

Wasseraufbereitung am Botanischen Garten der Universität Osnabrück

A. Das Verfahren der Umkehrosmose

Verfahrensprinzip

Das Verfahren der Osmose kommt bei der Wasseraufnahme oder beim Transport von Nährstoffen durch die Zellwände bei Pflanzen, Tieren oder auch beim Menschen vor.

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Verfahren. Werden zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration durch eine semipermeable (halbdurchlässige, d. h., nur für das Lösungsmittel durchlässige) Wand getrennt, so fließt das Lösungsmittel solange durch die Membran, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Konzentration und hydrostatischem Druck eingestellt hat. Die dadurch bedingte Druckdifferenz, wenn das Gleichgewicht erreicht ist, nennt man den osmotischen Druck π . Kehrt man den Vorgang um und legt eine Druckdifferenz an, die größer ist als der osmotische Druck, so fließt Lösungsmittel der höheren Konzentration zur niedrigeren Konzentration. Dieser Vorgang wird als Umkehrosmose oder Reverse Osmose, abgekürzt RO, bezeichnet.

Das Verfahren wird seit Jahrzehnten großtechnisch, beispielsweise bei der Gewinnung von Trinkwasser in südlichen Ländern durch die Entsalzung von Meerwasser, angewendet. Der osmotische Druck ist abhängig von der Konzentration und liegt beispielsweise bei Seewasser in der Größenordnung 25 bar.

Membranen

Als Membranwerkstoff finden sowohl abgewandelte Naturprodukte (Zelluloseacetat) oder synthetische Produkte (z. B. Polyamide) Verwendung. Neuartige sogenannte Kompositmembranen bestehen aus mehreren unterschiedlichen Schichten. Je nach Anwendung muß man auswählen, welchen Membrantyp man einsetzt, um die teilweise widersprüchlichen Anforderungen, wie großen Permeatfluß, hohe Selektivität und gutes Rückhaltevermögen, hohe mechanische Festigkeit, Temperaturbeständigkeit, chemische und bakterielle Beständigkeit und geringe Kosten, erfüllt werden. So sind beispielsweise Zelluloseacetatmembranen in Maßen beständig gegen Oxidationsmitteln, während Polyamidmembranen von Oxidationsmitteln angegriffen werden, andererseits aber beständiger gegenüber Bakterien sind, während Zelluloseacetatmembran regelrecht als Nährmittel für Bakterien dienen.

Weiterhin unterscheidet man zwischen asymmetrischen und symmetrischen Membranen. Heute verwendet man fast ausschließlich asymmetrische Membranen, die wie ein echtes Oberflächenfilter wirken, d. h., alle Stoffe auf der Membran werden zurückgehalten, wo sie durch entsprechende Strömungsführung parallel zu Membranen abgetragen werden können. Dadurch bedingt benötigt man nur eine dünne aktive größere Schicht, die einen hohen Fluß gewährleistet, was für eine wirtschaftliche Betrachtungsweise wichtig ist.

Modularten

Die technische Konfiguration der Membrane ist das Modul, an das eine Reihe widersprüchlicher Forderungen gestellt wird. Zum einen werden gute Strömungsbedingungen und ein großes Verhältnis von installierter Membranfläche zum umbauten Raumvolumen angestrebt. Daneben sollen die Module kostengünstig zu fertigen, spülen und zu reinigen sein.

So weist das Hohlfasermodule mit ca. 10 000 m²/m³ umbautes Volumen die größte spezifische Oberfläche auf, ist aber dementsprechend durch die feinen Kapillaren, durch

die das Wasser geleitet werden muß, sehr schmutzanfällig. Das Rohrmodul und das Plattenmodul mit ca. 200 - 500 m²/m³ umbautes Volumen sind nicht so schmutzanfällig und werden heute auch bei der Aufbereitung von Abwasser eingesetzt. Für die Entsalzung von Stadtwasser oder Brunnenwasser im europäischen Raum setzt man heute meistens das sogenannte Spiralwickelmodul ein, das eine spez. Membranfläche von ca. 1 000 m²/m³ aufweist.

Weiteres Unterscheidungskriterium ist die sogenannte Ausbeute, das Verhältnis von Permeatmenge, d. h., die entsalzte Wassermenge, zum eingesetzten Rohwasser. Sie ergibt sich aus den hydrodynamischen Eigenschaftendes Moduls und ist für eine wirtschaftliche Betrachtung, z. B. der Pumpleistung, von Bedeutung. So kann das Hohlfasermodul mit Ausbeuten von bis zu 50 % beaufschlagt werden, während Rohr- und Plattenmodule teilweise bei Ausbeuten von unter 5% arbeiten.

Bei Spiralwickelmodulen mit Einzelausbeuten von ca. 15 % erreicht man wirtschaftliche Gesamtausbeuten von bis zu 75 % durch Parallel- und Reihenschaltung in sogenannten Tannenbaumstrukturen von Einzelmodulen.

