahrens bereitzustellen.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Einführen von Gas in Wasser geschaffen, in welchem Wasser auf einem Weg mit einer vorbestimmten Durchflußgeschwindigkeit geleitet wird, die Oberfläche des strömenden Wassers in einem Abschnitt des Weges dem Gas unter einem vorbestimmten Druck ausgesetzt wird, so daß ein Teil des Gases von dem Wasserstrom mitgenommen wird, um Wasser angereichert mit diesem Gas zu erhalten, wobei der Strom des angereicherten Wassers durch eine Reaktionskammer geleitet wird, die in Reihe in den Weg eingeschaltet ist und die eine zentrale Achse aufweist. Der Strom wird dazu gezwungen, sich gleichzeitig um diese Achse zu drehen und entlang der Achse zu strömen, um dadurch ein Druckgefälle in radialer Richtung zu der Achse zu bilden. Der Druck wird in Strömungsrichtung entlang der Achse verringert, um ein Minimum in

einem kurzen Abschnitt zu erreichen, wonach der Druck wieder erhöht wird, um dadurch wenigstens teilweise den Gasanteil in dem Abschnitt geringsten Druckes zu sammeln und wenigstens einen Teil der Moleküle des Gases an Wassermoleküle zu binden, wenn sie hinter dem Abschnitt dem gesteigerten Druck ausgesetzt sind.

Das Einleiten des Gases wird intensiviert, wenn der Weg in Form eines geschlossenen Kreislaufes ausgebildet ist und das Wasser wiederholt rezirkuliert wird.

Es ist oft zweckdienlich, wenn das Gas in einem geschlossenen Raum eingebracht wird, der mit der Strömung des Wassers in Verbindung steht.

Der Partialdruck des Gases kann aufrechterhalten werden, wenn Dampf aus dem geschlossenen Gasraum kondensiert wird.

Es ist vorzuziehen, das Wasser in einem Strom, der frei von Turbulenzen ist, zu rezirkulieren, weil die Kavitation, die die Turbulenzen begleitet, die Bindungen zerstören könnte, die sich zwischen dem Gas und den Wassermolekülen ausgebildet haben.

Das zweckdienlichste ist es, wenn das Gas unter normalem atmosphärischen Druck gehalten wird.

Die Effektivität dieses Verfahrens ist höher, wenn das Wasser eine Temperatur unterhalb von 23°C hat.

Es ist vorzuziehen, wenn die Temperatur des Wassers während des Prozesses konstant gehalten wird.

In einer Ausführungsform ist die Oberfläche des fließenden Wassers die Oberfläche eines Wirbels, der in einem Behälter gebildet wird, der in den Strömungsweg eingeschaltet ist.

Bei einer alternativen Ausführungsform ist die Oberfläche die Oberfläche einer Strahlströmung des Wassers an einer Stelle, in der es von Gas umspült wird, das durch einen Unterdruck eingesaugt wird, welcher durch den mit der Strahlströmung einhergehenden Druckabfall verursacht wird.

Als Gas ist Sauerstoff, Luft oder Kohlendioxid vorzuziehen. Stickstoff kann ebenfalls verwendet werden, da er ja den Hauptanteil der Luft bildet.

Bei den meisten Anwendungen wird das Rezirkulieren solange aufrechterhalten, bis ein Gasanteil an das Wasser gebunden ist, welcher wesentlich die Konzentration überschreitet, die der Sättigung mit demselben Gas entspricht, wenn dieses in diesem gelöst wird. Die Sättigung sollte interpretiert werden bei dem Druck und der aktuellen Temperatur des rezirkulierten Wassers.

Das Ergebnis der Gasaufnahme kann überwacht werden, wenn die Dielektrizitätskonstante des Wassers gemessen wird und das Rezirkulieren solange aufrechterhalten wird, bis ein vorbestimmter Anstieg der Dielektrizitätskonstanten erreicht ist.

Die beste Durchflußgeschwindigkeit kann eingestellt werden, wenn vor dem Einleitungsschritt gasfreies Wasser durch die Reaktionskammer geleitet wird und die Durchflußgeschwindigkeit solange gesteigert wird, bis Blasen sichtbar werden in dem Abschnitt mit dem geringsten Druck; dann wird die Durchflußgeschwindigkeit, die während des Verfahrens verwendet wird, auf einen Wert festgesetzt, der leicht unterhalb des Wertes liegt, bei dem Blasen auftreten.

Gemäß der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Einführen von Gas in Wasser geschaffen, welche einen Behälter zum Speichern des Wassers, der einen Raum über dem Wasser gefüllt, mit einzuführendem Gas, einem geschlossenen Leitungsweg, der mit seinem einem Ende bei dem Behälter beginnt, eine Pumpe, die in den Leitungsweg eingeschaltet ist, um das Wasser in diesem zu rezirkulieren, wobei eine Reaktionskammer in der Leitungsweg eingeschaltet ist. Die Reaktionskammer hat einen Innenraum mit einer kreissymmetrischen Form und einer Achse; eine Mehrzahl von tangentialen Einflußöffnungen ist nahe dem Einfließende des Innenraums vorgesehen, um das einströmende Wasser in Drehung um die Achse zu versetzen. Auf dem Weg des sich in Drehung befindenden Wasserstroms bildet die Reaktionskammer vor den Öffnungen einen Teil mit einem sich kontinuierlich verjüngenden Querschnitt, der in einem kurzen Stutzen endet, wobei der Leitungsweg einen sich weitenden Abschnitt vor dem Stutzen aufweist und der geschlossene Leitungsweg eine Einrichtung für einen intensiven Kontakt des Gases mit dem Wasser enthält.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Einrichtung für den Kontakt des Gases mit dem Wasser eine Wasserstrahlpumpe mit einem Wasserzufluß und einem Abflußrohr, die in Reihe in den Strömungsweg eingeschaltet sind, und einen Gaseinlaßstutzen, der an den Gasraum des Behälters angeschlossen ist.

In einer alternativen Ausführungsform wird die Einrichtung zum Kontaktieren des Gases mit dem Wasser von dem Behälter gebildet, der einen Innenraum begrenzt, der sich kreissymmetrisch relativ zu einer Achse erstreckt. Der Behälter hat einen oberen Teil mit einer wesentlichen kugelförmigen Gestalt, der mittlere Teil verjüngt sich in der dem oberen Teil abgewandten Richtung und ein enger unterer Teil verjüngt sich in derselben Richtung und endet an einer Ausflußöffnung; ein Rohr erstreckt sich schräg aus dem oberen Teil des Mittelsteils im wesentlichen an oder gerade unter der Höhe, in der der Behälter seinen größten Durchmesser hat, und schließt mindestens mit der Tangentialebene des Behälters einen spitzen Winkel ein, um Wasser einzuleiten und einen Wirbel in dem Behälter auszubilden, wobei der Stutzen und die Ausflußöffnung mit dem geschlossenen Strömungsweg verbunden sind.

Der Wirkungsgrad kann gesteigert werden, wenn eine Mehrzahl von Reaktionskammern in Parallelschaltung in den Strömungsweg eingeschaltet parallel verbunden sind. Es ist vorzuziehen, wenn der Gasraum in dem Behälter mit einer Gaszuführeinrichtung in Verbindung steht, um meßbare Mengen an Gas in den Raum zu liefern, wobei die Einrichtung im Betrieb den Raum mit atmosphärischem Druck beaufschlagt.

In einer weiterentwickelten Ausführungsform besitzt die Reaktionskammer einen Einlaufabschnitt mit einer Hohl-Rotationsparabolischen Form, die Öffnungen sind begrenzt auf die Wand des Einlaufabschnitts, ein Einlaufrohr ist mit dem Wasserströmungsweg verbunden und eine zylindrische Druckkammer ist zwischen dem Stutzen und der äußeren Wand des parabolischen Abschnitts ausgebildet.

Eine bevorzugte Ausführungsform enthält eine Vorrichtung zum Kondensieren des Dampfes aus dem Gasraum.

Eine weitere Ausführungsform besitzt eine Temperaturregelvorrichtung zum Einstellen der Temperatur des zirkulierenden Wassers auf einen bestimmten Wert.

Erfindungsgemäß kann durch das Verfahren und die Vorrichtung Wasser zur Verfügung gestellt werden, welches ein Gas in einer Übermenge enthält relativ zu einem Gleichgewichtszustand, der der Sättigung desselben mit demselben Gas bei irgendeiner vorbestimmten Temperatur und Druck. Dieses Wasser ist dadurch gekennzeichnet, daß das Gas in einem stabil gebundenen Zustand unter der vorbestimmten Temperatur und dem Druck enthalten ist.

In solchem Wasser ist die Dielektrizitätskonstante auffallend höher als in reinem Wasser.

Es konnte auch beobachtet werden, daß solches Wasser strukturierter ist als reines Wasser mit derselben Temperatur und demselben Druck, d. h. ausgewählte physikalische Parameter dieses Wassers entsprechen ähnlichen Parametern von reinem Wasser mit einer niedrigeren Temperatur.

Das Wasser, daß gemäß der Erfindung hergestellt wird hat einheitliche physikalische Eigenschaften und es hat, gemäß vorläufiger Tests, unerwartete physiologische und andere Effekte in einer Menge von Gebieten und Anwendungen. Die Erfindung wird nun in Verbindung mit einer bevorzugten Ausführungsform beschrieben, wobei Bezug genommen wird auf die Zeichnungen.

In den Zeichnungen bedeuten

- Fig. 1: zeigt den Plan einer ersten Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung,
 Fig. 2: zeigt einen Teilschnitt der Reaktionskammer aus Figur 1,
 Fig. 3: ist ein Querschnitt der Reaktionskammer in der Ebene der Öffnungen in Draufsicht,
 Fig. 4: zeigt einen Weg wie der Gasverbrauch gemessen wird,
 Fig. 5 bis 7: zeigen drei Skizzen des Wirbels in der Anfangs-, der mittleren und der Endphase seiner Ausbildung,
 Fig. 8: zeigt ein Diagramm der Sauerstoffaufnahme als eine Funktion der Zeit,
 Fig. 9: zeigt eine verbesserte Ausführungsform ähnlich der in Fig. 1 gezeigten,
 Fig. 10: zeigt den Plan einer alternativen Ausführungsform,
 Fig. 11: zeigt den vergrößerten Teilschnitt der Wasserstrahlpumpe aus Fig. 10, teilweise im Schnitt,
 Fig. 12: zeigt die Reaktionskammer im Schnitt,
 Fig. 13: zeigt den Druck entlang der Achse der Reaktionskammer aus Fig. 12,
 Fig. 14: zeigt die Kurve der Sauerstoffaufnahme über der Zeit für die Ausführung aus Figur 10 im Fall von Ionenaustauschwasser,
 Fig. 16: erläutert schematisch die Ausbildung der Wasserstoffbrücken, die Wassermoleküle zusammenbinden wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist,
 Fig. 17: ist eine Abbildung ähnlich der aus Fig. 16 für das Wasser gemäß der Erfindung,
 Fig. 18: zeigt den vergrößerten Teilschnitt eines Sensors zum Messen der Dielektrizitätskonstanten des Wassers,
 Fig. 19: zeigt eine Schaltung zum Messen der Dielektrizitätskonstanten und
 Fig. 20: zeigt die relativen Änderungen in den Werten der Dielektrizitätskonstanten als eine Funktion des Sauerstoffgehaltes.

Die allgemeine Anordnung der ersten Ausführungsform der Vorrichtung, die benutzt wird, um das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen ist in Fig. 1 gezeigt. Der Behälter 1 hat einen hohlen Innenraum, der eine tropfenähnliche Gestalt hat mit einem im wesentlichen kugelförmigen oberen Teil 2, einem mittleren Teil 3, der eine im wesentlichen hyperbolische Form aufweist, die sich in Richtung nach unten verjüngt, und einem länglichen, sich leicht verjüngenden unteren Teil 4. Die oberen und mittleren Teile 2 und 3 sind konvex und der untere Teil 4 ist konkav. Eine durch Wendepunkte bestimmte Ebene wird so zwischen dem mittleren und dem unteren Teil 3 und 4 ausgebildet. Das Innere des Behälters 1 ist symmetrisch zu einer Drehachse 5 ausgebildet. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Behälter 1 aus Glas hergestellt, was einen in die Lage versetzt, den Prozeß, der darin stattfindet, zu beobachten. Die obere Wand des oberen Teils 2 ist mit drei Stützen 6, 7, 8 versehen, von welchem die Stützen 6 und 7 abgedichtet sind. Diese Anordnung enthält einen Behälter 9, der mit Wasser gefüllt ist. Eine zylindrische Glocke 10 ist mit ihrer Öffnung in das Wasser eingetaucht und ein Stutzen 11 ist an dem geschlossenen Boden der Schale 10 ausgebildet. Eine flexible Leitung 12 verbindet den Stutzen 8 an dem oberen Teil des Behälters 1 mit dem Stutzen 11 der Glocke 10.

Der Behälter 1 hat zwei weitere Öffnungen. Ein Stutzen 13 erstreckt sich schräg verlaufend aus dem oberen Abschnitt des mittleren Teils 2 im wesentlichen in einer Höhe, in welcher der Behälter seinen größten Durchmesser hat. Der Stutzen 13 bildet besonders mit der äquatorialen und tangentialen Ebene des Behälters einen spitzen Winkel und seine Achse ist leicht nach innen und nach oben in Richtung zu dem Inneren des Behälters gerichtet. Dieser Winkel sind im allgemeinen kleiner als 30°. Die zweite dieser zusätzlichen Öffnungen ist das untere offene Ende des unteren Teils 4 des Behälters 1.

Ein Wasserzirkulationsweg ist zwischen dem unteren Ende des unteren Teils 4 und dem schräg verlaufenden Stutzen 13 ausgebildet, welcher die Pumpe 14, die Reaktionskammer 15 und drei Leitungen 16, 17 und 18 enthält. Die Gestaltung der Reaktionskammer 15 ist in den Figuren 2 und 3 gezeigt.

Die Reaktionskammer 15 besteht aus einer zylindrischen Wand, die an einem Ende 19 offen und an dem entgegengesetzten Ende 20 geschlossen ist. Ein Hohlelement 21 ist in diesem Zylinder eingeschlossen, welches einen ringförmigen Bund 22 hat, der im Inneren des Zylinders in dessen zentralem Abschnitt befestigt ist. Ein erster Teil 23 des Elements 21 hat die Form eines Rotations-Hohlparaboloiden, der sich in dem geschlossenen Raum zwischen dem Bund 22 und dem geschlossenen Ende 20 der Reaktionskammer 15 befindet. In ungefähr einem Drittel der Höhe des Paraboloiden 23 ist die Wand des Elements 21 mit einer Anzahl von gleichmäßig verteilten tangentialen Löchern 24 versehen. In der beispielgebenden Ausführungsform ist diese Anzahl fünf. Aus dem geschlossenen Ende der Reaktionskammer 15 ragt ein Stutzen 25 heraus, der relativ zu der Achse der Reaktionskammer leicht geneigt ist. Das Element 21 enthält einen zweiten Teil 26, welcher in der Ebene des Bundes 22 mit dem ersten Teil 23 in Verbindung steht, und dieser Teil hat die Form eines Rotationshyperboloids, welcher sich als kurzer Zylinderstutzen 27 fortsetzt. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Wand der Reaktionskammer 15 aus Glas hergestellt. Es wird nun erläutert, wie mit einem Gas angereichertes Wasser mittels der aus den Figuren 1 bis 3 ersichtlichen Vorrichtung hergestellt werden kann.

