



(10) **DE 10 2014 015 980 A1** 2015.05.21

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 015 980.9**

(22) Anmeldetag: **29.10.2014**

(43) Offenlegungstag: **21.05.2015**

(51) Int Cl.: **C02F 1/44 (2006.01)**

**B01D 61/08 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

**10 2013 018 974.8 14.11.2013**

**10 2013 018 056.2 28.11.2013**

(74) Vertreter:

**Gehrke, Peter Paul, Dipl.-Biol. Dr. rer. nat., 45894  
Gelsenkirchen, DE**

(71) Anmelder:

**WABE Wasseraufbereitung GmbH, 45891  
Gelsenkirchen, DE**

(72) Erfinder:

**Schraven, Claudia, 45891 Gelsenkirchen, DE;  
van Unen, Sabine, 45899 Gelsenkirchen, DE;  
Lütkehaus, Nina, 48712 Gescher, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere zur Entsalzung von Meerwasser in ariden Gebieten mit hervorragenden biologischen Degradationseigenschaften**

(57) Zusammenfassung: Ein Gegenstand der Erfindung betrifft eine kostengünstig betreibbare umweltfreundliche Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser mit biologischen Abbaubarkeitseigenschaften, welche Anlage Solarzellen zur Erzeugung elektrischer Energie und eine Umkehrosmose-Einrichtung mit mindestens einer schlauchförmigen Einrichtung als Membrantrennstufe und eine Hochdruckpumpe umfasst, die schlauchförmige Einrichtung mit einer Membran und einer gegen die Außenseite der Membran angesetzten Stützschrift ausgebildet ist, die Membran als eine semipermeable ist, wobei die Membran als eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthält, die Einrichtung an die Hochdruckpumpe zur Beförderung von Meerwasser in die schlauchförmige Einrichtung angeschlossen und die Hochdruckpumpe mit den Solarzellen elektrisch verbunden sind.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere zur Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser, und mit hervorragenden biologischen Abbaubarkeitseigenschaften, welche Anlage Solarzellen zur Erzeugung elektrischer Energie und eine Umkehrosmose-Einrichtung mit mindestens einer schlauchförmigen Einrichtung als Membrantrennstufe und eine Hochdruckpumpe umfasst, und ein umweltfreundliches Trennverfahren zur Wasseraufbereitung, insbesondere zur Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser.

**[0002]** Es ist allgemein bekannt, dass weltweit die ariden Gebiete sich ausbreiten. So zeigt sich, dass z. B. in Afrika die Savannen aufgrund des jahrelangen Mangels an Niederschlägen sich zu Wüsten entwickeln. Auch die in Meeresnähe angrenzenden Gebiete aridieren, da die Ausbreitung der Wüsten auch in Küstennähe um sich greift.

**[0003]** Insbesondere infolge des in der Fachwelt anerkannten Klimawechsels, welcher sich durch die Erhöhung der Umwelttemperaturen, die Verringerung der Niederschläge und durch das Auftreten von hohen Temperaturdifferenzen sich auszeichnet, ist die Fachwelt bestrebt, zumindest in Meeresnähe die ariden Gebiete zu bewässern. Im Stand der Technik wird versucht, das in Überfülle vorhandene Meerwasser zu entsalzen, um zumindest die in Meeresnähe angrenzenden ariden Gebiete in hinreichender Weise zu bewässern und einer landwirtschaftlichen oder gartenwirtschaftlichen Nutzung und damit einhergehend einer hinreichenden Besiedlung durch den Menschen nutzbar zu machen.

**[0004]** Auch ist es Ziel der Fachwelt, nicht nur Meerwasser, welches einen Salzgehalt von etwa 35 0/00 aufweist, sondern auch Brackwasser, welches einen Salzgehalt von etwa 5 0/00 aufweist, zu entsalzen, um auch solche Gebiete der o. g. Nutzung und der Besiedlung durch den Menschen durch die Bereitstellung von Reinwasser aus Brackwasser zuzuführen. Im Sinne der Erfindung wird unter Reinwasser auch Trinkwasser verstanden, welches vorzugsweise nicht mehr als 0,35 0/00 Salze enthalten soll.

**[0005]** Auch ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass während der letzten 20 Jahre aride Gebiete zunehmend zu bewässern und urbarzumachen waren, um eine hinreichende Ernährungsgrundlage für die zunehmende Bevölkerung bereitzustellen.

**[0006]** Eines der herkömmlichen Verfahren der Meerwasserentsalzung ist die Verdampfung, bei der

das Wasser durch Abdestillieren und anschließende Kondensation von den Salzen befreit wird. Hierbei wird die zum Verdampfen des Meerwassers aufzuwendende Energie aus konventionellen Brennstoffen oder aus der Abwärmenutzung gewonnen.

