

# Umkehrososetechnik für die Aquaristik



AquaCare GmbH & Co. KG  
 Josefstraße 35-37 • D-45699 Herten • Germany  
 ☎ 0 23 66 / 3 25 52 • 📠 0 23 66 / 10 43 85  
 www.aquacare.de • info@aquacare.de



Einfache Anlage mit Einwegfiltern



Einfache Anlage mit Filtereinsätzen



Anlage zusammengestellt nach Kundenwunsch



Halbprofessionelle Anlage höherer Leistung



Industrieanlage mit sehr hohe Leistung

## Das Prinzip der Umkehrososetechnik

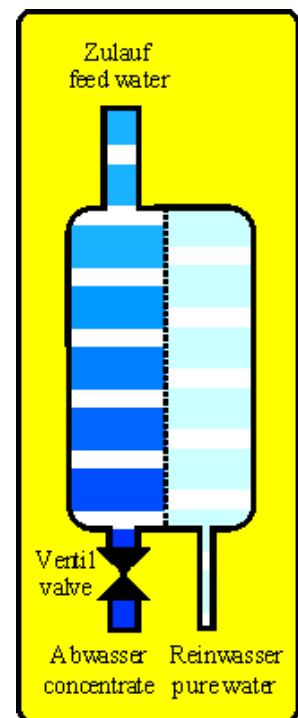
Die Umkehrososetechnik R.O. ist mit einer extrem feinen Filtration vergleichbar und wird daher auch als Hyperfiltration bezeichnet. Die bekannte "größere" Filtrieretechnik - wie sie z.B. in jedem Aquarienfilter verwirklicht wird - benötigt im Gegensatz zur Umkehrososetechnik im Prinzip keinen Druck. Die Umkehrososemembranen besitzen dem gegenüber eine so feine Struktur, dass sie semipermeabel (halbdurchlässige) Eigenschaften besitzen. Dieses besondere Charakteristikum trägt zur technischen Umkehrung des in der Natur weit verbreiteten Prinzips der Osmose bei.

Osmose - d.h. selbsttätige Stoffwanderung durch Membranen - tritt immer dann auf, wenn zwei wässrige Lösungen mit unterschiedlichen Ionenkonzentrationen (unterschiedlich viele Salzteilchen) durch eine halbdurchlässige Membran voneinander getrennt sind. In der Natur ist das Osmose-Prinzip von größter physiologischer Bedeutung, wenn durch die semipermeablen Membranen, nur das

Lösungsmittel, nicht aber die gelösten Substanzen durchgelassen werden. Denn damit kann zum Einen der Wasserhaushalt der Zellen reguliert und zum Anderen ein Innendruck (Turgor, osmotischer Druck) zur Stabilität aufrecht gehalten werden.

Physikalisch gesehen sind die Ionenlösungen - die voneinander durch Membranen getrennt sind - immer bestrebt einen Konzentrationsausgleich zu erlangen. Das bedeutet, dass Ionen der hochkonzentrierten Seite auf die Seite der niedrigeren Konzentration gelangen wollen. Da die Membran eine Barriere darstellt, die die Ionen aufgrund ihrer molekularen Größe nicht ohne weiteres durchwandern können, strömen stattdessen die kleineren Wassermoleküle von der niedrig konzentrierten Seite auf die höher konzentrierte. Dabei fließen die Wassermoleküle so lange, bis entweder die Ionenkonzentrationen der beiden Seiten ausgeglichen sind oder ein Druck auf der hochkonzentrierten Seite aufgebaut wird - der sogenannte osmotische Druck. Dabei gehorcht der osmotische Druck einer stark verdünnten Lösung

den Gesetzen, die für ideale Gase gelten. Er steigt proportional zur Konzentration der Lösung an und nimmt proportional zur Temperatur zu.



Das Zulaufwasser fließt an der Membran entlang und wird aufkonzentriert, weil ein Teil des Wasser durch die Membran gedrückt wird.

Das Ventil sorgt für die richtige Abwassermenge und hält den Leitungswasserdruck aufrecht.

Osmose-Prozesse sind uns allen schon einmal begegnet, wenn wir nach einem Regenschauer reife Kirschen ernten und feststellen, dass sie eingerissene oder vernarbte Stellen bekommen haben. Dies liegt daran, dass die Kirschhaut die Funktion einer semipermeablen (halbdurchlässigen) Membran übernimmt. Auf der Innenseite dieser Membran befindet sich der Kirschsafte mit einer hohen Ionenkonzentration in Form von Zucker, außen hängen die Regentropfen, die als ideales Lösungsmittel fungieren. Da die Zuckermoleküle aufgrund ihrer Größe nicht durch die Membran nach außen wandern können, fließen statt dessen die Wassermoleküle ins Innere der Kirsche. Eine reife Kirsche kann jedoch ihr Volumen nicht wesentlich vergrößern, um das zusätzliche Wasser aufzunehmen. Folglich steigt der Innendruck der Kirsche so weit an, bis die Kirschhaut schließlich einreißt.

Bei der Umkehrosmosetechnik wird das Osmose-Prinzip umgekehrt. Auf der Seite mit den hohen Ionenkonzentrationen (Leitungswasser, Rohwasser) wird ein Druck angelegt (Wasserleitungsdruck) der das Wasser in die andere Richtung zwingt, nämlich auf die Reinwasserseite (Permeatseite) mit der niedrigeren Konzentration. Die unerwünschten gelösten Stoffe (z.B. Härte, Nitrat, Kieselsäure, Rückstände von Pestiziden und Medikamenten um nur einige zu nennen) können aufgrund ihrer molekularen Größe kaum durch die ultrafeine Membran gelangen - auf der Reinwasserseite ist somit fast ausschließlich nur Wasser und keine Ionen. Wie stark die einzelnen Stoffe zurückgehalten werden zeigt die Tabelle.

Da während des Betriebs ständig Leitungswasser mit den darin enthaltenen Substanzen nachfließt, müssen die von der Membran zurückgehaltenen Stoffe laufend abgeführt werden, damit ein Verblocken ausgeschlossen werden kann. Eine Umkehrosmoseanlage produziert infolgedessen neben dem Reinwasser auch Abwasser (Konzentrat), das konzentriert die unerwünschten Substanzen enthält

und weggespült werden muss.

Für den störungsfreien Betrieb einer Umkehrosmoseanlage sind mehrere Vorkehrungen zu treffen. Die Umkehrosmosemembran sollte aus Kunststoff hergestellt sein. Andernfalls können Bakterien - die im Leitungswasser enthalten sind - die Membran regelrecht "zerfressen" und somit unbrauchbar machen. Zum Schutz der hochwertigen Membran sollte ihr immer ein Aktivkohlefilter zur Chlorentfernung und ein Feinfilter als Schutz vor Schwebstoffen vorgeschaltet sein. Eine Spülvorrichtung, die das Entfernen von abgelagerten Stoffen auf der Membran ermöglicht, verlängert die Lebensdauer der Umkehrosmosemembran erheblich.

### Rückhalteraten der Membran

Die Rückhalterate ist definiert als der Anteil einer Substanz, der aus dem Rohwasser ins Abwasser (Konzentrat) gelangt; der verbleibende Rest kommt durch die Membran und findet sich im Reinwasser wieder.

Stoff	Rückhaltung in %	Stoff	Rückhaltung in %	Stoff	Rückhaltung in %
Aluminium	96-98	Cyanid	85-95	Nitrat	90-95
Ammonium	80-90	Eisen	96-98	Phosphat	95-98
Bakterien	>99	Fluorid	92-95	Polyphosphat	96-98
Blei	95-98	Gesamthärte	93-97	o-Phosphat	96-98
Bor	50-70	Kalium	92-96	Quecksilber	94-97
Borat	30-50	Kieselsäure	80-90	Radioaktivität (partikulär)	93-97
Bromid	80-95	Kupfer	96-98	Silber	93-96
Cadmium	93-97	Magnesium	93-98	Silicium	92-95
Calcium	93-98	Mangan	96-98	Sulfat	96-98
Chlorid	92-95	Natrium	92-89	Thiosulfat	96-98
Chromat	85-95	Nickel	96-98	Zink	96-98

Rückhalteraten verschiedener Stoffe der AquaCare TFC-Membran (Kunststoff) aus Polyamid-Polysulfon bei einer durchschnittlichen Rückhalterate von 95% (gemessen mit elektrischer Leitfähigkeit)

### Mindestausstattung einer Umkehrosmoseanlage

#### Aktivkohlefilter

Aus Kostengründen wird bei vielen Anlage auf einen Aktivkohle-Vorfilter verzichtet. Vermeintlich wird geglaubt, dass der Aktivkohlefilter nur die Aufgabe hat, Chlor zu "binden". Aber er hat eine zweite Aufgabe:

Aktivkohle adsorbiert gasförmige Substanzen, die leicht durch die Umkehrosmosemembran diffundieren und im Reinwasser landen. Ohne Aktivkohlefilter ist die Rückhaltung derartiger Stoffe sehr gering.