Zuerst wird der Abdichtungskorken des Stutzens 7 geöffnet und 101 normales Leitungswasser (z. B. wie in Zürich, Schweiz, verfügbar) wird in den Behälter 1 eingefüllt. Das Volumen des Behälters 1 ist so groß, daß der Wasserspiegel etwa 50 mm oberhalb des Rohranschlusses liegt. Der Stutzen 7 wird wieder geschlossen und abgedichtet, die Pumpe 14 wird so eingeschaltet und Wasser wird durch das System gepumpt, so daß irgendwelche Luft, die in den Leitungen 16, 17 und 18 wie auch in der Reaktionskammer 15 vorhanden ist, in den Raum oberhalb des Wasserspiegels überführt wird. Nun wird die Pumpe abgeschaltet und ein an dem Stutzen 6 angebrachter Hahn geöffnet, wonach Sauerstoff durch das Wasser in dem Behälter 9 in den Innenraum der Glocke 10 eingeführt wird. Die Sauerstoffzufuhr ist ausreichend, die Luft aus der Glocke 10, der Leitung 11 und dem freien Raum oberhalb des Wasserspiegels in dem Behälter 1 zu beseitigen (auszustoßen). Nach einer Weile wird der Hahn des

Stutzens 6 geschlossen und reiner Sauerstoff füllt das gesamte Gasvolumen in dem Behälter 1 und in der Glocke 10 aus.

In dieser Phase liegt der Wasserspiegel in der Glocke 10 in Höhe desjenigen in dem Behälter 9.

Beim Vorliegen dieses Zustandes wird die Pumpe 14 eingeschaltet. Die Pumpe hat einen Durchsatz von 25 Litern pro Minute und der Innendurchmesser der Leitungen 16, 17 und 18 beträgt etwa 16 mm. Die Strömungsrichtung ist in Figur 1 durch Pfeile gezeigt.

Wenn Wasser durch die Reaktionskammer 15 hindurchgeführt wird, strömt es durch die tangentialen Löcher 24 und ein erster Wirbel wird in dem Hohlparaboloidteil 23 des Elementes 21 gebildet. Eine Strömungskomponente des rotierenden Wassers strömt zu dem geschlossenen Ende des Paraboloids und hier wird es nach vorn reflektiert und vereinigt sich mit der anderen Vorwärtskomponente, und aufgrund des exponential sich verjüngenden Profils des Elementes 21 wird ein schnell rotierender Wasserstrom erzeugt, der in der Leitung 18 zu dem Behälter 1 strömt. Durch den Pfeil 28 in Figur 1 wird dargestellt, daß dieses Wasser in der Leitung 18 rotiert. Das Wasser strömt durch den schrägen Einlaßkanal 13 tangential in den Behälter 1 ein.

In dem Behälter 1 beginnt das vorher ruhige Wasser zu wirbeln und ein zweiter Wirbel wird ausgebildet. Die Ausbildung des Wirbels in dem Behälter 1 bis zum stetigen Zustand dauert einige Zeit (etwa 1 bis 2 Minuten). Wir haben eine Anzahl von Photos bei der Ausbildung des Wirbels gemacht und die Figuren 5 bis 7 sind graphische Darstellungen einiger dieser Bilder.

Es ist aus diesen Bildern ersichtlich, daß nach einer gewissen Verwirbelungszeit ein tornadoartiger Wirbel ausgebildet wird in welchem ein im wesentlichen zylindrischer hohler Teil vorhanden ist, der sich bis zu dem Boden des unteren Teils 4 des Behälters 1 erstreckt. Die Geschwindigkeit der Wasserteilchen in dem Wirbel ist sehr hoch. Die Umdrehungszahl an dem obersten und größten Durchmesser des Wirbels beträgt etwa 50 Upm und diese Geschwindigkeit vergrößert sich nach unten etwa gemäß einer Exponentialfunktion. Die Geschwindigkeit kann unter der Voraussetzung, daß das in jeder gegebenen Höhe strömende Volumen konstant ist, so daß die Geschwindigkeit proportional zu dem aktuellen Wasserquerschnitt rings des Wirbels ist, berechnet werden.

Wenn sich der Wirbel in dem Behälter 1 stabilisiert hat, bleibt die Pumpe 14 eingeschaltet. Nach einer Weile beginnt der Wasserspiegel in der Glocke 10 relativ zu dem Spiegel in dem Behälter 9 zu steigen. Hierdurch wird angezeigt, daß ein Teil des Sauerstoffes in dem Volumen über dem Wasser von dem zirkulierenden Wasser aufgenommen wurde.

Figur 4 zeigt schematisch, wie die Sauerstoffmenge, die von dem zirkulierenden Wasser aufgenommen wurde, berechnet wurde. Der ursprüngliche Wasserspiegel in der Glocke 10 ist mit der Bezugszahl 29 bezeichnet. Der Anstieg des Wasserspiegels ist mit H bezeichnet. Die Querschnittsfläche der Glocke 10 ist A. Der aufgenommene Sauerstoff kann mit $V = A \times H$ angegeben werden. Es ist bekannt, daß die Sauerstoffdichte $d = 1,43 \text{ mg/cm}^3$ bei 0°C beträgt. Falls der aufgenommene Sauerstoffanteil in mg angegeben werden soll, beträgt die Sauerstoffmasse in $\text{mg} = d \times A \times H$. Das $A \times H$ -Produkt soll in Kubikzentimeter angegeben werden. Dieser Sauerstoff wird von dem Wasservolumen aufgenommen. Falls die Relativmenge des Sauerstoffes in dem zirkulierenden Wasser ausgedrückt werden soll, wird $C_0 = d \times A \times H / V_w$ berechnet. Diese Gleichung drückt den während des Prozesses von dem Wasser aufgenommenen Überschuß-Sauerstoff in mg/l aus, falls das Wasservolumen in Litern eingesetzt wird.

Es kann durchaus angenommen werden, daß das Leitungswasser, welches in den Behälter 1 eingefüllt wurde, mit gelöstem Sauerstoff bereits gesättigt war, da normales Leitungswasser nach einiger Zeit freien Strömens praktisch gesättigt ist. Bei Raumtemperatur entspricht dies im wesentlichen einer Konzentration von 9 mg/l .

In der beispielgebenden Ausführungsform beträgt der Durchmesser der Glocke 10 cm und das Wasservolumen $V_w = 10 \text{ l}$. Eingesetzt in die Formel für die Sauerstoffkonzentration wird diese zu $C_0 = 11,225H$ erhalten. Falls H in cm gemessen wird, ist dies der Wert von C_0 in mg/l bei $T = 0^\circ\text{C}$, wohingegen $C_0 = 10,46H$ bei $T = 20^\circ\text{C}$ beträgt.

Die volle Sauerstoffkonzentration wird erhalten, falls die Anfangskonzentration zu dem berechneten Wert addiert wird. Die unten stehende Tabelle 1 faßt die gemessenen und berechneten Ergebnisse einer Versuchsserie zusammen, die zwischen dem 13. Mai und dem 3. Juni 1987 durchgeführt wurde.

Tabelle 1

Tag/Monat/ Stunde	verstri- chene Zeit (Stunden)	Tempe- ratur ($^\circ\text{C}$)	H (cm)	C_0 -Anstieg (mg/l)	C_0 - Gesamt (mg/l)
13. 5. 12.00	—	18	—	—	9
14. 5. 12.00	24	21	1,8	18,82	27,82
15. 5. 17.00	29	22	3,0	12,57	40,39
17. 5. 11.00	42	19	5,0	11,92	52,31
18. 5. 08.00	21	19	5,8	8,38	60,69
19. 5. 08.00	24	21	6,4	6,28	66,97
20. 5. 08.00	24	21	7,2	8,36	75,33
21. 5. 08.00	24	20	8,0	8,36	83,69
22. 5. 08.00	24	19	8,7	7,36	91,05
23. 5. 13.00	29	24	9,7	10,48	101,53
25. 5. 13.00	48	22	12,0	24,11	125,64
30. 5. 13.00	120	19	19,0	73,37	199,01
1. 6. 16.45	51,75	21	20,3	13,60	212,61
3. 6. 07.30	38,75	21	21,3	10,48	223,09

Der Wert von 9 mg/l in der ersten Zeile der Gesamtkonzentrations-Spalte entspricht der Anfangskonzentration des Wassers an gelöstem Sauerstoff.

Figur 8 zeigt die Daten aus der Tabelle 1 in Form eines Diagramms. Der Wasserversuch wurde am 03. Juni 1987 beendet. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Pumpe abgeschaltet und das geschlossene System wurde sich selbst überlassen. Nach weiteren

fünf Tagen blieb die Höhendifferenz unverändert, was ein Anzeichen dafür ist, daß das von dem zirkulierenden Wasser aufgenommene Gas in dem im Wasser gebundenen Zustand blieb. Dieses Ergebnis demonstriert auch, daß in dem Apparat kein Gasleck vorhanden war.

Der Behälter 1 wurde nach dem fünften Tag geöffnet und das mit Sauerstoff angereicherte Wasser wurde unter normalem Druck in Glasflaschen eines Volumens von 0,1 bzw. 0,2l eingefüllt. Ein konventioneller Test zur Ermittlung des Anteils an gelöstem Sauerstoff wurde an einer Probe, die von dem mit Sauerstoff angereicherten Wasser entnommen wurde, mit Hilfe eines Sauerstoffmessers von Yellow Springs Instruments Co. Inc, Model 54, bei einer Temperatur von 20,5°C durchgeführt und das Instrument zeigte eine Konzentration an gelöstem Sauerstoff von nur 8,5mg/l. Weiter unten wird in der Beschreibung erläutert, warum konventionelle Testverfahren zur Bestimmung gelösten Sauerstoffes für ungeeignet gehalten werden, um den in dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgenommenen Sauerstoff zu bestimmen.

Es wird nun auf Figur 9 Bezug genommen, in welcher ein Apparat ähnlich zu dem in Figur 1 gezeigten Apparat dargestellt ist. Der Behälter 1, die Pumpe 14, der Wasserbehälter 9 wie auch die Glocke 10 entsprechen demjenigen aus dem ersten Ausführungsbeispiel. In dem Weg zwischen dem Auslaßstutzen der Pumpe 14 und dem Einlaßstutzen des Behälters ist eine Temperaturregeleinheit 30, vorzugsweise ein Wärmetauscher, vorgesehen, mit welchem die Temperatur des zirkulierenden Wassers auf einen konstanten Wert eingestellt werden kann. Anstelle einer einzigen Reaktionskammer 15 bei der Ausführungsform aus Figur 1 werden drei ähnliche Reaktionskammern 15a, b und c verwendet, welche zueinander parallel geschaltet sind. Wie aus dem letzten Teil dieser Beschreibung ersichtlich, findet das spezifische Binden des Sauerstoffgases in dem Wasser in der Reaktionskammer statt. Wenn die Anzahl von Reaktionskammern vergrößert wird, kann in einer gegebenen Zeitperiode mehr Sauerstoff gebunden werden. Es wird angenommen, daß der Wirbel in dem Behälter 1 der Zufuhr von Sauerstoff in das Wasser dient. Aufgrund von Experimenten, welche bei unterschiedlichen Pumpgeschwindigkeiten durchgeführt wurden, ist der Prozeß optimal, wenn das untere Ende des Wirbels in dem Behälter (gesondert in Figur 7 gezeigt) sich bei dem Auslaßstutzen des Behälters 1 befindet oder sich etwas in die Leitung 16 hineinerstreckt. Bei gegebenen Konstruktionsabmessungen wird diese Bedingung bei einer gegebenen Pumpengeschwindigkeit erfüllt. Die optimalen Bedingungen für die Reaktionskammer 15 sind, wie später erläutert wird, abhängig von der Druckverteilung und dem Durchsatz, und diese Bedingungen sollten für den Durchsatz eingehalten werden, der dem Optimalwirbel zugeordnet ist. Bei geeigneten Abmessungen für die Form und den Querschnitt der Reaktionskammer wie auch geeigneter Anzahl von parallel geschalteten Reaktionskammern kann erreicht werden, daß der Durchsatz, der zu einem Optimalwirbel führt, mit demjenigen für eine optimale Reaktion in den Reaktionskammern übereinstimmt.

Es wird darauf hingewiesen, daß eine Turbulenz in der Rezirkulationsströmung des Wassers den Prozeß stören kann; daher sollten plötzliche Querschnittsänderungen vermieden werden. Die Pumpe 14 sollte eines Typs sein, bei welchem ebenfalls keine Turbulenz erzeugt wird. Dieses Kriterium wird von konventionellen Rotationspumpen und perestaltischen Pumpen erfüllt. In dem Gasweg zwischen der Glocke 10, die mit Sauerstoff gefüllt ist, und dem Behälter 1 ist ein Kondensator 31 eingefügt. Dieser kann ein Behälter sein, durch welchen ein Teil der Gasleitung hindurchgeführt und in welchem ein Kühlmedium, beispielsweise Eis vorhanden ist, von welchem die Wand der Leitung heruntergekühlt wird, so daß Dampf, der sich aus der unvermeidlichen Verdampfung von mit dem Gas in Kontakt stehenden Wasser ergibt, kondensiert wird. Durch die Anwendung des Kondensators 31 wird der in dem geschlossenen Raum oberhalb der Wasseroberfläche herrschende Sauerstoff-Partialdruck stabilisiert, der andernfalls aufgrund einer immer mehr ansteigenden Dampfmenge sinken würde. Dies ergibt sich daraus, daß die Summe der Partialdrücke von Sauerstoff und Dampf stets gleich dem Atmosphärendruck ist.

Eine wesentlich wirksamere Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung ist in Figur 10 gezeigt. In dieser Ausführungsform wird ein zylindrischer Behälter 34 angewendet, welcher einen abgedichteten Deckel mit fünf durch diesen hindurchragenden Rohren aufweist. Der Behälter ist mit Wasser gefüllt; in der beispielgebenden Ausführungsform ist der in der Zeichnung dargestellte Behälter mit vier Litern Wasser gefüllt. Von den fünf Rohren, die durch den Deckel ragen, taucht das zweite Rohr von links tief in das Wasser ein und sein Außenende ist über eine Leitung an den Einlaß der Zirkulationspumpe 14 angeschlossen, die wie bei den anderen Ausführungsformen ausgebildet ist. Die Auslaßleitung der Pumpe 14 führt zu dem Wassereinlaß einer Wasserstrahlpumpe 35. Der Innenaufbau der Wasserstrahlpumpe 35 ist aus Figur 11 ersichtlich. Die Wasserstrahlpumpe 35 weist einen Auslaß auf, der an den Einlaß einer Reaktionskammer 15 angeschlossen ist, die entsprechend derjenigen aus den Figuren 2 und 3 bei den vorherigen Ausführungsformen gestaltet ist. Ein Diffusor 36 ist an den Auslaßstutzen der Reaktionskammer 15 angeschlossen, um den Strömungsquerschnitt auf den gleichförmigen Querschnitt der für den Rezirkulationsweg verwendeten Leitungen zu vergrößern. Dieser Rezirkulationsweg ist in Figur 10 mit einer dicken Linie dargestellt. Eine Leitung verbindet den Diffusor 36 mit dem vierten Rohr 41, welches sich nur bis zu dem Wasserspiegel erstreckt; Wenn die Pumpe 14 arbeitet, findet eine Wasserzirkulation statt.

Der freie Raum oberhalb des Wasserspiegels in dem Behälter 34 steht über das fünfte Rohr und einen Vierwege-Verteiler 40 mit dem Innenraum der Glocke 10 in Verbindung, die in den Behälter 9 eintaucht. Dies entspricht völlig den oben beschriebenen Ausführungsform und die Verwendung der Glocke 10 und des Behälters 9 liefert die einfachste Anzeige der Sauerstoffaufnahme durch Ablesen der Verlagerung des Wasserspiegels.

