

Basiswissen

Zum Verständnis von Seewasserentsalzungsanlagen sollte man folgende Begriffe bei der Auswahl der Membranen und Auslegung der HD-Pumpen zugrunde legen.

Feed flow rate = Fördermenge der HD(Hochdruck)-Pumpe

Recovery rate = Verhältnis entsalztes Wasser zu Gesamtfördermenge

Permeate flow = Menge gewonnenes Süßwasser

Bei den üblicherweise verwendeten 40" (ca. 1m) Membranen mit Durchmesser 2,5" (6,5 cm) des Typ2540 ergibt das für eine Membrane folgende ungefähre Auslegungsdaten:

Fördermenge HD Pumpe = 1,4 m³/h ca. 23 l/min

Druck = 70 bar max. Permeat max = 110l/h

Das sind maximale Basisdaten, die in der Praxis meist nach unten korrigiert werden müssen. Beispiel :
Filmtec SW30-2540

Druck 55 bar Permeat 83l/h Recovery rate 8 %

Feed flow 83 / 0.08 = 1041 l/h entspricht einer Pumpenleistung von 1041 / 60 = 17,3 l/min

Bringt die Pumpe nur 11l/min, dann ergibt das eine Süßwassermenge von ca. 50 l/h.

Das ist die Produktionsmenge meiner Anlage, die durch Leistung der vorhandenen Pumpe vorgegeben war.

Technik/Auslegung

Um das im Seewasser enthaltene Salz (und auch andere Verunreinigungen, wie z. B. Mikroben und Bakterien) zu entfernen, wird beim Umkehr-Osmose-Prinzip das Seewasser unter hohem Druck (55-65 bar) durch eine Kunststoffmembrane gedrückt, wobei diese Membrane wie ein Filter wirkt, durch das nur reines mineral- und bakterienfreies Wasser durchgelassen wird. Das ausgefilterte Salz wird in der durch die Membrane fließenden Überschussmenge an Salzwasser mit in das Abwasser abtransportiert (s. Schema). Zur Erzeugung des hohen Druckes wird eine Hochdruckpumpe (P2), wie sie ähnlich in Reinigungsgeräten verwendet wird, eingesetzt. Sie pumpt das unter Druck stehende Salzwasser in die Membrane (MB1/MB2). Der Druck wird dabei durch ein der Membrane nachgeschaltetes manuelles Druckregelventil (V4) eingestellt.

Die Membrane selbst befindet sich in einem Druckrohr (meistens aus GFK), an dessen Endkappen sich ein Einlauf und zwei Ausläufe befinden. Am Einlauf wird das unter Druck stehende Seewasser eingespeist, das durch einen Auslauf und das nachfolgende Druckregelventil wieder austritt. Der andere Auslauf führt das gewonnene reine Wasser in den Vorratstank.

Zur Drucküberwachung im Hochdruckteil der Anlage dienen ein Manometer (M1) und ein einstellbares Sicherheits-Überdruckventil (V3) vor der Membrane (Eingang Druckrohr) und ein Manometer (M2) und manuell einstellbares Druckregelventil nach der Membrane (Ausgang Druckrohr). Der Dämpfer (D) ist notwendig, um die durch die Pumpe entstehenden Pulsationen (Druckstöße) zu kappen.

Das der Membrane zugeführte Seewasser muss vorgefiltert werden. Dazu wird es mit der Feeder-Pumpe (P1) durch zwei Vorfilter (Kerzenfilter) von 50 µm und 5µm zum Einlass der Hochdruckpumpe (P2) durchgeführt.

Vor der Feederpumpe (P1) befinden sich zwei Ventile V1 (als Absperrventil) und V2. V2 dient als Umschaltventil bei der Reinigung/Konservierung. Damit die Reinigungslösung im Kreislauf gefahren werden kann, wird über das Ventil V5 und den Behälter für die Lösung wieder zum Eingang des Systems zurückgeführt.

Das gewonnene Süßwasser wird über ein Rotameter (zur Mengenkontrolle) in den Vorratstank geleitet.