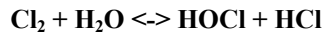
Die Hauptaufgabe ist jedoch die Zerstörung von Chlor und Ozon. Alle Kunststoff-

Umkehrosmosemembranen sind chlorepfindlich und werden bei

Chlorbelastung mehr oder weniger schnell löchrig und damit unbrauchbar. Deshalb ist jeder guten Umkehrosmoseanlage ein Aktivkohlefilter vorgeschaltet.

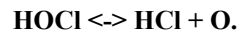
Chlor und Ozon werden nicht - wie oft behauptet (z.B. Landhäuser 1990) - wie organische Stoffe von der Aktivkohle adsorbiert, also an der Oberfläche der Kohle gebunden, sondern an ihr katalytisch gespalten.

Gasförmiges Chlor zerfällt im Leitungswasser nach der Formel:



**gelöstes Chlorgas + Wasser <-> hypochlorige Säure + Salzsäure**

Anschließend reagiert die hypochlorige Säure weiter zu Salzsäure und einem Sauerstoffradikal, dass die eigentliche bakterientötende Wirkung hat:



**hypochlorige Säure <-> Salzsäure + Sauerstoffradikal**

Wenn das Sauerstoffradikal die Oberfläche der Aktivkohle berührt reagiert es zu "normalen" molekularem Sauerstoff und kann anschließend keinen Schaden mehr an der Membran verursachen. Salzsäure wird nur in so geringem Maße produziert, dass sich die pH-Wertänderung des Wasser praktisch nicht messen lässt.

Der ganze Prozess der Chlorzerstörung kann bei einer Kontaktzeit von nur 2-3 Sekunden ablaufen, so dass ein kleiner Aktivkohlefilter ausreicht, um Chlor

sicher zu vernichten. Theoretisch hielte der Aktivkohlefilter unbegrenzt, da sich Katalysatoren nicht verbrauchen. In der Praxis aber setzen Partikel oder Ablagerungen aus dem Trinkwasser die Oberfläche der Aktivkohlekörnchen zu und nehmen ihnen damit die katalytische Wirkung. Als einfache Faustregel gilt: ist der Feinfilter einer Umkehrosmoseanlage verschmutzt, muss auch der Aktivkohlefilter gewechselt werden.

### Feinfilter

Der Feinfilter hat nur eine Aufgabe: er muss das Wasser von Partikel befreien, die größer als 5 µm sind. Andernfalls könnten sich diese Partikel auf der Membran absetzen und diese langsam aber sicher verstopfen. Die Folge ist ein Rückgang der produzierten Wassermenge aber auch die Qualität des Reinwassers wird schlechter. Denn mit dem Aufbau einer Sedimentschicht bildet sich ebenfalls ein Druckgefälle zur Membran hin, so dass der zur Verfügung stehende Arbeitsdruck an der Membran geringer wird (siehe unten Kapitel "Wasserdruck").



Feinfiltration kann mit Einwegfiltern (Mitte) oder Filtereinsätze durchgeführt werden (links gepresste Polypropylenfasern, rechts: gewickeltes Polypropylengarn)

### Grobfilter

Wenn das Rohwasser sehr verschmutzt ist, sollte vor die Umkehr-

osmoseanlage ein separater Grobfilter installiert werden. Er verlängert das Austauschintervall der Feinfiltrationseinheit. Bei sehr alten Hausinstallationen können Rostpartikel im Wasser enthalten sein, bei eigenen Brunnen wird oft Feinsand mitgerissen und landet im Grobfilter der Umkehrosmoseanlage. Grobfilter gibt es als Einwegfiltereinsätze (meist gewickelte Filter) oder als Filternetz, dass regelmäßig ausgewaschen werden kann.



links: auswaschbarer Netzfiltereinsatz; rechts: Umkehrosmoseanlage Excel 320 mit davor geschaltetem Grobfilter (linkes Filtergehäuse)

### Spülmechanismus

Grundsätzlich sollte eine Umkehrosmoseanlage einen Spülmechanismus haben, damit die Membran regelmäßig durch Spülen gereinigt werden kann (siehe Kapitel "Wartung einer Umkehrosmoseanlage: Membranpflege"). Bei Anlagen ohne Spülmechanismus kann die Membran nur gespült werden, wenn der Durchflussbegrenzer des Konzentrats herausgebaut wird. Der Aufwand wird von den Benutzern meist nicht betrieben und so leidet die Membran und bringt schlechtere Ergebnisse.

Zur Grundausstattung einer Umkehrosmoseanlage gehört unserer Meinung nach ein Spülmechanismus. Es gibt grundsätzlich verschiedene Systeme:

#### 1. Durchflussbegrenzer aus Kunststoff



von links nach rechts: Aktivkohlefiltereinsatz (Kartusche), Inline-Filter (Einwegfilter), Kombifilter: Kombination von Aktivkohle und Feinfilter

Im Prinzip ist ein Durchflussbegrenzer eine Lochblende, d.h. das Wasser muss sich durch eine oder mehrere sehr enge Öffnungen zwängen. Damit die kleinen Öffnungen nicht verstopfen, ist meist ein kleiner Vorfilter eingebaut. Die Wassermenge ist so gering, dass ein Druckabfall an der Membran normalerweise nicht feststellbar ist. Wird jedoch die Blende ausgebaut oder mit einem Bypass (siehe Punkt 4) überbrückt, ist durch den hohen Wasserstrom bereits ein Druckabfall zu verzeichnen. Der Druck geht jedoch nie auf Null zurück. Deshalb produzieren Membranen im Spülmodus auch Reinwasser, allerdings aufgrund des geringen Drucks mit schlechter Qualität und erheblich weniger.



Durchflussbegrenzer mit fester Einstellung

#### 2. Angeschliffene Feinregulierventile aus Kunststoff oder Metall

Bei diesen Ventilen ist die Reguliernadel so angeschliffen, dass das Ventil im geschlossenen Zustand genau die richtige Wassermenge hindurchlässt, damit das Abwasser-Reinwasser-Verhältnis stimmt. Die Ventile dürfen nie mit Gewalt zuge dreht werden - die Ventilsitze werden ansonsten zerstört. Für jede Leistungsstufe der Umkehrosmosemembran darf nur das passend angeschliffene Spülventil verwendet werden.



angeschliffenes Spülventil: im geschlossenen

Zustand ist die passende Wassermenge eingestellt. Jede Membrangröße benötigt ihr spezielles Spülventil

### 3. Kugelhahn mit Lochblenden

Diese Version ist besonders einfach anzuwenden, weil es keine Problem mit zu festem Zudrehen geben kann. Ein Standardkugelhahn ist mit einer sehr kleinen Bohrung versehen: bei einer 90 Liter-pro-Tag-Anlage ist der Durchmesser der Bohrung weit unter 1 mm. Im geschlossenen Zustand kann nur Wasser durch die kleine Bohrung (Blende) fließen und ermöglicht die passende Menge an Abwasser. Wird der Kugelhahn durch eine viertel Drehung aufgedreht strömt durch die ursprüngliche Öffnung so viel Wasser, dass die Umkehrosmosemembran gut gespült wird.



Minikugelhahn mit eingebauter Blende: im geschlossenen Zustand fließt Wasser durch die Blende, im offenen fließt viel Wasser zum Spülen.

### 4. Eine Kombination von einem Standard-Kugelventil mit einem Durchflussbegrenzer

Ventil und Begrenzer sind parallel angeschlossen: im Normalbetrieb läuft Wasser nur durch den Begrenzer und sorgt für das richtige Abwasser-Reinwasser-Verhältnis; zum Spülen wird das Ventil geöffnet und zusätzliches Wasser an der Membran entlanggeleitet. - Wird an Stelle des manuellen Ventils ein Magnetventil installiert, kann die Anlage mit der entsprechenden Steuerung (siehe Kapitel "Wartung einer Umkehrosmoseanlage: Membranpflege") automatisch gespült werden.

