



(10) **DE 10 2012 207 731 A1 2013.11.14**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 207 731.6**

(22) Anmeldetag: **09.05.2012**

(43) Offenlegungstag: **14.11.2013**

(51) Int Cl.: **C02F 9/04 (2012.01)**

C02F 1/24 (2012.01)

C02F 1/52 (2012.01)

C02F 1/44 (2012.01)

(71) Anmelder:

Beery, Matan, M.Sc., 10559, Berlin, DE; Repke, Jens-Uwe, Prof. Dr., 12621, Berlin, DE; Wozny, Günter, Prof. Dr., 16548, Glienicker, DE

(74) Vertreter:

Maikowski & Ninnemann Patentanwälte, 10707, Berlin, DE

(72) Erfinder:

Repke, Jens-Uwe, Prof. Dr., 12621, Berlin, DE; Wozny, Günter, Prof. Dr., 16548, Glienicker, DE; Beery, Matan, MSc., 10559, Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 196 47 512 A1

DE 10 2007 007 894 A1

US 5 130 029 A

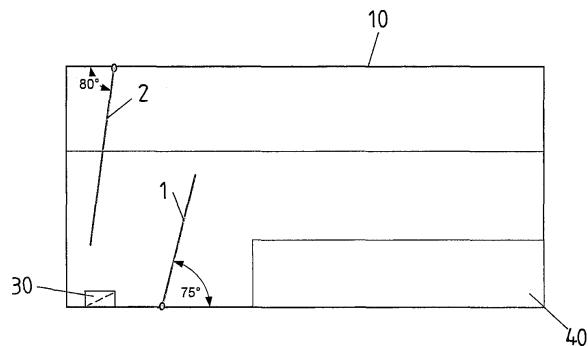
JP H10- 109 091 A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Vorreinigung von Wasser, insbesondere Meerwasser**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser, insbesondere Meerwasser, umfassend mindestens einen Behälter (10) zur Aufnahme von mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wasser zur Abtrennung von im Wasser enthaltenen organischen und ggf. biologischen Bestandteilen, mindestens eine in dem Behälter (10) angeordnete Begasungseinheit (30) und mindestens eine in dem mindestens einen Behälter (10) angeordnete Filtrationsmembran (40), wobei die Filtrationsmembran (40) entlang einer horizontalen Ebene des Behälters (10) versetzt zu der Begasungseinheit (30) angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur Vorreinigung von Wasser unter Verwendung dieser Vorrichtung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft eine Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Vorreinigung von Wasser gemäß Anspruch 23.

[0002] Die Bereitstellung von Süßwasser zur ausreichenden Versorgung der stetig wachsenden Weltbevölkerung ist eine der größten Herausforderungen, vor die die Weltgemeinschaft in den kommenden Jahrzehnten gestellt ist.

[0003] Aufgrund der begrenzten Ressourcen zur Bereitstellung von Süßwasser ist es zunehmend erforderlich, geeignete Alternativen, insbesondere auf der Basis von Meerwasser, zur ausreichenden Versorgung mit Trinkwasser zu entwickeln und bereitzustellen.

[0004] So wurden bereits in den 50er und 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erste großindustrielle Meerwasserentsalzungsanlagen im Nahen Osten in Betrieb genommen, in denen das Salz thermisch vom Wasser mittels Verdampfung und Kondensation abgetrennt wurde. In einer Weiterentwicklung der Meerwasserentsalzungsanlagen entstanden in den 1970er Jahren die ersten Umkehrosmoseanlagen zur Meerwasserentsalzung, deren Betrieb energetisch im Vergleich zu einer rein thermischen Wasserbehandlung wesentlich günstiger ist.

[0005] Die Umkehrosmose oder auch Reversosmose ist ein physikalisches Verfahren zur Aufkonzentrierung von in Flüssigkeiten gelösten Stoffen, bei der mit Druck der natürliche Osmoseprozess umgekehrt wird. Hierbei wird auf einer Seite einer semipermeablen Membran ein größerer Druck als der natürliche osmotische Druck erzeugt. Im Fall der Meerwasserentsalzung wird das Meerwasser zur Überwindung des osmotischen Drucks unter hohem Druck durch eine semipermeable Membran aus Polyamid, PTFE oder sulfonierten Co-Polymeren mit einem Poredurchmesser von 5×10^{-7} bis 5×10^{-6} mm gepresst. Die semipermeable Membran wirkt wie ein Filter und lässt lediglich Wassermoleküle durch die Membran, während Salze und andere Stoffe, wie Bakterien und Viren oder auch Giftstoffe, wie Schwermetalle, zurückgehalten werden, so dass sauberes Trinkwasser gewonnen wird. Der osmotische Druck steigt mit zunehmender Salzkonzentration, so dass der Prozess irgendwann zum Stehen kommen würde. Um dem entgegenzuwirken, wird das Konzentrat abgeführt. Eines der größten Probleme bei der Umkehrosmose besteht darin, dass es zur Ablagerung von zurückgehaltenen bzw. gefilterten Stoffen auf der Membran kommt, die ein Membran-Fouling hervorrufen. Um dem unerwünschten Membran-Fouling entgegenzuwirken, sollte das zu reinigende Wasser möglichst frei von groben Partikeln, organischen Stoffen und Ver-

unreinigungen sein, bevor es in die Umkehrosmose-Anlage gelangt.

[0006] Verschiedene Methoden und Vorrichtungen wurden in der Vergangenheit zur Vorreinigung des Wassers, insbesondere Salzwassers verwendet. So können entsprechende Anlagen mit Vorfiltern ausgestattet sein, die eine Abtrennung von Grobstoffen bis zu einer Partikelgröße von 20 µm ermöglichen. Zusätzliche Aktivkohlefilter ermöglichen die Abscheidung von organischen Stoffen, wie zum Beispiel Pflanzenschutzmittel oder anderen Giftstoffen. Es ist auch möglich, eine UV-Bestrahlung in einem Vorreinigungsschritt zu etablieren, wodurch eine Vielzahl von gesundheitsgefährdenden Keimen, wie Viren und Bakterien, abgetötet werden können.

[0007] Ein sich in den vergangenen Jahren etablierter Ansatz zur Wasservorreinigung für eine Umkehrosmose stellt das Verfahren der Dissolved Air Flotation (DAF) dar. DAF ist eine spezielle Form der Flotation. Flotation ist ein Schwerkraftabscheideverfahren zur Trennung von Fest-Flüssig- oder Flüssig-Flüssig-Systemen. Hierbei werden Gasblasen, zum Beispiel aus Luft, erzeugt und in die Flüssigphase eingeführt, wobei sich in der Flüssig-Phase befindende hydrophobe Partikel, wie zum Beispiel organische Stoffe, an diesen ebenfalls hydrophoben Blasen anlagern und durch die Gasblasen verursachten vergrößerten Auftrieb an die Oberfläche aufsteigen. An der Oberfläche der Flüssigphase sammeln sich diese Agglomerate zu einer Schlammsschicht an, die leicht mechanisch abtrennbar ist.

[0008] Bei dem DAF-Verfahren wird ein in einer Flüssigkeit bei erhöhtem Druck in gelöster Form vorliegendes Gas in die zu reinigende Flüssigkeit eingeführt. Durch den Druckabfall in der zu reinigenden Flüssigkeit entweicht das Gas in Form kleinstter Blasen, welche einen Durchmesser im Mikrometerbereich aufweisen. Die aufsteigenden Gase weisen somit eine sehr hohe spezifische Oberfläche auf, an die sich die hydrophoben Partikel aus dem zu reinigenden Salzwasser anlagern können. Daher eignet sich die Flotation, insbesondere DAF, zur Abtrennung von Schwebstoffen mit sehr kleiner Dichte, wie zum Beispiel Mikroalgen oder zur Abtrennung von organischen hydrophoben Inhaltsstoffen.