**[0007]** Ein weiteres herkömmliches Verfahren ist die Entspannungsverdampfung, bei der das erhitzte Meerwasser in Kammern geleitet wird, in denen ein so geringer Druck herrscht, dass ein Teil des Wassers schlagartig verdampfen kann (so genannte Flash-Destillation). Der derart entstehende Dampf wird an einem Kondensator verflüssigt und kann als Trinkwasser dienen. So kann beispielsweise bei dem herkömmlichen mehrstufigen Verfahren zur Entspannungsverdampfung mit der Rückführung der Salzlösung 10 Stufen betrieben werden, von denen 8 mit der Wärmerückgewinnung arbeiten. Hierbei zirkuliert die Salzlösung und wird jeweils beim Durchgang durch die Rohre der Kondensatoren durch den kondensierenden Wasserdampf aufgeheizt. In einem Wärmetauscher wird die Salzlösung erhitzt und nacheinander in die Verdampferkammern, beispielsweise als Vakuumkammern ausgebildet, geleitet, in denen der Druck von Stufe zu Stufe erniedrigt wird. In jeder Stufe verdampft ein Teil des Wassers und kondensiert in Kondensatoren. Das so gewonnene Trinkwasser kann in einem Sammel tank geleitet werden.

**[0008]** Das herkömmliche Verfahren zeichnet sich nachteiligswert durch einen hohen apparativen Aufwand aus, dessen Rückbau kostenträchtig ist. Auch erfordert das herkömmliche Verfahren einen hohen Energieverbrauch und passt dieses nicht an die in ariden Gebieten vorgefundenen energetischen Vorgaben an.

**[0009]** Die auch im Stand der Technik betriebene Verdampfung mit Hilfe von Sonnenenergie als sogenannte Solardestillation wurde mittels Anlagen verwirklicht, die auf dieser Basis arbeiten und welche aus gewächshausähnlichen Behältern bestehen, die mit Glasplatten oder Folien bedeckt sind. Der Wasserdampf kondensiert an der Innenseite der Folien, die als Abdeckung des von den Folien begrenzten Raumes dienen, und wird als herabrieselndes oder rinnendes Kondensat in Rinnen gesammelt. An der umweltfreundlichen Entsorgung solcher infolge des Aufbaus gewächshausformatiger Behälter anfallenden Folien riesenhafter Ausmaße mangelt es in ariden Gebieten, die vorwiegend in Entwicklungsländern anzutreffen sind.

**[0010]** Die zudem im Stand der Technik bekannte Umkehrosmose beruht auf dem Prinzip, dass eine Salzlösung durch eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran, z. B. durch eine Kunststoffolie mit bestimmter Porengröße getrennt wird. Die herkömmliche Umkehrosmose, auch reverse oder umgekehrte Osmose genannt, ist ein durch einen hydrostati-

schen Druck betriebenes Membran-Trennverfahren zwecks Bereitstellung von Reinwasser aus der Salzlösung als Meerwasser. Im Falle der Ausübung eines hydrostatischen Drucks auf das innerhalb des von der Membran begrenzten Innenraums befindlichen Meerwasser tritt Reinwasser aus dem Meerwasser durch die Membran, da der hydrostatische Druck, der auf dem Meerwasser lastet, größer ist als der osmotische Druck. Durch den als Umkehrosmose bezeichnete Vorgang kann das durch die Membran getrennte Reinwasser gesammelt und dem Verbrauch zugeführt werden. Auch dieses Verfahren macht als Nachteil keine Vorschläge, auf welche Weise die für den Betrieb der Umkehrosmose erforderlichen Membranen umweltfreundlich zu entsorgen sind, zumal in Entwicklungsländern, in denen im Wesentlichen die ariden Gebiete zu finden sind, die Entsorgung von nicht benötigten apparativen Bestandteilen ungeklärt, geschweige denn, geregelt ist.

**[0011]** Auch die im Stand der Technik bekannte Elektrodialyse und die Gefrierentsalzung sind Verfahren, die den Einsatz von hoher elektrischer Energie erforderlich machen. Bei der Elektrodialyse wird das Meerwasser unter der Verwendung selektiver Membranen, die entweder Kationen oder Anionen durchlassen, elektrolysiert. Aufgrund der Trennwirkung der Membranen wird in einem Teil der Elektrolysezellen eine Anreicherung, in dem anderen eine Verminderung des Salzgehaltes erzielt. Bei der Gefrierentsalzung düst man vorgekühltes, gereinigtes Meerwasser in eine Vakuumkammer ein. Durch die Verdampfung eines Teils des Wassers kühlt sich die Sole ab, so dass salzfreies Eis auskristallisiert, das von der Sole getrennt wird und nach dem Schmelzen Reinwasser ergibt. Die im Stand der Technik bekannten Verfahren machen den Aufbau komplizierter Anlagen erforderlich, sind wegen der mangelnden Entsorgungseigenschaften wenig umweltfreundlich und passen sich den geografischen energetischen Vorgaben der ariden Gebiete nicht an.

**[0012]** Aufgabe der Erfindung soll es sein, eine Anlage bereitzustellen, die insbesondere Meerwasser aufbereitet, wie entsalzt, um Reinwasser in hinreichender Weise bereitzustellen.

**[0013]** Weiterhin soll die Anlage auch umweltfreundlich sein, um bei Abbau der Anlage in ariden Gebieten möglichst die Rückstandsfreiheit oder die Kompostierbarkeit eines guten Teils derselben zu ermöglichen.