Auch bei allen Lochblendensysteme gilt, dass immer der richtige Begrenzer für die verwendete Membran gewählt werden muss. Bei falscher Wahl verbraucht man im günstigen Fall zu viel Wasser und im ungünstigen wird die Membran zerstört.

Der immer wieder in der Aquaristikliteratur benutzte Begriff "Rückspülen" ist bei den üblicherweise verwendeten Wickelmodulen (siehe Kapitel "Membrantyp") ist falsch. Nur Hohlfasermodule können rückgespült werden, d.h. Reinwasser

wird von der Reinwasserseite aus entgegengesetzt durch die Membran gedrückt. Bei den Wickelmodulen fließt beim Spülen lediglich mehr Wasser an der Membran entlang und entfernt allein durch die höhere Fließgeschwindigkeit Ablagerungen von der Membran. Wickelmodule dürfen nicht von der Reinwasserseite gespült werden - der Druck kann die Membran zerstören.

### Membrantyp



Membranen gibt es in vielen Durchmessern und Längen

Der in der Aquaristik am häufigsten verwendete Membrantyp ist das Wickelmodul. Man kann sich diese Technik am besten so vorstellen: die Membran hat die Form einer Plastiktüte, bei dem der offene Teil an der perforierten Mittelachse - dem Permeatsammelrohr - befestigt ist. Wenn nun Wasser durch die Membran gedrückt wird fließt es im Inneren der "Plastiktüte" bis zum Permeatsammelrohr, fließt durch die Perforation ins Innere des Rohrs und wird an einem Ende aus dem Modul geleitet. Die "Plastiktüte" ist aus Platzersparnis um das Permeatsammelrohr gewickelt. Damit das Wasser auch zwischen den Membranlagen auch fließen kann, sind sowohl zwischen den Membranschichten (im Inneren der Plastiktüte) als auch zwischen den Membranlagen (außerhalb der Plastiktüte) Abstandsgewebe eingebracht. Die Gewebe werden Spacer genannt. Um das komplette Wickelmodul wird nur noch eine Plastikhülle geklebt und eine Dichtung montiert.

Als Membranmaterial werden meist unterschiedliche für Stützschiicht und der eigentlichen Membran verwendet. Die Stützschiicht besteht oft aus Polysulfon und ist asymmetrisch aufgebaut, d.h. die Poren werden von der Rohwasserseite zur Reinwasserseite immer kleiner. Die Membran ist meist aus Polyamid gefertigt und ist nur wenige Nanometer dick. Der ganze Komplex wird Kompositmembran genannt, im Englischen: thin film composite = TFC. Membranen aus Kunststoffen sind bakterienresistent und leicht in der Handhabung. Die früher eingesetzten Cellulosemembranen mussten vor Bakterien geschützt werden, weil diese die Membran regelrecht zerfressen konnten. Das Rohwasser muss immer desinfiziert (meist gechlort) werden, damit die Bakterien keine Chance bekamen. Produktionspausen waren besonders heikel. - Die modernen Membranen sind zwar empfindlich gegenüber vielen Oxidationsmitteln (siehe Kapitel "Aktivkohlefilter") und müssen deshalb vor Chlor geschützt werden, aber die Vorteile in der Handhabung und in der Leistung überwiegen. Zum Teil werden noch andere Kunststoffe, z.B. Polyvinylalkohol und seine Derivate, eingesetzt und mit einer "Chlorresistenz" beworben, aber grundsätzlich sind auch diese Membranen gegenüber Chlor empfindlich. Ein Aktivkohlefilter wäre auch bei chlorresistenten Membranen notwendig, weil Chlor durch die Membran in das Reinwasser gelangt und Schäden an Tieren und Pflanzen verursachen kann.

Hohlfasermodule werden aquaristisch nur selten eingesetzt, weil sie erheblich teurer sind. Sie haben aber auch Vorteile: die Packungsdichte ist sehr hoch, so dass hohe Leistungen auf geringem Raum möglich sind und sie können erheblich besser gereinigt werden, weil Hohlfasern von der Reinwasserseite aus rückgespült werden können - "Rückspülen". Besonders bei starken Verschmutzung können Hohlfasermodule ihre Stärken

### Faktoren, die die Reinwasserqualität und -menge beeinflussen

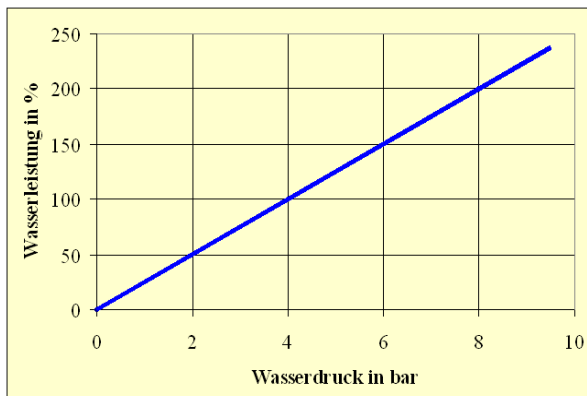
Eine Umkehrosmoseanlage kann nur unter bestimmten Bedingungen zufriedenstellende Wassermengen und -qualität produzieren. Können die Minimumvoraussetzungen

nicht erfüllt werden, sollte von der Installation einer Umkehrosmoseanlage abgesehen werden.

## Wasserdruck

Der Wasserdruck ist der wichtigste Faktor, der die Leistung der Membran und die Qualität des Reinwassers bestimmt. Je höher der anliegende Druck an der Membran ist, desto mehr Reinwasser produziert die Umkehrosmosemembran. Meist wird die Leistung einer Kleinanlage bei 4 bar (im englischen Sprachraum bei 60 psi = 4,14 bar) angegeben. Wenn man den Druck an der hauseigenen Wasserversorgung kennt, kann man schnell im Diagramm die zu erwartende Leistung ermitteln. Zum Beispiel, wenn Sie eine Anlage mit einer Standardleistung von 160 Litern und einen Wasserdruck von 6 bar haben, gehen Sie im Diagramm auf 6 bar und senkrecht bis zur Kurve nach oben. Am Schnittpunkt gehen nach links zur Wasserleistung - in diesem Fall auf 150%. Nun wissen Sie, dass Ihre Anlage (bei Standardtemperatur! siehe unten) 160 l/d \* 150% = 240 Liter pro Tag leistet.

Weil die Leistung einer Anlage durch höheren Druck ansteigt, werden professionelle Anlage immer mit einer Druckerhöhungspumpe betrieben. Normale Trinkwasseraufbereitungsanlagen werden bei ca. 8 bis 16 bar betrieben.



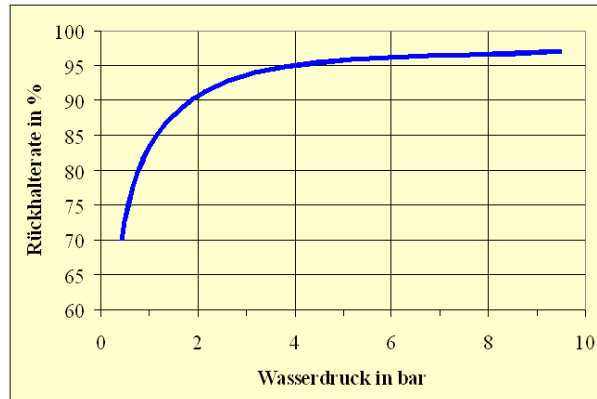
Abhängigkeit der Reinwasserleistung vom Druck an der Membran. Meist wird die Leistung bei 4 bar angegeben.



Seriöse Firmen geben die Leistung einer Kleinumkehrosmoseanlage immer bei ca. 4 bar an. Die meisten Haushalte haben einen Wasserdruck zwischen 3 und 5 bar, so dass die 4-bar-Angabe fast immer annähernd die reale Leistung angibt. Leider gibt es immer wieder Firmen - meist nur für kurze Zeit - die die Wasserleistung bei z.B. 6 bar ange-

ben - so wird schnell aus einer 90 l-eine 150-Liter-pro-Tag-Anlage.

