

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 72 (1980)
Heft: 5-6

Artikel: Reines und reinstes Wasser
Autor: Steiner, Martin P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941395>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Reines und reinstes Wasser

ein Spezialprodukt im Dienste der Technik

Martin P. Steiner

Zusammenfassung

Unter dem Begriff Wasseraufbereitung ist eine Vielzahl von Stofftrennverfahren zusammengefasst, mit welchen gelöste und ungelöste Teilchen von 10^{-1} bis 10^{-10} m Durchmesser aus dem Wasser entfernt werden. Der Ionenaustausch als besonders effiziente Technik der Wasserreinigung ermöglicht die vollständige Entsalzung bis zu beinahe theoretisch reinem Wasser mit einem spezifischen elektrischen Widerstand um 20 MOhm cm und weniger als 100 Keimen pro 100 ml.

Zwei standardisierte Systeme zur Herstellung von Reinstwasser für die Pharmazie entsprechend den meisten Pharmakopöe-Vorschriften der Welt und zur Herstellung von Reinstwasser in der Mikro-Elektronik werden vorgestellt. Beiden liegen der patentierte Maxistil-Mischbett-Entsalzer, eine den Bedürfnissen entsprechend optimale Kreislaufführung und die Osmostil-Gegenosmose-Einheit zugrunde, welche letztere nicht nur die Kapazität der Mischbetten relativ verzehnfacht, sondern auch bereits Organika und Mikroorganismen zurückhält, was zu extremen Einsparungen bei den Sterilfiltern führt. Die Kosten liegen tiefer als 1 % derjenigen für Destillation, vor allem, wenn alle Rezirkulationsmöglichkeiten ausgenutzt und Zusatzwassermengen von etwa 10 % des benötigten Gesamtvolumens erreicht werden.

Abstract: Pure and Ultra-Pure Water

«Water treatment» stands for a multitude of separation processes which remove dissolved and undissolved particles with diameters between 10^{-1} and 10^{-10} m. Ion exchange is one of the most efficient techniques among all and leads to pure and ultra-pure water by complete desalination where water of almost theoretical purity namely with a specific electrical resistance around 20 MOhm cm and a germ count below 100 per 100 ml can be obtained.

Two standard systems for the production of pure and ultra-pure water are presented: One for the pharmaceutical industry which yields water according to most pharmacopoeiae of the world, the other for the micro-electronics industry. Both systems are based on the Maxistil mixed bed desalination unit, a sophisticated circulation system and the Osmostil reverse osmosis unit. The latter improves the relative capacity of the mixed beds by ten times and holds back organics and micro-organisms leading to extremely long operation time of the sterile filters. Production costs are below 1 % as compared to distillation, especially when all possibilities of recirculation are used and make-up water quantities are below 10 % of the total required ultra-pure water volume.

Résumé: Eaux pures et ultra-pures

L'expression «traitement des eaux» s'applique à un grand nombre de techniques de séparation qui éloignent de l'eau des particules dissoutes et non dissoutes avec des diamètres entre 10^{-1} et 10^{-10} m.

L'échange d'ions – technique extrêmement efficace dans l'épuration des eaux – a sa plus grande importance dans la déminéralisation complète où des résistivités d'environ 20 Megohms cm sont atteintes – résistivité correspondant pratiquement à la valeur théorique d'eau chimiquement pure – ainsi qu'un nombre de germes inférieur à cent germes par cent ml.

Deux systèmes standard pour la fabrication d'eau pure et ultra-pure sont présentés: l'un pour l'industrie pharmaceutique, produisant de l'eau conforme à pratiquement toutes les pharmacopées du monde, et l'autre pour l'industrie micro-électronique. Tous deux sont basés sur le Maxistil, unité pour déminéralisation à lit mélangé, un système de circulation sophistiqué, et l'Osmostil, unité d'osmose inverse qui peut multiplier la capacité relative du lit mélangé par dix et en même temps retient la matière organique ainsi que les germes, ce qui mène à un temps de fonctionnement extrêmement long pour les cartouches des filtres à stérilisation.

Les coûts de production d'eau ultra-pure sont inférieurs à 1 % comparés à la distillation – surtout quand toutes les possibilités de recyclage sont appliquées de manière que la quantité d'eau d'appoint est inférieure de 10 % de la quantité totale d'eau consommée dans le procès de rinçage.

Unter dem Begriff Wasseraufbereitung ist eine Vielzahl von Stofftrennverfahren zusammengefasst, welche ausser in diesem spezifischen Sektor auch in anderen Industrien einzeln oder in Kombination zur Anwendung kommen – insbesondere in der chemischen und der Lebensmittelindustrie.

