

## Verbessern der Qualität von aufbereitetem Wasser in einem UO-Membran- und Elektrodeionisierungssystem (EDI/CDI)\* mit Liqui-Cel-Membrankontaktoren

UO-Membranen in Verbindung mit EDI/CDI-Technologie gewinnen mehr und mehr an Bedeutung bei der Herstellung von Wasser mit großem Reinheitsgrad. Die Koppelung dieser beiden Technologien bietet zahlreiche Vorteile gegenüber dem herkömmlichen UO-Mischbettssystem. Die Gesamtleistung eines UO-EDI/CDI-Systems kann durch das Entfernen des gelösten Kohlendioxids zwischen der UO- und der EDI/CDI-Einheit verbessert werden.

Membrankontaktoren werden in der Regel in Verbindung mit diesen Technologien verwendet, um ein System für Wasser mit hohem Reinheitsgrad bereitzustellen, das frei von Chemikalien ist und nur wenig Wartungsaufwand erfordert.

Im Folgenden werden die allgemeinen Prinzipien von EDI/CDI und Membrankontaktoren sowie die grundlegende Wasserchemie bei diesem Prozess erläutert.

### UO-EDI/CDI

EDI ist eine Technologie, die im Bereich der Wasseraufbereitung zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die Technologie besteht aus einem membranbasierten Gerät, bei dem die herkömmliche Ionenaustauschtechnik mit einem elektrischem Stromfluss kombiniert wird. Mit dem elektrischen Strom wird der Austausch ständig regeneriert. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer regelmäßigen chemischen Regenerierung.

Diese Technologie wird normalerweise mit einer UO-Membran gekoppelt. Dieses Konzept bietet gegenüber dem herkömmlichen UO-Mischbett-system mehrere Vorteile.

Ein UO-EDI/CDI-System produziert ständig qualitativ hochwertiges Wasser. Es muss nicht zur Regenerierung abgeschaltet werden.

Dadurch entfällt der Ionenverlust zu Beginn und am Ende des Regenerationszyklus in einem Mischbett. Dieser kontinuierliche Prozess vereinfacht außerdem den Betrieb. Die Operatoren und Betriebsvorgänge, die mit den regelmäßigen Regenerationszyklen in Verbindung stehen, sind nicht länger erforderlich.

Ein weiterer maßgeblicher Vorteil von EDI/CDI besteht darin, dass keine Chemikalien mehr für die Regenerierung benötigt werden. Dadurch entfallen die Lager- und Entsorgungskosten für gefährliche Chemikalien zur Regenerierung sowie für Abfallprodukte, die bei der Regenerierung herkömmlicher Ionenaustauschersysteme entstehen.

EDI/CDI entwickelte sich in den letzten 10 Jahren von kleinen Versuchsverfahren hin zu Industrieverfahren mit großen Fließmengen. Das Konzept wurde ursprünglich zur Herstellung von sehr reinem Wasser in der Elektronik-industrie entwickelt. Durch restriktivere Bestimmungen in Bezug auf die umweltverträgliche Handhabung und Entsorgung von Chemikalien und Abfallprodukten gewann dieses Konzept mehr und mehr an Bedeutung. (1)

### Membrankontaktoren

Ein Membrankontaktor ist eine wasserabweisende Membraneinheit, in der zwischen Wasser und einem Gas ein direkter Kontakt hergestellt werden kann, ohne dass beides vermischt wird. Auf der einen Seite einer Membran fließt Wasser, und auf der anderen Seite fließt ein Gas. Durch den kleinen Porendurchmesser und die wasserabweisende Eigenschaft der Membran kann das Wasser nicht durch die Pore dringen. Die Membran fungiert als Schutz, der

einen Kontakt zwischen Wasser und Gas durch die Pore zulässt. Durch die Steuerung von Druck und Zusammensetzung des Gases, das mit dem Wasser in Kontakt kommt, kann eine Antriebskraft erzeugt werden, um gelöste Gase von der Flüssigphase in die Gasphase zu versetzen.