Im Gegensatz kann man vermuten, dass man bei sehr niedrigem Wasserdruck einfach nur eine größere Membran wählen muss, um die gewünschte Wasserleistung zu erhalten. Aber leider ist nicht nur die produzierte Reinwassermenge vom Druck abhängig sondern leider auch die Reinwasserqualität.



Abhängigkeit der Reinwasserqualität vom Druck an der Membran.

Mit steigendem Druck steigt neben der Wassermenge ebenfalls die Rückhalterate, d.h. wie viel Prozent der im Wasser gelösten Stoffe zurückgehalten werden. Um also sehr sauberes Wasser zu erhalten, sollte der Arbeitsdruck sehr hoch sein. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, lohnt sich die Umkehrosmosetechnik unter ca. 2 bar nicht mehr richtig. Die Rückhalterate ist bei diesem

Druck bereits auf nur noch 90% zurückgefallen. Wenn das Trinkwasser z.B. einen Salzgehalt von 250 mg/l (ca. 500 µS/cm) aufweist, kann die Beispielanlage bei 2 bar nur noch Reinwasser mit einer Qualität von 500 \* (100-90%) = 50 µS/cm erzeugen -

bei 4 bar sind es bereits 500 \* (100-95%) = 25 µS/cm.



Wir empfehlen unter 3 bar Membrandruck die Umkehrosmosetechnik nicht einzusetzen oder den Druck mittels einer Druckerhöhungspumpe zu erhöhen. Für Kleinanlagen gibt es sehr ruhige und nicht zu kostspielige Pumpen, die im Normalbetrieb einige Jahre halten. Das AquaCare-Modell kann für Anlage bis zur Größe 160 eingesetzt

werden. Bei noch größeren oder mehreren Membranen würde die Pumpe nicht mehr den erforderlichen Druck erzeugen.

Für größere Anlage (z.B. für Hobbyzüchter) können dann Drehschieberpumpen eingesetzt werden, die lärmtechnisch allerdings nicht für das Wohnzimmer geeignet sind. Diese Pumpen arbeiten bis 16 bar und können zusätzlich für niedrige Abwasser-Reinwasser-

Verhältnisse (Ausbeuten) durch Konzentratrückführung sorgen (s.u.). die Rohwasserqualität muss aber vorher auf jeden Fall untersucht und die Aufkonzentrierung mit speziellen Programmen berechnet werden, damit die Membranen nicht

frühzeitig verkalken oder anderweitig verblocken. Für solche Fälle ist eine kompetente Beratung einfach unumgänglich. Nichts ist schlimmer und kostspieliger als eine falsch ausgelegte Anlage, die zu schnell Membranen verblockt oder durch Verkalken gar Pumpenschäden verursacht.



Für Kleinanlagen können die sehr leisen Niedervoltdruckpumpen eingesetzt werden.

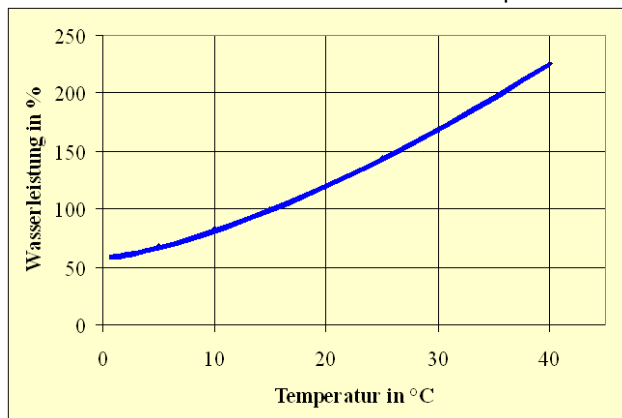


Für größere Anlagen, für die Realisierung der Konzentratrückführung zur Wasserersparnis und bei Dauerbetrieb müssen leistungsstärkere Druckpumpen - wie hier Drehschieberpumpen - eingesetzt werden.

## Temperatur

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Temperatur. Es gilt: je kälter das Zu-

laufwasser ist, desto weniger Reinwasser kann die Anlage produzieren. Eine 160-Liter-pro-Tag-Anlage produziert bei 15°C am Tag 160 Liter. Sinkt die Wassertemperatur auf 5°C kann die gleiche Anlage nur noch 110 Liter produzieren; bei warmen 30°C steigt die Leistung auf 270 Tageliter.



Abhängigkeit der Reinwasserleistung von der Temperatur



Beim Kauf einer Umkehrosmoseanlage muss neben der Druckangabe auch auf die Temperaturangabe geachtet werden. Wird eine Anlage nach dem amerikanischen Standard (75°F = 23,9°C) angeboten, leistet diese bei realistischen Wassertemperaturen von 15°C nur ca. 70%.

Eine Umkehrosmoseanlage sollte jedoch nicht an die Warmwasserleitung angeschlossen werden - außer: die Wassertemperatur steigt garantiert nicht über 40°C. Wird es der Membran zu warm, kann sie leicht irreparable Schäden davontragen. Auch muss auf den Druck geachtet werden. Bei hohem Leitungswasserdruck und sehr warmen Wasser können Filter- und Membrangehäuse erweichen und platzen. Der zulässige Maximaldruck für eine Anlage ist immer von der Temperatur abhängig, meist sind Druckangaben bei 20°C gemacht.

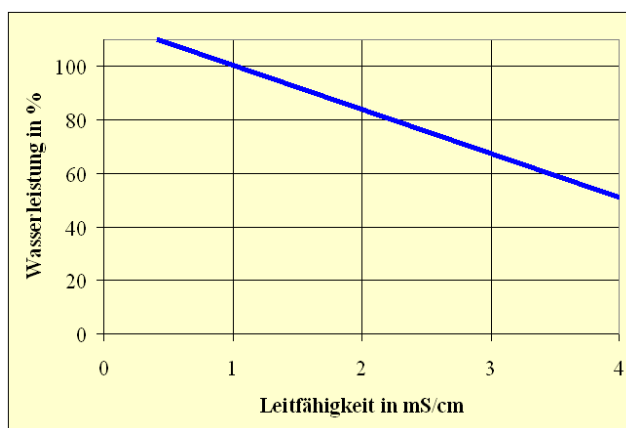
### Ausgangswasser / Salzgehalt

Wasser, das Salz enthält, baut einen osmotischen Druck auf (siehe oben). Je mehr Salz gelöst ist, desto höher ist der osmotische Druck. Auf der Konzentratseite einer Meerwasserentsalzungsanlage können so schnell bei 36/1000 (Promill) Zulaufsalzgehalt osmotische Druck von über 40 bar auftreten. Dass heißt: wird diese Beispielanlage bei 40 bar betrieben, kommt kein Tropfen Reinwasser heraus, weil der osmotische Druck dem Arbeitsdruck entgegenwirkt.

Steigt der Arbeitsdruck über den osmotischen Druck des Konzentrats beginnt die Anlage Reinwasser zu produzieren.

Bei Kleinumkehrosmoseanlage für das Trinkwassernetz ist der osmotische Druck des Konzentrats erheblich niedriger: bei 25% Ausbeute und 500 µS/cm Leitfähigkeit (ca. 250 mg/l Salzgehalt) liegt der osmotische Druck lediglich bei nicht ganz 0,3 bar. Ab 0,3 bar kann theoretisch die Anlage Reinwasser erzeugen. Um genügend Wasser mit einer guten Qualität zu produzieren, sollte der Arbeitsdruck

erheblich über dem osmotischen Druck des Konzentrats liegen. Bei sehr salzhaltigem Wasser - in Europa liegt der Maximalwert bei 2000 µS/cm - kann der osmotische Druck leicht auf 1,2 bar steigen. Die unter dem Kapitel "Wasserdruck" gemachte Aussage, dass der Rohwasserdruck mindestens bei 3 bar liegen sollte, muss beim oberen Trinkwassergrenzwert um ca. 1 bar also auf 4 bar



geändert werden.

