

SIEMENS

 **OMNILAB**



**Wissen kompakt:
Wasser im Labor**

Flexibel. Verlässlich. Persönlich.

Rein- und Reinstwasser

Trinkwasser enthält verschiedene gelöste Partikel und Schwebstoffe, die die Durchführung von Laboruntersuchungen stören oder sogar verfälschen können. Als Reagenz geeignetes Wasser, also Rein- oder Reinstwasser darf keine oder nur sehr wenige dieser Verunreinigungen, wie z.B. Salze, Partikel, Kolloide, organisches Material, Gase oder Mikroorganismen enthalten. Trinkwasser ist natürlich kontrolliert, aber geringe Mengen von Bakterien, Viren, Algen, Protozoen und Pilzen können immer enthalten sein. Es sind auch andere Verunreinigungen wie Endotoxine, DNA, RNase und DNase vorhanden. Mikroorganismen stellen bei der Lagerung von Wasser ebenfalls ein Problem dar, da diese in stehendem Wasser und Bereichen mit Feuchtigkeit ohne spezielle UV-Bestrahlung ungehindert wachsen können. Alle diese Verunreinigungen werden durch eine Kombination weiterer Reinigungstechnologien zurückgehalten bzw. beseitigt. Die wesentlichen Methoden zur Wasseraufbereitung werden im Folgenden näher erläutert.

Technische Grundlagen bei der Anwendung von Trinkwasseraufbereitungsanlagen

1. Ein Aufbewahrungsbehälter für Reinwasser sollte stets über eine Sterilbelüftung, eine CO₂-Falle und einen UV-Tauchstrahler verfügen. Nur durch den Einsatz dieser Komponenten kann die Qualität des Wassers auf einem hohen Niveau gehalten werden.
2. Um Kontaminationen durch Wasser berührende Materialien zu vermeiden, werden Kunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylidenfluorid (PVDF) und Polytetrafluorethylen (PTFE) empfohlen. Beim Einsatz von Edelstahl sollte immer die Güte 1.4401 oder höherwertig zum Einsatz kommen.
3. Eine regelmäßige Desinfektion des Systems verhindert eine mikrobielle Kontamination. Ebenso muss der Vorratstank aus licht- und durchlässigem Material bestehen oder in einem Gehäuse gelagert sein. Tanks sollten nie direktem Tageslicht ausgesetzt sein.
4. Zur Aufrechterhaltung der hohen Wasserqualität und zur Minimierung des Kontaminationsrisikos durch mikrobielle Organismen sollten die Reinigungsmodule in regelmäßigen Abständen ersetzt werden.
5. Um eine optimale Funktionalität des Reinstwassersystems zu gewährleisten, sollte in regelmäßigen Abständen ein Service durch den Kundendienst durchgeführt werden, bei dem das System fachgerecht geprüft, gewartet und gegebenenfalls instandgesetzt wird.
6. Es sollte immer ein mindestens zwei Zentimeter großer Abstand zwischen dem Schlauchende des Überlaufschlauches und dem Abfluss eingehalten werden (freier Auslauf), um eine rückwärtige Verkeimung des Tanks zu verhindern (s. DIN 1988-4 sowie DIN EN 1717). Eine weitere Absicherung wird durch eine Keimsperre direkt im Überlauf erreicht.
7. Die Qualität von Rein- und Reinstwasser kann nur aufrecht erhalten werden, indem das Wasser durch verschiedene Aufbereitungsstufen inklusive Sterilfilter innerhalb einer Aufbereitungsanlage zirkuliert.

8. Stillstandszeiten sollten bei Reinstwassersystemen möglichst vermieden werden. Falls es doch zu Ruhephasen gekommen ist, wird empfohlen, beim Start durch Verwurf von ca. 3 Liter Produktwasser das System zu spülen. Dies gilt besonders für die Anwendungen in kritischen Bereichen, wie z.B. bei der HPLC.

Enthärtung

Trinkwasser aus Brunnen- oder Oberflächenwasser gewonnen, enthält je nach Herkunft mehr oder weniger Härtebildner. Durch den Kontakt des Wassers mit unterschiedlichen Böden und Gesteinen werden die verschiedensten Salze aufgenommen. Die Wasserhärte wird in mmol / l oder auch in Grad Deutscher Härte (°dH) angegeben und kann über die städtischen Wasserwerke erfragt bzw. kann eine komplette Trinkwasseranalyse angefordert werden. Das Trinkwasser wird in vier Klassifizierungen unterteilt: weich, mittelhart, hart und sehr hart.