Wasservorbehandlung

Um Schädigungen oder Verschmutzungen der Membrane zu vermeiden, muß das aufzubereitende Rohwasser in der Regel vorbehandelt werden. Art und Qualität der Wasservorbehandlung hängen vom Membranmaterial, Modulsystem, gewünschter Ausbeute, Permeatqualität sowie der Rohwasserzusammensetzung ab.

Zum Teil sind die Aufwendungen an die Wasservorbehandlung erheblich und machen das sonst wirtschaftliche Verfahren teilweise wieder unwirtschaftlich. Man unterscheidet zwischen schädigenden und verblockenden Störsubstanzen.

Um wirtschaftliche Ausbeuten zu erreichen und andererseits ein Verblocken der Membranen zu verhindern, genügt in den meisten Fällen, der Umkehrosmoseanlage eine Enthärtung über Ionenaustausch und nachgeschaltet eine Feinstfiltration (Filterfeinheit 5 µm) nachzuschalten.

Umkehrosmosestufe

Über die Hochdruckpumpe wird das vorgereinigte und konditionierte Wasser der Umkehrosmosestufe zugeführt. Bei den Hochdruckpumpen handelt es sich in der Regel um Flügelzellenpumpen, die nach dem Verdrängerprinzip arbeiten, Kreiselpumpen oder auch Hochdruckplungerpumpen, die beispielsweise bei der Entsalzung von Seewasser eingesetzt werden. Bei Anlagen mit kleinen Permeatleistungen kann man auch auf die Hochdruckpumpe verzichten, da die Membranentwicklung in den letzten Jahren so weit fortgeschritten ist, daß auch bei Drücken von ca. 4 bar, wie sie üblicherweise im Stadtwassernetz vorliegen, hohe Rückhalteraten bzw. Entsalzungsraten erreicht werden.

Auf der Konzentratseite befindet sich das Druckhalteventil mit der gegebenenfalls erforderlichen Konzentratrückführungseinrichtung.

Die Umkehrosmosestufe sollte unbedingt ausgestattet sein mit einem Trockenlaufschutz für die Hochdruckpumpe sowie Volumenstrommeßeinrichtungen auf der Permeat- und Konzentratseite. Zur Überwachung der Anlage sollte eine Konzentratabschaltung und Leitfähigkeitsüberwachung im Permeat vorgesehen sein. Meistens sind die Umkehrosmoseanlagen noch mit einer Permeatverwurfleitung, d. h., erst nach Erreichen der gewünschten Permeatqualität wird das Permeat in den Vorratstank geleitet, sowie einer automatischen Spüleinrichtung ausgestattet.

Nachbehandlung

Je nach Anwendungsfall muß das entsalzte Wasser einer Nachbehandlung unterzogen werden. Bei der Aufbereitung von Trinkwasser beispielsweise verschneidet man gegebenenfalls mit Rohwasser, korrigiert den pH-Wert und dosiert ein Desinfektionsmittel. Im Reinstwasserbereich, im Falle der Vollentsalzung, wird das Permeat nach der Vorentsalzung durch Umkehrosmose nochmals über einen Mischbettfilter und anschließend einer Reinstwasserhandlung zugeführt. Durch die Vorentsalzung über die Umkehrosmose, bei der bis zu 98 % der Salze abgeschieden werden, erreicht man so sehr große Standzeiten der nachgeschalteten Mischbettfilter.

Das anfallende Konzentrat wird bei kleinen und mittleren Anlagenkapazitäten üblicherweise in die Kanalisation geleitet oder kann als Brauchwasser genutzt werden. Im Falle der Abwasseraufbereitung, Wertstoffrückgewinnung oder auch bei Entsalzungsanlagen mit großen Kapazitäten, z. B. in der Meerwasserentsalzung, behandelt man das Konzentrat anschließend weiter mittels Eindampfanlagen bzw. bis hin zu Kristallisation, so daß im wesentlichen nur noch Feststoff bleibt.

Reinigung, Wartung

Trotz umfangreicher Vorbehandlungen kann es bei längeren Betriebszeiten zu Verschmutzungen der Membranen kommen. Indizien für Verschmutzungen bzw. Beschädigungen der Membrane sind beispielsweise:

- Abfall der Permeatmenge
- Anstieg des Betriebsdruckes
- Anstieg der Druckdifferenz
- Verschlechterung der Permeatqualität

Die Reinigung der Membranen erfolgt üblicherweise durch Spülungen mit Reinigungschemikalien, wobei zum einen die Verträglichkeit mit den Membranmaterialien und zum anderen die Art der Verschmutzung (soweit bekannt) bei der Wahl des Reinigungsmittels beachtet werden muß. Je nach Bedarf werden Spülungen mit Säure, Lauge oder speziellen Reinigungschemikalien durchgeführt. Sind allerdings Membranen einmal, z. B. durch nicht ausreichende Vorbehandlung, geschädigt oder verblockt, wird man in den meisten Fällen selbst nach mehrmaliger Spülung nicht mehr die Ausgangswerte von neuen Membranen erreichen.