Abhängigkeit der Wasserleistung vom Salzgehalt des Rohwasser (hier ausgedrückt als elektrische Leitfähigkeit; 1 mS/cm entspricht ungefähr einem Salzgehalt von 500 mg/l)

### Abwasser-Reinwasser-Verhältnis / Ausbeute

Das Abwasser-Reinwasser-Verhältnis oder prozentual ausgedrückt die Ausbeute gibt an, wie viel Reinwasser aus dem Rohwasser produziert werden kann. Um Wasser zu sparen wünscht sich der Kunde eine Anlage mit niedrigem Verhältnis (o-

der hoher Ausbeute). Aber hohe Ausbeuten beeinflussen die Lebensdauer der Membran und die Reinwasserqualität. Während des Prozesses wird Reinwasser durch die Membran gedrückt und das Rohwasser wird (aufgrund des immer mehr durch die Membran abfließenden Wassers) immer weiter aufkonzentriert und als Konzentrat abgeführt. Normalerweise befinden sich im Leitungswasser Substanzen, die nicht beliebig aufkonzentriert werden können - sie fallen dann z.B. als Kalk (CaCO<sub>3</sub>) oder Gips (CaSO<sub>4</sub>) aus und verblocken die Membran, die dadurch immer mehr an Leistung verliert und schlechteres Wasser produziert. Wann das Ausfallen beginnt, kann berechnet werden, ist aber für Kleinanlage zu aufwändig.

Je weiter die Inhaltsstoffe des Wasser konzentriert werden, desto schlechter wird das Reinwasser. Die Rückhalterate ist bei gleichem Arbeitsdruck (vom osmotischen Druck einmal abgesehen) und Temperatur konstant, wird aber immer vom Konzentrat aus berechnet. Das heißt, je salzhaltiger das Konzentrat ist desto mehr Salz findet sich auch im Reinwasser wieder. Wenn dann der osmotische Druck noch mitgerechnet wird, wird die Qualität des Reinwassers noch schlechter, weil mit der

Konzentrierung des Wassers der osmotische ebenfalls steigt, dem Arbeitsdruck entgegenwirkt und laut Kurve "Abhängigkeit der Reinwasserqualität vom Wasserdruck" die Rückhalterate schlechter wird.

Im Extremfall kann das Reinwasser einer Umkehrosmoseanlage schlechter sein, als das zufließende Rohwasser.



Niedrige Abwasser-Reinwasser-Verhältnisse oder hohe Ausbeuten sparen Wasser, aber erhöhen die Gefahr des Verblockens der Membran und lässt das Reinwasser schlechter werden. Das gesparte Wasser steht in keinem Verhältnis zum Kaufpreis einer neuen Membran. - Werbeaussagen, dass Membranen für hohe Ausbeuten / niedrige Abwasser-

Reinwasser-Verhältnisse konzipiert wurden, sind Unsinn und gaukeln nur einen Vorteil vor. Wenn die Wasserzusammensetzung nicht mitspielt verblockt jede Membran.

Das Abwasser-Reinwasser-Verhältnis ist nicht nur abhängig von der Kombination Membranleistung - Reduzierventil sondern auch vom Wasserdruck. Membran und Reduzierventil (Spülventil, Blende, Durchflussbegrenzer) haben nämlich ein unterschiedliches Verhalten. Bei steigendem Druck produziert die Membran linear mehr Wasser (siehe Kurve "Abhängigkeit der Reinwasserleistung vom Druck an der Membran"). Die Blende, die für die Konzentratmenge verantwortlich ist, jedoch produziert nicht linear mehr Wasser bei steigendem Druck, sondern weniger. So wird bei höherem Wasserdruck das Abwasser-Reinwasser-Verhältnis niedriger (höhere Ausbeute) - die Gefahr des Verblockens steigt aber ebenfalls an.

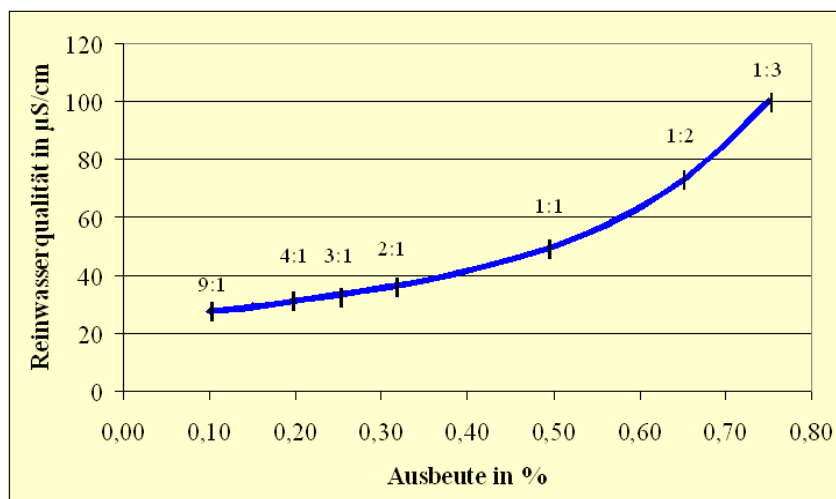
wasser ist, desto geringer die Gefahr, dass Membranverblockungen stattfinden

## 2. Enthärtung als Vorbehandlung

Um das Ausfallen von schwerlöslichen Salzen zu verhindern, kann das Rohwasser enthärtet werden. Dabei werden Calcium, Magnesium, ferner Strontium und Barium gegen Natrium ausgetauscht.



professionelle Duplex-Enthärtungsanlage



Abhängigkeit der Wasserqualität von der Ausbeute bzw. Abwasser-Reinwasser-Verhältnis Ausgangswasser mit 500 µS/cm (ca. 250 mg/l Salzgehalt); der osmotische Druck wurde nicht mit berechnet

## Welches ist nun das richtige Abwasser-Reinwasser-Verhältnis?

### 1. Die Rohwasserqualität ist entscheidend

Je weniger Substanzen, die zum Ausfallen neigen, im Rohwasser vorhanden sind, desto höhere Ausbeuten können realisiert werden. Sicherheit kann man nur durch eine genaue Analyse des Rohwasser und einer komplexen Berechnung erlangen - für Kleinanlagen sein zu hoher Aufwand. Allgemein kann man sagen: je niedriger die Gesamthärte im Roh-

So können keine schwerlöslichen Salz wie Kalk (Calciumcarbonat) und Gips (Calciumsulfat) ausfallen und die Membran verblocken. Mit enthärtetem Wasser können Ausbeuten von 75% und mehr realisiert werden. Der Aufwand lohnt sich jedoch nur für größere Anlage ab ca. 2000 Litern pro Tag. - Wenn im Haus eine Teilenthärtungsanlage installiert ist, sollte auf jeden Fall das teilenthärtete Wasser benutzt werden.

### 3. Zusatzmittel: Antiscallants, Säuren

Eine ähnliche Wirkung haben Zusatzstoffe, die bei größeren Umkehrosmoseanlage zudosiert werden. Sogenannte Antiscallants "umschließen" die Calcium- und Magnesiumi-

onen, so dass sie nicht mehr mit Karbonat und Sulfat reagieren können. Auch die Dosierung von Säuren können die Bildung von Kalk verzögern und so höhere Ausbeuten realisieren. Grundsätzlich sollten diese Möglichkeiten nicht von Hobbyaquarianern genutzt werden - der Aufwand ist für Kleinanlagen einfach zu hoch und der Einsatz der Chemikalien nicht ungefährlich.

### 4. Fließgeschwindigkeit

Je geringer Wasser bewegt wird, desto leichter können Ausfällungen an den Membranen stattfinden. Die modernen Wickelmembranen haben alle eine optimierte Struktur der Spacer (das Gewebe, das die einzelnen Membranschichten auf Abstand hält), so dass maximale Wasserturbulenzen entstehen. Wundermembranen, die besonders niedrige Abwasser-Reinwasser-Verhältnisse ermöglichen, gibt es nicht.

### 5. Wartung

Die Wartung hat nicht nur Einfluss auf die erzeugte Reinwasserqualität, sie kann auch entscheidend sein, ob eine Membran vorzeitig verblockt. Wird eine Anlage öfter ein- und ausgeschaltet (Intervallbetrieb), befindet sich nach dem Abstellen auf der Konzentratseite ein Wasser mit hohem Salzanteil. Ohne Wasserbewegung (siehe "Fließgeschwindigkeit") können die schwerlöslichen Salze schneller ausfallen. Wird vor dem Abstellen für kurze Zeit die Membran gespült, wird die Konzentration des Abwassers auf die niedrigere des Rohwassers gesenkt und damit das Risiko der Verblockung. Große Umkehrosmoseanlagen sorgen für einen regelmäßige Spülung aber auch für Kleinanlagen gibt es passende Steuerungen.