**[0014]** Auch sollen aride Gebiete mit mit der bereitzustellenden Anlage gewonnenem Reinwasser solange bewässert werden, bis ein solches lokales Klima entwickelt, welches eine weitere Bewässerung nicht mehr erforderlich macht, so dass der Rückbau problemlos infolge Kompostierbarkeit vonstatten gehen kann. Daher ist es wünschenswert, dass die An-

lage nicht nur umweltfreundlich ist, sondern möglichst auch nach einer vorbestimmten Zeit einer automatischen Degradation unterliegt.

**[0015]** Ebenso soll die bereitzustellende Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser, kostengünstig im Betrieb sein, so dass gerade in Entwicklungsländern, in denen vorwiegend eine starke Sonneneinstrahlung zu finden ist, die geografischen energetischen Vorteile der Lage dieser Entwicklungsländer ausgenutzt wird, um die Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser, kostengünstig zu betreiben.

**[0016]** Auch soll die Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser einfach in ihrem Aufbau sein und hinzukommend eine weitgehend ausgeglichene CO<sub>2</sub> Bilanz aufweisen.

**[0017]** Die Aufgabe wird gelöst durch die umweltfreundliche Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser gemäß Hauptanspruch und durch das umweltfreundliche Trennverfahren gemäß Nebenanspruch. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen der Erfindung.

**[0018]** Ein Gegenstand der Erfindung betrifft eine kostengünstig betreibbare umweltfreundliche Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser mit biologischen Abbaubarkeitseigenschaften, welche Anlage Solarzellen zur Erzeugung elektrischer Energie und eine Umkehrosmose-Einrichtung mit mindestens einer schlauchförmigen Einrichtung als Membrantrennstufe und eine Hochdruckpumpe umfasst, die schlauchförmige Einrichtung mit einer Membran und einer gegen die Außenseite der Membran angesetzten Stützschiicht ausgebildet ist, die Membran als eine semipermeable zum Zurückhalten von in dem Meerwasser gelösten Elektrolyten ausgebildet ist, welche dadurch gekennzeichnet, dass die Membran mit einem Membranmaterial, das mindestens eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthält, hergestellt ist, die schlauchförmige Einrichtung an die Hochdruckpumpe zur Beförderung von Meerwasser in die schlauchförmige Einrichtung angeschlossen ist, die Hochdruckpumpe mit den Solarzellen elektrisch verbunden ist zum Antrieb derselben durch die von den Solarzellen erzeugte elektrische Energie.

**[0019]** Ein weiterer Gegenstand der Erfindung betrifft ein umweltfreundliches Trennverfahren unter Verwendung einer semipermeablen Membran zum Trennen von Reinwasser aus Meerwasser mittels Umkehrosmose mit einer Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser

zum Einsatz in ariden Gebieten, welche Solarzellen zur Bereitstellung von elektrischer Energie und eine Umkehrosmose-Einrichtung mit mindestens einer schlauchförmigen Einrichtung und einer Hochdruckpumpe umfasst,

die schlauchförmige Einrichtung mit einer Membran, welche als mit mindestens einer biologisch abbaubare Polymer-Verbindung als Membranmaterial enthaltende Hohlfaser ausgebildet ist, die mit der Hochdruckpumpe zur Beförderung von Meerwasser verbunden ist,

die Membran in Form einer Innenschicht der Hohlfaser ausgebildet sowie eine gegen die Außenseite der Innenschicht angesetzte Stützschiicht der Hohlfaser hergestellt sind,

die schlauchförmige Einrichtung mit parallelgeschalteten Einheiten aus Bündeln von Hohlfasern, welche jeweils eine Stützschiicht und mindestens eine die semipermeable Membran aufweisende Innenschicht aufweist, zur Erhöhung der Trennleistung hergestellt ist,

wobei von der elektrischen Energie der Solarzellen die die Umkehrosmose-Einrichtung antreibende Hochdruckpumpe angetrieben wird,

das in der schlauchförmigen Einrichtung beförderte Meerwasser mit einem Hochdruck (mit einem hydrostatischen Druck) zum Trennen von Reinwasser aus dem Meerwasser beaufschlagt und mit einer hohen Fließgeschwindigkeit zur Querstromfiltration zwecks Vermeidung von Elektrolytverkrustungen und von Verstopfung in der schlauchförmigen Einrichtung befördert wird.

**[0020]** Ein zusätzlicher Gegenstand der Erfindung betrifft die Verwendung der umweltfreundlichen Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose, insbesondere in ariden Gebieten.

**[0021]** Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage zur Wasseraufbereitung umfasst herkömmliche Solarzellen, die infolge Sonneneinstrahlung elektrische Energie erzeugen. Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage zur Wasseraufbereitung kann auch eine herkömmliche Anlage umfassen, die mittels Sonneneinstrahlung Energie zum Antrieb einer Hochdruckpumpe erzeugen kann. Weiterhin umfasst die Anlage eine Umkehrosmose-Einrichtung, welche mindestens eine schlauchförmige Einrichtung als Membran-Trennstufe und mindestens eine Hochdruckpumpe umfasst.