In vielen Bereichen der Industrie sowie im Gewerbebereich wird zum Schutz der Rohrleitungen und Ausrüstungen Wasser benötigt, aus dem die Härtebildner Calcium- und Magnesiumcarbonat (auch Kesselstein genannt) entfernt wurden.

Die zu unerwünschten Ablagerungen neigenden Calcium- und Magnesium-Ionen werden an das Ionenaustauscherharz angelagert und durch leichter zu entfernende Natrium-Ionen ausgetauscht. Über das Ionenaustauscherverfahren wird eine Umsalzung vorgenommen. Die Aufnahmekapazität ist durch die Menge an Ionenaustauscherharz und der aufzunehmenden Menge an Härte aus dem Trinkwasser begrenzt. Die Aufnahmekapazität von Enthärtungsanlagen wird auch in m³ / °dH oder auch in der Weichwasserabgabemenge zwischen zwei Regenerationen angegeben. Das Ionenaustauscherharz unterliegt somit einem Sättigungszustand und kann durch eine Natriumchlorid-Lösung regeneriert werden. Dieser Vorgang wird in regelmäßigen Zeitabständen wiederholt.

Treten Schwankungen bei der Trinkwasserhärte auf, müssen diese bei der Auslegung berücksichtigt werden. Die theoretische Austauschleistung kann durch den Anwender ermittelt werden, indem man die Kapazität in m³ / °dH durch die Trinkwasserhärte teilt. Im Ergebnis erhält man die zu entnehmende Weichwassermenge. Eine Weichwasserkontrolle sollte zum Schutz der Rohrleitungen und Ausrüstungen in regelmäßigen Abständen vorgenommen werden. Hier kommen zwei Möglichkeiten in Betracht. Über ein Härtemessbesteck kann eine Handüberprüfung erfolgen. Durch ein Resthärtekontrollgerät kann dieser Prüfzyklus automatisiert und mit Verriegelungsschaltungen zum Schutz von Anlagen und Ausrüstungen gekoppelt werden.

Zwei Anlagenversionen stehen als Auswahlmöglichkeit zur Verfügung:

- Zeitgesteuerte Einbehälter-Anlagen als offene Anlage oder als Kabinett-Anlage.
- Mengengesteuerte Doppel-Anlagen als offene Anlage oder als Kabinett-Anlage.





Ionenaustauscher

Wenn sich anorganische Salze in Wasser auflösen, trennen sie sich in positiv geladene Kationen und negativ geladene Anionen. Herkömmliches Speisesalz, Natriumchlorid (NaCl), trennt sich in positiv geladene Natrium-Ionen und negativ geladene Chlorid-Ionen. Diese und andere unerwünschte Ionen können mittels Ionenaustausch entfernt werden.

Als Ionenaustausch wird der umkehrbare Prozess bezeichnet, gewünschte gegen unerwünschte Ionen zwischen Stoffen auszutauschen. Bei Anwendungen für Rein- oder Reinstwasser besteht das Trägermaterial meist aus Styrol-Divinylbenzol-Copolymer-Ionenaustauscherharzen. Ionenaustauscherharze werden üblicherweise als kleine, im Millimeterbereich liegende Kugeln mit porösen oder gelartigen Eigenschaften hergestellt.



Abb. 1: Ionenaustauscher-Patronen

Stark saures Kationenaustauscherharz wird zum Austausch von Kationen, wie z.B. Natrium eingesetzt. Starkes basisches Anionenaustauscherharz wird zur Entfernung von Anionen (z.B. Chlorid) genutzt.

