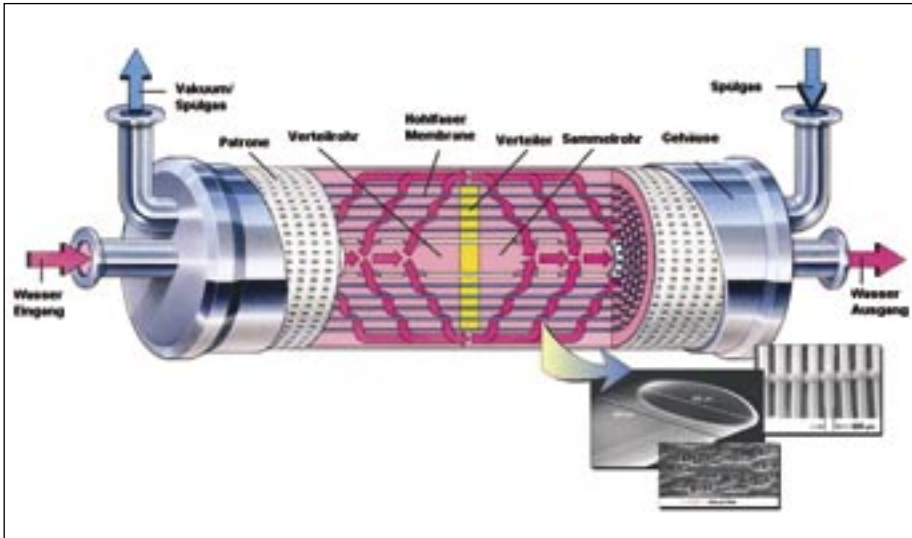


Chemikalienfreie Wasserentsalzung und -entgasung

Neues Verfahren bei der Prozess- und Kesselspeisewasseraufbereitung



Aufbau eines Membranentgasungsmoduls mit Hohlfaser

Vorentsatzung mittels Umkehrosmose

Die Umkehrosmose ist ein schon seit vielen Jahren eingesetztes Entsalzungsverfahren bei dem die Umkehrung des natürlichen Prinzips der Osmose genutzt wird um das Wasser zu entsalzen.

Es werden semipermeable Membranen eingesetzt, die nur für Wassermoleküle durchlässig sind. Durch die Erhöhung des Wasserdruckes auf der Rohwasserseite erfolgt eine Trennung von Reinwasser (Permeat) und Konzentrat.

Es wird allerdings nur eine Entsalzungsrate von ca. 99 % erreicht. Zur Feinreinigung muss das Permeat weiter behandelt werden.

Durch die Umkehrosmose werden nur ca. 98 % der Salze, die sich im Rohwasser befinden, zurückgehalten. Somit ist die Wasserqualität oftmals nicht ausreichend und die Restsalze müssen weiter entfernt werden.

Anstelle eines Mischbettfilters wird auf das Verfahren der Elektrodeionisation (EDI) zurück gegriffen. Die EDI kombiniert die Vorteile des Mischbett-Ionenaustausches und der Elektrodialyse. Das heißt, Ionen werden mittels Ionenaustauscherharz aus einem Wasserstrom entfernt und durch eine angelegte Spannung in Richtung der elektrischen Pole transportiert.

Im EDI-Modul wird Ionenaustauscherharz zwischen ionenselektiven Membranen

Frank Schlichtherle

Der Verbrauch und das Handling von Chemikalien, insbesondere Säuren und Laugen für die Regenerierung und Neutralisation in Ionenaustauscheranlagen war bisher ein fester Bestandteil bei der Herstellung von vollentsalztem Wasser mit hohen Qualitätsanforderungen. Ebenso musste für eine Wasserentgasung Dampf eingesetzt werden. Durch die Kombination verschiedener neuerer Verfahren kann bei der Wasseraufbereitung auf einen Chemikalien- und Dampfeinsatz vollkommen verzichtet werden.

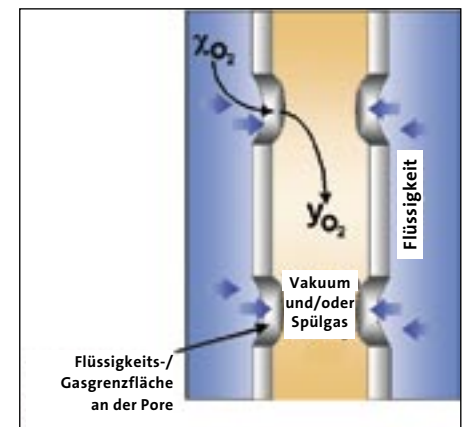
In einem Kraftwerk stehen neben der Wasseraufbereitungsanlage Behältern mit Ionenaustauschermaterial, gefüllt mit Kationenaustauschermaterial und Anionenaustauschermaterial und Mischbettharz, Lager und Tagesbehälter für Säure und Lauge, Neutralisationsbecken, Chemikalientransfer und Dosierpumpen, Chemikalienleitungen und Sicherheitseinrichtungen, wie Augen- und Notduschen.