[0009] Im Einzelnen umfasst eine DAF-Vorrichtung eine Flockungseinheit zum Ausflocken der Schwebstoffe und organischen Inhaltsstoffe und eine so genannte Flotationszelle. Das verschmutzte, mit einem geeigneten Ausflockungsmittel versehene Wasser tritt aus der Ausflockungseinheit in die Kontaktzone der Flotationszelle ein, in welche mit Gas übersättigtes Wasser injiziert wird und mit dem in die Kontaktzone eingetretenen Schmutzwasser in unmittelbaren Kontakt tritt. Aufgrund des in der Flotationszelle herrschenden vermindernden Druckes treten die Gasbla-

sen aus der injizierten Lösung aus und es bilden sich Kleinstblasen mit Durchmessern von 10 bis 100 µm. Dieser Blasenschwamm wird „white water“ genannt. Diese kleinsten Blasen lagern sich an die ausgeflockten Partikel an und steigen in Form eines Flocken-Gasblasen-Agglomerats oder Gemisches nach oben in die Separationszone der Flotationszelle. Durch das Aufsteigen des Flocken-Gasblasen-Agglomerats bildet sich an der Wasseroberfläche der Flotationszelle eine Feststoffsicht (so genanntes Float), die mechanisch zum Beispiel mit Scrapern abgetrennt und gesammelt wird. Unterhalb dieser Feststoffsicht oder Float-Schicht befindet sich das gereinigte Wasser, das zumindest teilweise nach Übersättigung mit einem entsprechenden Gas in die Kontaktzone der Flotationszelle zurückgeführt wird. Der andere Teil des gereinigten Wassers wird zur weiteren Verwendung abgeführt.

[0010] Das DAF-Verfahren ermöglicht eine sehr gute Abscheidung von Mikroalgen und anderen Kleinstorganismen aus hochbeladenem Salzwasser, erfordert jedoch einen relativ hohen Energieverbrauch aufgrund der Zufuhr von Luft mittels eines Saturators in den recycelten Teilstrom. Auch ist es mittels DAF nicht möglich, sehr trübes und stark schlammbehaftetes Wasser zu behandeln.

[0011] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit welchem die Nachteile der bekannten Flotationsverfahren, insbesondere des DAF-Verfahrens verringert bzw. überwunden werden können.

[0012] Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie mittels eines Verfahrens gemäß dem Anspruch 23 gelöst.

[0013] Entsprechend umfasst eine Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser, insbesondere Salzwasser oder Meerwasser, mindestens einen Behälter zur Aufnahme von mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wasser zur Abtrennung von im Wasser enthaltenen organischen und ggf. biologischen Bestandteilen wie z.B. Mikroalgen, mindestens eine in dem Behälter angeordnete Begasungseinheit und des Weiteren mindestens eine Filtrationsmembran. Der mindestens eine Behälter kann auch als Flotationszelle bezeichnet werden.

[0014] Die mindestens eine Filtrationsmembran ist dabei versetzt, bevorzugt versetzt entlang einer horizontalen Ebene des Behälters zu der Begasungseinheit angeordnet. "Versetzt" im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet dabei, dass die Filtrationsmembran seitlich oder räumlich versetzt von der Begasungseinheit angeordnet ist; Filtrationsmembran und Begasungseinheit sind also nicht vertikal übereinander angeordnet und überlappen nicht, sondern

sind bevorzugt entlang einer horizontalen Ebene des Behälters nebeneinander bzw. zueinander benachbart angeordnet. Die aus der Begasungseinheit austretenden Gasblasen treffen also nicht direkt und unmittelbar auf eine senkrecht über der Begasungseinheit liegende Filtrationsmembran. Filtrationsmembran und Begasungseinheit sind in räumlich verschiedenen Bereichen bzw. Zonen des Behälters angeordnet.

[0015] Dem mindestens einen Behälter kann eine Flockulationseinheit zur Aufnahme des zu reinigenden Wassers und von mindestens einem Ausflockungsmittel zur Ausflockung von im Wasser enthaltenen organischen Bestandteilen vorgeschaltet sein. Flockulationseinheit und Behälter stehen bevorzugt miteinander in flüssiger Kommunikation und die in der Flockulationseinheit ausgeflockten organischen Bestandteile können mittels eines Flüssigkeitsstroms aus der Flockulationseinheit in den Behälter transportiert werden.

[0016] In einer Ausführungsform umfasst der Behälter (Flotationszelle) mindestens eine Kontaktzone zur Kontaktierung des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers, wie z.B. dem Flüssigkeitsstrom aus der Flockulationseinheit in den Behälter, mit mindestens einem Gas, insbesondere Luft, zur Ausbildung eines Flocken-Gasblasen-Agglomerats sowie mindestens eine Separationszone zur Abtrennung der durch das Gas aufgetriebenen ausgeflockten organischen Bestandteile. Das mindestens eine Gas zur Ausbildung des Flocken-Gasblasen-Agglomerats wird bevorzugt über die in der Kontaktzone des Behälters angeordnete Begasungseinheit in den Behälter eingetragen.

[0017] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind demnach die mindestens eine Begasungseinheit in der Kontaktzone des Behälters und die mindestens eine Filtrationsmembran in der Separationszone des Behälters angeordnet.

[0018] Die vorliegende Vorrichtung kombiniert somit das Verfahren der Flotation mit einer Membranfiltration. Durch die zusätzliche Membranfiltration erfolgt eine bessere Reinigung des Wassers als durch bloße Flotation. Im Umkehrschluss kann die Membranfiltration effektiver durchgeführt werden, da im Vorfeld der Filtration bereits Partikel durch die Flotation entfernt wurden. Durch die Kombination von Flotation und Filtration wird die Prozessdynamik verbessert, da ein kleinerer Behälter in Form einer Flotationszelle einsetzbar ist und ein höherer Durchsatz erreicht wird. Auch ist kein Recycle-Strom mehr notwendig, wie unten noch erläutert wird. Dies bedingt wiederum, dass der Energiebedarf an Pumpen kleiner wird und auch der Platzbedarf insgesamt geringer ist. Durch den vorliegenden Prozess entsteht nur sehr wenig Abwasser, da die Feststoffsicht unmittelbar

mit einem sehr kleinen Wassergehalt abgetrennt werden kann. Alle diese Faktoren üben eine positive Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit des vorliegenden Verfahrens aus. Mit dem vorliegenden Verfahren sind sowohl Prozessintegration als auch Prozessintensivierung möglich, die zu einem geringeren Platzbedarf und geringeren Investitions- und Betriebskosten führen und zusätzlich das Reinigungsergebnis verbessern.

[0019] Der in der vorliegenden Vorrichtung verwendete Behälter, zum Beispiel in Form einer Flotationszelle, ist bevorzugt in Form eines an einer oberen der Bodenfläche gegenüberliegenden Seite offenen Behälters der Länge a , der Breite b und einer Höhe h ausgebildet, wobei bevorzugt $a > b$ und $a > h$ ist. Breite b und Höhe h können gleich oder unterschiedlich sein. Der Behälter umfasst somit bevorzugt zwei längliche Seitenwände und zwei kurze Seitenwände. Demnach ist insbesondere ein Behälter als Flotationszelle geeignet, der eine rechteckige Konfiguration aufweist. Der Behälter weist demnach sechs rechteckige Flächen bzw. Wände auf, wobei die aus $a \times b$ gebildete Fläche als Bodenfläche bzw. der Bodenfläche gegenüberliegende offene Seite bzw. Fläche, die aus $a \times h$ gebildeten Flächen als längliche Seitenwände und die aus $b \times h$ gebildeten Flächen als kurze Seitenwände des Behälters beschrieben werden. Die oben erwähnte horizontale Ebene des Behälters verläuft dabei bevorzugt parallel zur Länge a des Behälters.

[0020] Wie ausgeführt ist die Kontaktzone der Bereich, in dem der Flüssigkeitsstrom aus der Flockulationseinheit mit dem eingetragenen Gas in Kontakt tritt und es zur Ausbildung eines Flocken-Gasblasen-Agglomerats kommt. Der Bereich der Kontaktzone wird bevorzugterweise durch die Anordnung bzw. Positionierung der Begasungseinheit im Behälterboden bestimmt. So kann der Bereich der Kontaktzone eine Länge aufweisen, die in einem Bereich zwischen dem 0,15–0,25 fachen, bevorzugt 0,2 fachen der Länge a des Behälters liegt, und eine Breite aufweist, die der Breite b des Behälters entspricht. Die Höhe der Kontaktzone wird durch den Flüssigkeitsstand des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers im Behälter bestimmt.