Die Prozesse, welche hier zur Anwendung kommen, sind alle im weitesten Sinne Filtrationsprozesse. Ihre Wirkung reicht von der groben mechanischen Filtration (wie sie in einem Sieb oder einem Sandfilter bewirkt wird) bis zur Filtration von Ionen und Pyrogenen (wie sie in semipermeablen Membranen und durch andere technische Hilfsmittel erreicht wird). Der Übergang zwischen den beiden Filtrationswirkungen ist schwer abzugrenzen. Allzu häufig treten im gleichen Filtrationsprozess beide Rückhaltewirkungen gleichzeitig auf, wie dies zum Beispiel bei der Raumfiltrationswirkung in Ionenaustauschfiltern der Fall ist.

Die Ionenaustauschtechnik als Teil der Wasseraufbereitungs-Technologie basiert auf der selektiven Absorption wasserlöslicher unerwünschter Ionen im Austausch gegen erwünschte, während der Arbeitsphase des Ionenaustauschfilters. So gesehen verändern Ionenaustauschharze die Wasserqualität in solcher Weise, dass der Salzgehalt – oder spezifischer die ionale Zusammensetzung des Aufbereitungsstroms – in eine gewünschte Richtung verschoben wird. Diese Verschiebung ist das Resultat einer Vielzahl dynamischer Gleichgewichte, deren Einstellung bestimmt wird durch:

- Hydratationsenergie
- Quellen oder Schrumpfen der Harzperlen
- Porosität und Vernetzung des Harzmaterials
- Osmotische Eigenschaften des Harzes
- Elektrodynamische Potentiale innerhalb des Systems
- Hydraulische Grössen, wie zum Beispiel der Durchfluss und andere Auslegungsparameter.

Es ist hier nicht der Raum, auf so grundlegende physikalisch-chemische Mechanismen wie zum Beispiel das Donnanpotential einzugehen.

Unter den hervorragendsten Eigenschaften der Ionenaustauschtechnik im Vergleich zu allen anderen Techniken, welche in Prozessen der Wasseraufbereitung Anwendung finden, seien die wichtigsten hier genannt:

Ionenaustauschtechniken zeichnen sich aus durch die besondere Selektivität in der Absorption spezifischer Ionen aus einem Ionen-Mix. Ionenaustausch kann unter identischen Arbeitsbedingungen beliebig reproduziert werden, und daher ermöglicht die Ionenaustauschtechnik eine