Der Membrankontaktor arbeitet nach denselben Grundprinzipien wie ein Vakuumentgaser oder ein Saugluftentgaser. Das Betriebssystem dieser membranbasierten Technologie ist jedoch sauberer, kompakter und solider als das von herkömmlichen Entgasungstürmen.

Der Membrankontaktor bringt das Gas und die Flüssigphase an der Pore einer wasserabweisenden, mikroporösen Membran in direkten Kontakt miteinander. Die Porengröße der Membran liegt im Bereich von 0,03 Mikronen. Somit kann Luftkontamination nicht durch die Pore dringen und den Wasserstrom verschmutzen.

Die Membran verfügt über eine strukturierte Schnittstelle zwischen dem Gas und den Flüssigströmen, die durch Änderungen der Durchflussmenge nicht aus der Form gebracht wird. Dadurch wird ein solides Betriebssystem für einen großen Bereich von Durchflussmengen gewährleistet. Die strukturierte Schnittstelle verfügt außerdem über den zehnfachen Kontaktbereich pro Einheit des Volumens im Vergleich zu einem herkömmlichen Entgasungsturm. Dadurch ist das Membransystem wesentlich kompakter. (2)

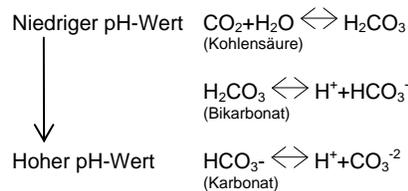
### Kohlendioxid

Kohlendioxid kann eine UO-Membran ungehindert durchdringen. Bei diesem Vorgang wird die Leitfähigkeit von Wasser dissoziiert und erhöht. Da sich der spezifische Widerstand des aufbereiteten Wassers aus einer EDI/CDI-Einheit proportional zur Leitfähigkeit des zufließenden Wassers verhält, wird dieser durch Ionenarten verringert, die vom Kohlendioxidgas gebildet werden. Durch die zusätzliche Ionenladung kann außerdem die Fähigkeit der EDI/CDI-Einheit, schwach geladene Ionenarten wie Bor und Kolloid-Kieselerde zu entfernen, beeinträchtigt werden.

Kohlendioxid ist normalerweise in Wasservorräten auf der ganzen Welt zu finden. Es entsteht bei der Auflösung von  $MgCO_3$  und  $CaCO_3$  (Magnesiumkarbonat und Kalziumkarbonat). Diese Verbindungen kommen in vielen Erdmineralien vor. Sie lösen sich in Wasser, wenn dieses über die Mineralien in der Erdkruste fließt. Beim Lösen dieser Karbonate in Wasser werden Magnesium-, Kalzium-, Karbonat- und Bikarbonat-Ionen sowie Kohlendioxidgas gebildet. Die jeweilige Konzentration ist abhängig vom pH-Wert der Wasserquelle. (3)

Die Ionenarten werden von einer UO-Membran abgewiesen, das Kohlendioxidgas kann jedoch ungehindert passieren. Das gelöste  $CO_2$ -Gas, das die Membran durchdringt, wird erneut ionisiert. (2) Dadurch entsteht eine Quelle von Ionen im Wasser, die die Leitfähigkeit des Wassers erhöht. Die nachfolgenden Gleichungen beschreiben die Reaktionen, die die chemischen Eigenschaften von Kohlendioxid in Wasser bestimmen. Bei einem niedrigen pH-Wert verlagert sich

das Gleichgewicht in Richtung des Kohlendioxidgases, bei einem hohen pH-Wert in Richtung der Ionenarten.



### Die Regelung von Kohlendioxid

Die Regelung des  $CO_2$ -Gehalts in Wasser wird üblicherweise auf eine von zwei möglichen Arten erreicht. Der pH-Wert des Wassers kann so reguliert werden, dass die Ionenarten von der UO-Membran abgewiesen werden, oder das Kohlendioxid kann mithilfe eines Strippgases aus dem Wasser entfernt werden.

