

Seewasser - Entsalzung

Aus Seewasser Trinkwasser gewinnen - Ein alter Traum wird wahr

Freitag, 9:00 UT, im Atlantik vor Horta/Fayal: "Igitt - das schmeckt ja widerlich !" mäkelte Rolf beim Zähneputzen. Meine Antwort: "Was erwartest Du, Perrier ?" beantwortet er mit einem eruptiven Würgen. Rolf hat aus Versehen den Seewasserhahn benutzt und kämpft nun mit den Folgen. Ausser zum Kartoffelkochen, Geschirr vorspülen oder eben darauf zu segeln ist Seewasser nun einmal nicht zum menschlichen Genuss geeignet.

Wasser tut not !

Zentrales Thema von Seereisen war und ist Trinkwasser in ausreichender Menge zur Verfügung zu haben. Ohne Essen kann der Mensch mehrere Wochen überleben, ohne Wasser nur wenige Tage. Im Zeitalter der Seefahrer und Entdecker dauerten Ozeanpassagen Monate, noch im ausgehenden 19 Jahrhundert brauchten die Kolonistenschiffe der Auswanderer bis zu 90 Tagen in die verlockende 'Neue Welt' Amerika. Auch heute im Zeitalter der Nonstop - Weltumrundungen und jährlich hundertfachen Ozeanüberquerungen mit relativ kleinen Yachten ist die Wasserversorgung von entscheidender Bedeutung für eine sichere Reise.

Wasser fällt vom Himmel - Regen

Nicht nur auf langen Reisen oder den Atollen der Südsee ist Trinkwasser schwer oder gar nicht zu beschaffen, bereits im regenarmen östlichen Mittelmeer steht Wasser aus vom Winterregen gespeisten Zisternen nur in unzureichender Menge und oftmals fragwürdiger Qualität zur Verfügung. Die von manchen Blauwasserseglern propagierte Lösung durch Auffangen von Regenwasser scheidet in regenarmen Gegenden aus, ist unzuverlässig und bringt nur in regenreichen Gegenden den erwünschten Erfolg - genau in diese Gebiete fährt der Standard-Langfahrtsegler auf der Barfussroute aber eben nicht. Da Wasser leider schwer und voluminös ist, kann es auch nur für eine begrenzte Zeit in Abhängigkeit von Personenzahl und Schiffsgröße mitgeführt werden. Zugegeben kann eine seetüchtige Yacht in aller Regel hinreichende Mengen Wasser bunkern, zu beobachten sind aber mehr und mehr Komfortgesichtspunkte: Der minimalistische Wasserverbrauch der Altmeister des Langfahrtsegelns wird heute mit Staunen zur

Kenntnis genommen, gestiegen sind Ansprüche an Menge und Qualität. Ebenso wenig hat der Skipper Spass am kilometerweiten Schleppen von halbzentnerschweren Wasserkanistern oder kann es körperlich schlicht nicht mehr - 70jährige Langfahrtsegler sind heute keine Ausnahme mehr.

Das älteste Verfahren: Destillation

scheidet für den Yachtgebrauch, ausser in Notfällen auf dem Kochherd brennstoffvernichtend praktiziert, praktisch aus. Bedeutung hat das Destillationsverfahren, wobei die im Wasser gelösten Stoffe (Salze, Mineralien) und Schwebestoffe (Algen, Sand und Kleinstlebewesen) bei Verdampfung des Seewassers durch Zuführung von Hitze und nachfolgender Kondensation des Wasserdampfes getrennt werden, nur in industriellen Großanlagen. Dieses energieaufwändige Verfahren wird vorwiegend in küstennahen, trinkwasserarmen Gebieten angewandt. Steht genug Sonneneinstrahlung zur Verfügung, nutzt man diese in Kollektoren zur Aufheizung des Rohwassers; ebenso wird der Siedekessel unter Unterdruck gesetzt, um den Siedepunkt des Seewassers herabzusetzen. Aber nicht nur die energiefressende Produktion, auch Produktionsprobleme wie Salzabscheidung an den Kesselwänden und Rohrleitungen lassen eine Nutzung an Bord einer Fahrtenyacht nicht zu. Zudem ist destilliertes Wasser wegen des vollständigen Fehlens von Mineralien und Salzen gesundheitsschädlich, diese werden bei industrieller Anwendung nachträglich wieder zugeführt.

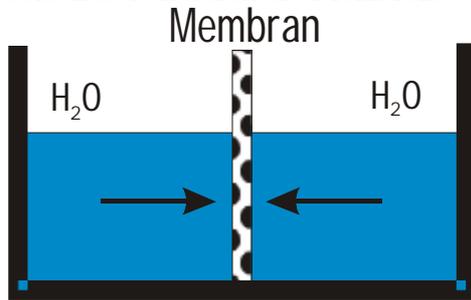
Hightech in der Röhre - Umkehrosmose

Das Grundprinzip - Osmose

Halbdurchlässig oder auch semipermeabel nennt man eine Membrane, welche nicht im eigentlichen Sinn wasserdurchlässig ist, sondern die in ihrer Molekularstruktur Wasser aufnehmen und passieren lassen kann. Die Porengröße entspricht dabei weniger als einem zehntausendstel Mikrometer.

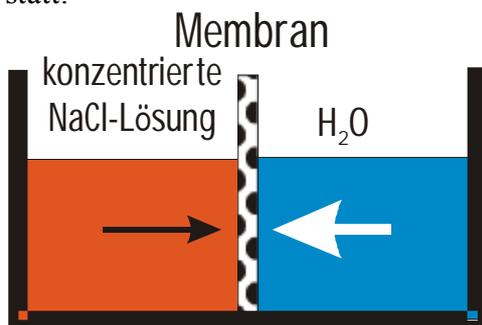
Bereits seit 100 Jahren ist bekannt, wenn man zwei gleichartige Flüssigkeiten durch eine halbdurchlässige Membrane trennt, so wandern nach dem Prinzip der Braunschen Molekularbewegung Flüssigkeitsmoleküle von

beiden Seiten durch die Membrane.



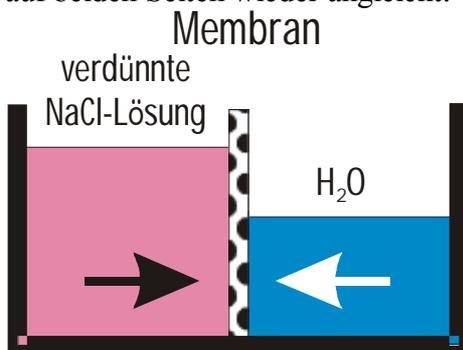
In diesem Fall hält sich der Druck auf beiden Seiten in der Waage. Der osmotische Druck (-unterschied) ist gleich null.