[0021] Die Separationszone ist der Bereich des Behälters in welchem die Abtrennung der durch das Gas aufgetriebenen ausgeflockten organischen Bestandteile vom Wasser erfolgt. Diese Abtrennung der aufgetriebenen organischen Agglomerate erfolgt bevorzugterweise an der Oberfläche mittels geeigneter mechanischer Mitte wie z.B. Scraper. Derartige Mittel sind dem Fachmann bekannt.

[0022] Die Separationszone umfasst einen gegenüber der Kontaktzone größeren Bereich des Behälters. So umfasst die Separationszone bevorzugt ei-

nen Bereich mit einer Länge, die dem 0,75–0,85 fachen, bevorzugt 0,8 fachen der Länge a des Behälters entspricht. Die Breite der Separationszone korrespondiert zur Breite b des Behälters. Die Höhe der Separationszone wird durch den Flüssigkeitsstand des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers im Behälter bestimmt.

[0023] Der Übergang zwischen Kontaktzone und Separationszone im Behälter ist bevorzugterweise fließend, d.h. es gibt keine scharfe räumliche Trennung von Kontaktzone und Separationszone im Behälter. Lediglich ein weiter unten beschriebenes Leitblech kann als eine Art räumliche Grenze bzw. Trennlinie zwischen Kontaktzone und Separationszone betrachtet werden.

[0024] In einer Ausführungsform der vorliegenden Vorrichtung ist die mindestens eine Filtrationsmembran in der Flotationszelle als Behälter unterhalb der durch die aufgetriebenen, ausgeflockten organischen Bestandteile gebildeten Schicht angeordnet. Es ist insbesondere bevorzugt, wenn die mindestens eine Filtrationsmembran am Boden des Behälters innerhalb der Separationszone angeordnet ist. Mit anderen Worten, die Filtrationsmembran ist getaucht in der Separationszone des Behälters angeordnet.

[0025] Die Filtrationsmembran weist insbesondere eine an die Flotationszelle angepasste rechteckige Form auf. Die Länge der Filtrationsmembran entspricht bevorzugterweise dem 0,5 bis 0,7fachen, insbesondere bevorzugt dem 0,6fachen der Länge a der Flotationszelle.

[0026] Die Breite der Filtrationsmembran entspricht bevorzugterweise dem 0,6 bis 0,9fachen, insbesondere bevorzugt dem 0,8fachen der Breite b der Flotationszelle. Somit erstreckt sich die Filtrationsmembran nicht vollständig über die gesamte Breite des Behälters als Flotationszelle, sondern weist vielmehr einen geringen Abstand zu den länglichen Seitenwänden des Behälters auf. In der Höhe ist die Filtrationsmembran so ausgebildet, dass diese in einem Bereich zwischen dem 0,1 bis 0,4fachen, bevorzugt 0,2 bis 0,3fachen der Höhe h des Behälters entspricht.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform liegt die mindestens eine Filtrationsmembran in Form einer Mikrofiltrationsmembran, insbesondere in Form einer keramischen Mikrofiltrationsmembran vor. Derartige keramische Mikrofiltrationsmembranen weisen eine hohe chemische Beständigkeit und eine lange Lebensdauer auf. Außerdem sind keramische Mikrofiltrationsmembrane wasserdurchlässiger und weniger anfällig zu Fouling, da hydrophilischer als Polymer-Membrane. Aufgrund ihrer mechanischen Stabilität wird auch keine Vorsiebung benötigt. Als besonders geeignet hat sich ein Membranmodul erwiesen, das eine mittlere Porengröße von 20 nm bis 500 nm,

bevorzugt von 100 nm bis 300 nm, insbesondere bevorzugt von 200 nm aufweist.

[0028] Das bevorzugt verwendete Membranmodul kann aus mehreren Membranplatten, insbesondere aus 10 bis 50, bevorzugt 20 bis 40, insbesondere bevorzugt aus 30 bis 35 Membranplatten bestehen und eine Tiefe von 0,1fach bis 1fach, bevorzugt 0,3fach bis 0,8fach, insbesondere bevorzugt von 0,4fach bis 0,6fach jeweils bezogen auf die Länge a des Behälters auf, eine Breite von 0,1fach bis 1fach, insbesondere 0,2fach bis 0,8fach, insbesondere bevorzugt 0,5fach bis 0,7fach bezogen auf die Breite b des Behälters, und eine Höhe von 0,05fach bis 0,5fach, bevorzugt 0,1fach bis 0,3fach, insbesondere bevorzugt 0,1fach bis 0,2fach bezogen auf die Höhe h des Behälters aufweisen. Der Abstand zwischen den einzelnen Membranplatten kann zwischen 1 mm bis 20 mm, bevorzugt 5 mm bis 15 mm, insbesondere bevorzugt 5 mm bis 10 mm liegen. Als besonders geeignetes keramisches Material hat sich α -AL₂O₃ erwiesen, jedoch sind auch andere keramische Oxide zur Verwendung in der Filtrationsmembran einsetzbar.

[0029] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die mindestens eine Filtrationsmembran unter Verwendung eines geeigneten Belüftungsmittels belüftet. Ein geeignetes Belüftungsmittel kann zum Beispiel in Form von gelochten Schläuchen vorliegen. Das Belüftungsmittel kann mit Luft gespeist werden, um große Scherkräfte auf der Oberfläche der Filtrationsmembran zur Vermeidung oder Minimierung von Fouling auf der Membranoberfläche aufzubringen. Weitere Möglichkeiten zur Verhinderung bzw. Reduzierung des Foulings der Filtrationsmembran sind die Behandlung mit geeigneten chemischen Substanzen, wie Zitronensäure zur Verhinderung eines anorganischen Foulings bzw. einem geeigneten Oxidationsmittel, wie zum Beispiel Natriumhypochlorid zur Reduzierung des biologischen Foulings.

[0030] In einer Ausführungsform der vorliegenden Vorrichtung ist die darin verwendete mindestens eine Begasungseinheit aus 1 bis 10, bevorzugt 2 bis 6, insbesondere bevorzugt aus 4 bis 6 Begasungsmembranen aufgebaut. Die verwendeten keramischen Begasungsmembranen können eine mittlere Porengröße von 1 μm bis 10 μm , bevorzugt 1 μm bis 8 μm , insbesondere bevorzugt 2 μm bis 4 μm aufweisen, wobei eine mittlere Porengröße von 2 μm am vorteilhaftesten ist. Der mittlere Blasendurchmesser der über die Begasungsmembran eingetragenen Gasblasen, insbesondere Luftblasen, kann zwischen 10 μm bis 100 μm , bevorzugt 20 μm bis 80 μm , insbesondere bevorzugt 50 μm betragen. Die Blasenerzeugung an der Begasungsmembran kann insbesondere über einen geeigneten Gasvolumenstrom und Druck beeinflusst werden. Je höher der Druck ist, desto mehr und desto größere Blasen entstehen dabei. Der ein-

gestellte Volumenstrom spielt im vorliegenden Fall eine lediglich untergeordnete Rolle.

[0031] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform die Begasungsmembranen parallel zueinander entlang der Breite des Behälters angeordnet. Die Zahl der Begasungsmembrane richtet sich entsprechend nach der Breite des Behälters und den Dimensionen der einzelnen Begasungsmembrane. So können z.B. mindestens vier parallele Begasungsmembranen zur Erzeugung der Gasblasen, insbesondere Luftblasen, am Boden des Begasungsbehälters, das heißt des Behälters zur Aufnahme des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers, angeordnet sein. Es ist generell auch möglich, dass die Begasungsmembranen senkrecht übereinander angeordnet sind. In diesem Fall richtet sich die Anzahl der übereinander angeordneten Begasungsmembranen nach der Höhe des Behälters und des Füllstandes des Behälters.