Was ist nun für das sichere Arbeiten der Anlage nötig und was kann man vielleicht sparen?

- Anstelle des Überdruckventils V3 kann auch ein Überdruckschalter, der bei 70 bar den Antrieb der Hochdruckpumpe abschaltet eingesetzt werden.
- Das Rotameter ist nicht unbedingt notwendig, aber sehr praktisch, um jederzeit, die produzierte Wassermenge zu überwachen
- Die beiden Dreiwegeventile V2 und V5 sind nicht unbedingt nötig, wenn man mit Schläuchen auf beiden Ein/Auslaufseiten hantieren will.
- Bei Verwendung eines Hochdruckschalters ist auch das Manometer M1 nicht unbedingt notwendig, es dient ja nur zur Einstellung eines sicheren Vordruckes im System.

Verrohrung

Die Auslegung der Verrohrung kann in drei Bereiche geteilt werden.

- Niederdruckbereich bis Eingang Pumpe P2

In diesem Bereich wird alles in ¾ Zoll Kunststoff mit armiertem Schlauch verlegt

- Hochdruckbereich von Ausgang Pumpe P2 bis hinter Ventil V4

Hier kann entweder stahlarmierter Hochdruckschlauch (100 bar) oder Edelstahlrohr verlegt werden, alle Verschraubungen sind in Niro 316.

Meine persönliche Meinung: der Hochdruckschlauch muss nicht unbedingt lebensmittel- tauglich“ sein. Normaler Hydraulikschlauch tut es auch.

- Niederdruckbereich nach Ventil V4

Hier wird wieder Kunststoffschlauch verlegt Nennweite ½ zoll

Produktmengen

Die produzierte Menge an entsalztem Wasser hängt hauptsächlich von vier Faktoren ab. Temperatur des Seewassers

Fördermenge der Hochdruckpumpe Anzahl und Größe der Membranen Verschmutzungsgrad der Membranen

Besonders die Verschmutzung durch Algen und der Betrieb mit verschmutztem Wasser in Häfen ist in der Praxis ein Problem. Die Membranen sind auch extrem empfindlich gegen Chlor, sie dürfen daher nicht mit Leitungswasser gespült werden, sondern man sollte immer einen Tank aus selbst hergestelltem

Permeat zum Reinigen und Konservieren benutzen. Die Membranen sind die Grundlage zur Auslegung der Anlage. Sie werden industriell in Bereichen gefertigt, es werden hergestellt

2,5 Zoll Membranen

4 Zoll Membranen

8 Zoll Membranen

in unterschiedlichen Längen. Für Anlagen auf Booten eignen sich die 1 m langen 2,5 Zoll oder 4 Zoll Membranen. Die 2,5 bzw 4 Zoll geben den Durchmesser der Membranen an.

Alle auf dem Markt befindlichen Membranen sind genormt und passen in die handelsüblichen Druckgehäuse.

Die hier angegebenen Erfahrungen stammen aus dem Selbstbau einer Anlage für ca. 50 l/h. Eine HD-Pumpe mit ca. 11l/min war schon vorhanden.

Nach Fertigstellung der Anlage stellte sich heraus, dass sie ohne weiteres durch Hinzufügen einer zweiten Membrane auf 90 l/h erweitert werden konnte.