**[0022]** Die schlauchförmige Einrichtung kann eine oder mehrere Membranen enthalten, welche mit einem Membranmaterial hergestellt ist, das mindestens eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthält. Die schlauchförmige Einrichtung umfasst in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage eine oder mehrere Hohlfasern, die als Bündel jeweils eine Einheit, auch Modul

genannt, bilden können. Um die Trennleistung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage zu erhöhen, können in einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage mehrere Module parallel geschaltet sein.

**[0023]** Die Membran ist als semipermeable Membran ausgebildet, welche die von dem Meerwasser gelösten Elektrolyte bzw. Mineralien zurückhält und lediglich für das Reinwasser durchlässig ist.

**[0024]** Die erfindungsgemäße Anlage arbeitet nach dem Prinzip der Umkehrosmose, bei welchem Prinzip auch Meerwasser mit einem Hochdruck, auch Eingangsdruck genannt, beaufschlagt der schlauchförmigen Einrichtung zugeführt wird und dieser Hochdruck-Meerwasserstrom in ein annähernd den Eingangsdruck aufweisendes Konzentrat und in ein druckloses Reinwasser als Permeat getrennt wird. Das annähernd den Eingangsdruck aufweisende Konzentrat kann dem Meer wieder zugeführt werden, hingegen wird das Reinwasser abgeleitet und der Bewässerung der ariden Gebiete zugeführt.

**[0025]** Die Hohlfaser kann eine Innenschicht, auch Membran-Innenschicht oder Membran-Schicht, genannt, aufweisen, welche als semipermeable Membran ausgebildet ist. Da die Membran aufgrund deren geringen Porengröße nur eine geringe Durchlässigkeit für Reinwasser aus dem Meerwasser aufweisen kann, wird die Hohlfaser und das in der Hohlfaser befindliche Meerwasser mit einem hohen Eingangsdruck beaufschlagt, beispielsweise zwischen 20 bis 100 bar. Um eine hohe spezifische Flussrate oder Trennrate des Reinwassers aus dem Meerwasser zu ermöglichen, wird die Dicke der Membran weitgehend gering gehalten, so dass zur Abstützung der Membran-Innenschicht bzw. Membran-Schicht eine Stützschiicht gegen die Außenseite der Innenschicht oder der Membran Schicht angesetzt ist. Zudem kann zur Erhöhung der Abstützung die Stützschiicht gegen die Innenseite und/oder gegen die Außenseite angesetzt sein.

**[0026]** Die Stützschiicht ist porös und vorzugsweise wasserdurchlässig. Die Stützschiicht kann einen biologisch abbaubaren Werkstoff enthalten, beispielsweise Baumwolle und/oder mindestens einen Vertreter der Cellulose, Stärke und Proteine umfassenden Gruppe, wie Polyester, hydrophobe Polyester, Polyurethane, usw.. Auch können biologisch abbaubare Bio-Polyester-Verbindungen und/oder Bio-Polypropylen-Verbindungen und/oder deren Derivate und/oder Polymergemische derselben verwendet werden. Die Stützschiicht kann auch mehrere Schichten mit einem einheitlichen oder mit unterschiedlichen Werkstoffen enthalten, die durch die Mehrschichtigkeit die Membran-Schicht oder der Membran-Innenschicht hinreichend stützen; zudem kann die Stützschiicht Polymer-Verbindungen enthalten, wie Poly-

hydroxyalkanoat-Derivate, Cellulose, Stärke, Proteine enthaltende Polymere, Mischungen derselben, die darüber hinaus durch ihre Mehrschichtigkeit zur Stützung der schlauchförmigen Einrichtung beitragen können. Die mehrschichtig ausgebildete Stützschiicht kann ebenso Schichten einer der Polymer-Verbindungen oder Schichten enthalten, die jeweils voneinander sich unterscheidende Polymer-Verbindungen aufweisen. Die Stützschiicht kann insbesondere mit der Membran-Schiicht oder -Innenschiicht, zum Beispiel durch Polymerisation, wie Oberflächenpolymerisation, verbunden sein, dass die innige Verbindung zwischen der Stützschiicht und der Membran-Schiicht oder -Innenschiicht auch die Stützung derselben bereithalten kann und durch eine vorbestimmte gleichmäßige Kraftbeaufschlagung der Innenfläche der Membran-Innenschiicht die Bereiche des Reinwasserdurchtritts derselben zu vereinheitlichen vermag.

**[0027]** Das mindestens eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthaltende Membran-Material oder die mindestens eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthaltende Membran kann mit mindestens einem Vertreter, beispielsweise einer Polyhydroxyalkanoat umfassenden Gruppe, hergestellt sein.

**[0028]** Im Sinne der Erfindung wird unter biologisch abbaubare Polymer-Verbindung auch eine solche verstanden, welche solche Polymere sein können, die durch Mikroorganismen oder beispielsweise durch Einwirkung von Enzymen weitgehend zu Kohlendioxyd und Wasser abgebaut werden.

**[0029]** Neben den natürlichen biologisch abbaubaren Polymer-Verbindungen werden beispielsweise solche mit Cellulose, Stärke, Proteine enthaltenden Polymere im Sinne der Erfindung auch als biologisch abbaubaren Polymere-Verbindungen verstanden, die statt durch Mikroorganismen oder durch Einwirkung von Enzymen synthetisch hergestellt sind.