Der Umgang mit Chemikalien gehört in diesen Anlagen zum Alltag, stellt jedoch immer ein Gefahrenpotential für Personen und Umwelt dar.

Ebenso muss das anfallende Abwasser vor Abgabe behandelt werden. Die Anlage wird dadurch deutlich größer und aufwändiger.

Für die Wasseraufbereitung wird meist nur ca. 60–70 % der Fläche und der aufgewendeten Kosten benötigt. Der Rest wird für das Chemikalienhandling aufgewendet. Um das Wasser nach der Entsalzung noch zu entgasen wird meist ein thermischer Entgaser eingesetzt. Das Wasser wird auf über 102°C aufgeheizt und mittels Dampf wird der Sauerstoff im Strippverfahren entfernt. Viele Verfahrensschritte sind nötig um zum gewünschten Ergebnis zu kommen.

Durch die SIWApure Anlagen, einer Kombination neuer Verfahren, bestehend aus Umkehrosmose, Elektrodeionisation und Membranentgasung kann auf das Chemikalienhandling, Dampfeinsatz und die Behandlung des Abwassers komplett verzichtet werden.



Funktionsweise der Membranentgasung in einer Hohlfaser

Autor: Dipl. Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Frank Schlichtherle, Geschäftsführer der SIWAtec Wassertechnik GmbH & Co. KG, Langgöns-Oberkleen

gebettet und spiralförmig um die positive Elektrode (Anode) gewickelt. Die Wicklung schließt mit der Gegenelektrode (Kathode) ab.

In diese Kammern fließen parallel zwei Wasserströme. Durch das angelegte elektrische Feld werden die Anionen des Hauptstroms durch das Harzbett in Richtung Anode, die Kationen zur Kathode gelenkt. Die ionenselektiven Membranen ermöglichen den Ionen, in die benachbarte Kammer zu wandern. So wird der Hauptstrom entionisiert (Dilluat).

Das Konzentrat umströmt zusätzlich die Elektroden, um die dort entstandenen Redoxprodukte zu entfernen. Die überschüssige, nicht für den Ionentransport verwendete Energie spaltet die Wassermoleküle in H^+ - und OH^- -Ionen. So werden die erschöpften Anionen- und Kationenaustauscherharze kontinuierlich regeneriert und eine konstante Dilluatqualität erreicht.

Die überschüssigen H^+ - und OH^- -Ionen sorgen lokal für einen hohen pH-Gradienten von pH 2 bis pH 12. Diese Wechselwirkung reduziert auftretende Mikroorganismen im Zulauf. Des Weiteren werden kritische Wasserinhaltsstoffe wie CO_2 , SiO_2 und organische Kohlenstoffverbindungen (TOC) ionisiert und über die Konzentratkammer abtransportiert.

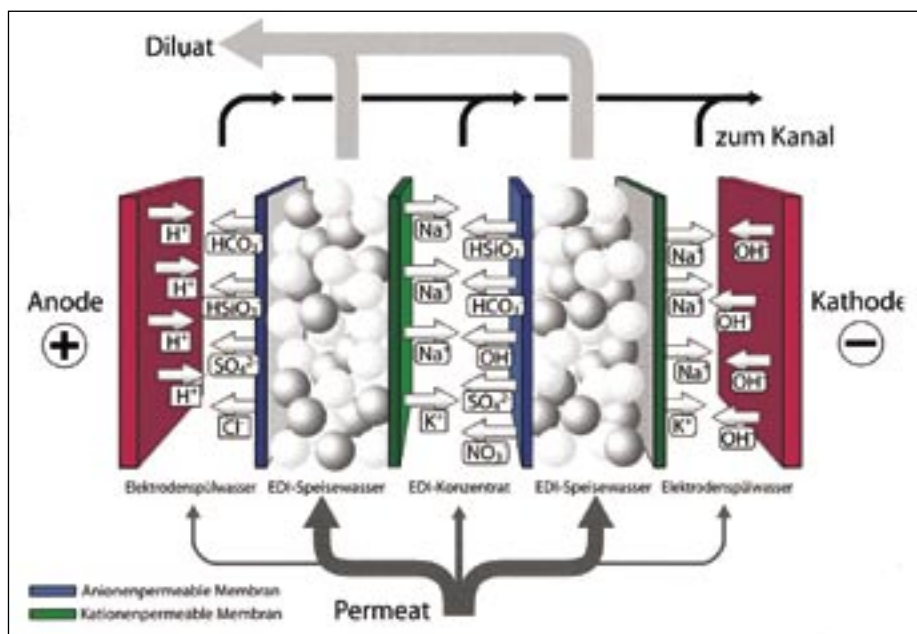
Membrantgasung entfernt CO_2 und Sauerstoff

CO_2 -Gehalte werden über die Umkehrosmose nicht zurückgehalten und müssen von der EDI-Anlage aufgenommen werden. Die CO_2 -Moleküle werden in der Elektrodeionisation zurückgehalten, belegen aber aktive Gruppen der eingebauten Mischbettionenaustauscherharze, sodass es bei einer höheren Konzentration von CO_2 im EDI-Zulaufwasser zu einer Verschlechterung der Wasserqualität nach EDI-Anlage kommen kann.