In der Styrol-Divinylbenzol-Copolymer-Harzstruktur sind sulfonische Gruppen (-SO₂OH) für den Kationenaustausch sowie quartäre Ammoniumgruppen für den Anionenaustausch vorhanden. Das Wasser fließt über und durch das Kunstharzbett. Da die Austauschstellen in der Struktur des Harzes verteilt sind, steht eine große Oberfläche für einen effizienten

Ionenaustausch zur Verfügung. Die Ionenaustauschstellen, die auf der Kunstharzstruktur verteilt sind, haben eine Affinität für Ionen, abhängig von Molekulargewicht, Valenz oder Ladung. Einwertige Ionen mit hohem Molekulargewicht werden stärker an die Austauschstellen im Harz gebunden als solche mit kleinerem Molekulargewicht. Zwei- oder mehrwertige Ionen wiederum werden stärker gebunden als Ionen mit einer niedrigeren Ladung.

Zur Regeneration des erschöpften Kationenaustauscherharzes kann konzentrierte Säure verwendet werden, zur Regeneration des erschöpften Anionenaustauscherharzes konzentrierte Lauge. Zum praktischen Verständnis wird angenommen, dass das Kationenaustauscherharz vor dem Anionenaustauscherharz in einem Zweibett-System benutzt wird. Dadurch wird ein Großteil an Natrium vor der Anionenaustauschreaktion entfernt. Da Kationenaustauscherharze eine höhere Kapazität pro Volumeneinheit aufweisen als Anionenaustauscherharze, ist das Volumenmischungsverhältnis normalerweise 40 % Kationen zu 60 % Anionen. Im Grunde genommen erzeugt diese Mischung der Harze mehrere Zweibett-Systeme innerhalb eines Harzbetts und sorgt dadurch für eine annähernd vollständige Entfernung der Ionen. Mischbettharze können Wasserleitfähigkeiten von 0,055 µS / cm bzw. Wasserresistivitäten von 18,2 MΩcm - kompensiert auf 25 °C - erreichen. Aufgrund der konkurrierenden Ionen, die einen Natriumschlupf verursachen, haben Zweibett-Systeme bereits Schwierigkeiten, Qualitäten von 10 MΩcm zu erreichen.

Ionenaustauscherharze sind in verschiedenen Qualitäten erhältlich. Abhängig von der geplanten Anwendung wird die Auswahl des Harzmaterials getroffen. Im Rein- und Reinstwasserbereich werden entweder Nuklear- oder Halbleiter-Harz-Qualitäten verwendet. Harze in Nuklearqualität erfüllen die Anforderungen für Anwendungen, wie z.B. in Kernkraftwerken oder für allgemeine Laborzwecke, während Harze in Halbleiterqualität die Anforderungen der Mikroelektronik-Industrie und der Reinstwasserproduktion erfüllen. Aufgrund der hohen Reinheit und niedrigen Auslaugungseigenschaften in Bezug auf organischen Kohlenstoff (total organic carbon, TOC) müssen Harze der Halbleiterqualitäts-Gruppe in Laborwassersystemen verwendet werden.

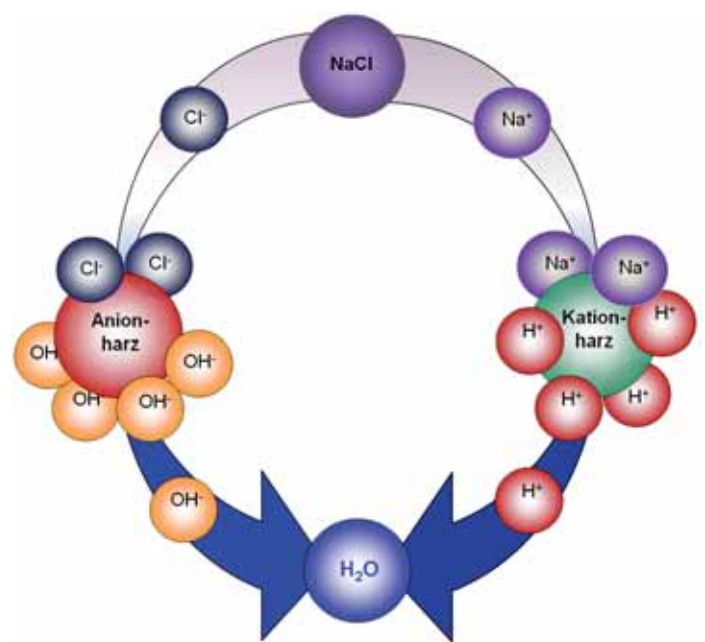


Abb. 2: Kationenaustauscherharze für Reinstwasser-Anwendungen sind mit Protonen (H⁺), Anionenaustauscherharze mit Hydroxidionen (OH⁻) beladen. Kationen werden gegen das in Lösung gehende Proton, Anionen gegen Hydroxidionen ausgetauscht; es bildet sich Wasser.