[0032] Die Anordnung der Begasungsmembranen am Behälterboden kann dabei derart sein, dass die aufsteigenden Gasblasen nicht in einen Bereich zwischen einem ersten Leitblech (siehe hierzu auch Ausführungen weiter unten) und einer Seitenwand des Behälters gelangen. Bevorzugterweise ist die Begasungsmembran mit einem Abstand von einer Seitenwand, insbesondere einer kurzen Seitenwand, des Begasungsbehälters angeordnet, wobei dieser Abstand der Begasungsmembran von einer Seitenwand dem Abstand, bzw. der Öffnung zwischen einem Leitblech und einer Seitenwand des Begasungsbehälters entspricht.

[0033] Wie bereits erwähnt, kann die Begasung des Begasungsbehälters über die Begasungsmembran, insbesondere keramische Begasungsmembran, unter Verwendung von mindestens einem Gas, insbesondere Luft, realisiert werden. Das Einführen des Gases in die Begasungsbehälter kann unter Einsatz einer DAF(Dissolved Air Flotation)-Anlage erfolgen, bei der ein Recyclestrom aus dem Begasungsbehälter abgeführt wird, welcher anschließend mit Luft gesättigt wird und die Luft für die DAF zur Verfügung steht.

[0034] Eine weitere Möglichkeit des Gaseintrages besteht in der direkten Injizierung eines Gases, wie zum Beispiel Luft in Form von feinsten Blasen über die Begasungsmembran. Der Vorteil einer direkten Injizierung eines Gases gegenüber der DAF besteht insbesondere darin, dass Recyclestrom und Saturator wegfallen, da das Gas, wie zum Beispiel die Luft, direkt einer Druckluftleitung oder einer Gasflasche entnehmbar ist. Dies ist im Falle der Vorreinigung von Meerwasser noch günstiger, da die erhöhte Temperatur und der erhöhte Salzgehalt des Meerwassers eine Luftsättigung im Rahmen der DAF erschweren, da sich weniger Luft im Recycle-Strom auflöst. So-

mit wird auch keine Verdichtungsenergie für das Erreichen eines hohen Druckniveaus im gesamten Recyclestrom benötigt. Auch kann ein Teil der injizierten Gasblasen durch Verwirbelungen unmittelbar in die Filtrationszone und somit in die Nähe der Filtrationsmembran gelangen, bevor diese an die Wasseroberfläche steigen. Dadurch entstehen an der Filtrationsmembran zusätzliche Scherkräfte, die einem Fouling entgegenwirken können. Der wesentliche Vorteil der Verwendung der vorliegenden keramischen Begasungsmembran liegt in der einfachen Erzeugung von Mikroblasen, wobei diese Blasen allerdings geringfügig größer sind als diejenigen, welche bei einer DAF erzeugbar sind.

[0035] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Vorrichtung ist zwischen der Kontaktzone und der Separationszone des Begasungsbehälters mindestens ein erstes Leitblech zum Lenken der durch das Gas aufgetriebenen ausgeflockten organischen Bestandteile aus der Kontaktzone in die Separationszone angeordnet. Dieses erste Leitblech ist bevorzugt parallel zu den zwei gegenüber liegenden kurzen Seitenwänden des Begasungsbehälters angeordnet. Dabei ist die Breite b' dieses mindestens ersten Leitbleches bevorzugt gleich zur Breite b des Begasungsbehälters und somit gleich der Länge der kurzen Seitenwand. Die Höhe h' des mindestens ersten Leitbleches ist allerdings kleiner als die Höhe h des Behälters, so dass eine Kommunikation zwischen der Kontaktzone und der Separationszone im Begasungsbehälter gewährleistet ist.

[0036] Das mindestens erste Leitblech ist dabei bevorzugt am Boden des Behälters beweglich oder starr angeordnet. Darüber hinaus ist die Anordnung des ersten Leitbleches bevorzugterweise derart, dass zwischen dem ersten Leitblech und dem Boden des Behälters ein Winkel zwischen 90° und 50° , bevorzugt zwischen 80° und 55° , insbesondere bevorzugt zwischen 75° und 60° , besteht. Das erste Leitblech ist bevorzugterweise so ausgerichtet, dass es bei einem Winkel von kleiner 90° in Richtung hin zur Separationszone weg von der Kontaktzone geneigt ist, wodurch der mit den Gasblasen versetzte Flüssigkeitsstrom, wie zum Beispiel in Form eines Flocken-Gasblasenagglomerats, in gerichteter Weise aus der Kontaktzone entlang des geneigten ersten Leitbleches hin zur Separationszone und dabei bevorzugterweise unmittelbar hin zur Oberfläche der Flüssigkeit im Begasungsbehälter in der Separationszone geleitet wird. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erste Leitblech mit einem Winkel von 60° in Bezug auf den Behälterboden angeordnet, wodurch eine Lenkung der Flocken-Luftblasen-Aggregate von der Kontaktzone in die Separationszone und hier insbesondere oberhalb der Filtrationsmembran erfolgt.

[0037] Neben dem mindestens ersten Leitblech kann in einer Ausführungsform der vorliegenden Vorrichtung mindestens ein zweites Leitblech im Bereich der Kontaktzone an den gegenüberliegenden länglichen Seitenwänden des Behälters angeordnet sein. Das mindestens zweite Leitblech ist dabei bevorzugterweise an den Seitenkanten, die die nach oben offene Seite des Behälters begrenzen, der gegenüberliegenden länglichen Seitenwände des Behälters durch geeignete Befestigungsmittel befestigt. Das zweite Leitblech ist dabei bevorzugterweise so angeordnet, dass zwischen dem Boden des Begasungsbehälters und dem zweiten Leitblech ein Abstand besteht. Mit anderen Worten, das zweite Leitblech weist keinen Kontakt mit dem Boden des Behälters auf. Die Höhe h'' des zweiten Leitbleches ist somit kleiner als die Höhe h des Begasungsbehälters, wobei die Breite b'' des zweiten Leitbleches bevorzugt gleich zur Breite b des Behälters ist und somit in der Breite der kurzen Seitenwand des Behälters entspricht.

[0038] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weisen das erste Leitblech und das zweite Leitblech gleiche Abmaße auf, d.h. $b' = b''$ und $h' = h''$.

[0039] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Vorrichtung sind das mindestens erste Leitblech und das mindestens zweite Leitblech versetzt zueinander und gegenüberliegend angeordnet, so dass eine meanderförmige Strömung des in den Begasungsbehälter eintretenden mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers bewirkbar ist. Unter einer gegenüberliegenden Anordnung ist vorliegend zu verstehen, dass das erste und das zweite Leitblech an gegenüberliegenden Seiten des Behälters befestigt sind. Wie beschrieben, ist das erste Leitblech am Boden des Behälters angeordnet und weist einen Abstand zur gegenüberliegenden offenen Seite des Behälters auf, während das zweite Leitblech bevorzugt an den Seitenkanten der länglichen Seitenwände des Behälters, die die nach oben offene Seite des Behälters begrenzen, so befestigt ist, dass zwischen dem Boden des Behälters und dem zweiten Leitblech ein Abstand existiert.

[0040] Des Weiteren kann das zweite Leitblech an den die nach oben offene Seite des Behälters begrenzenden Seitenkanten der länglichen Seitenwände des Behälters in einem Winkel zwischen 90° und 70° , bevorzugt zwischen 85° und 75° , insbesondere bevorzugt in einem Winkel von 80° in Bezug auf die dem Behälterboden gegenüberliegende offene Seite des Behälters angeordnet sein. Dabei ist das zweite Leitblech bevorzugterweise so ausgerichtet, dass es bei einem Winkel von kleiner 90° in Richtung hin zu einer der insbesondere kurzen Seitenwände des Behälters weg von der Separationszone geneigt ist.