### pH-Regulierung

Der pH-Wert des in der UO-Membran zufließenden Wassers kann angehoben werden, um das Gleichgewicht auf die Seite der Karbonate zu verlagern. Bei diesem Prozess ist wenig Kohlendioxidgas im Wasser. Die Ionenarten werden von der UO-Membran abgewiesen, und im abfließenden Wasser ist nur wenig bzw. gar kein Kohlendioxid enthalten.

Zur Regulierung des pH-Werts werden dem Wasser Chemikalien hinzugefügt. Dies trägt zusätzlich zur Kontamination des aufzubereitenden Abwassers bei. Wasser mit hoher Alkalität kann die UO-Membran ebenfalls verschmutzen. Um dieser Verschmutzung entgegenzutreten, werden üblicherweise Antiskalanten verwendet. Dadurch wird der Anteil an Chemikalien im Wasser weiter erhöht.

Da sich die Wasserqualität saisonal ändert, müssen die chemischen Zusätze dementsprechend angepasst

werden. Dies trägt zur Komplexität des pH-Steuerungssystems bei.

Der große Nachteil bei der pH-Regulierung ist, dass dem Wasserstrom zusätzliche Chemikalien beigegeben werden müssen. Dadurch steigt der Aufwand durch chemische Behandlung, Lagerung und Aufbereitung der Abfallprodukte, die bei der Verwendung dieser Chemikalien entstehen.

### Luftstrippen

Die zweite Alternative zur Entfernung des  $CO_2$ -Gases aus dem Wasser ist der Einsatz eines Strippgases. Dazu wird traditionell ein Saugluft-Dekarbonisierungsturm verwendet. In einem Dekarbonisierungsturm fließt Wasser unter Luftzufuhr über einen Füllkörper. Beim Fließen über den Füllkörper bildet das Wasser einen dünnen Film, der der Luft ausgesetzt ist. Das Kohlendioxid geht vorzugsweise vom Wasser in den Luftstrom über und wird so aus dem Wasser entfernt bzw. „gestrippt“.

In einem UO-EDI/CDI-System ist ein Saugluft-Dekarbonisierungsturm aufgrund seiner Größe und des Risikos, das aufbereitete Wasser aus der UO-Einheit wieder zu verunreinigen, nicht praktikabel. Membrankontaktoren sind eine kompakte, saubere und kostengünstige Alternative zum herkömmlichen Dekarbonisierungsturm.

Sie stellen außerdem einen einfachen und preiswerten Systementwurf dar. Bei einem herkömmlichen Saugluft-Dekarbonisierer muss das aufbereitete Wasser aus einem (gut gereinigten) Speichertank in den Turm gepumpt werden. Bei einem Membrankontaktor steht das aufbereitete Wasser unter Druck. Speichertanks oder Pumpen zum Erhöhen des Drucks sind nicht erforderlich.

In einem sorgfältig entworfenen UO-Membrankontaktorsystem kann der spezifische Widerstand des aufbereiteten Wassers 1 bis 2 Megaohm/cm betragen. Durch diese Reduzierung der Leitfähigkeit wird die Leistung einer EDI/CDI-Einheit maßgeblich verbessert.

**Effizienz eines Membrankontaktors bei der CO<sub>2</sub>-Entfernung: 4-Zoll-Liqui-Cel® Membrankontaktor mit 8 m<sup>3</sup>/h Luftdurchlauf**

Einlasskonzentration des CO <sub>2</sub> -Gases	ppm	Auslasskonzentration des gelösten CO <sub>2</sub> (ppm)		
		1 m <sup>3</sup> /h	2 m <sup>3</sup> /h	4 m <sup>3</sup> /h
CO <sub>2</sub>	30,0	1,5	4,3	9,5
	50,0	2,0	7,0	15,7
	100,0	3,6	13,4	31,0

**Schlussbemerkungen**

UO-EDI/CDI-Systeme gewinnen im Bereich der Wasseraufbereitung mehr und mehr an Popularität. Wenn Wasser mit hoher Leitfähigkeit in ein EDI/CDI-Gerät geleitet wird, hat dies einen reduzierten spezifischen Widerstand des aufbereiteten Wassers zur Folge. Hohe Leitfähigkeit wird häufig durch gelöstes Kohlendioxid hervorgerufen. Membrankontaktoren stellen eine saubere, wartungsfreie Methode dar, um Kohlendioxid ohne jegliche pH-Regulierung aus dem Wasser zu entfernen.