Wichtig für den Betrieb von Umkehrosmoseanlagen ist die regelmäßige Überwachung der von dem Hersteller angegebenen Betriebszustände, wie Arbeitsdrücke, Druckdifferenzen, Permeatleistung, Konzentratmenge und Permeatqualität. Die Anlagen sollten regelmäßig mit Rohwasser gespült werden und sind bei längeren Stillstandszeiten, auch wenn kein Wasserbedarf vorliegt, zu spülen oder in Betrieb zu nehmen. In den meisten Umkehrosmosesteuerungen sind hierfür regelrechte Spülprogramme vorgesehen.

Mindestens einmal pro Jahr sollte die Vorbehandlung, d. h., die Enthärtungsanlage und die Vorfiltrationseinheit sowie die Umkehrosmoseanlage durch eine Fachfirma gewartet werden. Überlicherweise wird die komplette Anlage auf ihre Funktion und Leistungsfähigkeit geprüft, Vorfilter werden ausgetauscht und die Membranen werden einer Spülung mit Reinigungschemikalien unterworfen.

Bei so betriebenen Anlagen kann man ohne Probleme Standzeiten der Membranen von über fünf Jahren erreichen. Abhängig ist dies natürlich, wie schon erwähnt, von der Rohwasserqualität und der Art der eingesetzten Vorbehandlung.

Prof. Dr. Weil,

Osnabrück

B. Der Einsatzbereich der Umkehrosmoseanlage im Botanischen Garten Osnabrück - eine unverzichtbare technische Einrichtung.

Die von Fa. Weil entwickelte (geplante) Umkehrosmoseanlage leistet seit nunmehr 7½ Jahren wertvolle Dienste.

Derzeit wird das Wasser ausschließlich für den Betrieb der Nebelanlage in unseren Warmhäusern verwendet. Geringfügig wird auch teilentsalztes Wasser für Aquarien eingesetzt, eine direkte Speisung besteht für die Aquarien nicht.

Die Verwendung von hochwertigem, unbelastetem Wasser spielt in einem Botanischen Garten eine immer größer werdende Rolle. Kulturfehler die durch den Gebrauch ungeeigneter Wasser in der Vergangenheit gemacht wurden, waren teilweise anderen Ursachen angelastet worden. Erst mit detaillierten Untersuchungen wurde erkannt, daß sich lösende Verzinkungen der Gewächshauskonstruktion irreparable Schäden herbeiführen. Hinzu kommt, daß Brunnenwasser und Stadtwasser häufig den Gebrauch für Spezialkulturen ebenfalls nicht zulassen. Das Spektrum der Maßnahmen, dieses Probleme in den Griff zu bekommen, reicht über Kunstharzanstriche der Verzinkung, Regenwasserbevorratung durch noch größere Zisternen bis hin zur Teilentsalzungsanlage.

Unsere Vorstellungen für die Zukunft gehen dahin, daß wir die Regenwasser-Auffang-Kapazität von derzeit 90 cbm auf 390 cbm aufstocken wollen. Diese Zahl wurde im Verhältnis zu der vorhandenen Auffangfläche und dem stets schwankenden Verbrauch errechnet. Sie resultiert insbesondere aus der Errichtung des neuen Tropengewächshauses und den damit steigendem Gießwasserbedarf.

Ohne Umkehrmoseanlage (gespeist mit Stadtwasser) könnten wir die FOG-Anlage nicht betreiben.

Zur Zeit liegt der Verbrauch im Jahresmittel bei:

- 280 cbm/ Jahr an Konzentratwasser
- 70 cbm/ Jahr an Permeatwasser

Für die Fog- Anlage wird das Permeat (5 -10 µs) mit 50% Stadtwasser (430 -450 µs) verschnitten. Der Wert liegt somit bei 200 - 250 µs.

In nur vier von neun Gewächshäusern wird zur Zeit die Luft befeuchtet. Für diese Warmhäuser reicht die Bevorratungskapazität von 1000 Liter Permeatwasser zu den Zeiten der höchsten Abnahmen (in der Regel in den Sommermonaten), gerade aus. Eine Erweiterung/Vergrößerung der bestehenden Anlage für das neue Tropenhaus (Baubeginn 1. Juli 1996) ist zwingend notwendig. Die ortsansässige Firma unterstützt unser Vorhaben und hat sich bereiterklärt, den

größten Teil der Kosten zu tragen, da uns zur Realisierung nur geringe finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Technische Detailinformationen erteilt Ihnen **Fa. Weil, Industrieanlagen, 49076 Osnabrück.**

Ulrich Rösemann, Osnabrück