[0041] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Vorrichtung sind die Filtrationsmem-

bran, das erste Leitblech, das zweite Leitblech und Begasungseinheit entlang der Länge a des Behälters hintereinander angeordnet. Folgt man z. B. dem Strom des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers aus der Flockulationseinheit in den Begasungsbehälter, dann ist die Reihenfolge bzw. Abfolge der in dem Behälter angeordneten Mittel wie folgt: Begasungseinheit, zweites Leitblech, erstes Leitblech und Filtrationsmembran. Es ist auch möglich, dass es zu einer teilweisen Überlappung der Anordnung von zweitem Leitblech und Begasungseinheit kommt, da das zweite Leitblech zumindest teilsweise oberhalb der Begasungseinheit angeordnet sein kann. Entsprechend trifft der Strom des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers bei Eintritt in den Begasungsbehälter zunächst unmittelbar auf das zweite Leitblech, durch welches der Strom gezielt in Richtung der am Boden des Begasungsbehälters angeordneten Begasungseinheit gelenkt wird; der Strom des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers wird an der Begasungseinheit mit mindestens einem Gas, insbesondere Luft, versetzt und das so ausgebildete Flocken-Gasblasenagglomerat wird durch das erste Leitblech, das bevorzugt geneigt angeordnet ist, in Richtung Separationszone und Filtrationsmembran geleitet. Das vorliegende System weist entsprechend eine horizontale Funktionsweise auf.

[0042] Entsprechend kann das mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser aus der Flockulationseinheit auf der offenen oberen Seite des Behälters in diesen eingetragen werden, d. h. das Flockungsgemisch kann von oben in den Behälter eingeführt werden. Wird das Flockungsgemisch von oben in den Behälter eingeführt, ist es besonders bevorzugt, wenn das mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser in einen Bereich des Begasungsbehälters eingetragen wird, der durch das zweite Leitblech und der zu dem zweiten Leitblech am nächsten liegenden kurzen Seitenwand begrenzt wird.

[0043] Wie bereits oben erwähnt, kann das zweite Leitblech einen Neigungswinkel hin zur nächstliegenden kurzen Seitenwand des Behälters aufweisen. Die Größe des Neigungswinkels des zweiten Leitbleches ist dabei bevorzugt in Abhängigkeit von der Menge des einströmenden mit einem Ausflockungsmittel versetzten Wassers einstellbar. Dabei kann der Neigungswinkel so eingestellt werden, dass das zweite Leitblech in Richtung zur Seitenwand des Begasungsbehälters führt, diese aber nicht berührt, so dass eine Eintritts- bzw. Durchtrittsöffnung bzw. -fläche zwischen dem zweiten Leitblech und der nächstliegenden kurzen Seitenwand des Behälters verbleibt.

[0044] Die Durchtrittsfläche für das mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser (Flockungsgemisch), das aus dem Flockulationsbehälter in den Begasungs- bzw. Trennbehälter fließt, ist bevorzugt so eingestellt, so dass die Fließgeschwindigkeit des Flo-

ckungsgemisches an der Durchtrittsfläche zwischen zweitem Leitblech und kurzer Seitenwand des Behälters groß ist. Es ist z. B. vorstellbar, dass die Durchtrittsfläche eine Breite von 1–5 cm aufweist. Das zweite Leitblech ermöglicht einen gleichmäßigen Eintrag des Flockungsgemisches über die gesamte Breite des Begasungs- bzw. Trennbehälters. Auch kann die Kontaktzone K, die sich zwischen dem zweiten Leitblech und der kurzen Seitenwand ausbildet, durch die Größe der Durchtrittsfläche bestimmt werden. Die bevorzugt geringe Durchtrittsfläche des Flockungsgemisches zwischen zweitem Leitblech und kurzer Seitenwand des Behälters sowie die dadurch bedingt große Fließgeschwindigkeit des Flockungsgemisches durch den Durchtrittsspalt führt dazu, dass keine aus der Begasungseinheit aufsteigenden Gasblasen entgegen der Eintrittsrichtung des Flockungsgemisches in den Behälter aufsteigen.

[0045] Neben dem oben erwähnten Eintrag des mit einem Ausflockungsmittel versetzten Wassers aus der Flockulationseinheit auf der oberen offenen Seite des Begasungsbehälters ist es generell auch möglich, dass mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser bzw. Flockungsgemisch aus der Flockulationseinheit parallel und mit einem geringen Abstand zum Boden des Behälters in den Behälter einzutragen, insbesondere einzudüsen. Der Abstand zwischen dem Boden des Behälters und des Eintrags des Flockungsgemisches ist dabei abhängig von der Gesamtgröße des Behälters.

[0046] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ebenfalls mittels eines Verfahrens zur Vorreinigung von Wasser, insbesondere Meerwasser, unter Verwendung der erfindungsmäßigen Vorrichtung gelöst. Ein solches Verfahren umfasst dabei die Schritte:

- Einführen von mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wasser in mindestens einen Behälter;
- Kontaktieren des mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wassers mit mindestens einem mittels mindestens einer Begasungseinheit in einen Behälter eingetragenen Gases, insbesondere Luft, zur Ausbildung eines Flocken-Gasblasen-Agglomerats, insbesondere eines Flocken-Mikrogasblasen-Agglomerats,
- Abtrennen des an die Oberfläche des im Behälter befindlichen Wassers gestiegenen Flocken-Gasblasen-Agglomerats,
- Abziehen des von dem Flocken-Gasblasen-Agglomerat befreiten Wassers durch mindesten eine in dem Behälter angeordnete Filtrationsmembran, und
- Zuführen des durch die Filtrationsmembran abgezogenen Wassers zu weiteren Behandlungsschritten.

[0047] In einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die Zugabe des mindestens einen Ausflockungs-

mittels zu dem zu reinigenden Wasser zur Ausflockung von im Wasser enthaltenen organischen Bestandteilen in mindestens einer dem Behälter vorgeschalteten Flockulationseinheit. Bevorzugt erfolgt die Ausflockung der im Meerwasser enthaltenen gelösten organischen Bestandteile mittels dafür bekannter chemischer Substanzen, wobei die Verwendung von Fe_3^{+} - oder Al_3^{+} -Salzen wie z.B. FeCl_3 sich als besonders vorteilhaft erwiesen hat.

[0048] Das in der Flockulationseinheit mit dem Ausflockungsmittels versetzte Wasser wird anschließend bevorzugterweise in den mindestens einen Behälter in Form eines Flüssigkeitsstroms überführt, in welchem der Flüssigkeitsstrom mit über eine Begasungseinheit in den Behälter eingeführten Gasblasen, insbesondere Luftblasen versetzt wird. Das sich dabei ausbildende Agglomerat aus Gasblasen und ausgeflockten organischen Bestandteilen steigt an die Oberfläche der im Behälter befindlichen Flüssigkeit auf, sammelt sich dort und wird mechanisch abgetrennt. Das so von der Mehrheit der organischen Bestandteile befreite Wasser wird abschließend durch die an der Bodenfläche des Behälters angeordnete Filtrationsmembran abgezogen und weiteren Behandlungsschritten zugeführt.

[0049] Das vorliegende Verfahren stellt entsprechend einen Hybridprozess aus Mikroflotation und Membranfiltration in einer einzigen singulären Vorrichtungseinheit dar.

[0050] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnungen an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

[0051] [Fig. 1](#) eine schematische Seitenansicht einer Vorrichtung zur Vorreinigung vom Wasser gemäß einer ersten Ausführungsform,

[0052] [Fig. 2](#) eine schematische Seitenansicht einer Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser gemäß einer zweiten Ausführungsform,

[0053] [Fig. 3](#) eine Draufsicht auf eine Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser gemäß einer dritten Ausführungsform, und

[0054] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines Verfahrens in einer Anlage umfassend eine Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser.

[0055] Ein allgemeiner Aufbau einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in [Fig. 1](#) gezeigt.

[0056] Die Seitenansicht der [Fig. 1](#) umfasst einen Begasungsbehälter **10**, eine Begasungseinheit **30**, eine Filtrationsmembran **40**, ein erstes Leitblech **1** und ein zweites Leitblech **2**. Der Behälter **10** weist

eine obere Seite auf, die offen ist, und eine gegenüber dieser oberen Seite liegende Bodenfläche. Die Begasungseinheit **30**, das erste Leitblech **1** und die Filtrationsmembran **40** sind entlang dieser Bodenfläche und auf dieser Bodenfläche angeordnet.