Ein zusätzlicher geschlossener Gasrezirkulationsweg ist vorgesehen, der das dritte Rohr 38 enthält, das in den Behälter 34 bis in den Gasraum oberhalb des Wasserspiegels eingeführt ist, und eine Leitung verbindet dieses Rohr mit der Gaspumpe 39 über einen mäanderförmig verlaufenden Abschnitt in einem Kondensator 31, wohingegen die andere Öffnung der Gaspumpe 39 an einen wieder mit dem Innenraum des Behälters verbundenen Anschluß des Verteilers 40 angeschlossen ist. Wenn die Gaspumpe 39 läuft, findet eine Gasrezirkulation statt und Dampf in dem Gas wird wirksam kondensiert. Die Wasserstrahlpumpe 35 weist einen Anschluß zum Ansaugen von Gas auf, der an den vierten Anschluß des Verteilers 40 angeschlossen ist. Das erste Rohr, welches sich durch den Deckel hindurch in das Wasser erstreckt, ist ein Temperaturfühler, der an ein Thermometer 37 angeschlossen ist, von welchem die Temperatur des Wassers gesteuert werden kann. Die Temperaturregelung der aus Figur 10 ersichtlichen Vorrichtung ist in solcher Weise gelöst, daß ein konventioneller Haushaltskühler 32 verwendet wird, in dessen Innenraum der Behälter 34, der Behälter 9 mit der Glocke 10 und auch die Wasserstrahlpumpe 35 und die Reaktionskammer 15 angeordnet sind. Der Kondensator 31 ist ein Behälter, der in dem Gefrierfach 33 des Kühlschranks angeordnet ist, der mit einer Kühlflüssigkeit gefüllt ist, die den mäanderförmigen Gasleitungsabschnitt wirksam herunterkühlen kann, der darin zum Kondensieren von Dampf eingetaucht ist. Die Anwendung des Kühlschranks dient natürlich experimentellen Zwecken; die Temperaturstabilisierung und die Kondensation von Wasser kann auch durch effektivere Mittel

durchgeführt werden. Ein Vorteil in der Anwendung des Kühlstranges 32 liegt darin, daß dessen freier Innenraum mit Sauerstoffgas gefüllt werden kann. Der in diesem Raum vorhandene Sauerstoff kann nicht mit dem geschlossenen Innenraum der Anordnung, in welcher die Flüssigkeit rezirkuliert wird, in Verbindung treten, jedoch wenn Sauerstoffgas rings des Flüssigkeitsverschlusses vorliegt, der von dem Behälter 9 geschaffen wird, findet keinerlei Diffusion durch das Wasser statt und die Qualität der Dichtungen des Behälters 34 und der Leitungen ist nicht mehr zu kritisch, weil Sauerstoffgas sowohl den Innen- als auch den Außenraum füllt. Die Sauerstoffzufuhr erfolgt durch den Flüssigkeitsverschluß 42 aus einer Gasquelle, die in der Zeichnung nicht gezeigt ist.

Die Wasserstrahlpumpe 35 hat die Hauptaufgabe, Sauerstoff in das Wasser in der Form eines feinen Staubes in einer Menge zuzuführen, die in der Reaktionskammer 15 von dem Wasser gebunden werden kann. Die Wasserstrahlpumpe 35 weist ein im wesentlichen zylindrisches Gehäuse 43 auf, das in Figur 11 gezeigt ist und einen inneren Hohlraum begrenzt. Eine Wasserdüse 44 ist in den inneren Hohlraum des Gehäuses 43 eingesetzt und ihr oberes Ende steht mit einem Einlaßstutzen in Verbindung, an welchem die von der Pumpe 14 kommende Leitung angeschlossen werden kann. Ein zylindrischer Raum ist rings der Mantelfläche der Düse ausgebildet und ein radialer Gaseinlaßstutzen 45 ist in die Wand des Gehäuses 43 derart eingesetzt, daß der innere Hohlraum des Stutzens 45 mit dem Raum rings der Düse 44 verbunden ist. Ein lösbarer Bolzen mit einer Zentralbohrung kann in den Hohlraum des Stutzens 45 eingesetzt werden und die Gaszufuhr kann mit Hilfe eines Bolzens mit geeigneter Bohrung eingestellt werden. Das Gehäuse weist vor der Mündung der Düse einen zylindrischen Hohlabschnitt auf, der mit einem Diffusor 46 in Verbindung steht, welcher den Übergang zwischen dem geringeren Querschnitt dieses Zylinderabschnittes und dem größeren Querschnitt des Ausgangsstutzens bildet.

Eine optimale Rezirkulation wird erhalten, wenn der gesamte, in Figur 10 mit dicker Linie gezeigte Rezirkulationsweg einen gleichförmigen Querschnitt hat. In der beispielgebenden Ausführungsform ist der Durchmesser der Leitungen in diesem Rezirkulationsweg 16mm.

Im Betrieb strömt Wasser durch die Mündung der Düse 44 mit einer höheren Geschwindigkeit aufgrund deren kleineren Querschnitts, was mit einer Abnahme des Druckes einhergeht. Unter diesem Unterdruck wird Gas in und durch den Gaseinlaßstutzen 45 gesaugt und in dem zylindrischen Abschnitt hinter der Mündung der Düse 44 wird Sauerstoff zerstäubt und von dem Wasserstrom aufgenommen.

Im Betrieb sollte die aus Figur 10 ersichtliche Vorrichtung so eingestellt sein, daß die folgenden Überlegungen ihre Rechtfertigung finden.

Das Wasser-Rezirkulationssystem sollte derart gestaltet sein, daß keine Kavitation stattfinden kann. Die Strömung sollte daher kontinuierlich und frei von Turbulenzen sein. Diese Bedingung trifft auch für die Pumpe zu. Die Strömung durch die Pumpe 14 kann durch Einstellen der Drehgeschwindigkeit geändert werden. In der beispielgebenden Ausführungsform wurde eine Rotationspumpe verwendet, welche einen Durchsatz von 2000l/h hatte, wenn die Geschwindigkeit 2500 Upm betrug.

Die Form und Größe der Reaktionskammer 15 sollte denjenigen Durchsatz bestimmen, bei welchem eine Sauerstoffaufnahme stattfindet. Dieser Durchsatz kann durch Änderung der Geschwindigkeit des Motors eingestellt werden.

Das Einstellen des Durchsatzes sollte mit der Prüfung der Eigenschaften der Reaktionskammer 15 allein anfangen. Dies kann durch Verbinden des Einlaß- und des Auslaßstutzens der Reaktionskammer 15 über die Pumpe 14 in einer geschlossenen Schleife und durch Rezirkulieren von Wasser durch diese erfolgen. Das Glasgehäuse der Reaktionskammer 15 wird von einer Ultraviolettlichtquelle durchstrahlt, was zu einer visuellen Feststellung von Bläschenbildung beiträgt. Falls der Durchsatz der Pumpe von einem Minimum aus vergrößert wird, wird eine Durchflußrate erhalten, bei welcher kleine Bläschen auftreten, die rings eines Axialabschnittes der Reaktionskammer im wesentlichen dort gesehen werden können, wo der Querschnitt am kleinsten ist. Figur 12 zeigt den Schnitt durch den zweiten Teil der Reaktionskammer 15 mit dem sich exponential verjüngenden Abschnitt 26, der in eine zylindrische Form übergeht und an welchen ein Diffusor (Element 36 in Figur 10) angeschlossen ist. Figur 13 zeigt die Druckänderungen entlang der Achse der Reaktionskammer. Diese Druckkurve repräsentiert zur gleichen Zeit den Minimaldruck in der betreffenden Halbkammer, da der Druck mit dem radialen Abstand von der Achse aufgrund des Bremseseffektes der Wandreibung zunimmt. Der Durchsatz liegt in der mittleren Zone auf dem Maximum, so daß der Druck dort auf einem Minimum liegt.

Der Druck entlang der Achse nimmt, wie aus Figur 13 ersichtlich, ab und erreicht ein Minimum, welches in dem kurzen zylindrischen Abschnitt aufrechterhalten bleibt, wonach der Druck wieder aufgrund der Zunahme des Querschnittes des Diffusors ansteigt. Im Falle von Wasser einer gegebenen Temperatur existiert ein Druck, bei welchem mit diesem die innere Dampfspannung übereinstimmt, und wenn ein solcher Druck erreicht wird, beginnt das Sieden. Wenn Bläschen entlang der Achse der Zone minimalen Druckes entdeckt werden, die in Figur 12 durch eine kurze dünne Linie dargestellt ist, bedeutet dies, daß der Druck den kritischen Wert erreicht hat, bei welchem das Sieden beginnt. In der Druckkurve aus Figur 13 können wir beobachten, daß der Druck weiter weg in Strömungsrichtung wieder ansteigt, und bei diesem Druckwert sind die Siedebedingungen nicht mehr erfüllt, so daß die strömenden Dampfbläschen kondensiert werden. Der Betrachter kann daher lediglich einen kurzen, schraubenlinienförmigen Abschnitt der Gasphase sehen. Diese Durchflußrate entspricht dem Beginn der Kavitation in der Reaktionskammer 15 und wird im weiteren als kritische Rate bezeichnet.

In dem Verfahren gemäß der Erfindung wird eine Durchflußrate eingestellt, die etwas kleiner als die kritische Rate ist. Die in Figur 10 gezeigte Vorrichtung sollte dann zusammengebaut werden und die freien Räume sollten mit reinem Sauerstoff gefüllt werden. Im Betrieb liefert die Wasserstrahlpumpe 35 Sauerstoff in das Wasser, welches daher eine geringe Menge an Sauerstoff enthält.

In der Reaktionskammer strömt, d. i. sammelt sich das Sauerstoffgas bei dem Druckminimum in dem gleichen Axialabschnitt, wo vorher bei der kritischen Rate Bläschen auftraten. Das Konzentrieren des Gases entlang der Achse wird durch die Drehströmung rings der Achse aufgrund des tangentialen Einlasses in den Reaktionsraum unterstützt. Das Sauerstoffgas nimmt die Form kleiner Bläschen an, deren Größe von der Oberflächenspannung des Wassers, von dem aktuellen Druck und von dem Durchsatz abhängig ist. Diese kleinen Bläschen werden auch mit Dampf gesättigt und während des Vorwärtsströmens wird der Dampf in Gegenwart von Sauerstoffgas kondensiert. Es wird angenommen, daß der Sauerstoff in diesem Abschnitt an das Wasser gebunden wird. Die Energieverhältnisse in diesem Abschnitt unmittelbar hinter der Zone minimalen Druckes stehen in enger Beziehung mit der Oberflächenspannung von Wasser. Von dieser Erscheinung kann der Betrachter eine schwache kurze Linie feiner Bläschen entlang des in Figur 12 angegebenen kritischen Axialabschnittes sehen.

Die Gaszufuhr zu der Wasserstrahlpumpe sollte so eingestellt sein, daß diese schwache Linie kontinuierlich vorhanden ist und möglichst keine anderen Bläschen in dem gesamten System hinter der Reaktionskammer gesehen werden können. Das Vorhandensein von wenigen Bläschen in dem ersten (Einlaß)Raum der Reaktionskammer kann toleriert werden. Falls die Gaszufuhr höher ist, perlt das überschüssige Gas aus der Flüssigkeit heraus.

Es wird darauf hingewiesen, daß der Betrieb der ersten Ausführungsform der Erfindung ähnlich ist; dort wird von der großen Oberfläche des Wirbels eine geringe Gasmenge eingefangen und in das Wasser zugeführt und dieses Gas nimmt an der Reaktion in der Reaktionskammer teil. Bei einer solchen Ausführungsform ist das Einstellen des Durchsatzes einer kritisch, weil der Durchsatz, bei welchem das Optimum für die Reaktion liegt, zur Erzeugung eines geeigneten Wirbels führen sollte, mit welchem die erforderliche Sauerstoffzufuhr sichergestellt werden kann.

Ein typischer Sauerstoffaufnahmetest mit dem in Figur 10 gezeigten Apparat wird nun als Beispiel beschrieben.

Der Behälter 34 wurde mit vier Litern ionenausgetauschtem Wasser (von welchem sowohl Kationen als auch Anionen beseitigt sind) angefüllt, Luft wurde gründlich von dem Raum oberhalb des Wasserspiegels mit Hilfe einer ausreichenden Sauerstoffzufuhr beseitigt, wonach dieser Raum mit Sauerstoff angefüllt war. Der Innenraum des Kühlgerätes 32 wurde ebenfalls mit Sauerstoff gefüllt. Die Umgebungstemperatur betrug 18°C und die Temperatur des Wassers wurde auf 13,2°C eingestellt.

Von dem beim Starten vorliegenden Wasser wurde eine Probe genommen. Die Pumpe 14 wurde eingeschaltet und in einem kurzen Zeitraum begann der Wasserspiegel in der Glocke 10 anzusteigen. Um jede dynamische Wirkung beim Ablesen der Höhendifferenz zu vermeiden, wurde die Pumpe 14 abgeschaltet und das Ablesen der Höhe durchgeführt, wenn sich der Wasserspiegel bereits stabilisiert hatte. Um die Genauigkeit nach jeder Messung der Druckdifferenz zu verbessern, wurde frischer Sauerstoff in das System mit Hilfe eines Ventils in den Verteiler 40 eingeführt, wodurch der Wasserspiegel in der Glocke 10 und in dem Behälter 9 in Übereinstimmung gebracht wurde. Die Höhendifferenz wurde in die Sauerstoffaufnahme in mg/l mit Hilfe einer einfachen Rechnung umgerechnet und die Sauerstoffaufnahmekurve ist in Figur 14 gezeigt. Der gestrichelte Teil der Aufnahmekurve entspricht normaler Sättigung. Die Zeit ist die Istzeit, d. i. der Timer wurde angehalten, wenn die Wasserhöhemessungen durchgeführt wurden. Bei jeder Messung wurden entsprechende Proben genommen.

Es ist aus Figur 14 gut ersichtlich, daß die Sauerstoffaufnahme nicht über 80 mg/l bei dieser Temperatur und im Falle dieses Wassers anstieg. Die Aufnahmezeit ist wesentlich kürzer als im Falle der Ausführungsform, die einen Wirbel zur Sauerstoffaufnahme verwendet. Als die Sättigung erreicht wurde, wurde die Pumpe angehalten und das System wurde während 24 Stunden sich selbst überlassen. Der Wasserspiegel in der Glocke 10 ändert sich in seiner Höhe nicht, was bedeutet, daß das zugeführte Gas in dem Wasser blieb.

Wir haben verschiedene Tests durchgeführt und sämtliche derselben entsprechen demjenigen, dessen Ergebnis in Figur 14 gezeigt ist. Die 80 mg/l Sauerstoff liegen in dem Wasser im gebundenen Zustand vor und diese Konzentration blieb, wenn die Wasseroberfläche der Luft ausgesetzt wurde. Diese Konzentration liegt um das 9- bis 10fache höher als die normale Sättigung von Wasser mit Sauerstoff.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Geschwindigkeit der Sauerstoffaufnahme mit fallender Temperatur ansteigt und der Prozeß sich wesentlich verlangsamt, wenn die Temperatur über etwa 23°C liegt.