Steuerung für Kleinumkehrosmoseanlage bestehend aus automatischer Befüllung und Spülfunktion

### Verwendete Materialien

Moderne Kleinumkehrosmoseanlage sind fast ausschließlich aus Kunst-

stoff gefertigt. Lediglich einige Spülventile sind aus Metall. Die Schläuche bestehen fast durchweg aus inertem Polyethylen (PE) - auch im Reinwasserteil werden so keine Stoffe gelöst.

Um Kosten zu sparen, benutzen einige Aquarianer die allseits bekannten Luftschläuche aus Weich-PVC (transparent oder grün). Es ist richtig, dass die Schläuche auf der Reinwasserseite nicht druckfest sein müssen - solange niemand die Reinwasserseite versperrt. Aber gerade Weich-PVC ist nicht für Reinwasser geeignet. Um das an sich starre PVC biegsam zu machen, wird in Schläuchen oder anderen Weich-PVC-Teilen Phthalat genauer Diethylhexylphthalat (DEHP) eingemischt. Dieser Stoff tritt langsam aus dem PVC und lässt diese mit der Zeit verspröden: alte Weich-PVC-Schläuche sind starrer als neue! Das Phthalat steht im Verdacht, wie ein Hormon zu wirken und wird für Unfruchtbarkeit, Krebs und Übergewicht verantwortlich gemacht. In sensiblen Anwendungen, z.B. Babyschnuller, wird Phthalat gegen (C10-C21)Alkylsulfonsäurephenylester = Mesamoll oder 1,2-Cyclohexandicarbonsäurediisononyl-ester = Hexamoll) ausgetauscht. Allen Stoffen ist jedoch gemein, dass sie langsam austreten und im Reinwasser landen - Wirkungen auf Aquariumorganismen sind unbekannt aber gut vorstellbar, da Fische als Wirbeltiere ähnlich auf Hormone und hormonähnliche Stoffe reagieren, wie Menschen. Im Laufe der Zeit sind uns auch Fälle aufgefallen, bei denen aus Weich-PVC-Schläuchen Phosphat austritt. Aufgefallen ist dies, weil Kunden berichteten, dass im Reinwasser mehr Phosphat als im Trinkwasser nachweisbar war. Zuerst wurde natürlich vermutet, dass etwas mit der Umkehrosroseanlage nicht stimmt. Nach ausgiebiger Prüfung stellt sich jedoch heraus, dass der Phosphattest nur auf Wasser aus den Schläuchen ansprach - nicht auf Wasser, dass direkt aus dem Umkehrosrosemodul tropfte.



Für Kleinumkehrosroseanlagen sollte Schläuche aus PE ohne Weichmacher benutzt werden

Auch im Reinwasserteil sollte ausschließlich der originale PE-Schlauch verwendet werden - der Preisunterschied ist nicht so gewaltig. Es sollte auch unbedingt auf die Größe geachtet werden. Die meisten deutschen Kleinanlage arbeiten mit 6 mm Schlauch, aber einige Anbieter vertreiben asiatische Anlagen, die meist mit 1/4" (=6,4 mm) ausgestattet sind. Die 0,4 mm Unterschied scheinen nicht viel auszumachen, doch einige Fittings sind mit den falschen Schläuchen nicht druckfest verbunden - leicht kann ein Schlauch während des Betriebes abspringen: die Überschwemmung ist vorprogrammiert.

### Gefährliche Stoffe

Neben den oben im Kapitel "Aktivkohlefilter" bereits erwähnten oxidierenden Stoffe wie Chlor und Ozon können noch andere Substanzen die Funktion einer Umkehrosroseanlage beeinträchtigen.

Eisen und Mangan sollten laut Trinkwasserverordnung nicht im Wasser vorkommen, weil weiße Fläche (Keramik) und Armaturen mit den ausgefallenen Eisen- und Mangansalzen (meist Hydroxide) Schaden nehmen. Auch Umkehrosroseanlagen dürfen nicht mit Eisen- und Manganverbindungen in Berührung kommen. Liegen die Konzentration über 0,1 mg/l Eisen bzw. 0,05 mg/l Mangan können diese Stoffe prinzipiell ausfallen und die Membran verblocken. Diese Ablagerung sind nur sehr schwer wieder zu entfernen - bei Kleinumkehrosroseanlage lohnt sich dieser Aufwand meist nicht. Ob Eisen- und/oder Manganablagerungen entstehen hängt von mehreren Faktoren ab: z.B. Konzentration der Stoffe, Sauerstoffkonzentration, Redoxpotential, u.a..

Für große Umkehrosroseanlage gibt es mehrere Möglichkeiten, Membranen einer Umkehrosroseanlagen vor Eisen- und Manganverblockungen zu schützen:

- Eisen und Mangan durch Zugabe von Redoxsubstanzen in Lösung halten; beide Stoffe werden gut zurückgehalten und landen nicht im Reinwasser der Anlage;
- Eisen und Mangan durch katalytische Oxidation vor der Membran ausfällen und abfiltrieren; die Reaktion ist stark vom pH-Wert des Wassers abhängig;

- Eisen und Mangan durch Oxidation ausfällen und abfiltrieren.

Bestimmte Verbindungen wie z.B. Bariumsulfat oder Strontiumsulfat sind schwerlösliche Salze. Sie können sich bilden, wenn die Ionen Barium und/oder Strontium im Wasser in hohen Konzentrationen vorliegen; Konzentrationen < 0,1 mg/l (Weast 1985) sind bereits kritisch. Sulfat ist fast allgegenwärtig in Leitungswässern enthalten. So kann es passieren, dass durch die Konzentrierung des Wasser in der Umkehrosroseanlage (das Reinwasser wird ja dem Rohwasser entzogen) die Löslichkeitsprodukte von Bariumsulfat und Strontiumsulfat überschritten werden. Es bilden sich praktisch unlösliche Salze, die die Membran zusetzen und damit unbrauchbar machen. Weitere kritische Verbindungen sind Calciumsulfat, Calciumfluorid und Siliciumdioxid.

Bei Großumkehrosroseanlagen wird ein solches kritisches Wasser entweder mit einer Enthärtungsanlage behandelt oder Ausfällschutzstoffe zudosiert. Die Enthärtungsanlage tauscht Magnesium, Calcium, Barium und Strontium gegen Natrium aus, so dass keine kritischen Verbindungen entstehen können. Die Schutzstoffe (Antiscallants) umschließen die oben genannten zweiwertigen Ionen, so dass z.B. Sulfat nicht mehr an die Ionen herankommen kann - die unlöslichen Verbindungen können nicht mehr gebildet werden und die Membran ist geschützt. Für Kleinumkehrosroseanlagen lohnt dieser Aufwand leider nicht, sowohl die Dosierung von Antiscallants als auch eine Enthärtungsanlage ist zu teuer. Lediglich ein vorgeschalteter Polyphosphatfilter kann die Lebensdauer der Membran ein verlängern.

### Nachgeschaltete Filter

Bei einigen Rohwässern oder für bestimmte Anwendungen ist es sinnvoll, Spezialfilter hinter die Umkehrosroseanlage zu schalten. Sie reichen das Reinwasser mit Stoffen an oder entfernen letzte Reste von unerwünschten Stoffen.

### Reinstwasserfilter bei zu viel Kieselsäure

Trotz der hohen Rückhalteraten bei den modernen Niederdruckmembranen werden einige Stoffe nicht optimal zurückgehalten. Insbesondere

Kieselsäure kann auch im Reinwasser einer Umkehrosmoseanlage noch Probleme bereiten. Kieselsäure kommt entweder gegen (durch Auswaschungen durch Bodenschichten) im Trinkwasser vorkommen oder wird als Schutzstoff dem Leitungswasser zudosiert - meist jahreszeitlich abhängig. Eine Umkehrosmoseanlage unter Normalbedingungen entfernt ca. 80 ... 90% der im Rohwasser enthaltenen Kieselsäure. Das kann bei Konzentrationen von bis ca. 5 mg/l immerhin noch 0,5 ... 1 mg/l im Reinwasser ergeben.



Für Kleinumkehrosmoseanlagen gibt es 10<sup>4</sup>-Filter, in den eine Reinstwasserharzkartusche enthalten ist.