**[0030]** Ganz besonders zeichnen sich Polymer-Verbindungen aus, die Polyhydroxyalkanoat-Derivate sein können. Polyhydroxyalkanoat-Derivate oder -Verbindungen können beispielsweise sein Polyhydroxybuttersäure-Verbindungen (auch PHB genannt), Polyhydroxymilchsäure-Verbindungen (auch PLA genannt) und/oder deren Abkömmlinge.

**[0031]** Unter Polyhydroxyalkanoat-Verbindungen werden auch im Sinne der Erfindung Polymere, wie Polyester, verstanden, die meist bakterieller Herkunft sind und sich durch die biologische Abbaubarkeit auszeichnen. Polyhydroxybuttersäure-Verbindungen und deren Derivate als Vertreter der Polyhydroxyalkanoat-Verbindungen sind leicht biologisch abbaubare Polyhydroxycarbonsäure und können umweltfreundlich auf biotechnologischer Weise Fermentern

mittels Mikroorganismen aus Substraten, wie Zucker, Alkohol, hergestellt sein, so dass deren CO<sub>2</sub>-Bilanz unter Berücksichtigung natürlichem Aufbaus und Abbaus weitgehend ausgeglichen sein kann.

**[0032]** Auch die Polyhydroxymilchsäure-Verbindungen (PLA), auch Polylactid-Verbindungen genannt, sind biologisch abbaubare Polyester und aus Milchsäuremonomeren hergestellt und polymerisiert. Da auch Polyhydroxymilchsäure-Verbindungen durch Nutzung von Maisstärke hergestellt werden können, zeichnet sich die erfindungsgemäße Anlage durch eine hohe Umweltfreundlichkeit wegen der biologischen Synthese und des biologischen Abbaus sowie durch eine annähernd ausgeglichene CO<sub>2</sub>-Bilanz aus.

**[0033]** In einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage wird die schlauchförmige Einrichtung in Bodenschichten oder im Erdreich in vorbestimmten Tiefen verlegt. Je nach Tiefe und Anordnung der schlauchförmigen Einrichtung in dem Bodenbereich kann auch das Maß der nach einer vorbestimmten Zeit sich einstellenden biologischen Abbaubarkeit der schlauchförmigen Einrichtung vorteilhafterweise gesteuert werden.

**[0034]** Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage hat auch den Vorteil, dass nicht nur die schlauchförmige Einrichtung der erfindungsgemäßen Anlage umweltfreundlich mittels Mikroorganismen oder mittels Fermentern hergestellt, sondern auch diese nach einer vorbestimmten Zeit biologisch abgebaut werden kann ohne Rückstände.

**[0035]** Auch zeichnet sich die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage durch weitere Verwendung von biologisch abbaubaren Polymeren für die schlauchförmige Einrichtung aus, beispielsweise durch Verwendung von sogenannten Bio-Polyestern oder Bio-Polypropylen, die gleichfalls als Polymere biologisch abbaubar sind.

**[0036]** Auch kann die schlauchförmige Einrichtung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage biologisch abbaubare Polymer-Verbindungen aufweisen, die zwar synthetisch hergestellt sind, jedoch gleichfalls der natürlichen Degradation im Bodenbereich unterliegen.

**[0037]** In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage kann auf der Innenseite der Stützschiicht die semipermeable Membran aufgetragen, beispielsweise aufgesprüht, aufpolymerisiert und/oder aufgedampft, sein. Ebenso ist es möglich, die Stützschiicht mit dem Membran-Material statt der Auftragung zu tränken, um eine semipermeable Membran bereitzustellen im Bereich der Poren oder Durchbrüche der Stützschiicht. Gleichfalls kann die aufgetragene Stützschiicht zu-

sätzlich mit dem Membran-Material getränkt werden. Auch können auf der Membran Bahnen aufgetragen sein, die infolge Tränkung mit dem Stüttschichtmaterial durch Aussetzung gegenüber Wärme, Bestrahlung, z. B. Strahlenpolymerisation wie ionisierende Strahlung, UV-Strahlung, Licht, wie Photopolymerisation, polymerisieren können zur Bereitstellung der mit der Membran innig verbundenen Stüttschicht. Die Stüttschicht ermöglicht eine hinreichende mechanische Abstützung der Membran als Innenschicht der Hohlfaser, so dass aufgrund des Hochdrucks das Reinwasser aus dem Meerwasser abgetrennt werden kann und außerhalb der Stüttschicht gesammelt wird.

**[0038]** In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage ist die schlauchförmige Einrichtung mit einer Hochdruckpumpe verbunden, welche das Meerwasser in die schlauchförmige Einrichtung zuführt. Die Hochdruckpumpe kann das Meerwasser mit einem hydrostatischen Druck beaufschlagen, so dass die Elektrolyte in dem von der Innenschicht begrenzten Raum der Hohlfaser zurückgehalten werden und lediglich Reinwasser aus dem Meerwasser durch die schlauchförmige Einrichtung hindurchtritt.