Trennt man nun Salzlösung und destilliertes Wasser durch eine solche Membrane, so findet auch hier die Braun'sche Molekularbewegung statt.



Auf der 'verunreinigten' Seite (Salzwasser) wird aber durch die vorhandenen Salzionen der für die Wassermoleküle freie Raum verkleinert.

Dadurch können von der Seite mit dem destillierten Wasser mehr Wassermoleküle zur verunreinigten Seite wandern, als umgekehrt. Der Druck auf der verunreinigten Seite wird so lange ansteigen, bis er sich durch die Molekülwechsel auf beiden Seiten wieder angleicht.

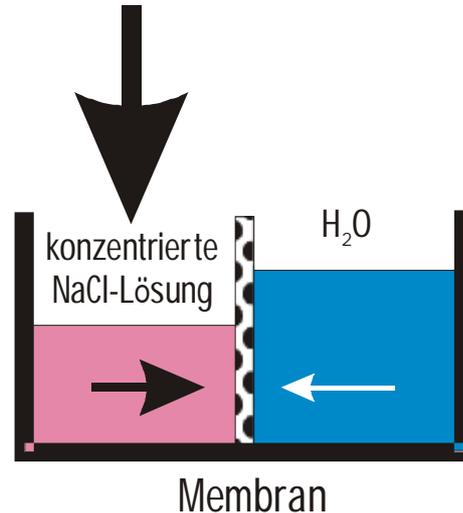


Nun kann man so Salzwasser aus Süßwasser machen - der umgekehrte Weg ist jedoch gefragt.

Der Lösungsansatz - Umkehrosmose

Es lag quasi auf der Hand: Das Verfahren wird einfach umgekehrt. Es dauerte aber noch bis in die 60er Jahre, initiiert (wie oftmals kolportiert, in diesem Fall aber wahr) durch das Weltraumprogramm der NASA, die schlicht eine Wasseraufbereitungsmethode für ihr Raumfahrtprogramm suchte. Die Kennedy - Regierung mit ihrem Fortschrittswillen ("Go to

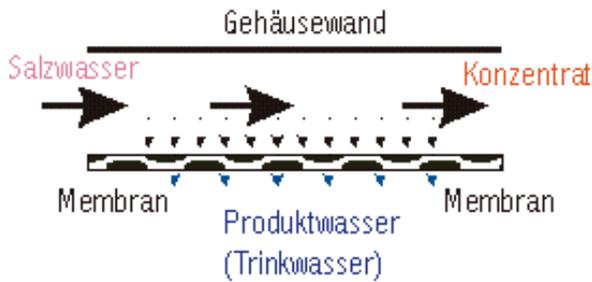
the moon and make the Desert bloom") stellte Forschungsmittel zur Verfügung und so konnten im August 1960 Forscher der renomierten UCLA (University of California, Los Angeles) die erste Membran zur Entsalzung und Demineralisierung vorstellen. Unter der Leitung von Prof. Samuel Yuster entwickelten die Ingenieure Sidney Loeb und Srinivasa Sourirajan eine dünne Membrane oder besser einen Film, dessen mikropröse Poren fein genug waren, das Salz vom Wasser zu trennen. Die Funktionsweise ist, wie oben bereits angedeutet, simpel: Die Seite mit dem Salzwasser wird unter Druck gesetzt, der natürlich höher als der osmotische Druck sein muss, und - voilà ! - aus Salzwasser wird reinstes Süßwasser.



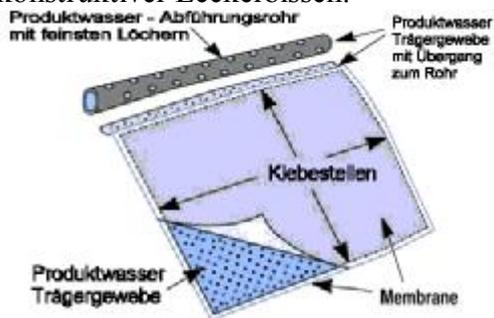
Die Lösung - So wird's gemacht

Die Konstrukteure haben in den letzten 40 Jahren etliche Kunstgriffe entwickelt, um die Membranen und Anlagen endanwenderfreundlich und betriebssicher zu gestalten.

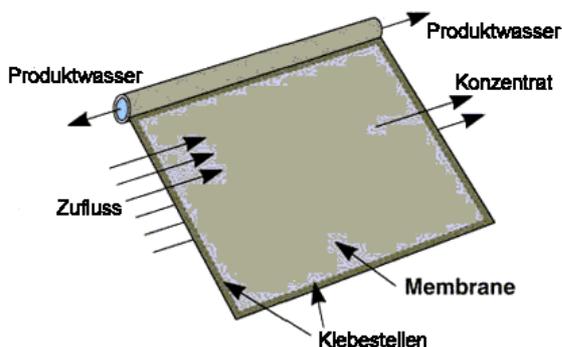
Ein Problem der Umkehrosmose ist nämlich offensichtlich: Das durch hohen Druck gegen die Membrane gepresste Seewasser ist selbst nach Vorfiltration nicht rein: Algen, Sand und Kleinstlebewesen sowie die ebenfalls abgeblockten Viren, Bakterien oder Mineralien würden die Membrane sehr schnell zusetzen. Weiter würden die teils biologischen Ablagerungen irgendwann faulen und deren Zersetzungsprodukte die Membran verstopfen oder gar beschädigen. So wird das Druckwasser an der Membranoberfläche mit einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit entlanggeführt und nimmt so den Grossteil der Verunreinigungen mit. Es tritt am anderen Ende als Konzentrat, eben noch salzhaltigeres Wasser, aus.