Zusätzlich zu der Prüfung der Sauerstoffaufnahme wurde ein Test für eine Luftaufnahme durchgeführt. In diesem Fall wurde der Raum in dem Behälter 34 mit atmosphärischer Luft gefüllt und auch in dem Kühlgerät 32 lag Luft vor. Figur 15 zeigt eine ähnliche Aufnahmekurve, in welcher die vertikale Achse in Gesamtverdrängung ausgedrückt ist. Diejenige Verdrängung, die der normalen Sättigung von Wasser mit Luft zugeordnet ist, lag bei einer Verdrängung von 0,8 cm, und die Aufnahme erreichte den maximalen Wert von 1,9 cm in dreißig Minuten.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Aufnahme mit Leitungswasser intensiver war und die Sättigung bei höheren Verdrängungen stattfand, falls Leitungswasser verwendet wurde. Aufgrund der unbestimmten Zusammensetzung von Leitungswasser kann die Verwendung von ionenausgetauschtem Wasser gerechtfertigt sein.

Nun wird eine Hypothese für das Binden des Sauerstoffs im Wasser gegeben, und die Richtigkeit dieser Hypothese wird durch die Ergebnisse weiterer Messungen demonstriert, die an den Proben durchgeführt wurden, welche in unterschiedlichen Phasen des Prozesses genommen wurden.

In dem sich auf den Stand der Technik beziehenden Teil dieser Beschreibung wurde auf polymere Strukturen von Wasser und auf die Tatsache hingewiesen, daß Moleküle von Wasserstoffbrücken in solchen Strukturen miteinander verbunden werden. Figur 16 ist eine Skizze, in welcher solche Wasserstoffbrücken zwischen vier Wasserstoffmolekülen dargestellt sind.

Eine Wasserstoffbrücke kann nicht zwischen den benachbarten Sauerstoffatomen unterscheiden, mit welchen sie verbunden wird, da das O₂-Gas (falls anwesend) Elektronen in dem Sigma- und in dem Pi-Zustand in gleicher Weise aufweisen kann wie der Sauerstoff, der in Monomerwasser gebunden ist. Es ist daher möglich, daß solche Wasserstoffbrücken in dem mit Sauerstoff angereicherten Wasser erzeugt werden, in welchem die O₂-Moleküle an entsprechende Wasserstoffatome zweier unterschiedlicher Monomerwassermoleküle gebunden sind. Solch eine Struktur ist in Figur 17 gezeigt, nach welcher ein Sauerstoffmolekül, welche eine längliche Form annimmt, über zwei Wasserstoffbrücken an zwei Wassermoleküle gebunden ist. Falls eine solche Bindung möglich ist und diese in dem gemäß der Erfindung hergestellten Wasser anwesend ist, erzeugen die ursprünglichen O₂-Moleküle, von welchem lediglich Dipol-Momente erzeugt wurden, wenn sie zwischen zwei Wasserstoffbrücken gebunden waren, nun zusätzliche Dipol-Momente in dem Wasserpolymer. Die Anwesenheit dieses zusätzlichen Dipolmomentes muß die dielektrische Konstante dieses Wasser ändern (erhöhen).

Um diese Hypothese zu erhärten, wurde an den Proben eine Messung der dielektrischen Konstante durchgeführt. In den Figuren 18 und 19 ist die Meßanordnung dargestellt, die zur Bestimmung der dielektrischen Konstante verwendet wurde. Eine Pipette 50 mit einem inneren Hohlraum wurde zum Nehmen von Wasserproben verwendet. Entlang der Achse des inneren Hohlraumes wurde eine Grafitstange 51 angeordnet, von welcher eine Elektrode gebildet wurde. Die zylindrische Außenfläche der Glaswand der Pipette war mit einer elektrisch leitenden Schicht 52 bedeckt und im Abstand rings dieser Schicht war ein Abschirmzylinder 53 angeordnet. Eine Meßkapazität wurde zwischen der geerdeten Stange 51 und dem Zylinder 52 ausgebildet, welche parallel zu der Kapazität C₀ zwischen der geerdeten Abschirmung 53 und dem Zylinder 52 geschaltet war. Die Kapazität der Wasserprobe C_x wurde in Reihe mit einer konstanten Kapazität C_s geschaltet, die von dem Glasmaterial zwischen dem Wasser und dem Zylinder dargestellt war. Eine Ersatzschaltung mit diesen drei Kapazitäten ist aus Figur 19 ersichtlich. Die resultierende Kapazität war parallel zu der Induktivität 57 zur Ausbildung eines Resonanzkreises geschaltet und eine Spule 56 war induktiv mit der Induktivität mit loser Kopplung gekoppelt. Ein Signalgenerator 55, der sehr genaue und stabile Sinussignale

variabler Frequenz lieferte, wurde zur Lieferung der horizontalen Ablenkung eines Oszilloskopes 58 wie auch zum Erregen des Resonanzkreises verwendet. Die vertikale Ablenkung des Oszilloskopes 58 wurde von dem Resonanzkreis angetrieben. Die unbekannte Dielektrizitätskonstante war in der Kapazität C_x enthalten und die relativen Änderungen der Kapazität C_x konnten als Funktion der Resonanzfrequenzen ausgedrückt werden. Bei der Messung wurde die Frequenz des Generators 55 auf einen Wert gesetzt, bei welchem eine stehende Lissajous-Kurve einer vorbestimmten Phase auf dem Oszilloskop gesehen wurde, wenn zuerst das ionenausgetauschte Ausgangswasser in die Pipette 50 eingeführt war. Dann wurde die Probe aus mit Sauerstoff angereichertem Wasser in die Pipette eingebracht und die gleiche Resonanz- und Phasenbedingung wurde erneut eingestellt. Die beiden Frequenzwerte dienten als Basis zur Berechnung der relativen Dielektrizitätskonstanten der Probe. Wenngleich die verfügbare Versuchsausrüstung nicht optimal war, lag der Fehler der Messung der Dielektrizitätskonstante jedenfalls unter 10% und im Mittel unter 5%.

Figur 20 zeigt zwei unterschiedliche Versuchsreihen mit Proben des gleichen Wassers. Es lag eine Verzögerung von 2 Tagen zwischen den beiden Messungen, die die relative Änderung der Dielektrizitätskonstanten als Funktion des Sauerstoffanteils im Wasser zeigten. Das Diagramm zeigt, daß ein wesentlicher Anstieg der Dielektrizitätskonstanten als Funktion des in dem Wasser anwesenden Sauerstoffes beobachtet werden kann. Einerseits wird durch dieses Ergebnis die oben angeführte Hypothese unterstützt und andererseits werden überraschend hohe (andernfalls nicht erzielbare) Dielektrizitätskonstanten erhalten. Die relative Änderung der Dielektrizitätskonstanten scheint linear mit dem Sauerstoffanteil zu variieren. Die beiden Versuche haben ähnliche Ergebnisse, so daß in zwei Tagen keine Strukturänderungen der Probe vorlagen, die Stabilität zeigte.

Im Fall der Luftaufnahme-Messungen wurden Zwischenproben nicht genommen; die Dielektrizitätskonstante des am Ende des Prozesses erhaltenen Wassers lag um 83% höher als bei dem Ausgangswasser. Dies ist ein deutlicherer Anstieg als im Falle reinen Sauerstoffs und macht es wahrscheinlich, daß der in Luft vorherrschende Stickstoff ebenfalls an Wassermoleküle gebunden wurde.

Im folgenden werden weitere Testergebnisse dargelegt, von denen die oben angeführte Hypothese gestützt wird.

Eine Wasserprobe, die mit der Vorrichtung aus Figur 1 mit Sauerstoff angereichert wurde, wurde mit der Elektronenspin-Resonanztechnik geprüft. Es ist bekannt, daß das O_2 -Molekül einen unkompensierten Elektronenspin hat, so daß es eines der am meisten paramagnetischen Gase (oder Flüssigkeiten unter ihrer kritischen Temperatur) bildet. Die Sauerstoffverbindungen jedoch, die Wasser enthalten, sind diamagnetisch und für diese Regel gibt es nur wenige Ausnahmen.

Die Elektronenspin-Resonanzmessungen nach dem Stande der Technik sind geeignet für die Abtastung von paramagnetischer Resonanz durch Absorption, falls die Mindestanzahl unkompensierter Elektronen (die keine Paare haben) in der Probe 10^{10} betragen. Mit einer solchen Empfindlichkeit kann gelöster Sauerstoff, anwesend in Wasser bei Sättigung bei atmosphärischem Druck und bei Raumtemperatur, etwa 8 bis 9 mg/l, nicht entdeckt werden, da bei einer solchen Menge gelösten Sauerstoffes die Anzahl von unkompensierten Elektronen etwas kleiner als die Schwellenwertempfindlichkeit ist. Wenn diese Empfindlichkeit berücksichtigt wird und angenommen wird, daß Sauerstoff in dem mit Sauerstoff angereicherten Wasser, das gemäß der Erfindung hergestellt ist, in freien (gelöstem oder ungebundenen) Zustand in einer Konzentration weit über der Normalsättigung vorhanden ist, dann würde durch diese Konzentration eine solche Anzahl unkompensierter Elektronen erzeugt werden, welche gut entdeckt werden kann, d. i. in dem Diagramm von ESR-Messung deutlich sichtbar ist.

Die Messung wurde mit dem Gerät ESR 200 (ostdeutscher Typ) durchgeführt. Eine Probe wurde verwendet, welche mit der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung unter Verwendung von Leitungswasser, welches in Zürich verfügbar war, behandelt wurde und die Sauerstoffaufnahmekurve des Wassers, aus welchem die Probe genommen wurde, folgte der Kurve aus Figur 8. Es wurde erwartet, daß das Maximum der Absorption des paramagnetischen Resonanzspeaks des gelösten Sauerstoffes in dem Abschnitt zwischen der 4. und 5. vertikalen Markierungslinie an der horizontalen Achse fallen würde. Die aktuelle Kurve zeigte jedoch selbst bei maximaler Empfindlichkeit keine deutliche Identifikation, sondern lediglich ein Hintergrundgeräusch.

Diese Messung erhärtet, daß die Probe des mit Sauerstoff angereicherten Wassers den Sauerstoff nicht in einem physikalisch gelösten Zustand enthält, andernfalls müßte die paramagnetische Resonanz entdeckbar sein. Dies ist ein indirekter Beweis, daß der Überschusssauerstoff einen gebundenen Zustand einnimmt, in welchem die Spins kompensiert sind. Mit anderen Worten schließen die ESR-Messungen aus, daß der Überschusssauerstoff in bloß gelöstem Zustand (d. i. in der Gasphase) anwesend sein kann. Im Hinblick auf die Tatsache, daß eine chemische Bindung nicht für die Anwesenheit von Überschusssauerstoff verantwortlich sein kann, weil in dem Wasser keine Chemikalie vorhanden war, sollte angenommen werden, daß dieser Sauerstoff durch schwache Wechselwirkungskräfte (Wasserstoffbrücken) gehalten wird, wodurch eine weitere Stütze für die oben angeführte Hypothese gefunden ist.

Falls diese Hypothese richtig ist, dann muß das mit Sauerstoff angereicherte Wasser bei irgendeiner gegebenen Temperatur einen höheren Strukturgrad als normales Wasser haben, d. i. die Parameter von mit Sauerstoff angereichertem Wasser müssen denen normalen Wassers bei niedrigeren Temperaturen entsprechen, bei welchen Wasser strukturierter wird.

Von dem mit Sauerstoff angereicherten Wasser, welches für die ESR-Messungen verwendet wurde, wurden weitere Proben genommen und eine Anzahl ihrer physikalischen Parameter wurden gemessen. Bevor über die Ergebnisse dieser Messungen berichtet wird, sind es die erwarteten Änderungen wert, im Voraus analysiert zu werden. Es wird wiederum angenommen, daß der Sauerstoff in dem Wasser in einem physikalisch gelösten Zustand anwesend ist.

Das Molekulargewicht von Wasser ist ungefähr 18, da jedes Molekül ein Sauerstoffatom mit einem Atomgewicht von 16 und zwei Wasserstoffatome mit jeweils einem Atomgewicht von 1 aufweist. Hieraus erfolgt, daß die Menge an Sauerstoffmasse in Wasser $16/18$ beträgt. Wenn wir annehmen, daß 1 Liter Wasser eine Masse von 1 kg hat, dann beträgt die Sauerstoffmasse 188,8 Gramm. Wenn wir annehmen, daß die Sauerstoffmenge 240 mg/l beträgt, dann kann der relative Anstieg der Sauerstoffmasse als $0,24/188,8 = 2,7 \times 10^{-4}$ ausgedrückt werden, was so wenig wie ungefähr drei Zehntausendstel ist. Aus diesem Verhältnis

können die erwarteten Änderungen in der Dichte, der Oberflächenspannung, der Viskosität, der Gasspannung und der optischen Brechung im Vergleich zu denjenigen normalen Wassers, welches bei gleicher Temperatur gemessen wurde, zu etwa $2,7 \times 10^{-4}$ angenommen werden, falls eine lineare Beziehung zwischen dem Anstieg des Sauerstoffanteils und diesen Parametern angenommen wird. Es kann sein, daß diese Annahme nicht korrekt ist, jedoch wurde sie als grober Schätzwert hergenommen, um Vergleiche zu unterstützen. Der Ausdruck „normales Wasser“ bezieht sich auf doppelt destilliertes Wasser, welches während der Messungen zum Vergleich verwendet wurde.

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengefaßt.

Tabelle 2

Gemessener Parameter	Anzahl Kontroll-Wasser	Oxygenwasser relativ zur Kontrolle	Wahrscheinlichkeit
Dichte	6 ± ,0001	1,0002 ± ,0002	8 %
Oberflächen-spannung	20 ± ,01	1,03 ± ,01	1 %
Viskosität	20 ± ,003	1,010 ± ,003	1 %
Gasspannung	3 ± ,6	1,4 ± ,2	20 %
optische Brechung	20 ± ,0005	1,0012 ± ,0006	1 %

Gemessener Parameter	Temperatur	Oxygenwasser	Dimension
Dichte	21,2	,99795	g/ml
Oberflächen-spannung	22,0	74,43	din/cm
Viskosität	21,5	,9788	Centipoise
Gasspannung	22,6	20,65	Hgmm
optische Brechung	21,1	1,3331	ca. 589 m/u

Die erste Spalte bezieht sich auf die Anzahl von Wiederholungen der jeweiligen Messung. Die Spalte, die mit „Kontrollwasser“ bezeichnet ist, gibt die Genauigkeit der Messung mit dem Kontrollwasser. Der Messungsmittelwert wurde zu 1 gesetzt und die Spalte „Oxygenwasser“ enthält den Relativwert des Mittelwertes der Messungen, verglichen mit dem Kontrollwert und der zugeordneten Genauigkeit. Die letzte Spalte zeigt die Wahrscheinlichkeit p , erhalten durch den „t“-Test. Falls p kleiner als 5% ist, kann das Ergebnis als annehmbar, d. i. genügend bezeichnend betrachtet werden. Falls p kleiner als 2,5% ist, ist das Ergebnis sehr bezeichnend d. i. das Ergebnis kann als sicheres Ergebnis angenommen werden. Das Ergebnis des „t“-Tests, d. i. der Wert der Wahrscheinlichkeit p , ist im hohen Maße abhängig von der Anzahl von Wiederholungen. Wenn nur eine geringe Anzahl von Messungen durchgeführt wurden, kann der Wert von p bei 20% oder höher liegen, und dies braucht nicht stets zu bedeuten, daß die Zuverlässigkeit des Ergebnisses gering ist.

Der zweite Teil der Tabelle gibt die Mittelwerte der Messungen der jeweiligen Parameter bei dem mit Sauerstoff angereicherten Wasser, ausgedrückt in der in der letzten Spalte angegebenen Dimension. Die Temperaturwerte waren ebenfalls gegeben. Aus den in Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen kann gesagt werden, daß die Oberflächenspannung, die Viskosität und die optische Brechung des mit Sauerstoff angereicherten Wassers definitiv sind, wohingegen dessen Dichte und Gasspannung vermutlich höher als zugeordnete Werte des Kontrollwassers sind.