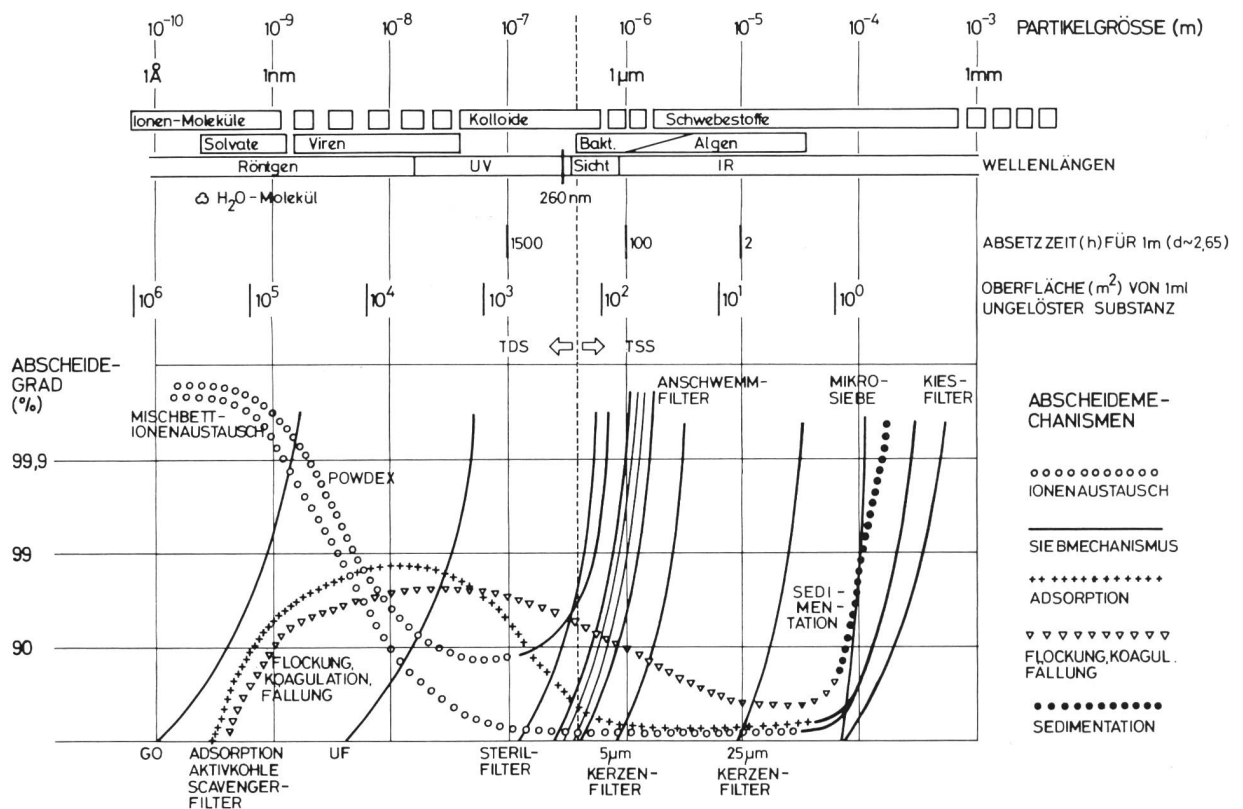


Bild 1. Verfahren der Wasseraufbereitung für verschiedene Partikelgrößen und ihre Wirkung.

Prozessführung, welche auch für verschiedene Arbeitsbedingungen in einem hohen Grade voraussagbare Resultate produziert. Korrekterweise wollen wir aber auch einige Nachteile dieser Technik erwähnen, insofern als die oben erwähnten hervorragenden Eigenschaften dieser Technik gleichzeitig die Flexibilität einer einmal gebauten Ionenaustausch-Anlage etwas einschränken:

Ein gegebenes Harzvolumen ist an ein entsprechendes Rückspülvolumen und eine charakteristische Austauschkapazität gebunden und eines der Hautphänomene beim Altern von Ionenaustausch-Harz – nämlich das «Fouling» – ist fast unabhängig von der Betriebsintensität der Anlage. Auch spielen sorgfältige Bedienung und Wartung der Anlage durch das Betriebspersonal eine wichtige Rolle. Von der Hydraulik her ist die Auslegung einer Ionenaustauschanlage nicht sehr flexibel und kann nur schwer an veränderte Betreiberwünsche (zum Beispiel Umbau von Gleichstrom auf Gegenstromregeneration, veränderte Rohwasserqualität, erhöhte Belastung) angepasst werden.

Eine der vielen Anwendungsbereiche der Ionenaustauschtechnik ist die Vollentsalzung, wo alle Kationen aus dem Wasser gegen Protonen aus dem Kationenharz und alle Anionen aus dem Rohwasser gegen Hydroxylionen aus dem Anionenharz ausgetauscht werden, so dass am Ende der Aufbereitungskette dem Aufbereitungsstrom im Prinzip alle gelösten Substanzen entzogen sind.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt dabei der Vollentsalzung von stark verdünnten Lösungen; denn besonders hier wird die Wirkung der thermodynamischen Gleichgewichte und der Austauschkinetik kontrollierend für den erreichbaren Reinheitsgrad.

Dies gilt ausser in der produktiven Industrie ganz besonders in der nuklearen Kraftwerktechnik, wo ausser gelösten Salzen ungelöste und gelöste radioaktive Partikel und Ionen aus dem Aufbereitungsstrom entfernt werden müs-

sen (wie zum Beispiel bei der Kondensatreinigung) und wo nur fortschrittliche Prozessführung wie zum Beispiel durch Verwendung der Powdex-Pulverharz-Anschwemmfilter-Technik den extremen Ansprüchen an Qualität und Zuverlässigkeit gerecht werden kann. Hier wird Reinstwasser produziert und beinahe quantitative Rezirkulation des einmal ins System gebrachten Wasservolumens gewährleistet. Auch ist diese Technik sehr ökonomisch im Betrieb. Reinstwasser ist aber heute kein Privileg der Hochdruckdampferzeugung mehr. Vollentsalztes Wasser ist in industrialisierten Gegenden in den letzten Jahren zu einem mehr und mehr gebräuchlichen Zwischenprodukt geworden. Investition in zuverlässige Wasseraufbereitungsanlagen ist nicht verlorenes Geld, sondern bringt Einsparungen. Zwar sind Wasseraufbereitungsanlagen nicht als solche produktiv, doch ermöglichen sie Rationalisierung und bedeutende Verbesserungen in der Qualität der Produktion, in deren Dienst sie stehen – insbesondere bei anspruchsvollen Produkten wie Lebensmitteln, Getränken, Pharmazeutika und Elektronik. Als mikroskopisch kleine integrierte Schaltungen, wie sie heute in Uhren, Fernsehapparaten und anderen Produkten der elektronischen Industrie enthalten sind, kommerzialisiert wurde, wurde bald erkannt, dass einer der wichtigsten Schritte in der Produktion solcher Bestandteile, wo es um Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität geht, besonders gründliches Spülen mit extrem reinem Wasser darstellt. Reinstwasser ist chemisch beinahe inert, ein neutrales Lösungsmittel mit hervorragenden Eigenschaften – eines der reinsten industriell herstellbaren Produkte überhaupt. Seine niedrigen Kosten als Rohstoff, die niedrigen Produktionskosten bei seiner Reinigung und die hohe Arbeitssicherheit bei seiner Verwendung machte Reinstwasser bald unentbehrlich für Pharmazie und Elektronik. Was ist nun der Unterschied zwischen konventioneller Entsalzung und einem dynamischen MGR-Reinstwasser-