Die bei einigen Anlagen sogenannte Rückspülung, bei der entgegen der normalen Flussrichtung die Membranoberfläche von Ablagerungen freigespült wird, ist ein weiteres Hilfsmittel zur möglichst langen Nutzung der teuren Membran. Handelsüblich sind heute Membraneinheiten, die zur Maximierung der benetzten und somit produktiven Fläche spiralförmig aufgerollt sind und in einem druckfesten zylinderförmigen Gehäuse sitzen. Deren Aufbau ist ein konstruktiver Leckerbissen:

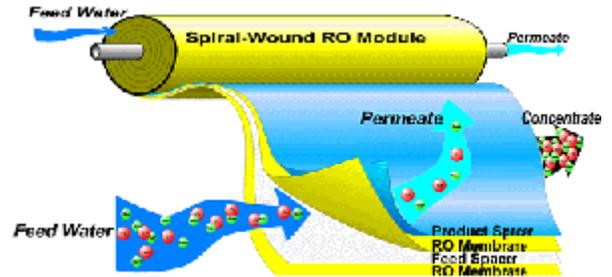


Zunächst wird ein Transportgewebe ähnlich wie in einen Briefumschlag zwischen zwei Lagen der Membranfolie gelegt und an drei Seiten verklebt. Hierdurch kann das durch die Membrane gedrückte Produktwasser nur zur vierten, offenen Seite hin abfließen. Dort nun wird mit der Produktwasser-Röhre so verbunden, das das Produktwasser nur in diese abfließen kann.



Wenn man nun mehrere Lagen dieser 'Membrantaschen' auf die Produktwasser-Röhre aufbringt, getrennt voneinander durch eine Lage seewassertransportierendes Gewebe (denn natürlich muss ja Seewasser auf die Membranoberfläche gelangen) und diese Schichten dann auf die Röhre spiralförmig aufwickelt erhält man eine Membraneinheit, wie sie heute in nahezu allen Entsalzungsanlagen

eingesetzt wird.



Was ist zu beachten ?

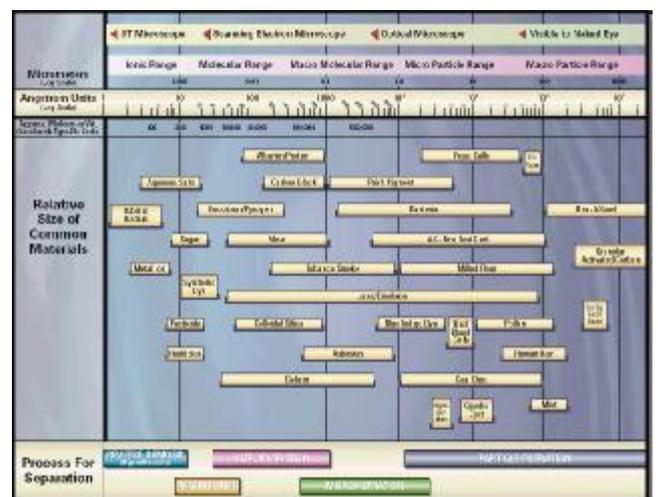
Vorweg: Ist das Wasser denn gesund ?

Ist es. Es ist eben kein destilliertes Wasser. Typisch >99% aller Salze und Mineralien sowie 100% aller Bakterien, Viren und viele Schadstoffe werden von den Membranen zurückgehalten. Weniger als 1% der Mineralien und Salze passieren diese aber doch und sorgen für ein Wasser höchster Qualität.

Selbst die für unsere Begriffe von irrwitzigen Schadenersatz- ansprüchen geplagten und daher hochvorsichtigen amerikanischen Hersteller empfehlen erst nach 5 Jahren ausschließlichen Genusses von Wasser aus Entsalzungsanlagen auf Mineralwasser umzusteigen. Es ist zudem extrem weich und geschmacksneutral - besonders die Gourmets unter den Teetrinkern schwören darauf.

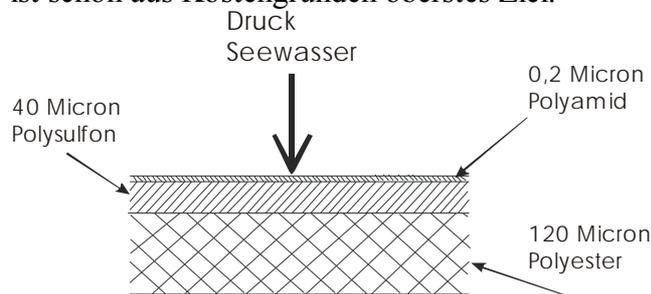
Ein paar Worte zu Membrantypen, deren Eigenschaften, Do's und Dont's

Der hohe Preis der Watermaker erklärt sich durch die bei der Produktion notwendige Präzision, Qualität verwendeter Materialien und aufwändigem Fertigungsprozess. So besteht die Membrane bei fast allen Seewasserentsalzern aus



hauchdünnen Lagen von Kunststofffolien: Polyamid als erste Schicht, Polysulfon als 'eigentliche' Membrane und Polyester als Trägermaterial. Diese nicht unnötig zu belasten oder gar durch falsche Handhabung zu zerstören

ist schon aus Kostengründen oberstes Ziel.



Die in Watermakern genutzten Membranen können 2 Dinge auf den sprichwörtlichen Tod nicht ausstehen: Öle und Chlor. Das Öl, in Häfen vielfach auch kaum sichtbarer Form als Emulsion vorhanden, verklebt die Membranoberfläche und reduziert die Leistung bis zum Totalausfall. Das ist der Grund für die Empfehlung der Hersteller, die Anlagen niemals in Häfen zu betreiben.

Chlor greift die Kunststoffmembranen an, frisst Löcher hinein und kann letztlich dazu führen, dass die eigentliche Funktion der Membran negiert wird. Nun wird Chlor in nahezu allen Ländern dem aufgrund seiner stark keimtötenden Eigenschaften dem Rohrleitungs-Trinkwasser zugesetzt. Folglich darf der umsichtige Fahrtensegler auf keinen Fall Wasser aus dem Schlauch von Land zur Konservierung oder Reinigung seines Watermakers benutzen. Braucht er auch nicht, in aller Regel wird er ja reines Wasser aus seinem Watermaker in den Tanks zu diesem Zweck nutzen können, greift zu (kohlenstofffreiem) Flaschenwasser oder nimmt in der grössten Not sauberes Meerwasser (siehe oben: kein Hafenwasser).

Die vornehmlich in der Lebensmittelindustrie verwendeten Celluloseacetatmembranen, welche weitgehend resistent gegen Chlor sind, werden in Seewasserentsalzern kaum eingesetzt: Sie würden durch die im Seewasser enthaltenen Kleinstlebewesen, Bakterien und deren Stoffwechselprodukte sinnbildlich gesprochen aufgefressen.

Zum Meerwasser und der Notwendigkeit der Konservierung von Watermakern aber später mehr.

Einbauort und Installation

Die Pumpen der Watermaker, seien es Kolbenhochdruckpumpen, Impellerpumpen oder Zentrifugalpumpen dürfen nicht 'trocken' laufen. Dies ist der erste Grund, wieso dem Einbau des Watermakers respektive seiner Pumpe Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Weiter kann es der Membrane schaden, wenn durch sie Luft mit hohem Druck geblasen wird. Und letztlich können zB die Kolbenpumpen wie sie PUR nutzt zwar hohen Druck aufbauen, jedoch

nur schlecht ansaugen.