[0057] Der Behälter **10** umfasst neben der oberen offenen Seite und der Bodenfläche, zwei gegenüberliegende längliche Seitenwände und zwei gegenüberliegende kurze Seitenwände. Insgesamt ist der Behälter **10** in Form eines Quaders mit einer Länge **a**, einer Breite **b** und einer Höhe **h** ausgebildet. Die länglichen Seitenwände des Behälters werden durch die Länge **a** und die Höhe **h** bestimmt, während die Abmaße der kurzen Seitenwände über die Breite **b** und die Höhe **h** des Behälters festgelegt sind.

[0058] In der vorliegenden ersten Ausführungsform beträgt die Länge **a** z. B. 1 m, die Breite **b** 0,61 m und die Höhe **h** 0,5 m.

[0059] Es ist wichtig anzumerken, dass diese Abmaße lediglich beispielhafter Natur sind und im vorliegenden Fall nur ausgewählt worden sind, um die entsprechenden Größenverhältnisse und Anordnungsverhältnisse der einzelnen Komponenten der Ausführungsform der Vorrichtung zueinander zu beschreiben und darzustellen, wobei im Falle einer Modellübertragung die Proportionen der einzelnen Komponenten gleich oder zumindest ähnlich zueinander sein können. Auch sei darauf hingewiesen, dass bei einer Maßstabsvergrößerung der beschriebenen Ausführungsform der Vorrichtung eine Berücksichtigung der hydraulischen Ähnlichkeit erfolgen kann. Dem Fachmann sind Methoden bekannt, wie er ausgehend z.B. von einer Laboranlage oder einer Pilot-Anlage ein up-scale der Anlage und des Prozesses durchführen kann.

[0060] Für den Fall, dass der Behälter **10** die oben angegebenen Abmaße aufweist, ist die Begasungseinheit **30** bestehend aus vier einzelnen Begasungsmembranen in einem Abstand von 0,1 m von einer ersten kurzen Seitenwand mit der Breite **b** angeordnet. Oberhalb dieser Begasungseinheit **30** befindet sich das zweite Leitblech **2**, das ebenfalls mit einem Abstand von 0,1 m von der ersten kurzen Seitenwand angeordnet ist und an den Seitenkanten der länglichen Seite der oberen offenen Seite des Behälters **10** befestigt ist. In der in [Fig. 1](#) gezeigten ersten Variante ist das zweite Leitblech **2** senkrecht und damit parallel zur ersten kurzen Seitenwand angeordnet. Der Abstand zwischen der Bodenfläche des Behälters **10** und dem zweiten Leitblech **2** beträgt in der vorliegenden Ausführungsform 0,12 m.

[0061] Folgt man der Seitenlänge **a** des Behälters **10** ist in der vorliegenden Ausführungsform das erste Leitblech **1** mit einem Abstand von 0,2 m von der ersten kurzen Seitenwand angeordnet und an der Bo-

denfläche des Behälters **10** befestigt. Das erste Leitblech **1** ist mit einem Winkel von 60° in Bezug auf die Bodenfläche des Behälters **10** weg von der ersten kurzen Seitenwand hin zu der zweiten kurzen Seitenwand des Behälters **10** geneigt. Entsprechend beträgt der Abstand zwischen der Bodenfläche des Behälters **10** und der oberen Kante des ersten Leitblechs **1** aufgrund der Neigung 0,26 m.

[0062] In Blickrichtung von der ersten kurzen Seitenwand entlang der Länge a des Behälters **10** ist hinter dem ersten Leitblech **1** die Filtrationsmembran **40** mit einem Abstand von 0,39 m in Bezug auf die erste kurze Seitenwand angeordnet. Die Filtrationsmembran **40** erstreckt sich entlang der Bodenfläche bis hin zu der zweiten kurzen Seitenwand und weist somit eine Länge von 0,61 m auf. Im Falle der hier gezeigten Ausführungsform beträgt die Höhe der Filtrationsmembran 0,14 m und die Höhe des Füllstandes des Behälters **10** 0,33 m. Somit ist die Filtrationsmembran vollständig eingetaucht in die in dem Behälter **10** vorhandene Flüssigkeit.

[0063] Die in [Fig. 2](#) gezeigte zweite Ausführungsform entspricht im Wesentlichen der in [Fig. 1](#) gezeigten ersten Ausführungsform, so dass im Folgenden volumänglich auf die Ausführungen zur ersten Ausführungsform Bezug genommen werden kann.

[0064] Die zweite Ausführungsform der [Fig. 2](#) unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform in [Fig. 1](#) lediglich in Hinblick auf die Neigungswinkel des ersten Leitblechs **1** und des zweiten Leitblechs **2**. So ist das erste Leitblech **1** gegenüber der Bodenfläche des Behälters **10** weg von der ersten kurzen Seitenwand in Richtung der Filtrationsmembran **40** mit einem Winkel von 75° geneigt. Das zweite Leitblech **2**, welches an den oberen Seitenkanten des Behälters **10** befestigt ist, ist im Falle der zweiten Ausführungsform mit einem Winkel von 80° in Bezug auf die dem Behälterboden gegenüber liegende offene Seite des Behälters **10** in Richtung der ersten kurzen Seitenwand des Behälters **10** geneigt. Aufgrund der Neigung des zweiten Leitblechs **2** wird der Abstand zwischen der ersten kurzen Seitenwand und des unteren Endes des zweiten Leitblechs **2** verkürzt und damit die Spaltbreite für den Durchfluss des zugeführten mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wasser verringert. Dies wiederum erhöht die Strömungsgeschwindigkeit des Flockungsgemisches.

[0065] [Fig. 3](#) zeigt eine Draufsicht auf die in der [Fig. 1](#) gezeigte erste Ausführungsform, wobei vorliegend die Anordnung der vier keramischen Begasungsmembrane auf der Bodenfläche des Begasungsbehälters **10** in Bezug auf die Anordnung des ersten und zweiten Leitbleches **1, 2** verdeutlicht wird. Die vier keramischen Begasungsmembrane sind parallel entlang der ersten kurzen Seitenwand innerhalb eines Abstandes von 0,1 m von besagter erster kur-

zer Seitenwand angeordnet. Der Durchmesser jeder der Begasungsmembrane beträgt im vorliegenden Fall 0,152 m, kann jedoch auch von diesen Abmaßen abweichen.

[0066] In Verbindung mit der [Fig. 4](#) wird im Folgenden eine Ausführungsform des Verfahrens zur Vorreinigung von Wasser unter Verwendung einer Vorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform beschrieben.

[0067] Im vorliegenden experimentellen Verfahren wird zunächst Meerwasser nach der modifizierten Formel von Lyman und Fleming (Kester et al., Preparation of artificial seawater, Limnology and Oceanography, 1967, 12: 176–179) künstlich hergestellt. Besagte Formule gilt für 1 kg künstliches Meerwasser mit einer Salinität von 3,5 %, wobei das so hergesetzte künstliche Meerwasser folgende Zusammensetzung aufweist:

NaCl 23,93 g/kg Lösung, Na₂SO₄ 4,01 g/kg Lösung, KCl 0,68 g/kg Lösung, NaHCO₃ 0,2 g/kg Lösung, KBr 0,1 g/kg Lösung, H₃BO₃ 0,03 g/kg Lösung, NaF 0,003 g/kg Lösung, MgCl₂·6H₂O 10,83 g/kg Lösung, CaCl₂·2H₂O 1,52 g/kg Lösung, SrCl₂·6H₂O 0,02 g/kg Lösung und 958,7 g/kg Lösung an destilliertem Wasser.

[0068] Die Gesamtheit organischer Stoffe im Meerwasser wird vorliegend durch Huminstoffe simuliert, welche auch in der Natur durch normale biologische Verwesung entstehen. Huminstoffe sind komplex verkettete Molekülketten aus Alkyl- und aromatischen Einheiten mit funktionellen Gruppen, wie zum Beispiel -COOH, -NH₂ und -RSH. Aufgrund der ionisierten Säuregruppen bilden sie negativ geladene Makromoleküle.