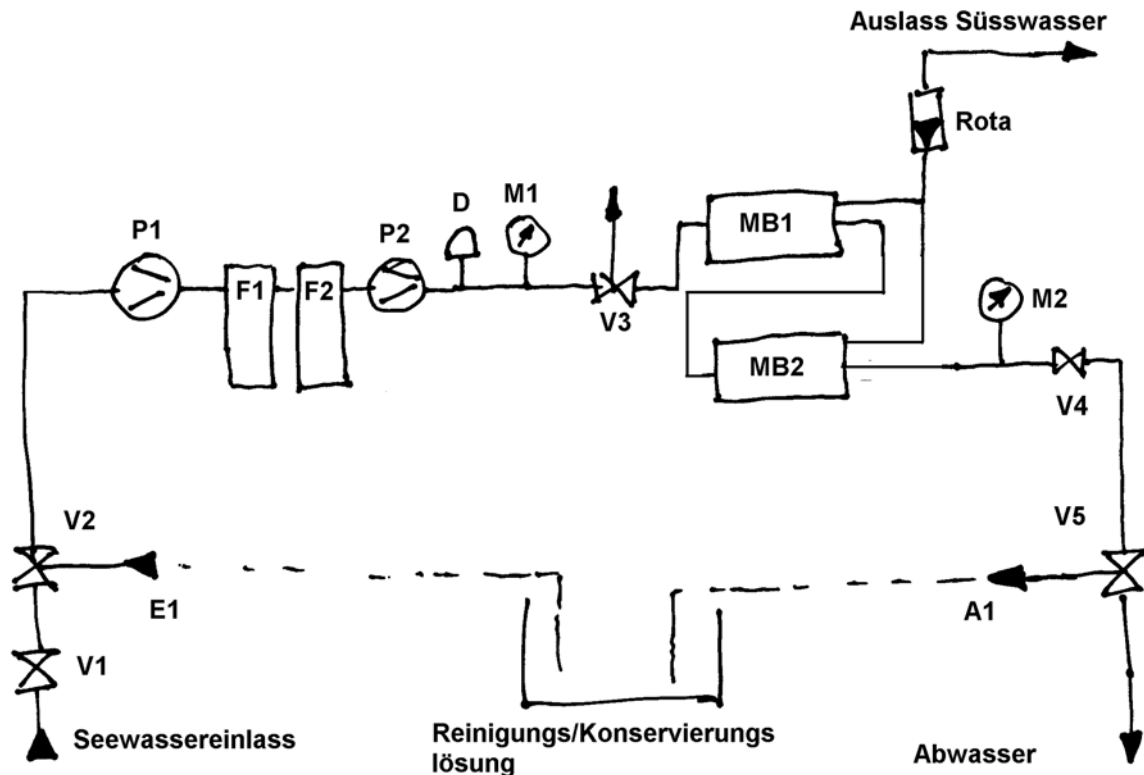
Mit der heutigen Erkenntnis und nach o.a. Auslegebeispiel ist klar, dass dieselbe Anlage mit einer HD-Pumpe mit ca. 25 l/h Förderleistung ungefähr das Doppelte leisten würde

Bei der Pumpe mit Antrieb über Keilriemen hängt die Fördermenge von der Motordrehzahl ab, die Pumpen sind als Kolbenpumpen Zwangsförderer, d.h. die Menge ist drehzahlabhängig, der Druck im System übrigens auch. Deshalb ist das Überdruckventil, bzw. der Überdruckschalter absolut notwendig. Es sollte nicht die Höchstdrehzahl der

Pumpe bei Vollgas überschritten werden. Wird die Minimalmenge, für die die Membrane ausgelegt ist, nicht erreicht, dann kann sich kein genügender Druck im System aufbauen und die Fördermenge erreicht nicht den Nennbereich. Dann steigt auch der Salzgehalt wieder an.

Schema der Anlage

Seewasserentsalzung Schema



Dieses Schema zeigt eine Anlage mit zwei Membranen, bei einer Membrane halbiert sich die Leistung.

Teileliste

- V1 Absperrventil Seewassereinlass ¾ Zoll
- V2 Dreiwegehahn ¾ Zoll
- P1 Feederpumpe Typ March III (siehe Text)
- F1,F2 Filter 50 µ und 5µ
- P2 Hochdruckpumpe Typ Cat (siehe Text)
- D Druckdämpfer Typ Cat (siehe Text)
- M1 Manometer 100 bar
- V3 Sicherheits-Überdruck-Regelventil
- MB1, MB2 Membrane mit Druckrohr (siehe Text)
- Rota Rotameter
- M2 Manometer 65 bar
- V4 Hochdruckventil ¼
- V5 Dreiwegehahn 1/2 Zoll

E1 und A1 sind die Einlass und Auslassleitungen zum Spülen bzw. Konservieren der Anlage. Der Auslass Süßwasser hat auch einen Dreiwegehahn, Auslass vom salzigen Vorlauf in einen Topf oder Glas und Umschaltmöglichkeit zum Befüllen des Tanks. Ist auf der Skizze nicht angegeben.