In Tabelle 3 werden die Änderungen der Meßwerte mit der erwarteten Änderung von $2,7 \times 10^{-4}$ verglichen.

Tabelle 3

Oberflächenspannung: 111mal höher als erwartet; sehr bezeichnend

Viskosität: 37mal höher als erwartet, sehr bezeichnend

Gasspannung: 1481mal höher als erwartet, nicht bezeichnend

optische Brechung: 4,44mal höher als erwartet; sehr bezeichnend

Die Dichteänderung war etwas kleiner als erwartet, die Messung war nicht bezeichnend und es besteht ein Problem darin, daß die Dichteänderung nicht vorhergesagt werden kann, weil sie im starken Maße von der Hydratation der anorganischen Ionen abhängig ist.

Aus Tabelle 3 folgt, daß die Änderungen der gemessenen physikalischen Parameter viel höher als der erwartete Wert waren, der gerechtfertigt sein würde bei Berücksichtigung des Anteils von 240 mg/l Sauerstoff. Die Bedeutung der Änderungen entspricht Werten, die in dem Kontrollwasser gemessen werden können, wenn dessen Temperatur sehr viel niedriger ist. Die physikalischen Messungen haben erneut die oben beschriebene Hypothese erhärtet, weil die Probe einer gegebenen Temperatur sich so verhält, als wäre sie mehr strukturiert (oder kühler) als normales Wasser.

Die Dielektrizitätskonstante der Probe wurde mit einer Pipette bestimmt, die weniger empfindlich war als diejenige, die in Figur 18 gezeigt ist, und ein relativer Anstieg von etwa 25% wurde ermittelt. Es wird darauf hingewiesen, daß die Probe wegen der Anwesenheit verschiedener anorganischer Ionen in dem ursprünglichen Leitungswasser etwas leitfähig war. Die Leitfähigkeit übt einen Einfluß auf die Messung der Dielektrizitätskonstanten in der Anordnung aus, die in Figur 19 gezeigt ist, so daß der 25%-Wert eher ein Hinweis auf die ansteigende Tendenz der Dielektrizitätskonstanten als ein genauer Wert ist.

Die Versuche über die hier berichtet wird, bezogen sich auf Sauerstoff oder Luft. Das Verfahren gemäß der Erfindung ist auch nützlich, wenn Kohlendioxyd zu Wasser in einer über dem Gleichgewicht liegenden Menge zugeführt wird. Ein Versuch zum Einführen von Kohlendioxyd in Ionen ausgetauschtes Wasser wurde mit dem in Figur 9 gezeigten Apparat durchgeführt, wobei drei parallele Reaktionskammern 15a, 15b und 15c verwendet wurden. Wegen gewisser Beschränkungen wurden der Kondensator 31 und der Kühler 30 nicht verwendet.

Die Geschwindigkeit des Motors mußte wesentlich herabgesetzt werden, auf etwa einen Durchsatz von 750l/h gegenüber dem ursprünglichen Wert von 3000l/h, weil mit der für die Sauerstoff- oder Luftaufnahme verwendeten Geschwindigkeit eine starke Bläschenbildung und eine Schaumbildung stattfand. Tabelle 4 faßt die Kohlendioxyd-Aufnahme zusammen.

Tabelle 4

aktive Zeit	Summe der aktiven Zeit	passive Zeit	Verdrängung	Summe Verdrängung	Konzentration
18 s	,3 min		18	18	
23 s	,68 min		17,5	35,5	544,3
38 s	1,316 min		17,0	52,5	804,95
3 min 14 s	4,549 min		15,0	67,5	1034,94
10 min	14,549 min		1,0	68,5	1050,27
		15 h	10,0	78,5	1203,6
		6 h	2,7	81,2	1244,99
9 min	23,549 min		3,7	84,9	1301,72
7 min	30,549 min		,8	85,7	1313,99
7 min	37,549 min		,5	86,2	1321,66
		14 h	10,2	96,4	1478,05
10 min	47,549		5	101,4	1554,71

In dieser Tabelle wird mit der aktiven Zeit diejenige Zeitdauer bezeichnet, während welcher die Pumpe lief und der Prozeß ablief. Die Verdrängungs-Werte wurden angesetzt, wenn die Pumpe abgeschaltet war, während der passiven Perioden füllte Kohlendioxyd den Raum über dem Wasserspiegel.

Der Versuch wurde durchgeführt, als die Temperatur des Wassers sich zwischen 18,3 und 18,8°C änderte. Bei dieser Temperatur ist die normale Sättigung von Wasser mit Kohlendioxyd 930 c. c./l.

Während der Aufnahme erhöhte sich das Wasservolumen von dem Anfangswert von 8 Litern auf etwa 8,5 Liter. Der Anstieg der Verdrängung während der passiven Perioden kann auf die Tatsache zurückgeführt werden, daß die Wasserdichtung in dem Behälter 9 für Kohlendioxyd weniger wirksam ist und eine Diffusion durch das Wasser hindurch stattfand.

Falls man die partielle Aufnahmemenge während der passiven Perioden abzieht, d. i. einen Gesamtwert von 351,11 c. c./l, dann beträgt die resultierende Kohlendioxyd-Aufnahme 1203,6 cm³/l, was gegenüber der Sättigung bei der gleichen Temperatur eine 129,4% Konzentration ergibt.

Man ist versucht, die Änderung der Dielektrizitätskonstante des mit Kohlendioxyd angereicherten Wassers zu bestimmen. Die in den Figuren 18 und 19 gezeigte Meßanordnung war jedoch zur Erzielung zuverlässiger Ergebnisse ungeeignet, weil durch die Anwesenheit des Kohlendioxyds die Leitfähigkeit der Flüssigkeit vergrößert wurde und der Qualitätsfaktor der Kapazität Cx verkleinert wurde.

Das mit Kohlendioxyd angereicherte Wasser stellt eine stabile Flüssigkeit dar, es schmeckt sauer, ähnlich wie Sodawasser, in welchem eine intensive Bläschenbildung beobachtet werden kann, der Unterschied liegt jedoch darin, daß eine Bläschenbildung überhaupt nicht auftritt. Das Binden von Kohlendioxyd an Wasser findet mit wesentlich niedrigeren Kräften als im Falle von Sauerstoff oder Luft statt; wenn das Wasser geschüttelt oder gerührt wurde, wurde das Gas teilweise oder vollständig abgelöst. Das so erhaltene Wasser verliert einen Teil seines Gasanteils mit der Zeit, d. i. in einigen Tagen. Es wurden Kunststoffsäcke mit Kohlendioxyd angereicherterem Wasser gefüllt und die Säcke wurden luftdicht verschlossen. Nach einigen Tagen waren die Säcke zusammengefallen, als ob sie einem Außendruck ausgesetzt worden wären oder als ob ein innerer Unterdruck vorliegen würde. Dies kann dadurch erklärt werden, daß das spezifische Volumen des Kohlendioxyd enthaltenden Wassers größer als das von Wasser ist, und wenn das Gas sich von dem Wasser löst, das Volumen abnimmt und ein Unterdruck in der Flasche auftritt, wodurch das starke Schrumpfen bewirkt wird.

Die stabile Anwesenheit des gemäß der Erfindung in Wasser eingeführten Gases kann durch verschiedene Wirkungen eines solchen Wassers demonstriert werden.

Mit Ausnahme im Falle von Kohlendioxyd war es nicht möglich durch Mischen, Rühren oder Schlagen den charakteristischen Geschmack des Wassers zu ändern.

In dem folgenden Teil der Beschreibung werden Beispiele verschrieben die verschiedene Anwendungen und Wirkungen des nach dem Verfahren gemäß der Erfindung hergestellten Wassers demonstrieren, welches speziell gebundene Gase, insbesondere Sauerstoff enthält. Der Einfachheit halber wird das gemäß der Erfindung mit Sauerstoff angereicherte Wasser mit „Oxygenwasser“ bezeichnet.

Beispiel 1

Ein alkoholisches Getränk (Brandy) wurde 6 Personen gegeben. Der Alkoholanteil in ihrem Blut wurde eine Stunde nach der Alkoholaufnahme gemessen. Der Mittelwert der gemessenen Alkoholkonzentration betrug 1,3% (variierend zwischen 1,25 und 1,38). Die Konzentration wurde als Quotient des konsumierten reinen Alkohols und des Körpergewichts, multipliziert mit einem Verteilungsfaktor von 0,7 für Männer und 0,6 für Frauen ausgedrückt. In der Schweiz ist dies der Standard zum Ausdrücken der Alkoholkonzentration. Die Fahrtüchtigkeitsgrenze beträgt 0,8% und falls weiter dieser Wert höher als etwa 2 bis 3,5% ist, wird die Person bewußtlos und eine Konzentration über 4% kann tödlich sein.

Nachdem die Proben genommen waren, trank jede Person 1 dl Oxygenwasser, das mit der Vorrichtung aus Figur 1 aus Leitungswasser hergestellt war. Etwa eineinhalb Stunden später wurden erneut Blutproben genommen und die Alkoholkonzentration dieser Blutproben wurde gemessen. Der Mittelwert dieser Meßergebnisse betrug 0,3% Alkoholkonzentration mit sehr geringen Abweichungen unter den Versuchspersonen.

Etwa eine halbe Stunde nach dem Konsum des Oxygenwassers begannen die Personen zu berichten, daß sie sich besser fühlten und die Symptome des Alkoholeinflusses allmählich verschwanden. Zu dem Zeitpunkt, in welchem Blutproben genommen wurden, waren sie alle nüchtern und hatten sich unter voller Kontrolle.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Abnahme der Alkoholkonzentration im Blut gewöhnlich etwa 0,1% pro Stunde beträgt. Wenn dieser gewohnte Wert mit dem Ergebnis dieses Versuchs verglichen wird, in welchem die Abnahme 1% in anderthalb Stunden betrug, ist es ersichtlich, daß die Anwesenheit von 1 dl Oxygenwasser zu einer etwa 7fach höheren Rate des Alkohol-Metabolismus im menschlichen Körper führt.

Beispiel 2

10 Frauen wurden ausgewählt, welche an Candiditis wegen der Anwesenheit von *Candida albicans* litten. Der kranke Bereich befand sich unter der Brust (bei 6 Personen), zwischen den Fingern (bei 3 Personen) und an den Genital- und Analbereichen (bei 3 Personen).

Die kranken Bereiche und ihre Nachbarschaft in einem um zwei cm größeren Radius wurden 2mal am Tag mit Oxygenwasser während einer Dauer von zwei Wochen eingerieben. Keine andere Behandlung wurde angewendet.

Die Patienten berichteten, daß sie etwa nach dem dritten Tag der Behandlung von Schmerzen befreit waren. Die Hautbereiche waren zu dieser Zeit noch nicht geheilt. Die schnellste Heilung wurde unter den Brustbereichen beobachtet. Sie fand etwa ab dem siebten Tag der Behandlung statt, die langsamste Heilung wurde zwischen den Fingern und an den Fingerkuppen beobachtet. In diesen Fällen geschah die Heilung am Ende des zehnten bis zwölften Tages. Hinsichtlich der Genital- und Analbereiche wurde die Heilung nach zehn bis dreizehn Tagen beobachtet.

Alle Patienten wurden eine Woche und danach einen Monat nach der Behandlung untersucht. Bei der Untersuchung nach einer Woche kam es zu einer leichten Rekurrenz bei einem Patienten, welcher zwischen den Fingern behandelt worden war. Der Bereich wurde wieder rot. Die Behandlung wurde während vier weiteren Tagen wiederholt und der Patient wurde geheilt. Bei einer Kontrolle nach einem Monat war der Patient gesund. Bei allen anderen Kontrolluntersuchungen wurde die Heilung der Patienten festgestellt.

Beispiel 3

Sieben männliche Patienten litten an Erfrierungen ersten Grades (*Congelatio cutis*). Die Erfrierungsbereiche befanden sich an den Händen und den Füßen und in einem Fall an den Ohren.

Die Erfrierungsbereiche wurden 3mal am Tag mit sterilisiertem Gewebe behandelt, das vorher mit Oxygenwasser getränkt wurde. Man ließ das Wasser auf den Bereichen trocknen und danach wurden die Wunden mit antiseptischer Gaze abgedeckt. Keine andere Behandlung mit Ausnahme mit Vitaminen wurde angewendet.

Der übermäßige Schmerz begann am zweiten oder dritten Tag der Behandlung nachzulassen und verschwand in weiteren drei bis fünf Tagen vollständig. Die natürliche Farbe der Haut kehrte wieder sehr bald zurück und in allen Fällen war eine vollständige Heilung vor dem zehnten Tag der Behandlung erfolgt.

Beispiel 4

Absorptionswolle wurde auf eine Petrischale gelegt und 50 Luzerne-Samenkörner wurden darauf gesät. Die Absorptionswolle war vollständig mit Oxygenwasser getränkt. Der nasse Zustand der Wolle wurde durch diskrete Zufuhr von Oxygenwasser aufrechterhalten. Nach etwa zwei Tagen, als die Keimrate geprüft wurde, wurde festgestellt, daß 70% der Samenkörner gekeimt hatten. Die Keimrate bei einem Kontrollversuch, bei dem nicht mit Sauerstoff angereichertes, sondern normales Wasser verwendet wurde, betrug 50%. Als Ergebnis wurde festgehalten, daß das Tränken mit Oxygenwasser zu einer 20% höheren Keimrate führte. Als ferner die Wachstumsrate nach etwa fünf Tagen geprüft wurde, betrug das mittlere Wachstum 28mm, verglichen mit einem Mittelwert von 23mm für die Vergleichsgruppe. Unter Berücksichtigung dessen wurde festgestellt, daß Oxygenwasser zur Beschleunigung des Pflanzenwachstums wirksam sein kann.

Beispiel 5

Dieses Beispiel bezieht sich auf die Wirkung von Wasser, dem Kohlendioxyd mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zugeführt wurde. In der Vorrichtung aus den Figuren 1 bis 3 wurde der Zirkulationsprozeß 24 Stunden hindurch aufrechterhalten und der Sauerstoff war gegen Kohlendioxyd ausgetauscht.

Absorptionswolle wurde auf eine Petrischale gelegt und 50 Luzerne-Saatkörner darauf. Die Absorptionswolle war völlig mit dem Kohlendioxyd enthaltenden Wasser getränkt. Der nasse Zustand der Wolle wurde durch diskrete Zufuhr von Kohlendioxyd enthaltendem Wasser aufrechterhalten. Nach etwa zwei Tagen, als die Keimrate geprüft wurde, wurde festgestellt, daß 50% der Saatkörner gekeimt hatten, was sich von der Rate von 50% mit normalem Wasser nicht unterscheidet als die Wachstumsrate nach etwa fünf Tagen geprüft wurde, war die mittlere Wuchslänge 25mm verglichen mit einer mittleren Wuchslänge von 21mm für die Vergleichsgruppe mit normalem Wasser unter den gleichen Bedingungen. Diese Ergebnisse führten zu der Erkenntnis, daß nach der Erfindung hergestelltes Kohlendioxyd enthaltendes Wasser auch zur Begünstigung des Pflanzenwachstums wirksam sein kann. Die oben angeführten Beispiele können demonstrieren, daß das Wasser, welches eine übermäßige Menge von Gasen in gebundenem Zustand enthält, insbesondere Sauerstoff, Luft und Kohlendioxyd, sehr zahlreiche unterschiedliche Anwendungsgebiete hat und die Ergebnisse in diesen Anwendungsgebieten sind überraschend signifikant. Es können natürlich sehr viel mehr Anwendungsgebiete und zahlreiche nützliche Wirkungen vorhanden sein.