**[0039]** Da der Antrieb der Hochdruckpumpe der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage einen hohen Energieverbrauch erforderlich macht, kann die erforderliche Energie zum Antreiben der Hochdruckpumpe durch Solarzellen bereitgestellt werden. Gerade die aride Gebiete zeichnen sich durch ein hohes Maß an Sonneneinstrahlung aus. Als Hochdruckpumpe eignet sich eine herkömmliche, die den für die Umkehrosiose erforderlichen hydrostatischen Druck zu erzeugen vermag.

**[0040]** Die Solarzellen sind herkömmlicherweise Halbleiter-Photoelemente, beispielsweise mit einem dünnen Galliumarsenid- oder Siliciumeinkristall mit p- und n-leitenden Zonen, mit dem durch Ausnutzung des inneren Photoeffektes in dem Halbleiter die Strahlungsenergie der Sonne bei relativ hohem Wirkungsgrad, beispielsweise bis zu 18%, direkt in elektrische Energie umgewandelt wird. Durch die Schaltung von Solarzellen zu sogenannten Solarzellenmodulen kann derart elektrische Energie gerade in ariden Gebieten bereitgestellt werden, die hinreichend ist, um die Hochdruckpumpe der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage anzutreiben. Auch können herkömmliche Anlagen zur Erzeugung sonstiger Energie, wie kinetischer Energie, mittels Strahlungsenergie der Sonne und/oder Windkraft verwendet werden für den Betrieb der Hochdruckpumpe.

**[0041]** Aufgrund der Kombination und Zuführung der elektrischen Energie, die leicht in ariden Gebieten bereitgestellt werden kann, und der Ausnutzung der elektrischen Energie zum Betrieb der Hochdruck-

pumpe eignet sich die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage vorteilhafterweise auch durch den kostengünstigen Betrieb aus, da der erforderliche Rohstoff für die Erzeugung elektrischer Energie in ariden Gebieten, nämlich die Sonneneinstrahlung, kostenlos angeliefert wird.

**[0042]** Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage eignet sich nicht nur zum Aufbau in Küstennähe, sondern auch in Küstenferne. In einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage können die Solarzellen zur Erzeugung elektrischer Energie auch von dem Küstenbereich entfernt installiert werden, so dass der Aufbau der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage in Landesinnerem möglich ist. Es bedarf lediglich der Zuleitung von Meerwasser zu der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage, welches Meerwasser mit der Hochdruckpumpe mit einem System- oder Hochdruck anschließend in die schlauchförmige Einrichtung gefördert wird. Da lediglich der Aufbau der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage abhängig ist von der Zuleitungslänge zum Transport von Meerwasser, kann der geografische Einsatz der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage folglich von der Meeresküste beträchtlich entfernt verlagert werden.

**[0043]** Die Entsorgung der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage bedarf lediglich der Entfernung der Hochdruckpumpe, der Steuereinrichtungen und der Meerwasserzuleitung, hingegen können die schlauchförmigen Einrichtungen im Bodenbereich verbleiben, da diese der biologischen Degradation unterliegen.

**[0044]** So zeigt sich, dass die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage die Vorteile der preiswerten Bereitstellung von elektrischer Energie, der Bereitstellung von biologisch abbaubaren Polymer-Verbindungen für die schlauchförmigen Einrichtungen zur Bewässerung einer Vielzahl arider Gebiete in eleganter Weise kombiniert, so dass lediglich der Einsatzort der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage durch das Maß der Entfernbarkeit der Meerwasserzuleitung die Innenseite der Innenschicht der Membran geführt werden, so dass eine Verstopfung der Innenseite der Membran gleichfalls vermieden wird. Beispielsweise können die schlauchförmigen Einrichtungen beispielsweise als Wickelmodule mit verdrehten Fasern in einem Modul oder als Spiralmodule ausgebildet sein.

**[0045]** Die schlauchförmige Einrichtung der Umkehrosiose-Einrichtung wird nach dem erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Trennverfahren im Bodenbereich eines ariden Gebietes verlegt. Solarzellenmodule liefern die elektrische Energie für den An-

trieb der Hochdruckpumpe, welche Meerwasser aus Küstennähe oder aus Küstenbereich anliefert und der schlauchförmigen Einrichtung zuführt. Der Hochdruck-Meerwasserstrom wird während des Betriebs mit Hilfe des erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Trennverfahrens in das Reinwasser als Permeat und in das Konzentrat aufgetrennt, wobei das Konzentrat als Rückfluss dem Meer wieder zugeführt werden kann.

**[0046]** In einer besonderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Trennverfahrens wird die Fließgeschwindigkeit in der schlauchförmigen Einrichtung derart erhöht, dass eine Querstromfiltration durch die Anströmung von Meerwasser quer zu der Filtrationsrichtung an der Oberfläche der Membran bzw. der Hohlfasern der schlauchförmigen Einrichtung einsetzt, die hohe Strömungsgeschwindigkeit hilft zudem die Abscheidung von Elektrolyt-Verkrustungen im Bereich der Innenseite der Membran weitgehend zu vermeiden. Das zu filtrierende Meerwasser kann auch so tangential über die Innenseite der Innenschicht der Membran geführt werden, dass dauerhaft die Verstopfung der Innenseite der Membran z. B. durch fouling sich nicht einstellt. Beispielsweise können die schlauchförmigen Einrichtungen als Wickelmodule oder mit leicht verdrillten Hohlfasern in einem Modul oder als Spiralmodule ausgebildet sein.