Bauteile Tips

Ventile

Alle Ventile, bis auf das Druckregelventil V4 können aus Bronze/Messing oder Kunststoff sein, die Ventile, die man eben an Bord normalerweise verwendet. Dabei ist die Niederdruckseite bis zum Einlauf in die Hochdruckpumpe P2 in $\frac{3}{4}$ Zoll verlegt, Schläuche kunststoffarmiert.

Der Hochdruckteil ist in $\frac{1}{4}$ Zoll Hochdruck-Schlauch oder Rohr (100 bar) verlegt, der Auslauf in $\frac{1}{2}$ Zoll Kunststoff.

Das Druckregelventil V4 ist ein Spezialventil für Druckfeineinstellung. Es muss aus Niro 316 bestehen.

Pumpen

Die Pumpe P1 ist eine Förderpumpe, die den Druckverlust der Leitungen und Filter bis zum Eingang zur Hochdruckpumpe ausgleichen soll. Normalerweise wird hierfür eine Kreiselpumpe verwendet, es kann keine Zwangsförderpumpe wie Membran oder Rotationspumpen mit Impeller verwendet werden, da dann ein unzulässig hoher Druck auf der Saugseite erzeugt wird. Auch Membranpumpen mit Drucksaltern sind nicht geeignet. Jede Pumpe, die für Dauerlauf geeignet ist, kann verwendet werden. Zirkulationspumpen für Zentralheizungen sind geeignet, das Problem ist meistens nur, eine Pumpe für 12V Betriebsspannung zu finden.

P2 ist eine Hochdruckpumpe Typ Cat als Plunger oder Kolbenpumpe. Jede Hochdruckpumpe, die für Chemikalien (z.B. Hochdruck-Waschpumpen mit Reinigungsmitteln) geeignet ist, kann verwendet werden. Auf der sicheren Seite ist man natürlich bei Einsatz einer Pumpe mit Niro Teilen, aber auch Pumpen mit Bronze- Zylinderköpfen und Keramik Kolben sind geeignet.

Weitere Pumpenhersteller sind

Interpump <http://www.interpumpgroup.it> Typ W91 oder SW1513

Kärcher z.B.. Pumpe aus dem Modell HD 600

Wer technisch versiert ist, kann eine der o.a. Pumpen mit einer im Autobereich verwendeten elektromagnetischen (12V) Kupplung versehen, auf dem Schrott müsste so was bei Klimaanlage zu finden sein

Filter

Die beiden Vorfilter F1/F2 sind handelsübliche Wasserfilter aus dem Haustechnikgebrauch, die Gehäuse sind aus Kunststoff, wie z. Beispiel nachfolgendes Bild.

Gehäuse: Kunststoff Einsatz: Kalkfilter-Patrone Anschluss: $\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ " - 1" - 1 $\frac{1}{4}$ "

Zum effektiven Schutz vor Kalk in Trink- und Brauchwasserleitungen sowie zum Schutz im Industriellen und Gewerblichen Bereich für Rohrleitungen, Maschinen und allen Wasserverbrauchern. Der Filter ist wahlweise in 2 Größen lieferbar. Zum Schutz in kleineren Anlagen und Maschinen eignet sich der 5" Filter besonders durch seine kompakte Bauform. Zum Schutz von größeren Anlagen und Wohnhäusern eignet sich der 10" Filter durch seine große Filterfläche.

Einfacher Wechsel der Filterkerze. In Verbindung mit einem Salamander "SESI" oder "CRACKER" der ideale Schutz Ihrer Wohn oder Industrieanlage vor kostspieligen Kalkproblemen



Manometer

Das Manometer M1 hat einen Messbereich von 0-100 bar, das Regel-Manometer M2 einen Bereich von 0-65/70 bar, sie sind aus Edelstahl.