Das CO_2 könnte zwar vor der UO-Anlage durch eine Natronlauge-Dosierung gebunden werden und über die UO-Anlage ausgeschleuft werden, hierfür wäre jedoch wieder ein Chemikalieneinsatz nötig. Da das Wasser jetzt noch einen hohen Sauerstoffgehalt aufweist, muss ein weiterer Schritt nachgeschaltet werden um den Sauerstoff zu entfernen. Hierbei wird gleichzeitig CO_2 entfernt und somit wird der Verfahrensschritt der Membrantgasung vor die Elektrodeionisation geschaltet.

Die Membrantgasung ist ein neuartiges Verfahren bei dem Wasser mithilfe von Membranen und Vakuum entgast wird. Bei den eingebauten hocheffizienten Kontaktoren (Module) handelt es sich um hydrophobe Hohlfaser-Membranmodule, die den kontinuierlichen schnellen Gasaustausch ermöglichen.

Die Flüssigkeit strömt an den hydrophoben Hohlfasern nach dem Crossflow-Ver-



Funktionsschema der Elektrodeionisation (EDI)

fahren entlang. Im Innern der Hohlfaser wird durch die Vakuumpumpe ein Vakuum angelegt und noch eine kleine Menge Spülgas (CO_2 oder N_2) eindosiert. Der Partialdruck des Sauerstoffes wird hierdurch auf beinahe Null gesenkt. Durch das dadurch entstehende Partialdruckgefälle werden die gelösten Gase aus der Flüssigkeit nahezu komplett entfernt. Die eingesetzte Hohlfasermembran ist hydrophob, so können nur Gase also keine Flüssigkeiten die Membrane passieren.

Tausende dieser Hohlfasermembrane sind zu einem Bündel gewickelt und ergeben ein Modul (Kontaktor). Die hierdurch erzeugte große Oberfläche im Verhältnis zum Volumen bewirkt die hohe Leistung der Module. Vorteile sind ein geringer Platzbedarf, niedriger Druckverlust sowie niedrige Betriebskosten.

Neben Sauerstoff wird auch CO_2 und Stickstoff entfernt. Das Wasser wird nicht chemisch behandelt und auch nicht erwärmt. Je nach Bedarf kann der Restsauerstoffgehalt im Dilluat eingestellt werden. Der Grenzwert von <20 ppb Restsauerstoffgehalt, wird problemlos mit der Membrantgasung erreicht. Bei Bedarf können deutlich niedrigere Restsauerstoffgehalte bis zu 1 ppb realisiert werden. Der Platzbedarf der Verfahrenskombination ist deutlich geringer als für eine Ionenaustauschanlage mit Chemikalienlagerung und Neutralisation.

Anwendungsbeispiel

Für ein Biomassekraftwerk in Großbritannien wird eine Siwapure-Wasseraufbereitung mit $2 \times 8 \text{ m}^3/\text{h}$ Leistung errichtet. Das Rohwasser kommt aus dem örtlichen Stadtwassernetz und wird als Voraufbereitung enthartet und über einen Aktivkohlefilter geleitet. Danach wird der Wasserstrom auf zwei

Strassen aufgeteilt. Nach der Umkehrosmoseanlage beträgt die Leitfähigkeit im Permeat noch $8 \mu\text{S}/\text{cm}$. Die Membrantgasung entfernt CO_2 und Sauerstoff aus dem Wasser. Das so aufbereitete Wasser wird mittels Elektrodeionisation restentsalzt. Die Leitfähigkeit im Dilluat nach der Elektrodeionisation beträgt $<0,060 \mu\text{S}/\text{cm}$. Der Restsauerstoffgehalt <20 ppb.

Das Reinwasser kann kontinuierlich produziert werden. Unterbrechungen für die Regeneration der Anlagenteile gibt es nicht.

Das entsalzte und entgaste Wasser wird in einem 200 m^3 Lagertank zwischengelagert, der mit Stickstoff (Reindampf ist auch möglich) beaufschlagt wird, um einen Sauerstoffeintrag über die Luft in das Wasser zu verhindern. Die Anlage steht auf einer Fläche von $<50 \text{ m}^2$. Die Raumhöhe muss nur 2,5 m betragen.

Schlussbetrachtung

Durch die chemikalien- und dampffreie Aufbereitung ist das Handling der Wasseraufbereitungsanlagen deutlich einfacher geworden. Bei größeren Anlagen hat sicherlich das Ionenaustauscherverfahren noch seine Berechtigung, ebenso sind thermische Entgaser oftmals sinnvoll, wenn das Wasser zur Dampferzeugung aufgeheizt werden muss. Bei kleineren Anlagen jedoch geht der Trend immer weiter zur Umkehrosmose mit Elektrodeionisation, die sich durch die Verwendung der Membrantgasung in ihrem Einsatzgebiet noch erweitern lässt. Je nach Anforderungsprofil sollte die optimale Verfahrenskombination ausgewählt werden.