Daher suchen wir uns je nach Modell einen Platz für das Aggregat oder die separate Pumpe, der möglichst unterhalb der Wasseroberfläche liegt. Der Borddurchbruch darf auch im Seegang keine Luft ziehen und nicht durch Verwirbelungen wie durch das Ruder oder Loggeber beeinträchtigt werden.

Nun sollen die Membranen auch nicht zu heiß werden: Mehr als 40°C Dauertemperatur sollten es nicht sein. Bei vorgesehener Montage im Maschinenraum ist diesem Gesichtspunkt Aufmerksamkeit zu schenken, jedoch wird wohl niemand eine Entsalzungsanlage in einen kleinen, engen und somit heißen Maschinenraum einbauen - die regelmäßige Wartung zB der Vorfilter wäre zu aufwändig. In einem grossen, gut gelüfteten Maschinenraum sollte die Temperatur den genannten Richtwert normalerweise nicht überschreiten. Bei modularen Anlagen kann die Druckpumpe im Maschinenraum und die Membraneinheit zB unter einer Koje oder in einem Schapp erfolgen.

Zu beachten ist auch die Erreichbarkeit: Gut konstruierte Anlagen haben alle Anschlüsse, Anzeigeinstrumente und wartungsrelevanten Teile zentral auf einer Seite. Der je nach Verunreinigungsgrad des Seewassers durch Schwebstoffe mehr oder weniger häufige Wechsel der notwendigen Feinvorfilter sollte ebenfalls ohne akrobatische Kunststücke möglich sein. Letztlich sollte der Einbauort so gewählt werden, dass die Reinigung und Konservierung der Anlage möglichst leicht vorgenommen werden kann. Die Verfahrensbeschreibung in dem folgenden Kapitel Betrieb zeigt auf, worauf zu achten ist.

Betrieb

Watermaker gibt es im Yachtbereich seit gut 20 Jahren, sie gelten als ausgereift und bei Beachtung der Installations- und Wartungsvorschriften der Hersteller als betriebssicher. Eine Lebensdauer ohne Überholung von mehr als 7.000 h Betrieb ist keine Seltenheit und entspricht einer ausgedehnten Weltumsegelung - ein mir bekanntes Seglerpärchen ist seit 7 Jahren mit ein und demselben Watermaker bisher ohne Reparatur auf Weltreise. Der Makel der aufwändigen Wartung und Reparaturanfälligkeit beruht bei genauem Hinsehen auf älteren Anlagen, zu deren Installation man fast eine abgeschlossene Ingenieursausbildung benötigte.

Ausschlaggebend für einen langen störungsfreien Betrieb ist die richtige Wartung und ein bisschen Verständnis für die Bedürfnisse der heiklen

Membranen:

Vorfilter

Seewasser ist leider nicht immer so sauber wie mitten im Pazifik. Algen, Schwebestoffe oder gar Sand sind, so zB in der Nordsee, Gift für die Membran. Alle Anlagen werden daher mit entsprechenden Vorfiltern geliefert. Diese sind mit zumeist 30µm fein genug, alle direkt die Membranoberfläche zusetzenden Unreinheiten abzuscheiden. Deren Kontrolle ist einfach: Die meist durchsichtigen Kunststoffgehäuse der Filter lassen auf einen Blick erkennen, ob ein Filterwechsel notwendig ist.

Will man der Anlage etwas besonders gutes tun, wird gerne noch ein Feinstfilter mit 5µm hinter den 30er Filter gesetzt. Die Anlage wird es Ihnen mit längeren Reinigungszyklen und höherer Lebensdauer danken. Aber Obacht: Nicht alle Pumpen kommen mit dem erhöhten Ansaugwiderstand klar und verlieren daher an Leistung. In diesen Fällen muss eine Förderpumpe (oft auch Boosterpumpe genannt) zwischengeschaltet werden. Die Förderpumpe hilft auch bei räumlich notwendiger Montage von Kompaktanlagen oberhalb der Wasserlinie.

Konservierung

Ihr Watermaker wird mit einem Konservierungsmittel gefüllt geliefert und kann so rund ein Jahr stehen bleiben. Einmal in Betrieb genommen, beginnt das Ritual der Konservierung, Betrieb, Konservierung und so weiter.

Seewasser ist nicht 'rein': Algen, Kleinstlebewesen, Viren, Bakterien, Sand und was noch alles ist im Meerwasser enthalten. Verbleibt nach Stillsetzen der Anlage Seewasser in der Membranröhre, wird es je nach Aussentemperatur und Verunreinigungsgrad früher oder später anfangen 'schlecht' zu werden - im englischen treffend 'fouling' genannt. Zwischen 2 und 5 Tagen reicht diese Spanne.

Nun wird die Anlage meist nicht täglich benutzt, sei es, das man in einem verschmutzten Hafen liegt, einfach kein Wasser benötigt oder das Schiff für eine längere Zeit verläßt. Ist also absehbar, daß der Watermaker für mehr als 3 Tage nicht benutzt wird, wird ein Biozid einigen Litern sauberem Wasser beigemischt und dieses durch die Anlage geleitet. Dies geschieht recht einfach und schnell mittels der bei allen Anlagen mitgelieferten Mehrwegehähne und daran angeschlossenen Schläuchen, die zumeist in einen simplen Eimer geführt werden oder aufwändiger zu installieren in einen festen Spültank führen. Nun kann die

Anlage wiederum bis zu einem Jahr ausser Betrieb bleiben. Zu beachten ist, dass bei Wieder-Inbetriebnahme das Biozidhaltige Wasser erst einmal abgeleitet und nicht in den Wassertank geleitet wird - am einfachsten wieder mit Umschaltung der Mehrwegehähne und des bewußten Eimers, weiter das Biozid nicht mit chlorhaltigem Landwasser angesetzt werden darf, wie bereits oben besprochen.

Reinigung

Mit der Zeit, je nach Nutzung und Wasserbeschaffenheit alle 3-6 Monate, verbleiben doch trotz Vorfilter und der trickreichen Technik der Watermaker - Konstrukteure Rückstände auf der Membranoberfläche, die die Durchlässigkeit beeinträchtigen und zu einer verminderten Wasserausbeute sowie im Extremfall zu ungesundem Druckanstieg führen. Sie sollten es sich zur Angewohnheit machen, bei Inbetriebnahme des Watermakers den an den größeren Anlagen fest installierten Manometer im Auge zu behalten. In Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt beträgt der Druck in auf der Membraneinheit zwischen 20 (Süßwasser) und 60 (stark salzhaltiges Seewasser) Bar. Die Produktion von Frischwasser steigt und fällt um 3% pro 1°C Temperaturänderung – je wärmer, umso mehr Trinkwasser wird produziert.