Druckrohr (Pressure Vessel)

Codeline ist der Mercedes unter den Druckrohren, was Dichtigkeit und Sicherheit angeht, Endkappen in Edelstahl, aber Norm US d.h. Gewinde in NPT

Knappe Composites – ein deutscher Hersteller, Endkappen aus Nylon mit Sprengring gehalten, Sprengringe sind ..leider.. nicht aus Niro und rosten. Sie gewähren auf Dauer keinen sicheren Betrieb. Gewinde Witworth Standard ¼ Zoll.

Dämpfer

Der Dämpfer ist aus Edelstahl, Lieferant ist Cat-Pumps (oder ähnlich). Er dient dazu, die Pulsation der HD-Pumpe nicht auf das gesamte Membransystem zu übertragen.

Material Stainless Steel (SS)

Description This valve is designed to reduce pressure fluctuations or pulsation common in all positive displacement pump systems. It must be nitrogen pre-charged prior to installation on the discharge side of the pump. It will prolong the life of the pump and system components by reducing pulsation to + or- 3%. This is constructed of 316SS with an FPM bladder for special fluid compatibility



Rotameter

Das Rotameter ist zwar nicht unbedingt nötig, erleichtert aber die Überwachung der produzierten Wassermenge enorm, es sollte einen Messbereich haben, der die maximale Produktionsmenge abdeckt.

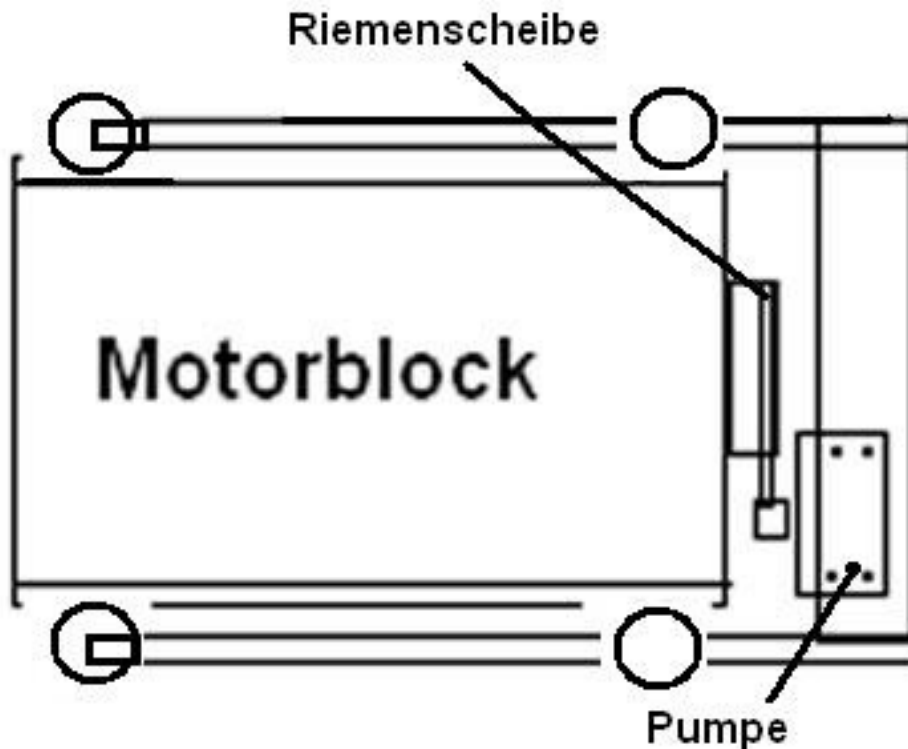
Installation

Bei der Installation ist darauf zu achten, dass die Ansaugseite der Hochdruckpumpe unter der Wasseroberfläche liegt und dass die Förderhöhe der Feederpumpe so gering wie möglich ist. Auch die Vorfilter sollen nicht wesentlich höher als der Einlauf der Hochdruckpumpe verlegt werden, da sonst sich Luft im System bilden kann.