Aktivkohle

Speziell selektierte Aktivkohle wird bei der Herstellung von Rein- und Reinstwasser eingesetzt. Bitumen-Aktivkohle dient der Vorbehandlung von Leitungswasser vor der Demineralisierung und zum Schutz der Umkehr-Osmose-Membran und wird daher zum Entfernen von freiem Chlor verwendet. Kokosnuss-Aktivkohle wird zur Reduzierung der TOC-Konzentration eingesetzt. Sämtliche mit Wasser in Berührung kommenden Bestandteile eines Systems stellen sicher, dass keine materialbedingte Kontamination des Produktwassers eintritt. Die Reinigungsmodule der Anlagen sind aus speziell getesteten Materialien hergestellt und so verarbeitet worden, dass diese die optimale Wasserqualität erzielen. Um die besten Reinwasser-Resultate zu erhalten, werden zum Beispiel alle Aktivkohlesorten feucht und ohne störende Lufteinschlüsse in den Poren verarbeitet, um möglichst schnell nach der Inbetriebnahme perfekte Ergebnisse zu erzielen.

Umkehrosmose (engl.: reverse osmosis, RO)

Der natürliche Osmosevorgang lässt sich umkehren und für eine umweltfreundliche und sichere Form der Wasserreinigung nutzen. Wie funktioniert Umkehrosmose? Wenn Wasser durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran von Wasser mit einer niedrigeren Ionenkonzentration getrennt wird, dringt beim natürlichen Osmosevorgang das Wasser mit der niedrigen Ionenkonzentration durch die Membran auf die Seite mit der höheren Ionenkonzentration, um einen Konzentrationsausgleich zu erreichen. Bei der Technik der Umkehrosmose wird ein Druck erzeugt, der den osmotischen Druck der höher konzentrierten Lösung übertrifft. Dadurch durchdringt das Wasser in umgekehrter Richtung die Membran: es entsteht Permeat. Dieses Wasser enthält ca. 98 % weniger Salz als das Eingangswasser und weniger als 99 % der Partikel und Mikroorganismen.

Die Leistung eines RO-Systems ist temperaturabhängig. Die Leistungsangaben beziehen sich auf 15 °C Wassertemperatur. Je Grad Celcius ändert sich die Produktionsleistung des Umkehrosmoseprozesses um 3 %. Die meisten Hersteller geben die Leistung bei 25 °C an. Das konzentrierte Wasser (Konzentrat) wird zum Teil verworfen und zum Teil erneut dem Umkehrosmoseprozess zugeführt, um eine höhere Ausbeute zu erzielen.

UV-Reaktor

Im UV-Reaktor wird energiereiche Strahlung mit Wellenlängenpeaks von 185 und 254 nm emittiert, womit u. a. Ozon und freie Hydroxyl-Radikale ($\cdot\text{OH}$) erzeugt werden. Diese Radikale oxidieren organische Bestandteile im Wasser. Weiterhin werden, in Abhängigkeit zur Strahlendosis, Viren inaktiviert und die mikrobielle Belastung im Prozesswasser insgesamt gesenkt.

TOC (engl.: total organic carbon)

Der gesamte organische Kohlenstoff oder TOC ist ein Summenparameter in der Wasser- und Abwasseranalytik und spiegelt die Belastung des Wassers mit organischen Stoffen wider. Dabei wird die gesamte Konzentration an organischen Kohlenstoffverbindungen im Wasser bestimmt. Die TOC-Konzentration wird in ppb (parts per billion) angegeben und im automatisierten Messverfahren ermittelt. Die Methode beruht auf der Oxidation der im Wasser enthaltenen Kohlenstoffverbindungen mittels der Energie des UV-Lichtes der Wellenlänge 185 und 254 nm. Das dabei entstehende Kohlendioxid verändert die Leitfähigkeit des Wassers. Zur Bestimmung der TOC-Konzentration wird die Leitfähigkeitsdifferenz zwischen Ein- und Ausgangswasser herangezogen.