Der Druck sollte sofort nach dem Einschalten stark ansteigen und dann konstant bleiben, im Normalfall (Seewasser) um die 40 Bar betragen, er darf bei Kolbenpumpenanlagen leicht pulsieren. Ein Hinweis an dieser Stelle: Pulsiert der Druck stark um mehrere Bar oder fällt wieder ab, haben Sie Luft in der Anlage und müssen diese entlüften. Stellen Sie im Laufe der Nutzung von Woche zu Woche stetig steigenden Druck fest oder bemerken eine deutlich geringere Literleistung / h des Gerätes, ist es Zeit für eine Reinigung. Die Vorgehensweise ist ähnlich wie unter Konservierung beschrieben, nur wird eine andere Chemikalie zur Reinigung der Membranoberflächen benutzt. Sie lassen die Reinigungsflüssigkeit rund 1 Stunde im Kreislauf durch die Anlage laufen (Seewassereingang und -ausgang über den Eimer, Produktwasser ebenfalls) und reduzieren den Druck der Anlage über ein Druckreduzierventil, meist direkt an der Pumpe zu finden. Hierdurch wird die Membranoberfläche gespült, manche sprechen auch von Rückspülung. Lassen Sie die Anlage danach einige Minuten mit sauberem Trinkwasser zirkulieren und stellen dann die Mehrwegehähne auf Produktionseinstellung zurück. Das erzeugte Wasser der ersten Viertelstunde leiten Sie nach

ausenbords und prüfen dann den Erfolg der Reinigungsprozedur. Sie sehen, so schlimm ist es gar nicht und der Watermaker wird Ihre Pflege mit tausenden Litern bestem Trinkwasser über Jahre hinweg belohnen.

Marktübersicht

Im folgenden beschränke ich mich auf Geräte mit einer Literleistung bis um die 30 Liter / Stunde - mehr wird kein 'normales' Fahrtenschiff benötigen - und Energieversorgung aus dem Bordnetz.

PUR www.katadyn.ch

Bekanntester Hersteller anfangs handbetriebener Geräte zur Wasserreinigung und -entsalzung ist seit 1985 die amerikanische Firma PUR. Deren Geräte wurden nach Einführung des elektrischen Antriebs gerade von kleinen Fahrtencrews bis zu 4 Personen auch heute noch geschätzt, leider ist deren Preis mit Übernahme der Watermaker-Sparte zum 1.1.2002 durch die Schweizer Katadyn nochmals gestiegen.

Die Ausnahme: Handbetriebene Geräte

Wie eingangs erwähnt, beruht die Entwicklung von Seewasserentsalzern auf Anforderung der amerikanischen Raumfahrtbehörde und des Militärs. Ein Produkt ist der immer noch gebaute PUR 35 mit Handbetrieb, gefolgt von dem PUR 06 als kleinem Handgerät für den Notfall in der Rettungsinsel.

Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass die Handwassermacher aufgrund des doch hohen Kraft- und Zeitaufwandes eigentlich nur für den Notfall gedacht sind. Nahezu jede heutige Fahrtenjacht verfügt über genug Energie um einen elektrisch betriebenen Watermaker zu betreiben. Und arbeiten wollen wir doch eigentlich so wenig wie möglich...

- **PUR Survivor06**



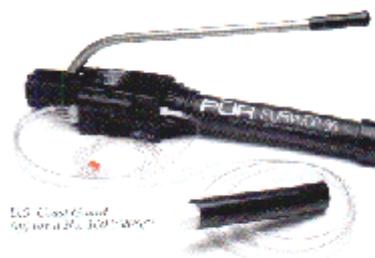
Dieser kleinste Entsalzer ist aufgrund seiner Kompaktheit besonders geeignet, in die Notfalltasche oder Rettungsinsel beige packt zu werden, er wurde entwickelt für die Überlebensausrüstung von Fliegern. Bei einer Handpumpleistung von 40 Schlägen / min. leistet er nahezu 1 Liter bestes Trinkwasser pro Stunde. Er wiegt lediglich 1.3 kg bei einer Größe von

12.7x20.3x6.5 cm. Der Preis: ca. 849.00 €



Im Vendée Globe harter Tony Bullimore 4 Tage in seiner gekenterten 'Exide Challenger' aus: Trinkwasser lieferte sein PUR 06.

- **PUR Survivor 35**



Der PUR 35 ist wie sein kleinerer Bruder, der 06, für Flieger und die Marine entwickelt worden. Er ist nur noch als reines handbetriebenes Gerät erhältlich, die alte Version mit Elektro - Pumpenantrieb wurde durch das Modell 40 ersetzt. Der PUR 35 macht bei 40 Hüben/Minute bis zu 4,5 Liter Trinkwasser pro Stunde. Bei einer Größe von 14x56x89cm wiegt er rund 3.200 g. Wäre nicht der Preis von ca. 2.000 €, gehörte er in jede Rettungsinsel.

Hochdruckpumpen - Aggregate:

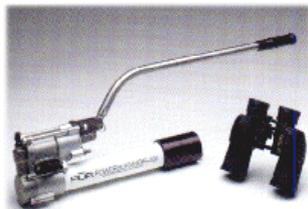
Die durch einen Elektromotor angetriebenen PUR - Watermaker sind Kolbenhochdruckpumpen - Aggregate. Sie sollen unterhalb der Wasserlinie montiert werden, da die Pumpen konstruktiv bedingt nicht besonders gut ansaugen können. Ist dies aufgrund des gewählten Einbauortes nicht möglich, empfiehlt sich der Einsatz einer kleinen magnetgetriebenen Förderpumpe, deren Energiebedarf von 0.5 Ah/12V kaum ins Gewicht fällt.