Ab der Hochdruckseite der Pumpe spielt die Einbauhöhe keine Rolle mehr, auch die Schlauchlängen sind nicht kritisch. Auf der Abwasserseite muss darauf geachtet werden, dass kein Grauwasser in die Membranen zurücklaufen kann, also Vorsicht bei Zusammenlegung von Ablaufleitungen mit Rücklauf von Duschwasser etc.

Verschraubbare Endanschlüsse auf den Hochdruckschläuchen sind am besten für Selbstbau geeignet, da keine Spezialwerkzeuge notwendig sind.

Die Wahl des Antriebes für die Hochdruckpumpe ist ein besonderes Kapitel. Niederspannungsmotore (12V oder 24V) sind wegen des hohen Stromverbrauchs nur für kleine hier nicht beschriebene Anlagen geeignet. Wenn 220V an Bord sind, ist der Antrieb über einen Wechselstrommotor die simpelste Lösung. Bei Keilriemenantrieb muss die Pumpe mit einer elektromagnetischen Kupplung versehen sein. Für eine Pumpenkonsole vor dem Motor gibt es verschiedene Lösungen, eine bewährte Lösung ist die Anbringung von zwei $\frac{3}{4}$ Zoll 2mm starken Rohren, die mit Laschen direkt an die Motorfundamente angeschraubt werden und so weit über den Motorkopf herausragen, dass auf ihnen quer eine Konsole festgeschraubt werden kann. (s. Skizze)



Auf dieser Konsole wird die Pumpe auf Langlöchern kippbar montiert, damit kann sie gefluchtet werden und der Keilriemen gespannt werden. Dazu muss allerdings der Platz im Motorraum vorhanden sein.

Hersteller der Bauteile

Hier kann nur eine Auswahl gegeben werden. Gerade für Hochdruckverbindungen, Membranen, Druckrohre (PV= Pressure Vessel im englischen) und Pumpen gibt es eine ganze Anzahl von Herstellern.

Die Kriterien sind

- Seewasserbeständigkeit
 - Druckfestigkeit Feederpumpe: March MK III Hochdruckmaterial/Ventile/Verschraubungen: Hansaflex Hydraulik Hochdruckpumpe: CAT/Interpump/Karcher
- Filter: handelsübliche Hauswasserfilter Membranen: Filmtec /Osmonics Druckrohre: Codeline/Knappe Composites
 Lieferant (einer von bestimmt vielen) für Membrane und Druckrohr MFT in Köln.

Inbetriebnahme, Wassertest

Bei der Inbetriebnahme muss als wichtigstes natürlich die Dichtigkeit des Systems geprüft werden. Dazu wird bei voll geöffnetem Ventil V4 erst die Feederpumpe P1 in Betrieb genommen.

Je nach Auslegung der Anlage und Länge der Schläuche/Rohre kann es sein, dass die Feederpumpe die Widerstände von Rohr, Membrane etc. nicht überwinden kann. Das ist nicht kritisch, die Pumpe soll nur garantieren, dass auf der Saugseite des Systems keine Luft gesaugt werden kann.

Ist der Test zufriedenstellend, dann wird die Hochdruckpumpe bei voll geöffnetem Ventil V4 in Betrieb

genommen, wobei nun ungefähr die von der Pumpe geleistete Fördermenge am Auslauf austreten sollte.

Als nächster Schritt wird langsam das Hochdruckventil V4 zuge dreht. Dabei wird der Druck am Manometer kontrolliert, er darf den Höchstwert, für den das Druckgehäuse und die Membrane ausgelegt ist nicht überschreiten. Bei einer handelsüblichen Membrane sind das ca. 1000psi (die Membranen kommen fast ausschließlich aus Amerika, daher oft Angaben in psi) gleich ca. 65 bar. Kontrolle der ganzen Anlage auf Dichtigkeit, besonders an den Endkappen der Druckrohre. Steigt der Druck langsam an, dann tritt aus der Süßwasserseite Wasser aus, das mit ansteigendem Druck mehr wird, bis der Arbeitsdruck von ca. 55-60 bar erreicht ist, dann muss auch am Rotameter die ungefähre Permeatmenge angezeigt werden.