Weitere Informationen oder Unterstützung zu Ihrer spezifischen Anwendung erhalten Sie von Ihrem Vertragshändler von Membrana - Charlotte.

**Referenzen:**

- (1) E-Cell-Webseite [www.e-cell.com](http://www.e-cell.com) 7/00
- (2) Wiesler, F., „Membrane Contactors: An Introduction to the Technology“, Ultrapure Water Journal, Bd. 13, Nr. 4, Tall Oaks Publishing, Littleton, CO, S. 27-31 (Mai/Juni 1996)
- (3) 1996 Kemmer, F N Nalco Water Handbook, Zweite Ausgabe, S. 4.7-4.12, McGraw Hill, New York, NY (1988)

\*Elektrodeionisierung/Kontinuierliche Deionisierung.

Dieses Produkt darf nur von Personen eingesetzt werden, die mit der Verwendung vertraut sind. Es darf nur innerhalb der angegebenen Betriebsbedingungen eingesetzt werden. Alle Verkäufe unterliegen den Bestimmungen und Bedingungen des Händlers. Der Käufer ist bei Einsatz des Produkts in vollem Umfang für das Einhalten der Betriebsbedingungen, Umweltschutzbestimmungen und Sicherheitsmaßnahmen verantwortlich. Der Verkäufer behält sich das Recht vor, ohne vorherige Ankündigung Änderungen an diesem Dokument vorzunehmen. Aktuelle Änderungen können Sie bei Ihrem Vertragshändler erfragen. Die in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen sind nach bestem Wissen aktuell und korrekt. Allerdings übernehmen weder der Verkäufer noch dessen Partner die Verantwortung, gleich welcher Art, für die Richtigkeit oder Vollständigkeit der hier enthaltenen Informationen. Der Benutzer übernimmt die alleinige Verantwortung für die Eignung der Materialien und für die Einhaltung von Patent-, Marken oder Urheberrechten. Die Benutzer müssen selbst prüfen, ob die Materialien sicher mit den von ihnen verwendeten Substanzen eingesetzt werden können. Wenn auf bestimmte Gefahren hingewiesen wurde, übernehmen wir keinerlei Gewähr, dass dies die einzig möglichen Gefahren sind.

Liqui-Cel, Celgard, SuperPhobic, MicroModule und MiniModule sind eingetragene Marken und NB ist eine Marke von Membrana-Charlotte, USA, einer Geschäftsbereich von Celgard, LLC, und keiner der Inhalte stellt eine Empfehlung oder Genehmigung dar, Informationen zu verwenden, die Patent-, Marken- oder Urheberrechte des Verkäufers oder anderer Parteien verletzen.

©2008 Membrana – Charlotte Geschäftsbereich von Celgard, LLC (TB19Rev4\_10-05)



ISO 9001:2000  
ISO 14001:2004

**Membrana – Charlotte**  
Geschäftsbereich von  
Celgard, LLC  
13800 South Lakes Drive  
Charlotte, North Carolina  
28273 USA  
Telefon: (704) 587 8888  
Fax: (704) 587 8585

**Membrana GmbH**  
Oehder Strasse 28  
42289 Wuppertal  
Germany  
Phone: +49 202 6099 - 658  
Phone: +49 6126 2260 - 41  
Fax: +49 202 6099 -750

**Geschäftsstelle Japan**  
Shinjuku Mitsui Building, 27F  
1-1, Nishishinjuku 2-chome  
Shinjuku-ku, Tokyo 163-0427  
Japan  
Telefon: 81 3 5324 3361  
Fax: 81 3 5324 3369

**MEMBRANA**  
**MEMBRANA**  
Underlining Performance

[www.liqui-cel.com](http://www.liqui-cel.com)

A **POLYPORE** Company