- **PUR 40 E**



Der PUR40E ist der direkte Nachfolger des bewährten 35er's und hat das Fahrtensegeln ähnlich revolutioniert wie die ersten Selbststeueranlagen. Mit ihm gab es erstmals ein kleines, handliches und bezahlbares Gerät, mit dem die Standard-Fahrtenscrew aus 2 Personen

und ab und an einmal Gästen ihren gesamten Trinkwasserbedarf mühelos decken konnte. Der zur Umkehrosmose benötigte hohe Druck wird bei den PUR-Anlagen durch eine elektrisch motorgetriebene Kolbenpumpe (12V oder 24V erhältlich) erzeugt. Diese anzutreiben, kostet viel Kraft. Um kostbare Energie (Strom) zu sparen, wurde hier erstmals eine Energierückgewinnung konstruktiv eingesetzt: Das unter Druck stehende Seewasser wird auf die Pumpenkolbenrückseite geleitet, um bereits einen Teil der benötigten Kraft zur Verfügung zu stellen. Daher benötigt die PUR 40 E nur 4 Ah bei 12V für 5,7 l Trinkwasser pro Stunde (8,42 Watt pro Liter). Die Masse betragen H 172 B 394 L 420 mm bei 11kg Gesamtgewicht.



Mitgeliefert zum Preis von ca. 3.200 € der 12V - Anlage wird zudem eine Handbedienung für den Notbetrieb, die 24V-Anlage kommt auf 3.588 €. Die Umrüstung geschieht schnell und einfach durch Lösen von 4 Schrauben, mit denen der Antriebsmotor von der Kolbenpumpe abgetrennt und der Hebelarm auf dem freien Sockel montiert wird.

- **PUR 80 E**



Eine Nummer größer ist die PUR 80E. Nach gleichem, bewährtem Prinzip mit Energierückgewinnung und in 12V oder 24 V zu haben, ist zur leichteren Montage im Gegensatz zur 40E die Pumpen-/Antriebseinheit von der Membraneinheit getrennt. Die Anlage macht bis zu 12,9 Liter Trinkwasser pro Stunde bei einem Energiebedarf von 8A/12V oder 5A/24V. Die Pumpe misst H 152 B 356 L 406 mm, die Membraneinheit ist 787mm lang und hat einen Durchmesser von 64mm. Die gesamte Anlage wiegt 15,4 kg und kostet rund 4.735 € in 12V, 5.070 € in 24V. Auf 12V vergleichsweise gerechnet benötigt sie nur 7,4 Watt / Liter.



Die PUR PowerSurvivor 80E gibt es auch in einer gekapselten Variante als sog. Enclosed - Modell. Alle Komponenten sind in einem kompakten Gehäuse mit den Massen H 236 B 432 L 529 mm untergebracht, das Gewicht beträgt 22 kg. Ein Vorteil ist, dass keine Hochdruckleitungen von der Pumpeneinheit zur Membrane gelegt werden müssen. Die Preise sind 5.000 € für das 12V, 5.200 € für das 24 V - Modell.

- **PUR 160 E**



Die PUR PowerSurvivor 160 E ist der ärgste Konkurrent der 80er - Serie: Bei einem Aufpreis von nur 10% schafft sie die doppelte Leistung von bis zu 25,4 Liter per Stunde. Der Verbrauch beträgt noch erträgliche 18A/12V (12A/24V) und so ist sie für die grosse Fahrtencrew und ein entsprechendes Schiff interessanter als die 80er, was auch die Verkaufszahlen belegen. Dass sie bei unserem Verbrauchsvergleich mit 8,5 W/Liter schlechter abschneidet, egalisiert der Preis von 5.175 € für das 12V und 5.475 € für das 24V - Modell.

- **Tecnicomar**

Die italienische Firma Tecnicomar gehört seit langem zum Establishment der Watermaker-Hersteller. Schwerpunkt sind grössere Entsalzungsanlagen mit Stundenleistungen von 30-250 Liter, mit 230 V Wechselstrompumpen oder über Keilriemen von der Maschine angetrieben. Die hier vorgestellte

- **minimar 200**

ist als 'Kleinste' Anlage einziges Modell mit 12V oder 24V Pumpenantrieb.



Die minimar 200 baut dem Kundeninteresse entsprechend kompakt, die Installation beschränkt sich auf Verbindung der Wasserleitungen mit Ein- und Auslass sowie dem Stromanschluß. Hervorstechend ist die automatische Regelung und Selbstüberwachung der Anlage - sogar die Qualität des erzeugten Trinkwassers wird gemessen und im Zweifel 'über Bord' geleitet. Die Masse sind 700x380x250mm, das Gewicht beträgt 25kg. Die minimar 200 bringt es bei einem Stromverbrauch von 262W auf 25Liter/h und benötigt somit mehr als 10W/h. Der Preis der Anlage beträgt inclusive Montagematerial und der elektronischen Steuerung rund 5.500 EUR.

- **Fehlemann**

Einziger deutscher Hersteller im Reigen ist die Firma Fehlemann aus Büren.

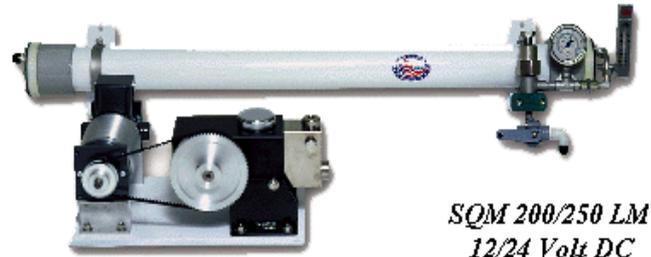
- **SQM 200**



SQM 200/250 12/24 Volt DC mit kurzen Membranen

Deren bordstromgeeignete Anlagen SQM 200 und 250 werden über eine keilriemengetriebene Hochdruckpumpe mit Druckwasser beaufschlagt. Der Aufbau ist modular, die Pumpe mit Hochdruckschläuchen mit den Membranen zu verbinden.

Die SQM 200 produziert 31 Liter Trinkwasser pro Stunde und verbraucht 13 A bei 12 Volt. Das sind nach unserem Vergleichswert runde 5W/Liter. Die SQM 250, die nur einen stärkeren Antriebsmotor hat, produziert 39 Liter Trinkwasser pro Stunde und verbraucht ca. 17 A bei 12 Volt. Für die SQM 250 steht auch ein 110-230 Volt AC Antriebsmotor ohne Aufpreis zur Verfügung.