[0069] Zur Ausflockung der in dem Meerwasser enthaltenen Huminstoffe bieten sich vor allem dreiwertige Ionen enthaltende eisen- und aluminiumhaltige Substanzen als Fällungsmittel an, welche flüssig oder fest vorliegen können. Im vorliegenden Fall wird feste FeCl₃ zur Herstellung eines flüssigen Fällungsmittels verwendet. Das künstlich hergestellte Meerwasser wird mit der Lösung enthaltend Huminsäuren versetzt und anschließend mit der FeCl₃-haltigen Lösung unter Verwendung eines statischen Mischers im Flockulationstank **20** vermischt. Im Flockulationstank **20** erfolgt eine Ausflockung der im künstlichen Meerwasser enthaltenen Huminsäuren durch das Flockungsmittel FeCl₃.

[0070] Das mit FeCl₃ versetzte Meerwasser wird anschließend unter Verwendung einer Pumpe E7 aus dem Flockulationstank **20** in den Trennungsbehälter- bzw. Begasungsbehälter **10** mit einem Volumenstrom von 400 Liter pro Stunde eingeleitet. Die Einleitung in den Behälter **10** erfolgt in einem Bereich zwischen der ersten kurzen Seitenwand des Behäl-

ters **10** und dem zweiten Leitblech **2** und zwar von oben über die offene Seite des Behälters **10**. Das zweite Leitblech **2** ist dabei mit einem Winkel von 80° hin zu der kurzen Seitenwand geneigt, so dass es aufgrund der Verringerung der Spaltbreite zwischen Seitenwand und zweitem Leitblech zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit des eingeleiteten Ausflockungsgemisches in Richtung der am Boden des Begasungsbehälters **10** angeordneten Begasungsmembran **30** kommt.

[0071] Über die Begasungsmembran **30**, die vorliegend aus vier einzelnen Begasungsmembranen besteht, wird Druckluft injiziert, wobei es zu einer Ausbildung von Mikroblasen unmittelbar in dem eingeleiteten Ausflockungsgemisch kommt. Das so gebildete Flocken-Luftblasen-Agglomerat wird entlang des geneigten ersten Leitbleches **1** in die Richtung der Oberfläche der in dem Behälter **10** enthaltenen Flüssigkeit und somit in die Separationszone S des Behälters **10** geleitet.

[0072] Blasen, welche in der Mitte der Gasmembran entweichen, haben aufgrund des Schwarmcharakters der Blasenwolke eine kleinere Aufstiegs geschwindigkeit als die äußeren. Je höher die Gasmembran sich im Wasser befindet, das heißtt, je größer das sich im Behälter **10** befindliche Volumen der Gasmembran ist, desto kleiner ist die Aufstiegs geschwindigkeit infolge des kleineren Blasendurchmessers. Insgesamt entweichen die Blasen relativ gleichmäßig über die gesamte Membranoberfläche. Je größer der eingestellte Luftdruck ist, desto mehr und desto größere und schnellere Blasen entstehen. Bei einer Verkleinerung des Eintrittsspaltes auf 1 cm, das heißtt des Durchgangsspaltes für das eintretende Ausflockungsgemisch, liegt die Eintrittsgeschwindigkeit des Ausflockungsgemisches in die Kontaktzone K des Behälters **10** in derselben Größenordnung wie die Geschwindigkeit des Blasenaufstiegs, so dass die Blasen nicht im Bereich des Durchtrittsspaltes am linken Beckenrand aufsteigen können.

[0073] Durch die Anlagerung der Mikroblasen an die ausgeflockten Partikel steigen diese in Richtung der Oberfläche der sich im Behälter **10** befindlichen Flüssigkeit und bilden auf der Wasseroberfläche eine Feststoffschicht aus, die mechanisch zum Beispiel unter Verwendung von Scrapern abgetrennt wird. Unterhalb dieser Feststoffschicht befindet sich das gereinigte Wasser in der Separationszone S des Behälters **10**. Das so vorgereinigte Wasser wird unter Verwendung einer Zahnradpumpe E1 durch die getauchte Mikrofiltrationsmembran **40** abzogen und steht als gereinigtes Wasser der weiteren Aufarbeitung, wie zum Beispiel weiteren Entsalzungsprozessen zur Verfügung.

[0074] Um ein Fouling der Oberfläche der Mikrofiltrationsmembran **40** zu verhindern, wird über die Pum-

pe E4 und über mit Löchern versehene Schläuche Luft unmittelbar auf die Oberfläche der Mikrofiltrationsmembran **40** geleitet, wodurch eine mechanische Entfernung von Ablagerungen auf der Mikrofiltrationsmembranoberfläche bewirkt wird.

Bezugszeichenliste

1	erstes Leitblech
2	zweites Leitblech
10	Begasungsbehälter
20	Flockulationstank
30	Begasungseinheit
40	Filtrationsmembran

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Kester et al., Preparation of artificial seawater, Limnology and Oceanography, 1967, 12: 176–179 [[0067](#)]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Vorreinigung von Wasser, insbesondere Meerwasser, umfassend

- mindestens einen Behälter (**10**) zur Aufnahme von mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wasser zur Abtrennung von im Wasser enthaltenen organischen und ggf. biologischen Bestandteilen,
- mindestens eine in dem Behälters (**10**) angeordnete Begasungseinheit (**30**),

dadurch gekennzeichnet, dass

in dem mindestens einen Behälter (**10**) des Weiteren mindestens eine Filtrationsmembran (**40**) angeordnet ist, wobei die Filtrationsmembran (**40**) versetzt zu der Begasungseinheit (**30**) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter (**10**) mindestens eine Kontaktzone K zur Kontaktierung des mit dem Ausflockungsmittel versetzten Wassers mit mindestens einem Gas, insbesondere Luft, und mindestens eine Separationszone S zur Abtrennung der durch das Gas aufgetriebenen ausgeflockten organischen Bestandteile umfasst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Begasungseinheit (**30**) in der mindestens einen Kontaktzone K und die mindestens eine Filtrationsmembran (**40**) in der mindestens einen Separationszone S angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter (**10**) ein an einer oberen der Bodenfläche gegenüberliegenden Fläche offener Behälter (**10**) der Länge a, der Breite b und der Höhe h mit zwei länglichen und zwei kurzen Seitenwänden ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Filtrationsmembran (**40**) im Behälter (**10**) unterhalb der durch die aufgetriebenen ausgeflockten organischen Bestandteile gebildeten Schicht, insbesondere am Boden des Behälters (**10**), innerhalb der Separationszone S angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Filtrationsmembran (**40**) eine Mikrofiltrationsmembran und ggf. Ultrafiltrationsmembran, insbesondere eine keramische Mikrofiltrationsmembran ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Filtrationsmembran (**40**) ein Membranmodul mit einer mittleren Porengröße von 20 bis 500 nm, bevorzugt von 100 bis 300 nm, insbesondere bevorzugt von 200 nm ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Filtrationsmembran (**40**) unter Verwendung eines Belüftungsmittels belüftet wird.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Begasungseinheit (**30**) aus 1 bis 10, bevorzugt 2 bis 8, insbesondere bevorzugt aus 4 bis 6 Begasungsmembranen aufgebaut ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Begasungseinheit (**30**) aus parallel und/oder senkrecht übereinander angeordneten keramischen Begasungsmembranen aufgebaut ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Kontaktzone K und Separationszone S mindestens ein erstes Leitblech (**1**) zum Lenken der durch das Gas aufgetriebenen ausgeflockten organischen Bestandteile aus der Kontaktzone K in die Separationszone S angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Leitblech (**1**) am Boden des Behälters (**10**) beweglich oder starr angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Leitblech (**1**) mit einem Winkel zwischen 90 und 50°, bevorzugt zwischen 80 und 55°, insbesondere bevorzugt zwischen 75 und 60° in Bezug auf den Boden des Behälters (**10**) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein zweites Leitblech (**2**) im Bereich der Kontaktzone K an gegenüberliegenden länglichen Seitenwänden des Behälters (**10**) angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Leitblech (**2**) so angeordnet ist, dass ein Abstand zwischen dem Boden des Behälters (**10**) und dem zweiten Leitblech (**2**) besteht.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Leitblech (**1**) und das zweite Leitblech (**2**) versetzt zueinander und gegenüberliegend angeordnet sind, so dass eine mäanderförmige Strömung durch die Leitbleche (**1, 2**) bewirkbar ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Leitblech (**2**) an den Seitenwänden des Behälters (**10**) in einem Winkel zwischen 90 und 70°, bevorzugt zw-

schen 85 und 75°, insbesondere bevorzugt 80° in Bezug auf die dem Behälterboden gegenüberliegende offene obere Seite des Behälters (10) angeordnet ist.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser in den Behälter (10) parallel und mit einem geringen Abstand zum Boden des Behälters (10) in diesen eingetragen wird, insbesondere eingedüst wird.