Elektro-Entionisation (engl.: electro deionisation, EDI)

Die Elektro-Entionisations-Zelle (EDI-Zelle, s. Abb. 3) reduziert die Salzkonzentration im Permeat durch den Prozess der Elektro-Entionisierung. Positive und negative Ionen wandern durch eine Membran in eine Konzentrationskammer.

Das mit Ionen angereicherte Wasser wird als Sole bezeichnet und in einer permanenten Spülung aus der EDI-Zelle ausgewaschen. Dadurch wird das Harz automatisch regeneriert und braucht nicht ausgetauscht zu werden.



Abb. 3: EDI-Zelle mit einem maximalen Produktwasser-Fluss von 10 l / h

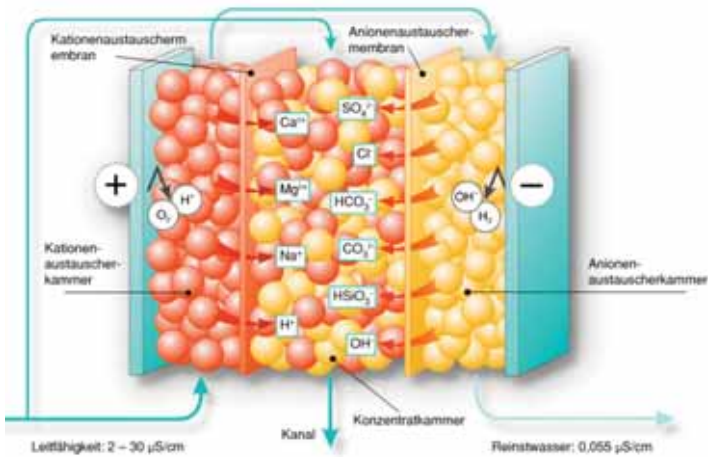


Abb. 4: Schematische Darstellung der EDI-Zelle. In einem elektrochemischen Prozess wird die Leitfähigkeit durch eine EDI-Zelle gesenkt. Die Ionenaustauscherkammern sorgen für einen Entzug der Ionen aus dem Wasser. Das Konzentrat wird verworfen. Die Leitfähigkeit des Reinstwassers beträgt etwa 0,055 $\mu\text{S} / \text{cm}$.

Zur Entionisierung des Wassers werden in unserem Elektro-Entionierungsverfahren Harzkammern mit „Getrenntbetten“ verwendet. Mikrobiologische Untersuchungen belegen die starke Verminderung der Keimzahlen im Produktwasser. Dieser Effekt wird durch die im unmittelbaren Kontakt mit dem Harz stehenden Elektroden erzielt, die ein für Mikroorganismen elektrisches und damit tödliches Feld erzeugen. Die intermediäre pH-Verschiebung in den Zellen wirkt sich positiv auf die Abtrennung von SiO_2 und CO_2 aus.

Ein weiterer Vorteil der Elektro-Entionisierung ist der permanente Betrieb. Ohne jeglichen Verbrauch an Säuren und Laugen werden die Harze kontinuierlich regeneriert. Dass der Energieverbrauch bei diesem Verfahren sehr niedrig ausfällt, ist ein weiteres Plus für die Umwelt - ohne Chemie und ohne hohen Energieverbrauch.



Abb. 5: EDI-Zelle mit einem maximalen Produktwasserfluss von 3000 l / h

Ultrafiltration

Das Ultrafiltrations-Modul entfernt Bestandteile mit einer Größe von etwa 0,01 bis 0,1 μm oder einem Molekulargewicht ab etwa 100.000 Dalton, wie beispielsweise Endotoxine und Viren, aus dem Wasser. Ultrafiltriertes Wasser ist frei von DNase, RNase und DNA. Das Modul wird automatisch gespült, was die Lebensdauer des Moduls erheblich verlängert. Dazu wird das Spülwasser zum Abfluss geleitet.

Sterilfilter

Das Sterilfilter schützt das System gegen eine Verkeimung, indem mikrobielle Partikel mit einer Größe von über 0,1 Mikrometern aus dem Wasser gefiltert werden.