Im Zusammenhang mit einer solchen direkten Anwendung mag sich die Frage ergeben, ob eine Überdosierung mit Oxygenwasser möglich ist. Im menschlichen Organismus existiert ein Regulationssystem, welches verhindert, daß Hämoglobin mehr Sauerstoff aufnehmen kann als erforderlich, selbst wenn Sauerstoff durch die intestinale Membran im Überschuß zugeführt wird. Übermäßiger Sauerstoff kann nur schädlich sein, wenn er durch die Lungen eingeatmet wird.

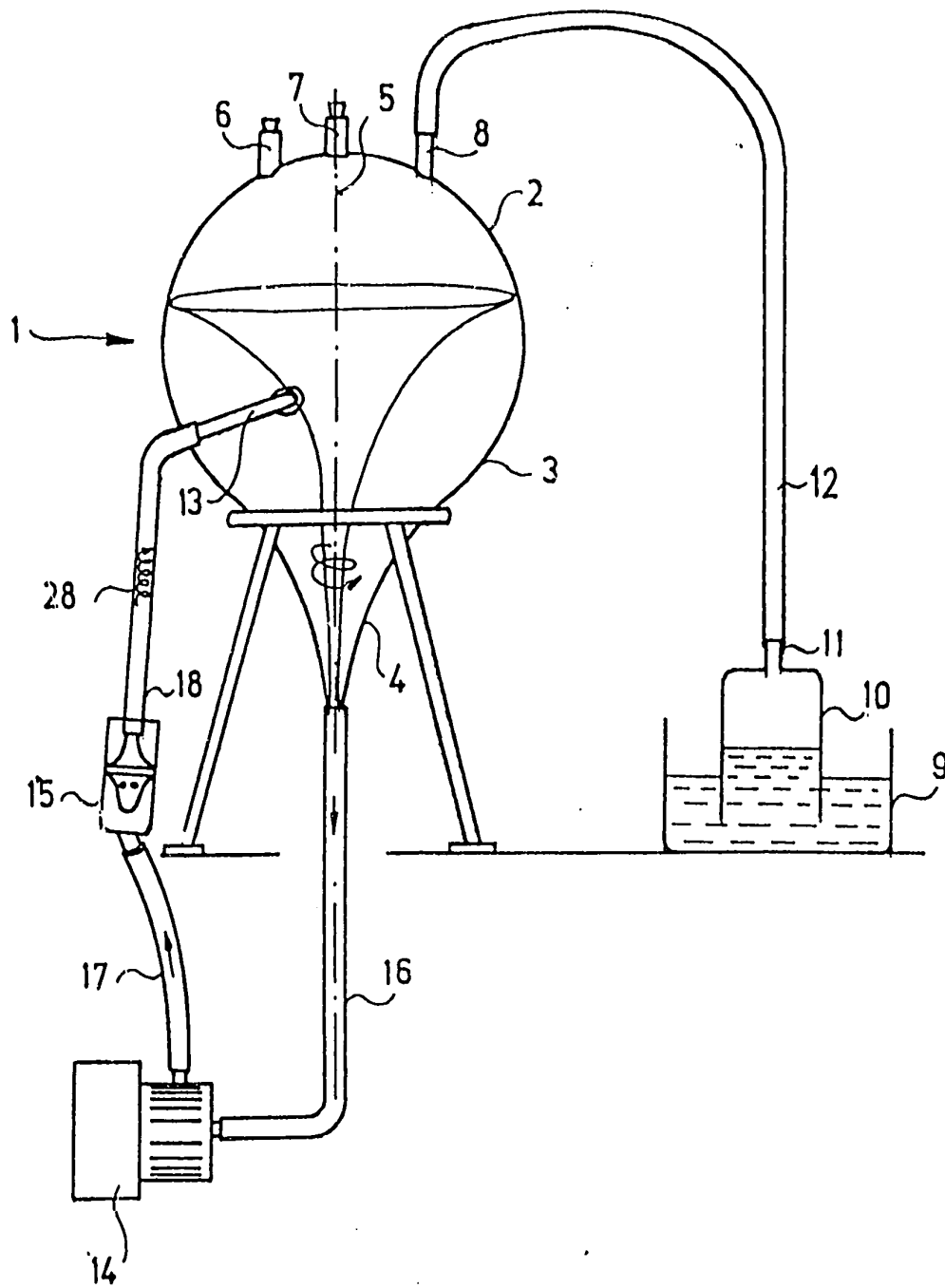