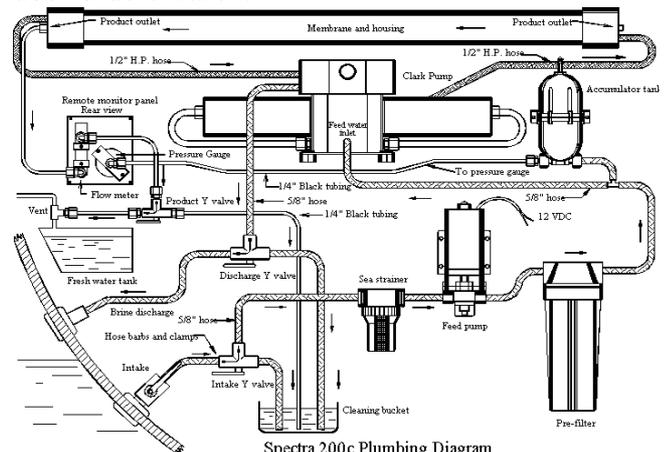
SQM 200/250 LM 12/24 Volt DC

Die SQM 200 ist mit einer langen oder 2 kurzen Membranen erhältlich. Die Masse sind 1140x203x260mm für die lange Membran, 660x203x260mm für die beiden kurzen Membranen und 407x260x178mm für Pumpe mit Motor. Das Gewicht beträgt ca. 25 kg. Fehlemann gibt 5 Jahre Garantie auf die Anlage. Die Preise: SQM 200 € 4.600,-, SQM 250 € 4.900,-

**Hydraulische Kraftverstärkung:
Energieeffiziente Newcomer**

- **Spectra USA** www.spectrawatermakers.com

Spectra hat besonders in Europa eine wechselvolle Geschichte hinter sich: Nach der ersten Euphorie über die unglaublich günstigen Energie - Verbrauchswerte hagelte es Beschwerden von erbosten Eignern, deren Watermaker reihenweise versagten. Die renommierte englische 'Yachting World' vergab gar bei ihrem alljährlichen 'Great Atlantic Gear Test' 2001 eine Zitrone für das schlechteste Produkt. Dies hat sich nicht nur gewandelt, dieses Jahr lobte YW sogar Spectra als die beste Anlage im Vergleich. Was war geschehen? Rückblickend läßt sich feststellen, dass zumeist die Eigner mit der doch recht komplexen Installation der Spectra - Watermaker überfordert waren.



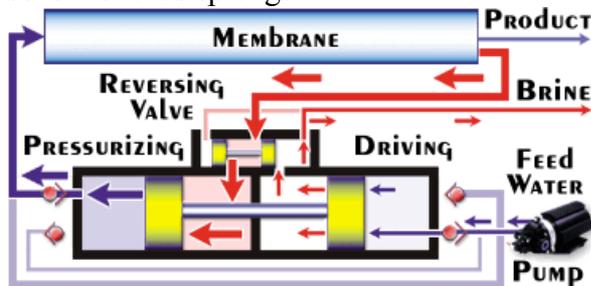
Spectra 200c Plumbing Diagram

Die Installation war streng modular, alle Elemente einzeln zu montieren, installieren und miteinander zu verbinden. Dass zB nicht jeder Eigner Hochdruckleitungen sauber verlegen kann, hat Spectra bitter erfahren müssen.

Die Spectra ist als eine der ersten Watermaker mit einem hydraulischen 'Kraftverstärker', von Spectra Clark-Pumpe genannt, ausgerüstet.



Das zugrunde liegende Prinzip ist simpel: Die energiefressende Druckerzeugung über einen Elektromotor, der über ein Getriebe und Excenter einen Kolben antreibt, kann doch auch von einem hydraulischen System, möglichst durch Einsatz einer simplen Standard - Wasserpumpe erledigt werden. Hier nur eine Skizze des Arbeitsprinzips, eine vollständige Erläuterung würde diesen Artikel sonst vollends sprengen:



Wer möchte, kann sich unter www.spectrawatermakers.com ein genaueres Bild machen - dort findet sich auch eine animierte Fassung des Verfahrens. Einen deutschen Vertrieb gibt es derzeit nicht, die angegebenen Preise sind Richtpreise des englischen Importeurs. Spectra USA gibt 1 Jahr weltweit gültige Garantie, die Produktpalette reicht von 24-150 Liter/h. Die Anlagen im einzelnen:

- **Spectra 200 C**



Die Spectra 200C war eine der ersten Watermaker mit der von Spectra Clark-Pump genannten Technologie, die neue Maßstäbe in Energieeffizienz setzte. Die Anlage ist mittlerweile das Basismodell von Spectra und in 12V oder 24V zu haben. Die Maße betragen 1125x89mm für die Membraneinheit und 692x216x165mm für die Clark-Einheit als wesentliche Komponenten, das Gewicht liegt bei 20.4kg, der Energiebedarf bei 128W für 36L/h, also 3,6W/L. Die Anlage kostet inclusive aller benötigten Komponenten £ 3.800 ohne Fracht und Steuern. Reicht der Platz für die lange Standardmembrane nicht aus, können

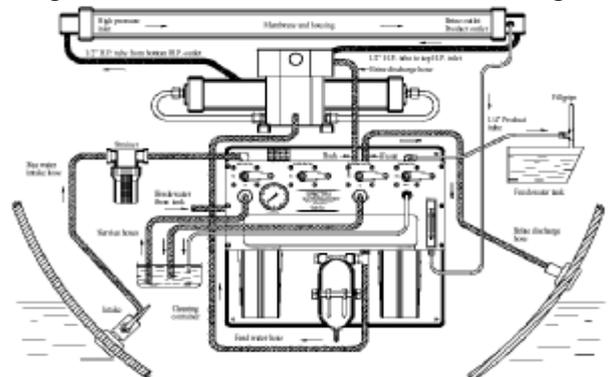
alternativ für £ 500 Aufpreis zwei halb so lange geordert werden.

- **Santa Cruz**

Die Santa Cruz ist ein Zwischenschritt zur Ventura oder den voll vormontierten und leistungsstärkeren, hier nicht besprochenen Kompaktanlagen.



Basierend auf der 200C sind zumindest alle Bedien- und Kontrollelemente auf einem Panel vormontiert, die eigentliche Installation der Anlage ist aber immer noch relativ aufwändig.



Die Santa Cruz hat generell die gleichen Leistungsdaten und Ausmasse der 200C, das Bedienpanel mit 539x460mm kommt hinzu. Die Anlage wiegt komplett rund 30 kg und kostet ab £ 4.259, plus Steuern und Fracht.

- **Ventura 150**



Mit der Ventura 150 folgt Spectra den Kundenwünschen nach einer kompakten, leicht zu installierenden Anlage. Bei einer Stundenleistung

von 24L und einem Verbrauch von 108 Watt ergibt sich ein Energiebedarf von 4,5 Watt/L. Die modular in Entsalzereinheit (235x693x254mm) und Förderpumpe (254x102mm Dia) getrennt aufgebaute Anlage wiegt 17,7 kg. Der Preis der in 12V und 24V erhältlichen Ventura 150 beginnt je nach Ausstattung und Installationszubehör bei 2.980 £ zuzüglich Fracht und Mehrwertsteuer.