Tanks

Ein Vorrattank ist zum Anschluss an ein Wasseraufbereitungssystem für das Speichern von Permeat oder Reinwasser vorgesehen. Im Tank sollte sich ein UV-Tauchstrahler befinden, der eine Verkeimung des Wassers durch direkte UV-Strahlung verhindert. Ebenso sinnvoll ist der Einsatz eines Belüftungsfilters mit CO_2 -Falle, der eine Kontamination des Tankinhaltes über die Luft verhindert. Das gespeicherte Wasser wird von einer optionalen Verteilerpumpe an die Verbraucher gefördert.



Abb. 6: 80-L-Vorrattank zur Speicherung von aufbereitetem Wasser

Desinfektion

Benutzt wird eine wässrige Lösung bestehend aus einer Mischung aus Bakteriziden und Fungiziden. Die Lösung besitzt eine außerordentlich hohe biozide Wirkung auf alle im Wasser vorkommenden Mikroorganismen, wie Bakterien, Pilze (Hefen) und Algen. Bei langfristigem Einsatz werden sogar Biofilme abgebaut. Das Desinfektionsmittel sollte in der Anwendungskonzentration nicht toxisch, nicht ätzend sein und die Haut nicht angreifen.



Abb. 7: Desinfektionsvorgang bei einem Wasseraufbereitungssystem



Einsatzgebiete

Wasseraufbereitungssysteme als **Labortischvariante** können unter anderem eingesetzt werden für

- Allgemeine Analysen
- Puffer-Lösungen
- Atomspektometrien (AAS, AES, AFS, OES, ICP-MS)
- Röntgenfluoreszenzspektometrien
- Gaschromatographien
- Massenspektometrien
- Ionenchromatographien
- Zell- und Gewebekulturen
- Anwendungen mit Anforderungen an extrem niedrige Pyrogenkonzentrationen
- PCR
- HPLC
- TOC-Analysen
- Antikörper-Herstellung
- In-Vitro-Fertilisation
- DNA-Sequenzierung
- Elektrophoresen
- Photometrien
- Versorgung von Laborgeräten, wie Laborspülautomaten, Autoklaven, Klimaschränken etc.

Wasseraufbereitungssysteme als **Schrank- oder Gestellvariante** können unter anderem eingesetzt werden in

- Industrie (Elektro-, Halbleiter-, Glasindustrie etc.)
- Kliniken
- Kraftwerken

Gerne stehen wir Ihnen auch persönlich für eine Beratung zur Verfügung.



Robert-Hooke-Straße 8 · 28359 Bremen · Telefon 0421 / 1 75 99-0

www.omnilab.de · info@omnilab.de

Flexibel. Verlässlich. Persönlich.

 **OMNILAB**

30989 Gehrden / Hannover

Elbingeröder Straße 1
Telefon 05108 / 91 67-0

22143 Hamburg

Neuer Höltigbaum 30
Telefon 040 / 65 90 95-0

VERTRIEBSBÜROS

Berlin

Telefon 03322 / 20 24 69

Braunschweig

Telefon 05308 / 69 38 64

Essen

Telefon 0201 / 1 05 46 34

Kiel

Telefon 040 / 65 90 95 40

Leipzig

Telefon 034299 / 7 56 91

Magdeburg

Telefon 039292 / 6 56 51

Münster

Telefon 0421 / 17 59 93 24

Nürnberg

Telefon 089 / 6 92 57 18

Osnabrück

Telefon 0421 / 17 59 93 21

Rostock

Telefon 038455 / 2 23 29

Ruhrgebiet

Telefon 01520 / 1 66 98 00

Ulm

Telefon 089 / 6 92 57 18

Schubert & Weiss OMNILAB

81547 München

Fromundstraße 34
Telefon 089 / 6 92 57 18

OMNILAB-KRANNICH

37079 Göttingen

Elliehäuser Weg 17
Telefon 0551 / 6 94 02-0

OMNILAB baltic

1002, Riga / Lettland

Maza Nometnu iela 45A
Telefon +371 67 67 05 10

OMNILAB Laboratuvar

Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Sti.

35170 Mersinli / Izmir / Türkei

1201 / 1 Sk. No:2 Su Plaza
K:5 / 502

Telefon +90 232 4 69 42 44