Die einfachste Möglichkeit, Kieselsäure aus Umkehrosmosewasser zu entfernen, ist einen Reinstwasserfilter der Umkehrosmoseanlage nachzuschalten. Dieser ist mit einer nachfüllbaren Kartusche ausgestattet, der ein Hochleistungs-Vollentsalzerharz enthält. Das Harz entfernt alle Restsalze inklusive der Kieselsäure bis auf weit unter 1 µS/cm Leitfähigkeit. Steigt die Leitfähigkeit des Reinstwassers auf über ca. 3 µS/cm an, muss die Harzfüllung des Reinstwasserfilters ausgetauscht werden. Mit einem elektrischen Leitfähigkeitsmesser ist dieser Punkt sehr leicht erkennbar.

Die Idee, nur mit einem Vollentsalzer ohne Umkehrosmoseanlage zu arbeiten, kann einem in den Sinn kommen. Aber man sollte bedenken, dass die Umkehrosmoseanlage bereits mindestens 95% der Wasserinhaltsstoffe entfernt - der Reinstwasserfilter muss somit nur noch die restlichen maximal 5% übernehmen. Um nur mit einem Vollentsalzer die gleiche Wasserqualität zu erzielen, muss der Filter mindestens 20mal größer ausgelegt oder 20mal öfter die Füllung ausgetauscht werden.

### Aufhärtefilter / Mineralienfilter

Das mit einer Umkehrosmoseanlage produzierte Reinwasser ist sehr arm an Salzen und damit auch an Mineralien. Je nach Anwendungszweck ist es sinnvoll einen Aufhärtefilter hinter die Umkehrosmoseanlage zu schalten. Das im Rohwasser enthaltene Kohlendioxid - je härter das Ausgangswasser desto mehr Kohlendioxid ist enthalten - durchdringt die Umkehrosmosemembran fast ungehindert und bildet im Reinwasser Kohlensäure. Deswegen ist das Permeat immer saurer als das Rohwasser (siehe auch pH-Wert-Messung in salzarmen Wasser).

Die im Permeat enthaltene Kohlensäure kann im Aufhärtefilter das kalkhaltige Filtermaterial anlösen und es werden Hydrogencarbonat- und Calcium- bzw. Magnesiumionen - je nach verwendetem Filtermaterial - frei. Dem Reinwasser wurden somit einige Mineralien zugeführt. Bei gewünschten höheren Härten sollte zusätzlich noch CO<sub>2</sub> vor dem Aufhärtefilter eingegeben werden.

aus (braun, rot-braun, grün, schwarz) sollten diese unbedingt ersetzt werden. Stark verschmutzte Vorfilter vermindern die Reinwasserqualität und können dazu führen, dass der Aktivkohlefilter nicht mehr seine Aufgaben - zerstören des Chlors - erfüllen kann. Spätestens alle 12 Monate sollten die Filterkartuschen ersetzt werden. Denn auch Bakterien wachsen im Trinkwasser und auf den Filtern.



Es gibt viele unterschiedliche Filter in verschiedenen Größen

Um die regelmäßige Kontrolle zu

Aquariumtyp	Filtertyp
Meerwasser	Nur Umkehrosmoseanlage + evtl. Reinstwasserfilter
Amazonasbecken / Weichwasser	Nur Umkehrosmoseanlage; bei hohem Fischbesatz zusätzlich Aufhärtefilter
Gesellschaftsbecken	Umkehrosmoseanlage + Aufhärtefilter
Ostafrikanische Aquarien	Umkehrosmoseanlage + Aufhärtefilter + CO <sub>2</sub> -Anschluss

### Wartung einer Umkehrosmoseanlage / Automatisierung

Jede Anlage kann nur so gut funktionieren, wie sie bedient und gewartet wird. Die aquaristischen Umkehrosmoseanlage sind im Allgemeinen sehr einfach konstruiert. Doch einige Punkten müssen trotzdem eingehalten werden, um einwandfreies Wasser zu erzeugen.

#### Vorfilterwechsel

Wie weiter oben bereits erwähnt, sollten Umkehrosmoseanlage zumindest mit Aktivkohle und Feinfilter bzw. mit einem Kombifilter ausgestattet sein, um die Umkehrosmosemembran zu schützen. Ist die Anlage mit Filtergehäusen mit den passenden Filterkartuschen ausgestattet, sollten die Filterkartuschen alle 3 Monate überprüft werden - bei sehr verschmutztem Rohwasser auch öfter. Sehen die Filter nicht mehr gut

vereinfachen, gibt es Klarsichtgehäuse. Diese sollten jedoch nicht verwendet werden, wenn die Umkehrosmoseanlage sehr hell oder gar in der Sonne steht. Ansonsten würden Algen im Filtergehäuse wachsen und die Sicht auf den Filtereinsatz behindern. Denken Sie daran, dass die O-Ring der Vorfiltergehäuse auch verschleifen. Sie sollten mindestens bei jedem fünften Filterwechsel mit ausgetauscht werden.

Bei Einwegfiltern ist die Kontrolle nicht so einfach. Sie können entweder regelmäßig alle 6 bis 12 Monate gewechselt werden, oder der Feinfilter kann näher untersucht werden. Dazu wird der Feinfilter ausgebaut und die Fittings abgeschraubt. Sehen Sie durch die Gewindebohrung in den Filter. Ein neuer Filter sieht strahlend weiß aus.

#### Membranpflege

Die Umkehrosmosemembran ist das Herzstück der Anlage und sollte gepflegt werden, damit sie lange gut

Wasser produzieren kann. Einerseits müssen die Vorfilter regelmäßig gewartet (siehe oben) und andererseits sollte sich um die Membran gekümmert werden. Während des Betriebs einer Umkehrosmoseanlage wachsen Bakterien auf der Membran und Partikel, die nicht von den Vorfiltern festgehalten werden (bei AquaCare-Anlagen unter 5 µm) lagern sich ab, weil das Wasser im Normalbetrieb sehr langsam an der Membran entlang fließt; bei Anlagen ohne Konzentratrückführung mit niedrigem Abwasser-Reinwasser-Verhältnis (hohe Ausbeute) besonders langsam. Darum sollte regelmäßig die Membran gespült werden. Durch Öffnen des Spezialkugelhahns oder des angeschliffenen Feinregulierventils (oder unbequemerweise durch Ausbau des Durchflussbegrenzers) wird die Wassermenge erhöht, so dass die Strömung einige Ablagerungen und Bakterien wegspült.



Eine 2012 Kleinumkehrosmosemembran

Wird eine Umkehrosmoseanlage außer Betrieb genommen, steht im Umkehrosmosemodulgehäuse konzentriertes Wasser und kann mit der Zeit gammeln. Deswegen sollte nach und vor der Wasserproduktion das Spülventil für kurze Zeit geöffnet werden, um Konzentrat

bzw. "Gammelwasser" schnell wegzuspülen.



Umkehrosmoseanlage mit RO-Steuerung (automatisches Nachfüllen und Spülfunktion), Reinstwasserfilter und Reinstwassermessgerät

Moderne Umkehrosmosesteuerungen haben diese beiden Funktionen. Bei Start der Anlage wird das Spülmagnetventil kurz geöffnet, um altes Wasser zu entfernen und bei Produktionsstopp wird ebenfalls das Spülmagnetventil getätigt, damit Konzentrat gegen Rohwasser ersetzt wird. Die AquaCare-Steuerung hat sogar noch eine Standby-Spülfunktion, d.h. während der Produktionspause wird alle 24 Stunden die Anlage gespült, damit das Wasser in der Anlage nicht gammeln kann.

Besonders praktisch ist die Automatikfunktion. Zwei Schwimmerschalter werden im Umkehrosmosewasservorratsbehälter installiert. Fällt der Wasserstand unter den Minimumschalter startet die Anlage und produziert Wasser, bis der Maximumschalter erreicht wird.

## Bestimmung der Wassermengen

Um die Leistung einer Umkehrosmoseanlage zu überprüfen, muss man zwei Wassermengen bestimmen. Dazu sollte man ein skaliertes Gefäß, z.B. Litermaß, und eine Uhr oder Stoppuhr benutzen - die Temperatur und der Druck des Wasser sollten ebenfalls bekannt sein.