- **MPC-3000**



Nützlich, aber leider sehr teuer ist das für alle Spectra-Anlagen optional für rund 1.000 £ erhältliche Monitoring- und Controllerpanel MPC-3000: Die Anlage läßt sich hiermit komplett fernsteuern, Druck und Output abrufen, eine wählbare Produktionsmenge einstellen und eine alle 5 Tage automatische Frischwasserspülung zur Konservierung zB bei begrenztem Hafenaufenthalten einstellen.

- **Schenker www.schenker.it**

Dieser italienische Hersteller von kompakten Entsalzungsanlagen nutzt technisch das gleiche hydraulische Prinzip zweier miteinander verbundenen Kolben, die durch Wasserdruck einer Niederdruckpumpe den zur Umkehrosmose hohen notwendigen Druck erzeugen wie Spectra - Dritter im Bunde ist Livol aus Frankreich, diese Anlagen stellen wir abschließend vor.

Schenker hat es verstanden den einige Eigner abschreckenden Installationsaufwand von Hochdruckleitungen durch Entwurf kompakter Anlagen mit getrennten Nieder- und Hochdruckteil zu vermeiden und bietet 3 Leistungsklassen von 35, 60 und 100 Liter/h jeweils alternativ mit 12V oder 24V Spannungsversorgung an. Die Anlagen sind je nach Einbauverhältnissen modular (Entsalzungs- und Niederdruck-Pumpeneinheit getrennt) oder als Rackversion (alle Komponenten vormontiert in einem Aluminiumrahmen) erhältlich.

Interessant ist die Möglichkeit, alle Schenker-Anlagen mit einer automatischen Frischwasserspülung nachzurüsten. Dies verlängert die Konservierungsintervalle erheblich.

- **Schenker Modell 30 und 60**



Obiges Bild zeigt das Modell 30 in Modularversion mit getrennter Pumpe

Die 35L/h liefernde Schenker 30 und deren Schwester, das Modell 60 mit 60L/h sind in den Ausmassen identisch: Modular ist die Entsalzereinheit 670x200x300mm, die Pumpeneinheit 340x190x350mm groß, im Rack 670x400x400mm. Der Energieverbrauch der 30er beträgt 100 Watt (2,9 Watt/Liter), die 60er entnimmt dem Bordnetz 240 Watt (4 Watt/Liter). Die Anlagen wiegen komplett je nach Modell zwischen 30-36 kg.

Einen deutschen Vertrieb gibt es derzeit nicht, die Preise beginnen bei rund 6.000 € für das günstigste Modell 30 Rack Standard. Schenker gewährt eine Garantie von 3 Jahren, die Produktpalette reicht von 35-200 Liter/h.



Obiges Bild zeigt das Modell 30 in Rackversion mit integrierter Pumpe

- **Livol Frankreich www.livol.net**

Livol aus Balma in Frankreich betätigt sich seit 1995 in dem Bereich der bordtauglichen Watermaker. Ein Leistungsspektrum von 30-200 Liter/h, in nahezu allen Versorgungsspannungen 12V, 24V, 110V und 230V erhältlich und ein äußerst kompaktes Design mit allen Anschlüssen und Bedienelementen an einer Frontseite ohne separat zu verlegende Hochdruckleitungen sorgten von der Markteinführung an neben attraktiven Preisen für lebhaftes Publikumsinteresse.

Als Dritter im Bunde nutzt auch LIVOL das hydraulische Verfahren mittels Doppelkolbenpumpe zur Druckerzeugung, dies in einem Aluminium-Kompositrahmen ohne sichtbare Hochdruckleitungen. Die Anlage ist daher äußerst kompakt und arbeitet nahezu unhörbar. Die Bedienung und Installation ist

einfach, nicht einmal der Druck in der Membraneinheit muss in Abhängigkeit vom Salzgehalt nachgeregelt werden - ausser den Anschlüssen für Druckwasser von der Pumpe, dem Produktwasserabgang und dem Überschussauslass zielt lediglich ein Manometer die Frontseite.

Installationschema LIVOL / hier Modell D.30

- **LIVOL D.30**



Abgebildet ist die LIVOL D.30 mit der separaten Pumpe
Die LIVOL D.30 liefert 30Liter/h bei einem Energiebedarf von 96 Watt, benötigt also nur 3,2 Watt pro Liter Trinkwasser. Der Watermaker selbst misst 59 x 29,5 x 12,5 cm bei 20kg Gewicht, die Pumpe hat 6 kg bei 36cm Länge und 12cm Durchmesser. Der Preis inclusive Montagezubehör, aber ohne Schlauchleitungen liegt bei 4.299.- € für die 12V-Version. Durch den deutschen Vertrieb liegt die Gewährleistung bei 2 Jahren.

Anmerkung:

Dieser Artikel erschien im Blauwasser-Magazin Ende 2002 - die Preise haben sich seither geändert !

Vertriebsstellen

- **Fehlemann**

H. Fehlemann Entsalzungsanlagen
Bodelschwinghstr. 37
33142 Büren
Tel:02955-1416
Fax: 02955-748257
eMail: PureWater@t-online.de
Web: www.watermaker.de

- **Livol**

Schulz-Hohenstein Söhne
Geibelstr. 9-11
47057 Duisburg
Tel 0203/352044
Fax 0203/355432
eMail: info@shipshop.de
Web: www.shipshop.de

- **PUR & Tecnicomar**

Ocean Marine GmbH
Wendenstr. 429
20537 Hamburg
Tel 040/219 1042
Fax 040/219 1114
eMail: info@ocean-marine.de
Web: www.ocean-marine.de

- **Schenker**

Sunshine Maritime Ltd
Prae Wood Farm, Hemel
Hempstead Road
GB - St. Albans AL3 6AA
Tel +44 1727 845 846
Fax +44 1727 845 166
eMail:
schenkerwatermakers@sunshinemaritime.com
oder über www.schenker.it

- **Spectra**

Sea Fresh Watermakers Ltd.
A4 Premier Centre
Abbey Park Industrial
GB - Estate, Romsey, SO51 9AQ
Tel: [44] 1794-830 363
Fax:[44]1794- 830 385
eMail: enquiries@seafresh.co.uk
Web: www.seafresh.co.uk
oder über www.spectrawatermakers.com