19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser auf der offenen oberen Seite des Behälters (10) in diesen eingetragen wird.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Ausflockungsmittel versetzte Wasser in einen Bereich des Behälters (10) eingetragen wird, der durch das zweite Leitblech (2) und einer zu dem zweiten Leitblech (2) am nächsten liegenden kurzen Seitenwand des Behälters begrenzt wird.

21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mindestens eine dem Behälter (10) vorgeschaltete Flockulationseinheit (20) zur Aufnahme des zu reinigenden Wassers und von mindestens einem Ausflockungsmittel zur Ausflockung von im Wasser enthaltenen organischen Bestandteilen.

22. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Flockulationseinheit (20) und der Behälter (10) miteinander in flüssiger Kommunikation zum Transport der in der Flockulationseinheit (20) ausgeflockten organischen Bestandteile mittels eines Flüssigkeitsstromes aus der Flockulationseinheit (20) in den Behälter (10) stehen.

23. Verfahren zur Vorreinigung von Wasser, insbesondere Meerwasser, unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfassend die Schritte:

- Einführen von mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wassers in mindestens einen Behälter (10);
- Kontaktieren des mit mindestens einem Ausflockungsmittel versetzten Wassers mit mindestens einem mittels mindestens einer Begasungseinheit (3) in einen Behälter (10) eingetragenen Gases, insbesondere Luft, zur Ausbildung eines Flocken-Gasblasen-Agglomerats, insbesondere eines Flocken-Mikrogasblasen-Agglomerats,
- Abtrennen des an die Oberfläche des im Behälter (10) befindlichen Wassers gestiegenen Flocken-Gasblasen-Agglomerats,

- Abziehen des von dem Flocken-Gasblasen-Agglomerats befreiten Wassers durch mindestens eine in dem Behälter (10) angeordnete Filtrationsmembran (40), und
- Zuführen des durch die Filtrationsmembran abgezogenen Wassers zu weiteren Behandlungsschritten.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des mindestens einen Ausflockungsmittels zu dem zu reinigenden Wasser zur Ausflockung von im Wasser enthaltenen organischen Bestandteilen in mindestens einer dem Behälter (10) vorgeschalteten Flockulationseinheit (20) erfolgt.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Flockulationseinheit (20) mit dem Ausflockungsmittels versetzte Wasser in den mindestens einen Behälter (10) in Form eines Flüssigkeitsstroms überführt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

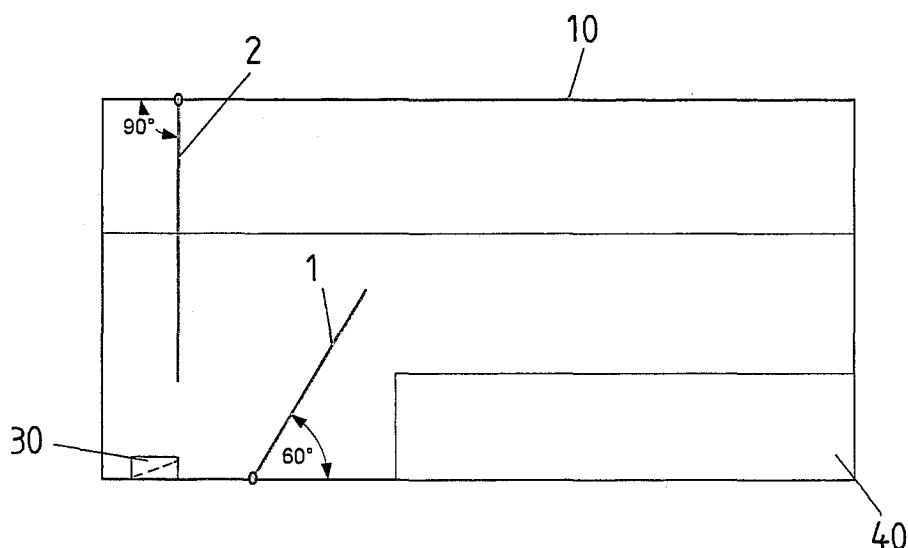


FIG 2

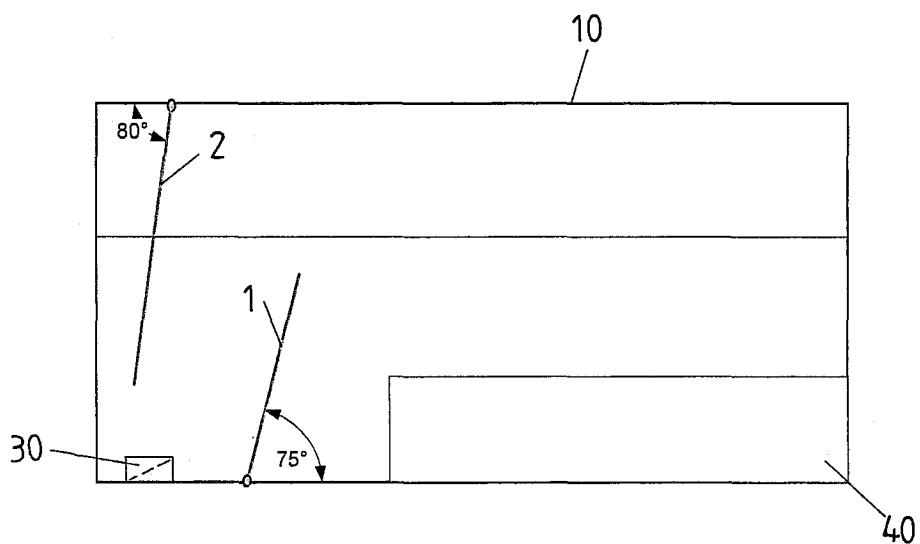


FIG 3

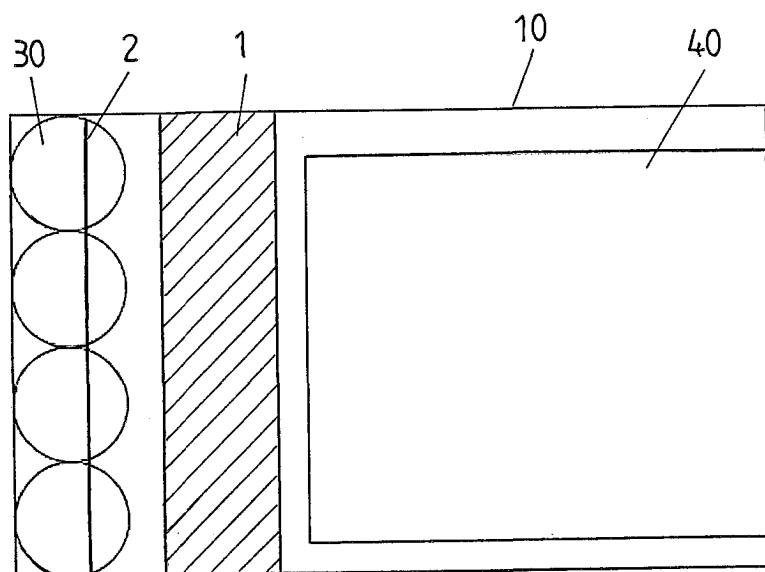


FIG 4