Lassen Sie die Anlage für mindestens 15 Minuten laufen, ehe Sie eine Messung machen. Bestimmen Sie die Wassermenge, die in einer definierten Zeit produziert wird und rechnen diese auf "Liter pro Stunde" oder "Liter pro Tag" hoch. Z.B. in 1 Minute werden 70 ml Reinwasser produziert:

0,070 Liter \* 60 Minuten \* 24 Stunden = 100,8 Liter pro Tag. Nun muss diese Leistung auf den Normdruck (bei AquaCare und vielen anderen Produzenten 4,0 bar) berechnet werden. Wenn Sie z.B. einen Wasserleitungsdruck von 4,5 bar haben, teilen Sie die 100,8 Liter pro Tag durch 4,5 und multiplizieren anschließend mit 4,0: 89,6 Liter pro Tag. Weil die Wasserleistung auch von der Temperatur abhängig ist (siehe Kapitel "Wasserdruck"), sollte man die reale Messung auf die Normtemperatur anpassen. Dazu wird eine Umrechnungstabelle benötigt (siehe unten). Wenn z.B. die aktuelle Wassertemperatur 13°C beträgt, wird die ermittelte Reinwasserleistung mit dem Faktor (im Beispiel 1,10) multipliziert: die Membranleistung bei Normdruck und Normtemperatur beträgt: 89,6 Liter pro Tag \* 1,10 = 98,56 Liter pro Tag.

Temperatur	Faktor	Temperatur	Faktor	Temperatur	Faktor
1°C	2,48	13°C	1,10	25°C	0,68
2°C	2,20	14°C	1,05	26°C	0,66
3°C	2,06	15°C	1,00	27°C	0,64
4°C	1,89	16°C	0,95	28°C	0,62
5°C	1,76	17°C	0,91	29°C	0,60
6°C	1,62	18°C	0,88	30°C	0,58
7°C	1,51	19°C	0,84	31°C	0,56
8°C	1,44	20°C	0,81	32°C	0,54
9°C	1,36	21°C	0,78	33°C	0,52
10°C	1,29	22°C	0,76	34°C	0,51
11°C	1,21	23°C	0,73	35°C	0,50
12°C	1,14	24°C	0,71		

Temperaturkorrekturtabelle für AquaCare-Kleinumkehrosmoseanlagen: die gemessene Reinwasserleistung wird mit dem Faktor, der durch die gemessene Temperatur gegeben ist, multipliziert, um eine Angabe bei Normtemperatur zu bekommen.

Die Abwassermenge oder Konzentratmenge wird ebenfalls ausgelitert und auf "Liter pro Stunde" oder "Liter pro Tag" hochgerechnet. In den obigen Beispiel könnten das 270 Liter pro Tag sein. Die Konzentratmenge ist kaum abhängig von der Temperatur und muss deshalb nicht der Normtemperatur angepasst werden. Teilen Sie die ermittelte Abwassermenge durch die ursprünglich gemessene Reinwassermenge, z.B. 270 Liter pro Tag / 100,8 Liter pro Tag = 2,4. Die Beispielrechnung ergibt ein Abwasser-Reinwasser-Verhältnis von 2,4 zu 1.

Die Ausbeute wird mit den gleichen Werten bestimmt:

$$\text{Ausbeute in \%} = 100 * \left( \frac{\text{Reinwassermenge}}{\text{Reinwassermenge} + \text{Abwassermenge}} \right)$$

Im Beispiel wären das 100,8 l/d / (100,8 l/d + 270 l/d) = 0,265 oder 26,5%.

## Bestimmung der Rückhalterate

Um die Rückhalterate der Membran zu testen, muss ein Wasserparameter bestimmt werden. Die genaueste Methode ist die Messung der elektrischen Leitfähigkeit (in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) oder mit einem TDS-Stick den Salzgehalt in  $\text{mg}/\text{l}$  oder  $\text{ppm}$ . Sind beide Geräte nicht verfügbar kann auch die Gesamthärte mit einem Tropfentest bestimmt werden.

Nachdem die Umkehrosmoseanlage für mindestens 1/2 Stunde in Betrieb ist, kann die Reinwasserqualität gemessen werden. Im Beispiel nehmen wir eine elektrische Leitfähigkeit von  $15 \mu\text{S}/\text{cm}$  an. Um die Rückhalterate zu bestimmen ist ebenfalls die Leitfähigkeit des Rohwasser (meist Trinkwasser), z.B.  $480 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Nach dem Einsetzen der Werte in die untere Formel  $1 - (15 \mu\text{S}/\text{cm} / 480 \mu\text{S}/\text{cm}) = 0,969$  oder  $96,9\%$ .



Rückhalteraten unter  $90\%$  sollten nicht akzeptiert werden, weil auch die Schadstoff dementsprechend schlecht zurückgehalten werden. Dass eine Membran nur für einen Stoff durchlässiger wird, gibt es nicht. Wenn die Rückhalterate sinkt, werden alle Stoffe schlechter zurückgehalten.

$$\text{Rückhalterate} = 100 * \left( 1 - \frac{\text{Konzentration}_{\text{Reinwasser}}}{\text{Konzentration}_{\text{Rohwasser}}} \right)$$
$$\text{Rückhalterate} = 100 * \left( 1 - \frac{\text{TDS}_{\text{Reinwasser}}}{\text{TDS}_{\text{Rohwasser}}} \right)$$
$$\text{Rückhalterate} = 100 * \left( 1 - \frac{\text{LF}_{\text{Reinwasser}}}{\text{LF}_{\text{Rohwasser}}} \right)$$

Die Rückhalterate kann durch Messung einer beliebigen Substanz, z.B. Wasserhärte, durch die Bestimmung des Salzgehaltes, z.B. mit einem TDS-Meter oder durch die Messung der elektrischen Leitfähigkeiten bestimmte und nach einer der obigen Formeln berechnet werden.

## Sinnvoller Betrieb einer Umkehrosmoseanlage

Eine Umkehrosmoseanlage sollte so lange wie möglich am Stück in Betrieb sein. Ein häufiges Ein- und Ausschalten vermindert die Reinwasserqualität. Denn im Ruhezustand diffundieren die Wasserinhaltsstoffe - meist Salze - durch die Membran auf die Reinwasserseite, bis es einen Ausgleich gibt. Nur während des Betriebes kann der Wasserdruck den osmotischen Druck aufrechterhalten,

so dass das Wasser in Konzentrat und Permeat aufgeteilt werden kann.

Praktisch gesehen, ist das erste Wasser, dass eine Umkehrosmoseanlage produziert, genauso schlecht wie das Rohwasser. Erst nach 1 bis ca.10 Minuten - abhängig von der Länge der Produktionspause und dem Membranalter - produziert die Anlage akzeptables Wasser. Wenn die Wasserqualität sehr wichtig ist, sollte das erste Wasser nicht benutzt werden. Bei größeren Anlage oder für den Laborbereich wird das automatisiert mit einem Permeatablassventil, dass solange das produzierte Permeat ins Abwasser leitet, bis die gewünschte Reinwasserqualität erreicht wird.



Soll Umkehrosmosewasser produziert werden, stellen Sie die Anlage an, verwerfen ggf. die ersten 2-3 Liter Reinwasser und produzieren dann so viel Wasser, wie Sie in ca. 1 Woche benötigen. Der Lagerbehälter für das Wasser sollte so groß wie möglich sein.



Drosseln Sie nie die Leistung einer Umkehrosmoseanlage, indem Sie z.B. den Vordruck senken. Die Wasserqualität wird einfach zu schlecht.

## Lagerung einer Umkehrosmoseanlage oder einer Membran

Wird eine Umkehrosmoseanlage für länger als 1 Woche außer Betrieb genommen sollten folgende Dinge beachtet werden:



Set zur Herstellung einer Desinfektionslösung

- Lassen Sie das Wasser komplett aus Vorfilter, Membrangehäuse und evt. Nachfiltern heraus und verschließen die Gehäuse wie-

der sorgfältig. So kann stehendes Wasser nicht faulen.

- Drehen Sie das Rohwasser ab, auch wenn Sie eine automatische Befüllungsanlage (Umkehrosmosesteuerung) haben.
- Soll die Anlage für länger als 2-3 Monate außer Betrieb genommen werden, sollten Sie die Membran desinfizieren. Dazu lassen Sie das Wasser aus dem Membrangehäuse ab und füllen es mit Desinfektionsmittel auf (Bedienungsanleitung beachten!).