Fig.1

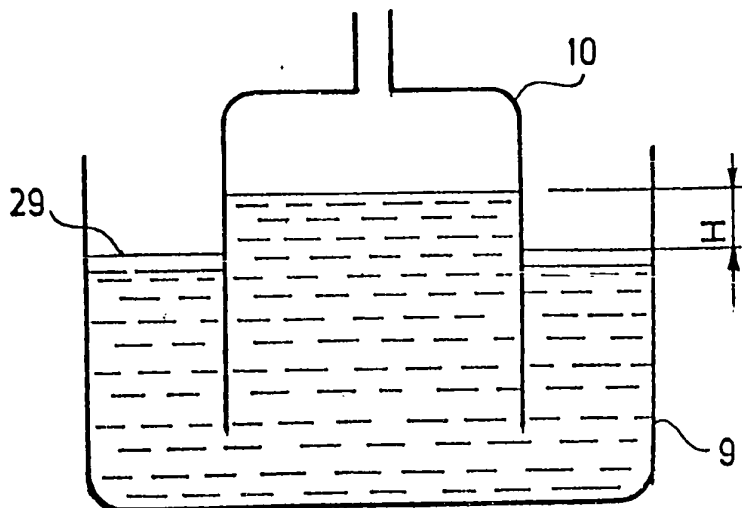


Fig. 4

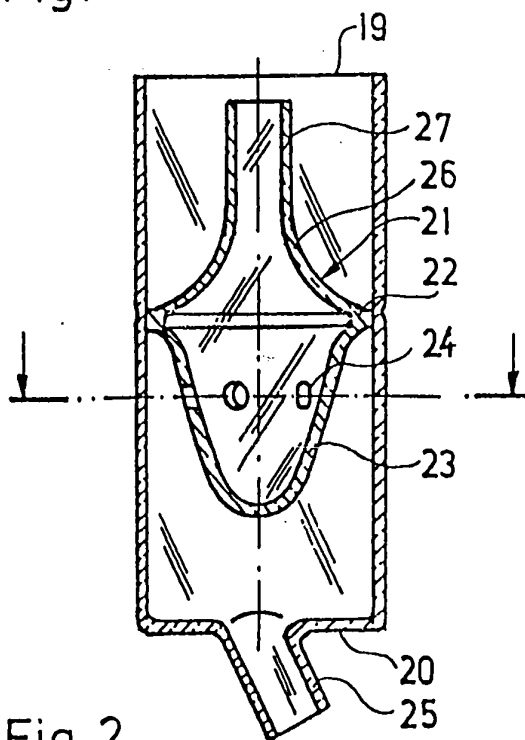


Fig. 2

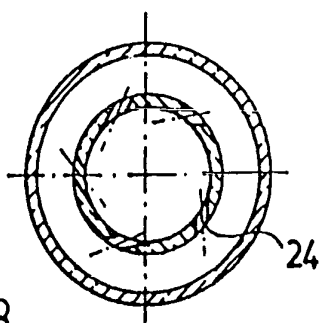


Fig. 3

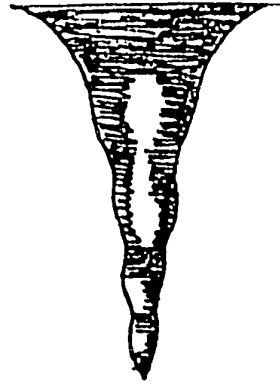


Fig. 5

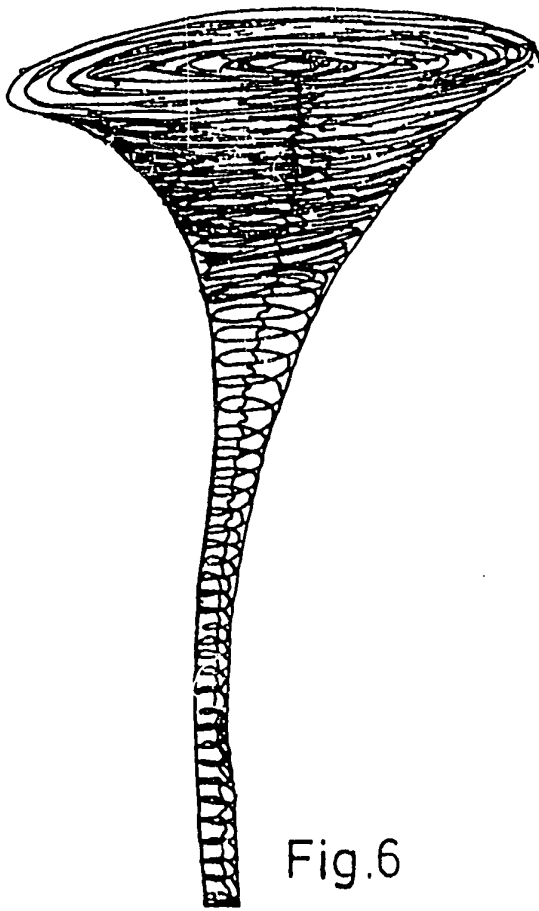


Fig. 6

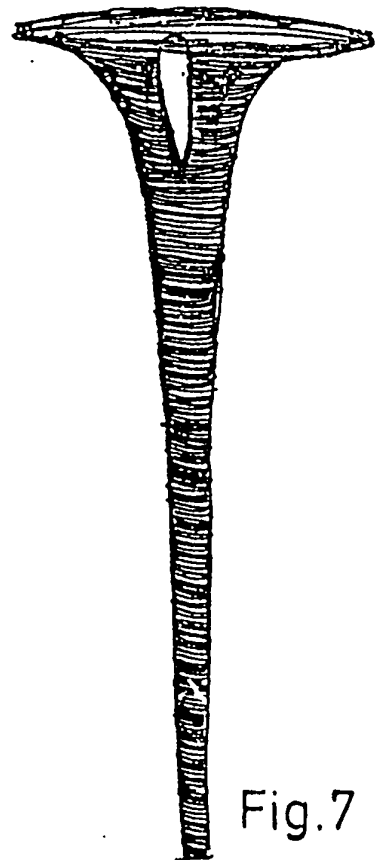


Fig. 7

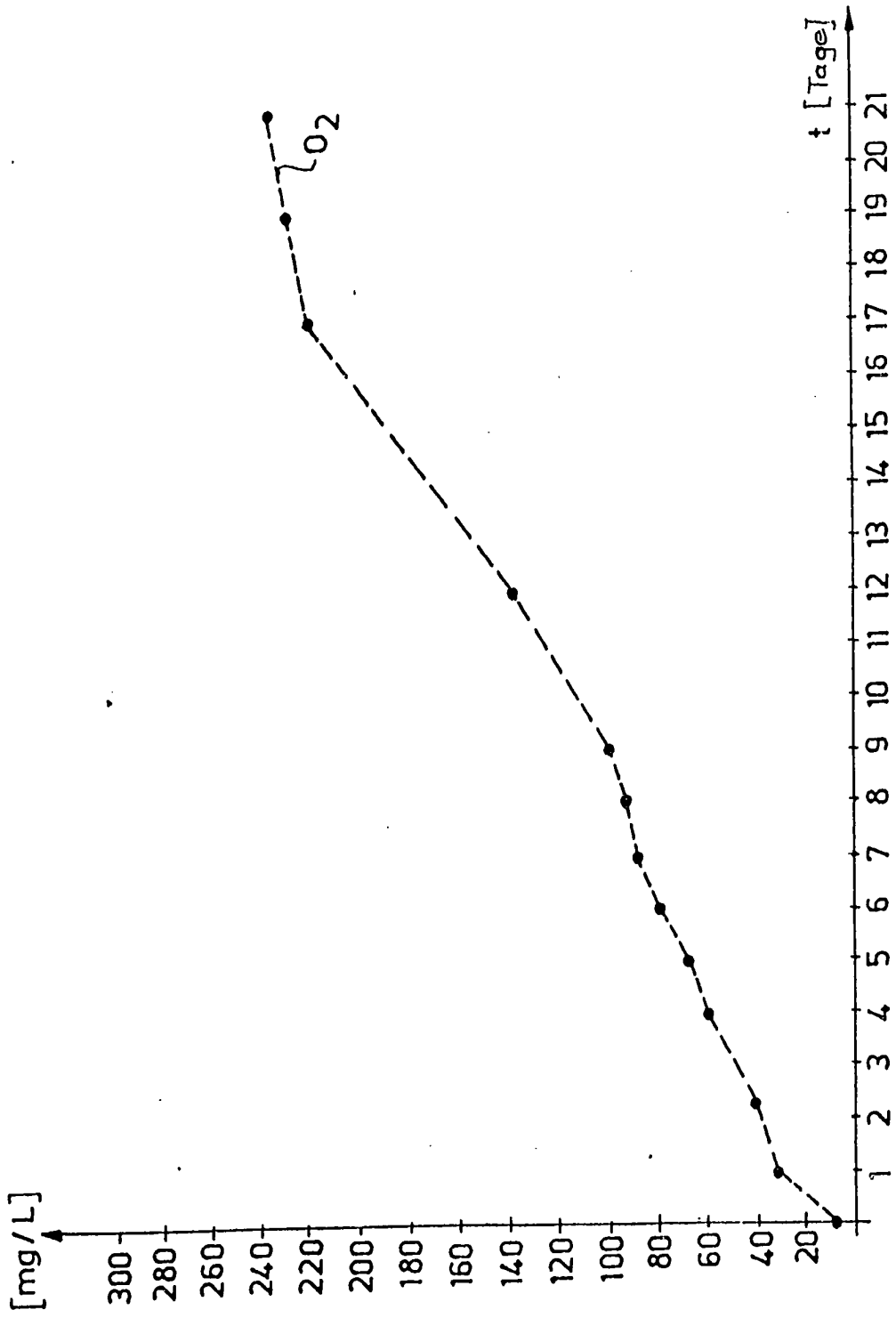


Fig. 8

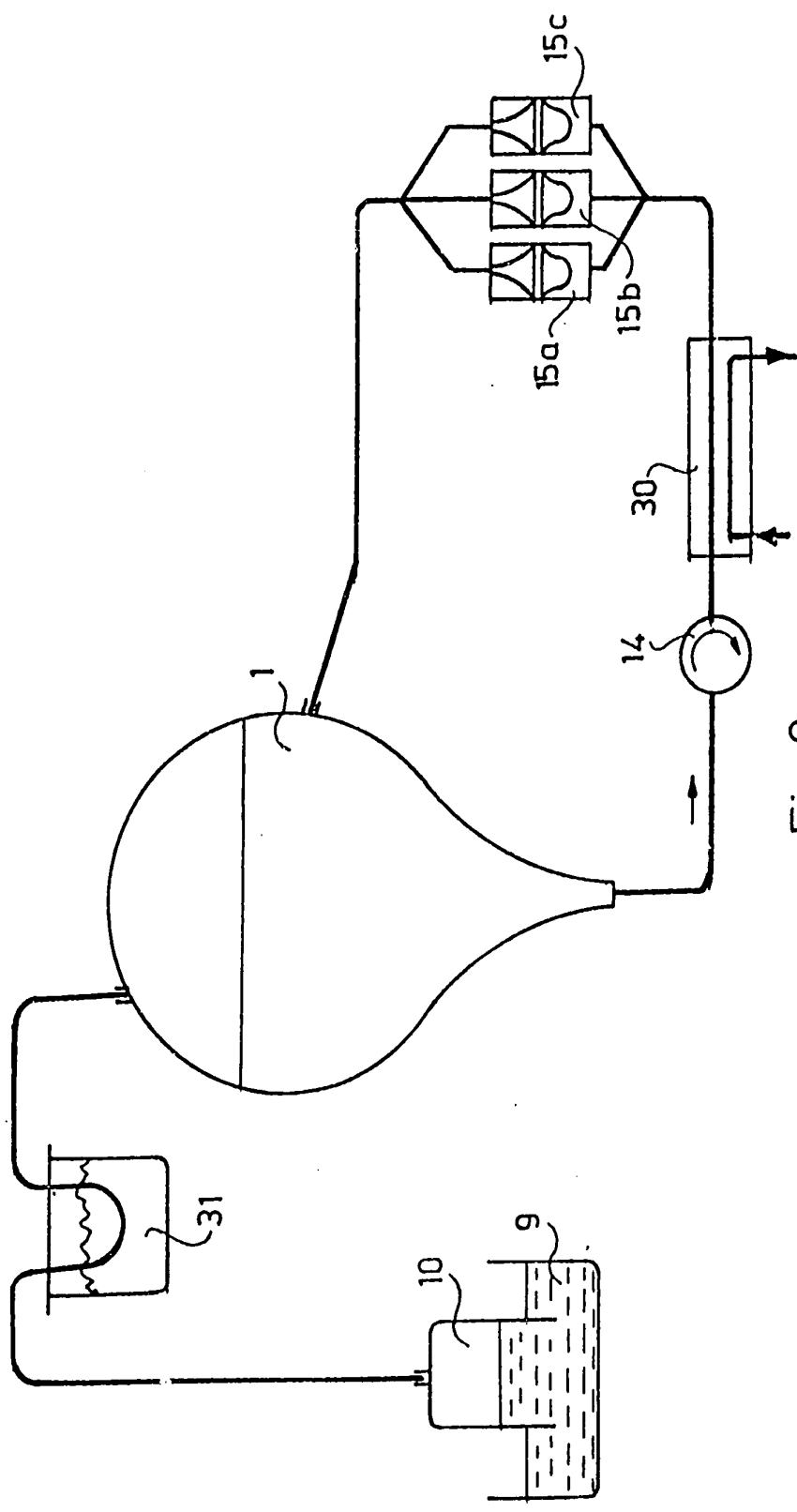


Fig. 9

12

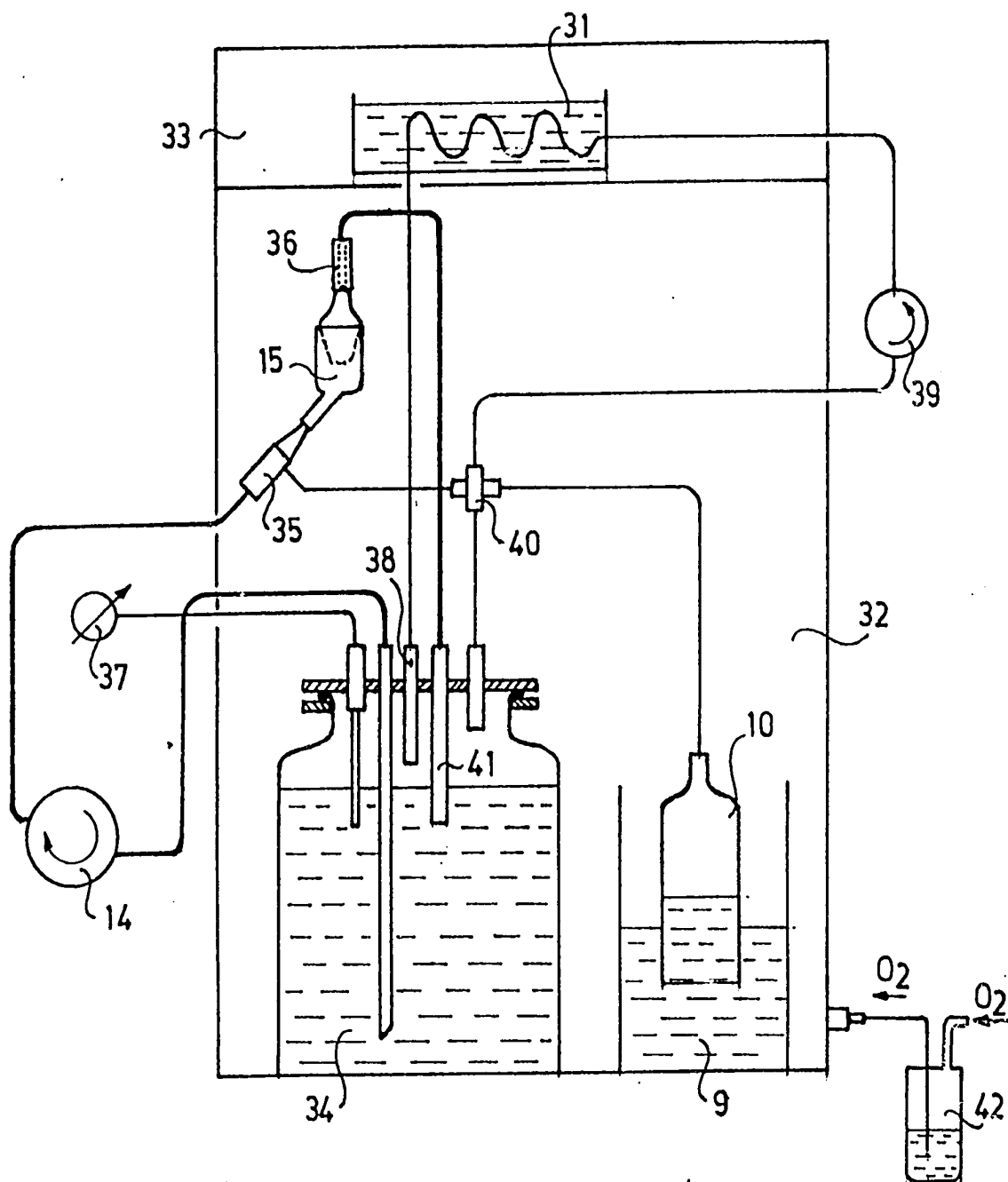


Fig. 10