#### Ausführungsbeispiele

**[0047]** Die Ausführungsbeispiele zeigen in schematischer Weise ausgeführte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage.

**[0048]** Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage umfasst eine Umkehrosmose-Einrichtung mit mindestens einer schlauchförmigen Einrichtung. Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage arbeitet nach dem Prinzip der Umkehrosmose, wobei in der schlauchförmigen Einrichtung der Umkehrosmose-Einrichtung der Hochdruck-Meerwasserstrom soweit mit einem Hoch- oder Eingangsdruck als hydrostatischer Druck beaufschlagt wird, dass das Reinwasser durch die schlauchförmige Einrichtung hindurchtritt und als Reinwasser gesammelt wird, hingegen das in der schlauchförmigen Einrichtung zurückbleibende Konzentrat, welches den Hochdruck im Wesentlichen aufweist, dem Meer zugeführt werden kann. Erfahrungsgemäß zeigt sich, dass zwar ein geringer Druckverlust von ca. 2 bar gegenüber dem Eingangsdruck das Konzentrat aufweist, jedoch tritt vorteilhafterweise das Reinwasser soweit drucklos an, dass dieses zur Bewässerung ohne hohen technischen Aufwand weitergeleitet wird.

**[0049]** Die schlauchförmige Einrichtung dient als Membran-Trennstufe zur Trennung von Reinwasser als Permeat von dem Meerwasser. Die Um-

kehrosmose-Einrichtung weist hinzukommend eine Hochdruckpumpe auf, die das Meerwasser anliefert oder zumindest in die schlauchförmige Einrichtung das Meerwasser transportiert und dieses mit dem Eingangsdruck beaufschlagt, so dass das an Elektrolyten angereicherte Meerwasserkonzentrat in der schlauchförmigen Einrichtung verbleibt und das permeierte, wie hindurchgetretene, Reinwasser gesammelt wird. In einem Ausführungsbeispiel wird die schlauchförmige Einrichtung mit Meerwasser mit einem Hochdruck von 60 bis 100 bar beaufschlagt, um mit der Membran der schlauchförmigen Einrichtung das Meerwasser in Reinwasser und Konzentrat zu trennen.

**[0050]** Die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage und das erfindungsgemäße umweltfreundliche Trennverfahren zur Wasseraufbereitung zeichnen sich durch den kostengünstigen Betrieb aus, da die Sonnenenergie als Rohstoff zur Bereitstellung von elektrischer Energie zum Betreiben der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage in ariden Gebieten kostenlos bereitgestellt wird. Daher ist der hohe Einsatz an erforderlicher elektrischer Energie unwesentlich.

**[0051]** Ebenso haben die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage und Trennverfahren den Vorteil, dass die Kombination der Teile der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage lediglich einer geringen Wartung bedarf, weil die Umkehrosmose-Einrichtung aufgrund der hohen Druckbeaufschlagung fortlaufend in Betrieb bleiben kann.

**[0052]** Ebenfalls hat die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage den Vorteil, dass im Fall des Abbaus und der Entsorgung derselben das kostenträchtige Entfernen der schlauchförmigen Einrichtung im Bodenbereich sich erübrigt, weil die schlauchförmige Einrichtung der in ariden Gebieten natürlich auftretenden biologischen Degradation unterliegt.

**[0053]** Hinzutretend kann die Trennleistung und damit die Förderleistung von Reinwasser der erfindungsgemäßen umweltfreundlichen Anlage durch die Schaltung vieler parallel geschalteter Module je nach Anforderung vor Ort deutlich erhöht werden.

**[0054]** Ebenso macht sich die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage zu Nutze, dass die schlauchförmige Einrichtung solche biologisch abbaubaren Polymer-Verbindungen enthalten kann, die mittels Pflanzen auf natürliche Weise hergestellt werden können, so dass die mittlerweile auch zu beachtende CO<sub>2</sub>-Bilanz ausgeglichen werden kann, zumal die Biosynthese der biologisch abbaubaren Polymer-Verbindungen das Maß an der infolge des biologischen Abbaus erzeugten Menge an CO<sub>2</sub> weitgehend ausgleicht.

**[0055]** Hinzukommend kann die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage eine solche schlauchförmige Einrichtung aufweisen, deren Stützschrift ebenso einen biologisch abbaubaren polymeren Werkstoff, beispielsweise Vertreter von Polymer-Verbindungen aufweist, die mittels Mikroorganismen oder enzymatisch herstellbar und der natürlichen Abbaubarkeit unterliegen.

**[0056]** Gleichfalls zeichnet sich die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage durch den Vorzug aus, dass das Maß der Trennleistung von Reinwasser aus dem Meerwasser durch die besondere Ausgestaltung vorbestimmt werden kann, zum Beispiel durch die Art der Auftragung und Verbindung der semipermeablen Membran bzw. der aus dem Membran-Material hergestellten Innenschicht mit Stützschrift.