Das Wasser ist für die ersten 5 Minuten immer salzhaltig, selbst, wenn die Anlage nur eine Tag gestanden hat, weil die Membrane im drucklosen Zustand für Seewasser durchlässig ist. Wassertest kann nach der „Geschmacksprobe“ oder mit einem Leitfähigkeitsmesser durchgeführt werden. „Geschmack“ ist billiger, „Leitfähigkeit“ (vielleicht) genauer. Für mich reicht Geschmack völlig aus, vor allem, weil bei den Mengen ein minimaler Salzgehalt der ersten Minuten sowieso nicht auffällt.

Reinigung/Konservierung

Bei der Reinigung sind zwei Bereiche zu trennen

- Niederdruckfilter
- Membrane

Vor allem das 50µm Filter setzt sich je nach Wasserqualität sehr schnell zu, das erkennt man schnell an der Farbe des Filters, es wird schwarz, dann muss es gewechselt und gesäubert werden.

Die 50µm Filter können ca. 6 mal benutzt werden, sie müssen dabei jeweils erst in einer stark chlorhaltigen (Bleach, Eau de Javel, gibt es ..leider .. in Deutschland nicht mehr einfach im Handel, in den Mittelmeerländern und sonst wo auf der Welt in jedem Supermarkt zu haben, braucht man/frau zum Waschen und Putzen) Lösung für ca. 4-5 std (bis sie wieder weiss sind) gehalten werden und dann anschließend sehr!! gründlich mit Frischwasser ausgewaschen werden. Danach für ein/zwei Tage in der Sonne am Heck trocknen lassen.

Chlor ist Gift für die Entsalzungsmembranen, also Vorsicht!!!!

Bei den 5µm Filtern hilft nur Tauschen, sie halten allerdings auch sechs mal so lange , wie die 50µm Filter.

Die Reinigung der Membranen ist zwar nicht kompliziert, aber dafür sehr viel besser im Anhang (Filmtec) beschrieben, daher besser da nachschlagen. Hier sollen nur die Reinigungs/Konservierungsmittel aus meiner Erfahrung angegeben werden. Es gibt auch

andere, die aber meistens sehr viel teurer sind. Ob sie auch soviel besser sind, weiss ich nicht, ich kenne leider nicht die Kriterien, nach denen die Preise gemacht werden.

Man muss unbedingt beachten, dass diese Chemikalien ätzend sind, also Vorsicht und immer den Chemiker-Wahlspruch beachten; Chemikalie ins Wasser geben und nie umgekehrt Wasser auf die Chemikalie schütten.

Reinigung (siehe auch Anhang Filmtec) Natronlauge (NaOH)
Salzsäure/Muriatic acid (HCL) Natriumsulfit (Na₂SO₃ oder Na₂S₂O₄)

Überwachung von der Produktionsmenge

Es ist wichtig, zu überwachen, ob die Membrane oder das Vorfilter sich langsam zusetzen. Am besten geht es mit dem Rotameter. Wenn die Anlage zum ersten Mal in Betrieb genommen wird, wird der maximale Produktionsmenge gemessen (Beispiel 90 l/h), sinkt im Laufe der Betriebszeit die Menge um ca. 15% auf ca. 76-77 l/h bei sauberem Vorfilter, dann muss die Membrane gereinigt werden.

Diese Mengen kann man natürlich auch auslitern, ist aber ein bisschen umständlicher.

P.S.
Alle hier gemachten Angaben sind ohne Gewähr und für auftretende Probleme bei Nachbau übernehme ich keine Haftung.
Die Welt ist leider heute so, selbst in den heimeligen Freak-Ecken.
Fragen und Tips an moskito@die-faehre.de