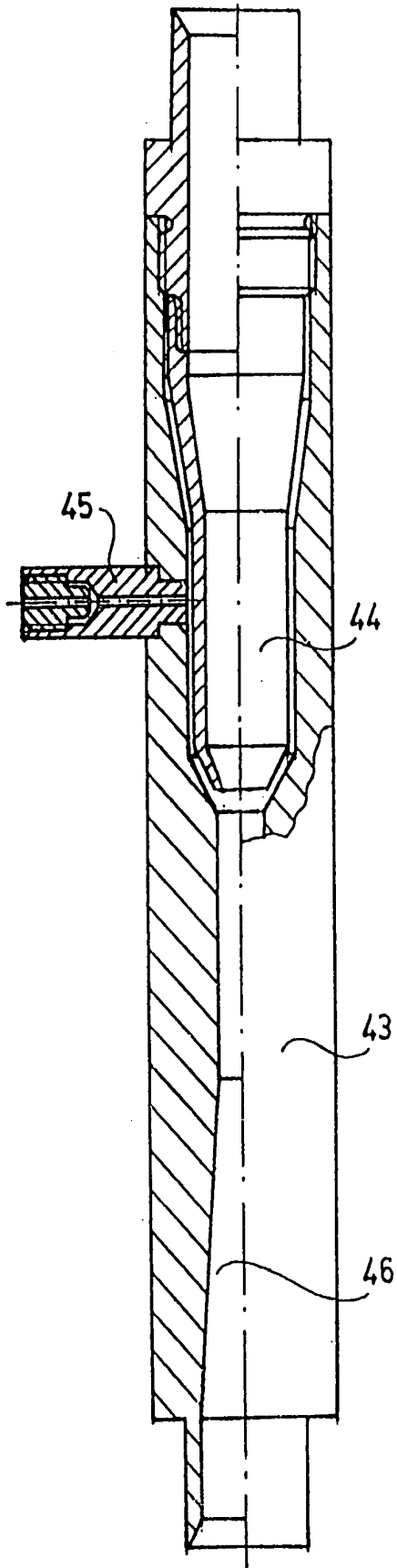


Fig.11

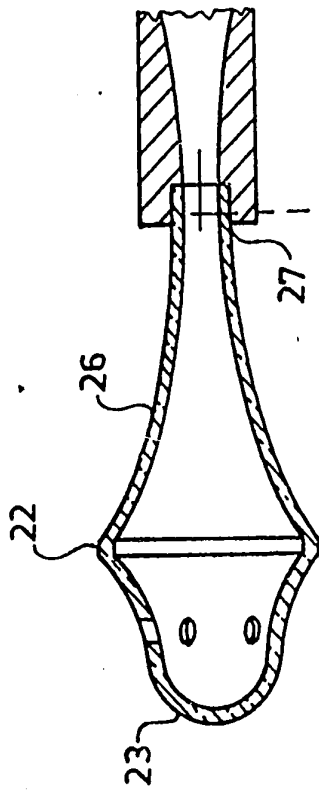


Fig.12

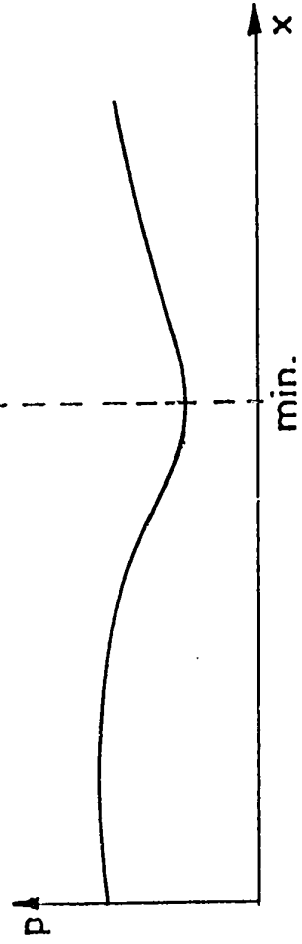


Fig.13

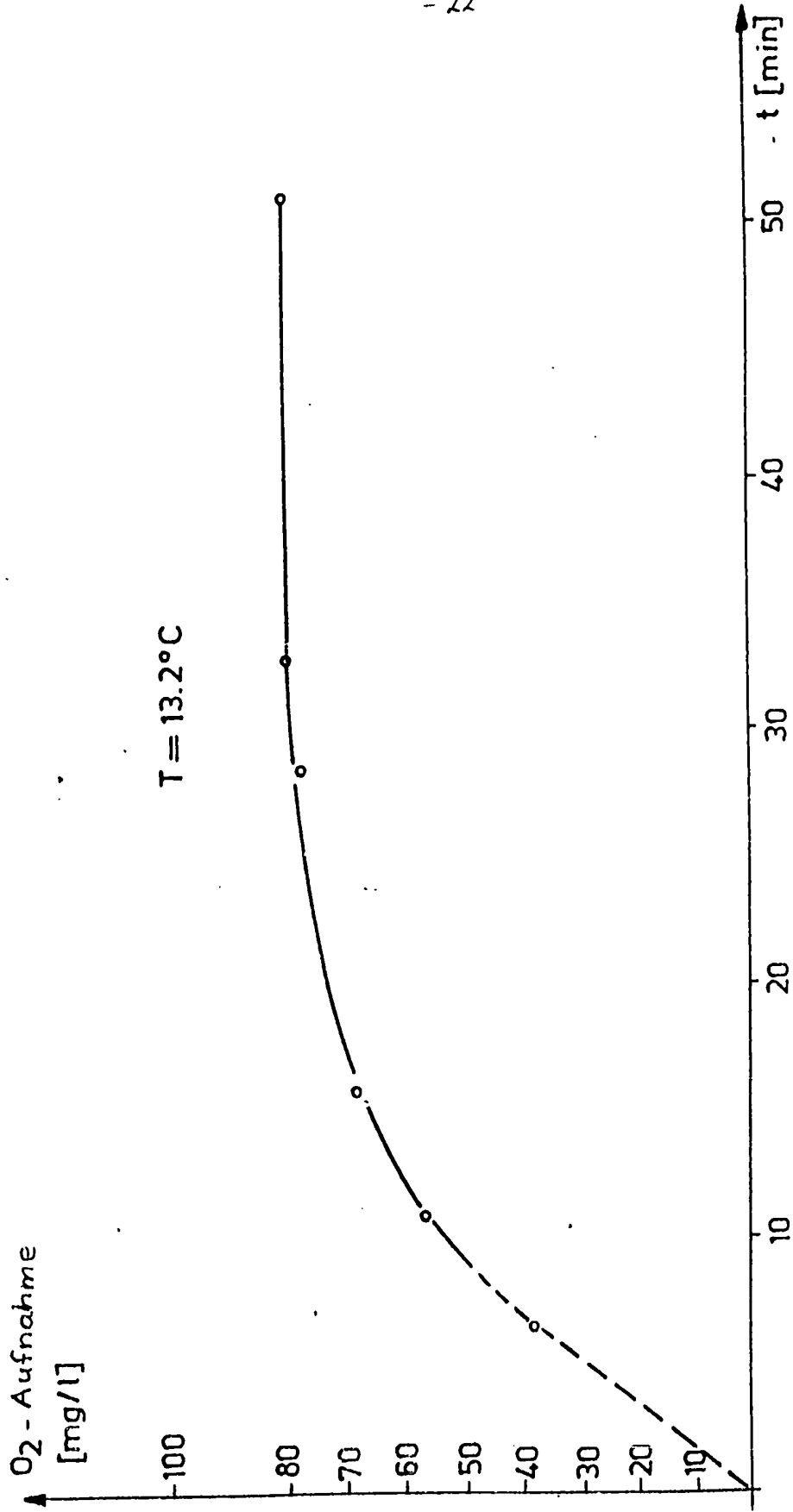


Fig.14

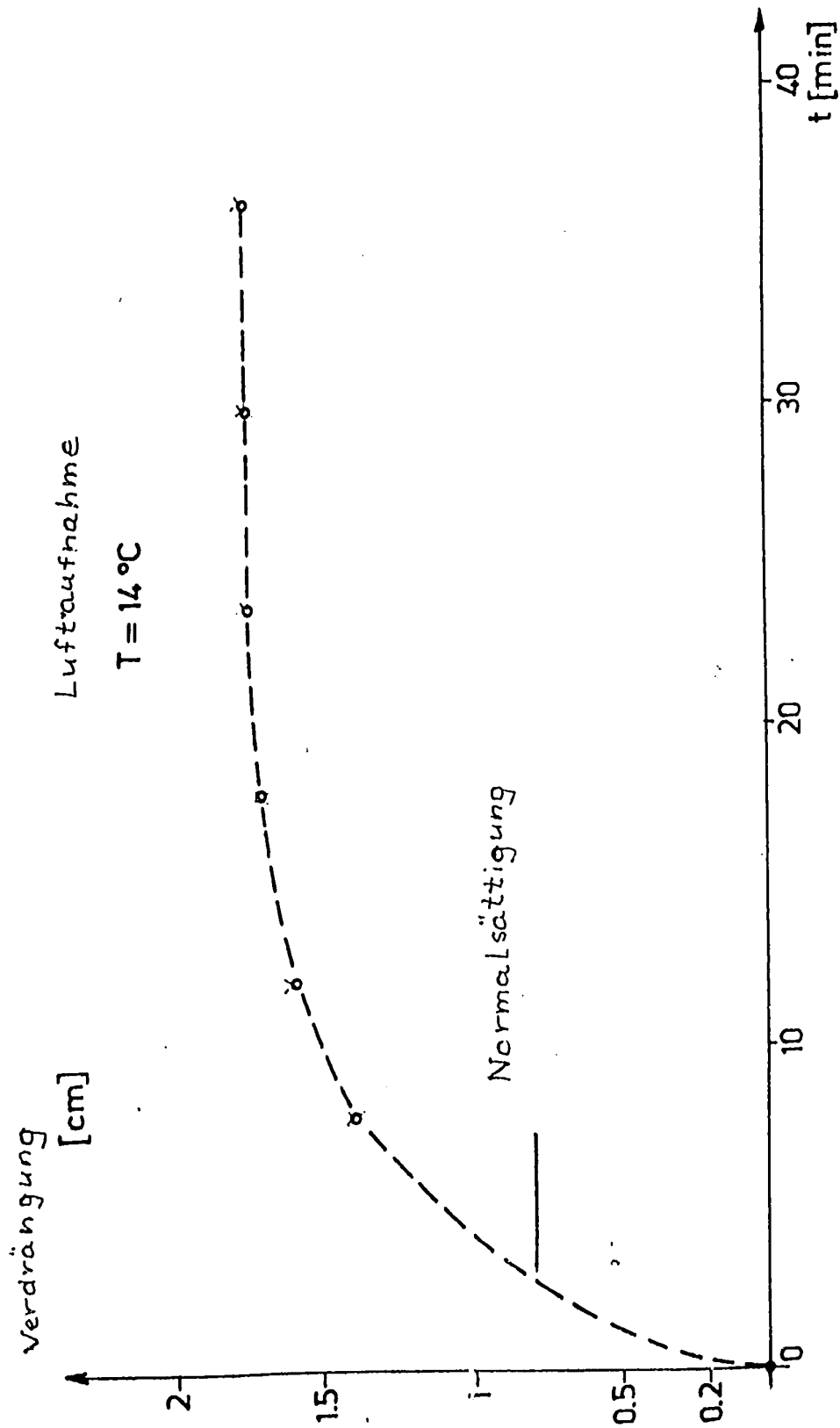


Fig. 15

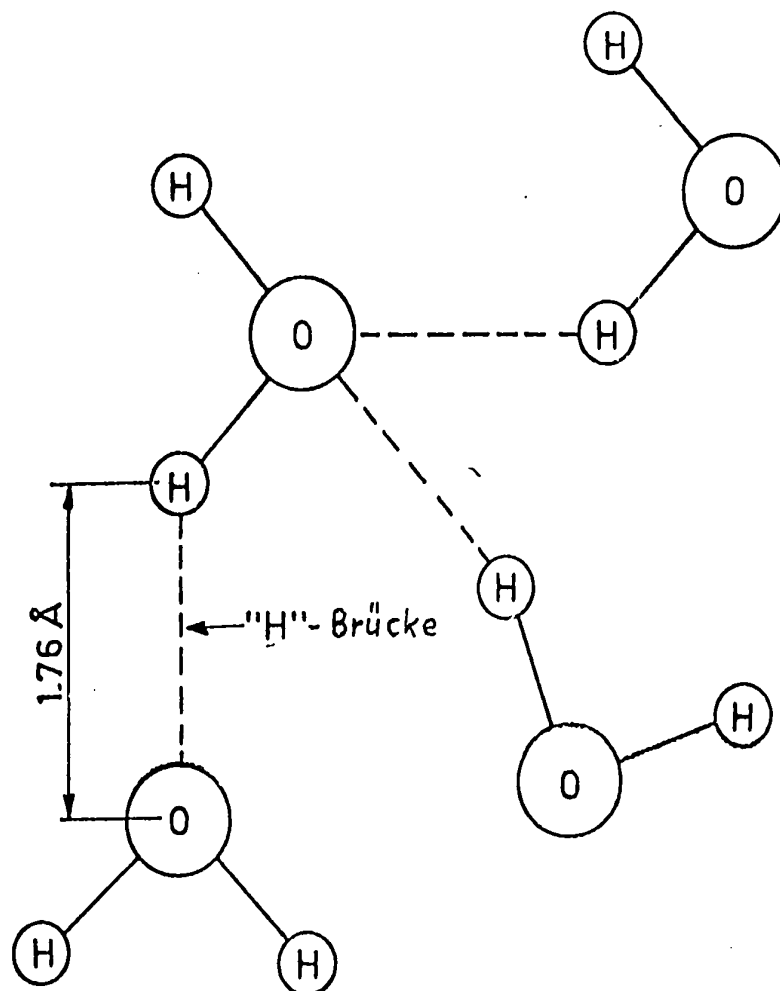


Fig.16

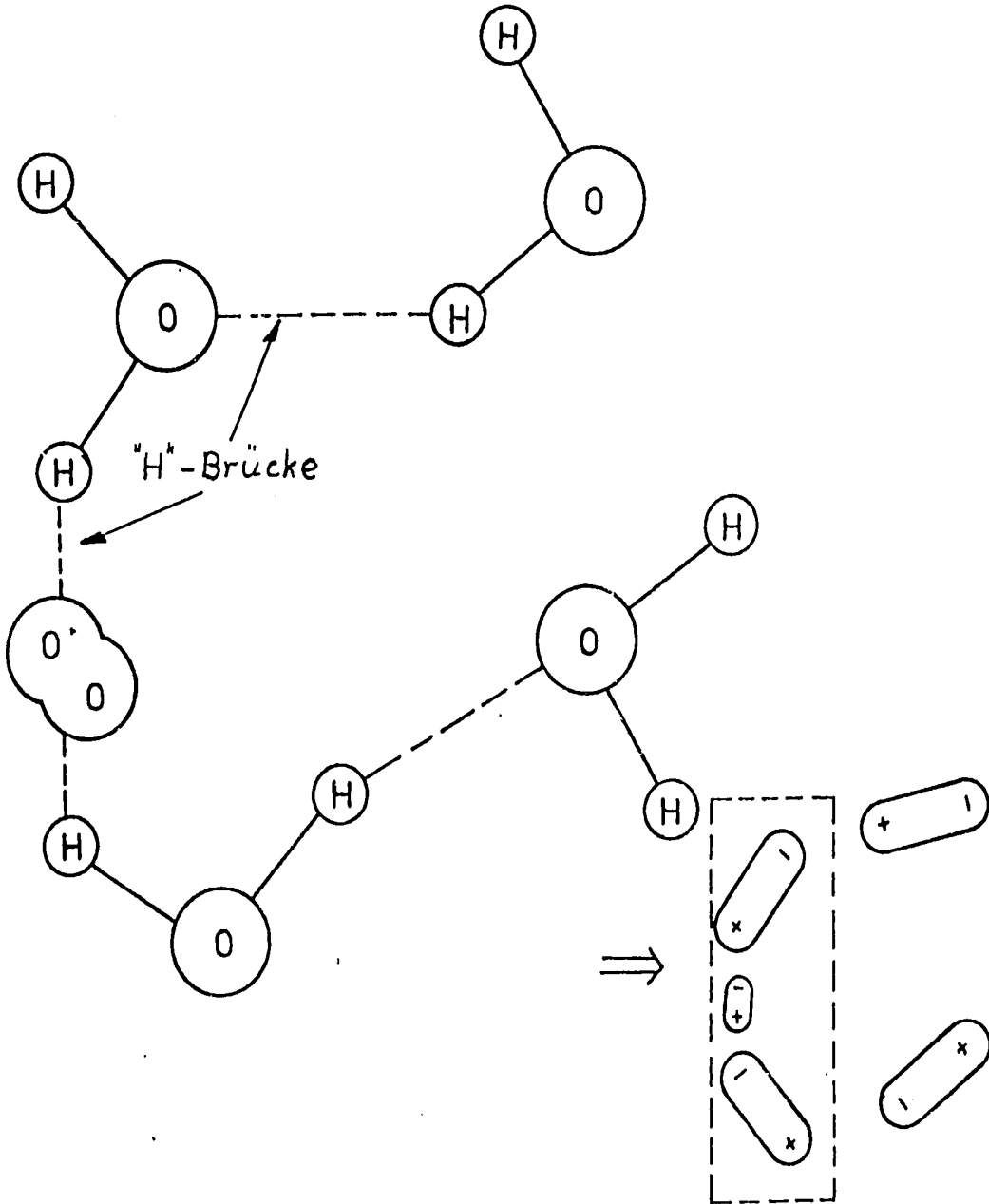


Fig.17

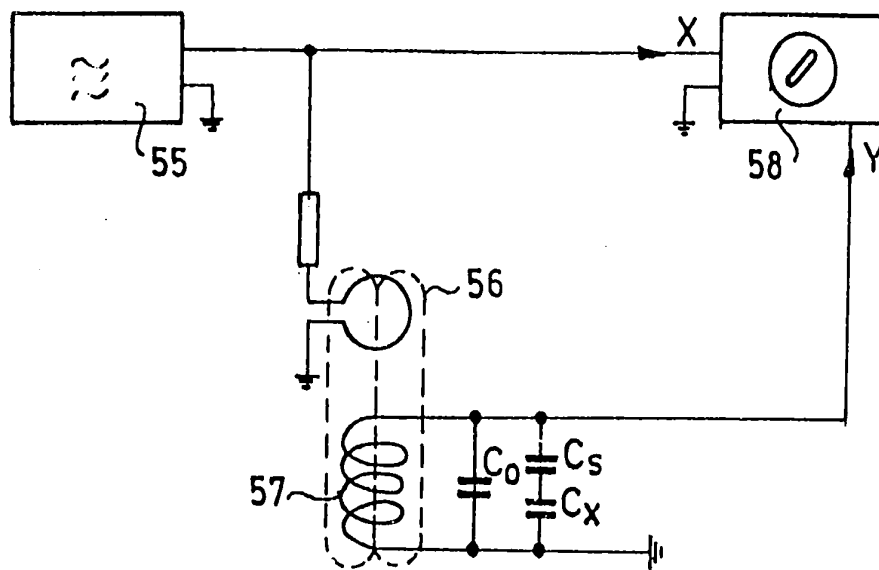


Fig.19

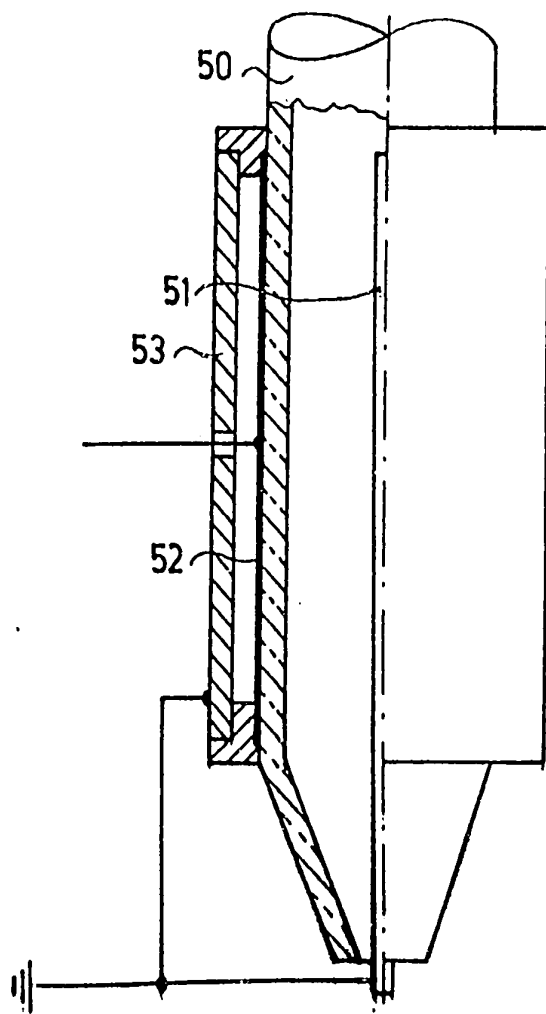


Fig.18

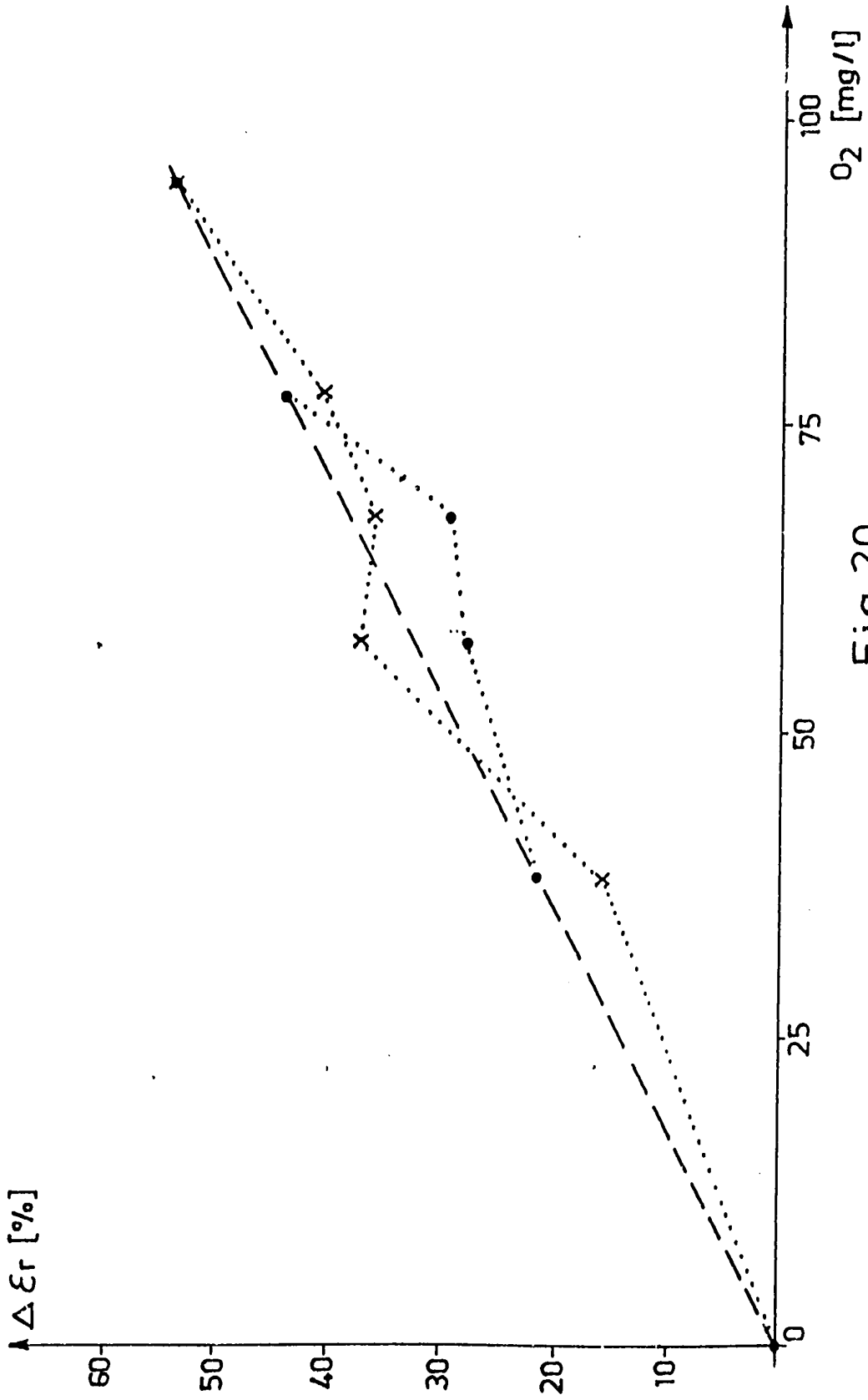


Fig.20