**[0057]** Darüber hinaus eignet sich die erfindungsgemäße umweltfreundliche Anlage zur Bereitstellung von Reinwasser aus Brackwasser, so dass an Brackwasserbereiche angrenzende aride Gebiete vorteilhafterweise gewässert werden können.

#### Patentansprüche

1. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere zur Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser, mit biologischen Abbaubarkeitseigenschaften,

a. welche Anlage Solarzellen zur Erzeugung elektrischer Energie und die Umkehrosmose-Einrichtung mindestens eine schlauchförmige Einrichtung als Membrantrennstufe und eine Hochdruckpumpe umfassen,

b. die schlauchförmige Einrichtung mit einer Membran und einer gegen die Außenseite und/oder Innenseite der Membran angesetzten Stützschrift ausgebildet ist,

c. die Membran als eine semipermeable zum Zurückhalten von in dem Meerwasser gelösten Elektrolyten ausgebildet ist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

d. die Membran mit einem Membranmaterial, das mindestens eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthält, hergestellt ist,

e. die schlauchförmige Einrichtung an die Hochdruckpumpe zur Beförderung von Meerwasser in die schlauchförmige Einrichtung angeschlossen ist,

f. die Hochdruckpumpe mit den Solarzellen elektrisch verbunden ist zum Antrieb derselben durch die von den Solarzellen erzeugte elektrische Energie.

2. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,

**zeichnet**, dass die Polymer-Verbindung mit mindestens einem Vertreter einer Polyhydroxyalkanoate umfassenden Gruppe enthält.

3. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polyhydroxyalkanoate Polyhydroxyalkanoat-Verbindungen sind, die mindestens eine Polyhydroxybuttersäure-Verbindung und/oder mindestens eine Polyhydroxymilchsäure-Verbindung und/oder deren Derivate und/oder deren Mischungen umfassen.

4. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stützschrift einen biologisch abbaubaren Werkstoff enthält, vorzugsweise welcher Baumwolle und/oder mindestens einen Vertreter der Stärke und Proteine umfassenden Gruppe enthält.

5. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die semipermeable Membran auf der Innenseite der Stützschrift aufgetragen, vorzugsweise aufgesprüht und/oder aufpolymerisiert und/oder aufgedampft, ist und/oder die Stützschrift mit dem Membranmaterial getränkt ist.

6. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hochdruckpumpe das Meerwasser mit einem hydrostatischen Druck zur Umkehrosmose beaufschlagt.

7. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die schlauchförmige Einrichtung ein Bündel von Hohlfasern umfasst, wobei jede Hohlfaser die Stützschrift und mindestens eine die semipermeable Membran aufweisende Innenschicht aufweist.

8. Umweltfreundliche kostengünstige Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser mittels Umkehrosmose zur besonderen Eignung in ariden Gebieten zur Bereitstellung von Reinwasser nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bündel als eine Einheit oder ein Modul mit einer Vielzahl an Hohlfasern ausgebildet sind, vorzugsweise das Modul als Wickelmodul ausgestaltet ist, vorzugsweise die schlauchförmige Einrichtung parallelgeschaltete Einheiten zur Erhöhung der Trennleistung umfasst.

9. Umweltfreundliches kostengünstige Trennverfahren unter Verwendung einer semipermeablen Membran zum Trennen von Reinwasser aus Meerwasser mittels Umkehrosmose mit einer Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere Entsalzung, von Meerwasser zum Einsatz in ariden Gebieten, welche Solarzellen zur Bereitstellung von elektrischer Energie und eine Umkehrosmose-Einrichtung mit mindestens einer schlauchförmigen Einrichtung und einer Hochdruckpumpe umfasst, die schlauchförmige Einrichtung die semipermeable Membran aufweist, welche mindestens eine Hohlfaser umfasst, die mit der Hochdruckpumpe zur Beförderung von Meerwasser verbunden ist, die Membran mit einem Membranmaterial, das mindestens eine biologisch abbaubare Polymer-Verbindung enthält, hergestellt ist, die Membran in Form einer Innenschicht der Hohlfaser ausgebildet sowie eine gegen die Außenseite der Innenschicht angesetzte Stützschiicht der Hohlfaser hergestellt sind, die schlauchförmige Einrichtung mit, vorzugsweise parallelgeschalteten, Einheiten aus Bündeln von Hohlfasern, welche jeweils eine Stützschiicht und mindestens eine die semipermeable Membran aufweisende Innenschicht aufweist, zur Erhöhung der Trennleistung hergestellt ist, von der elektrischen Energie der Solarzellen die die Umkehrosmose-Einrichtung antreibende Hochdruckpumpe angetrieben wird, das in der schlauchförmigen Einrichtung beförderte Meerwasser mit Hochdruck zum Abpressen von Reinwasser aus dem Meerwasser beaufschlagt wird, vorzugsweise mit einer hohen Fließgeschwindigkeit zur Querstromfiltration zwecks Vermeidung von Elektrolytverkrustungen und von Verstopfung in der schlauchförmigen Einrichtung befördert wird.

Es folgen keine Zeichnungen