System? Die typische konventionelle Entsalzungsanlage ist die Zweisäulen- oder Zweibettenentzungsanlage. Hier fließt der Aufbereitungsstrom – nach einer geeigneten mechanischen Filtration und vielleicht einem Enteisungsschritt – zuerst durch eine Säule, die mit Kationharz gefüllt ist – ein Kationenfilter – und von dort direkt durch ein Anionenfilter.

Im Kationenfilter wird ein Gleichgewicht aufgebaut zwischen dem durchfließenden Wasser und der Kationen-Austauschmasse im System, was zu einer Anreicherung des Harzes mit Kationen aus dem Wasser und einer entsprechenden Konzentration an Wasserstoff-Ionen (Protonen) im Aufbereitungsstrom führt. Die Kationen aus dem Wasser werden durch das Harz absorbiert, wobei kleine und höher geladene Ionen bevorzugt werden, so dass am Ausgang des Kationenfilters keine Kationen ausser Protonen – oder allenfalls eine sehr kleine Konzentration Natrium-Ionen – übrig bleiben (Natrium-Leckage).

Im Anionenfilter läuft die entsprechende Reaktion mit den im Wasser gelösten Anionen ab. Das Anionenharz absorbiert praktisch alle Anionen, welche im Aufbereitungsstrom gelöst sind. Kleine Anionen und solche aus Dissoziation von starken Säuren, wie Chlorid oder Sulfat, werden rascher, stärker absorbiert als grosse Anionen von schwachen Säuren, wie Bikarbonat oder Silikat, mit einer niedrigeren Ladungsdichte. Am Ausgang einer Zweisäulenentzungsanlage wird das Produktwasser also allenfalls eine kleine Konzentration an Natriumhydroxid enthalten, da einige Hydroxylionen keinen Partner (Proton) für die Bildung eines Wassermoleküles haben.

Gibt es eine kleine Leckage an Bikarbonat oder Silikat, so wird das Produktwasser eine kleine Konzentration von Natriumbikarbonat oder Natriumkarbonat – oder analoge Natriumsalze mit Silikat – enthalten. Als Kriterium für Reinheit gilt die spezifische elektrische Leitfähigkeit; und ein «Rohwasser» von Trinkwasserqualität, mit einer spezifischen Leitfähigkeit von 30 bis 50 mS/m (300 bis 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) führt zum Beispiel zu einer «Reinwasser-Qualität» von 1 bis 2 mS/m (10 bis 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Dies erscheint eine relativ hohe spezifische elektrische Leitfähigkeit für ein «vollentsalztes» Wasser, verglichen mit dem theoretischen Wert von chemisch reinem Wasser, welcher um 0,004 mS/m (0,042 $\mu\text{S}/\text{cm}$) bei 20 °C liegt. Aber die angegebenen 1 mS/m (10 $\mu\text{S}/\text{cm}$) werden bereits mit einer so kleinen Verunreinigung wie 2 ppm Natronlauge erreicht, was weniger als 0,05 val/m³ entspricht. Wird eine noch niedrigere spezifische Leitfähigkeit verlangt, so kann ein «Mischbett-Filter» eingesetzt werden. Im Mischbett-Filter, wo Kationen- und Anionenharz sorgfältig gemischt im gleichen Behälter enthalten sind, sind sozusagen eine Unzahl von Zweibettssystemen, gebildet aus der unmittelbaren Nachbarschaft von Kationen- und Anionenharzperlen zusammengepackt: sobald die Absorption von Kationen zu einer freien Protonenkonzentration im Aufbereitungsstrom führt, wird diese durch die Hydroxylionen neutralisiert, welche im Austausch gegen die durch Anionenharze absorbierten Anionen freigesetzt werden. So werden alle Gleichgewichte eingestellt, und ein Rohwasser neuer Zusammensetzung kommt mit der Harzschicht in Berührung. Ein Mischbettssystem kann daher konsequenterweise mit einem Extraktionssystem in der chemischen Industrie verglichen werden, wo über eine Vielzahl von Trennstufen reine und reinste Lösungen aus Gemischen isoliert werden können. So wird der spezifische elektrische Widerstand von Wasser nach einer Mischbettentzungsstufe normalerweise bis zu 400 mal höher sein als nach einer Zweisäulenentzungsanlage, das heisst die spezi-

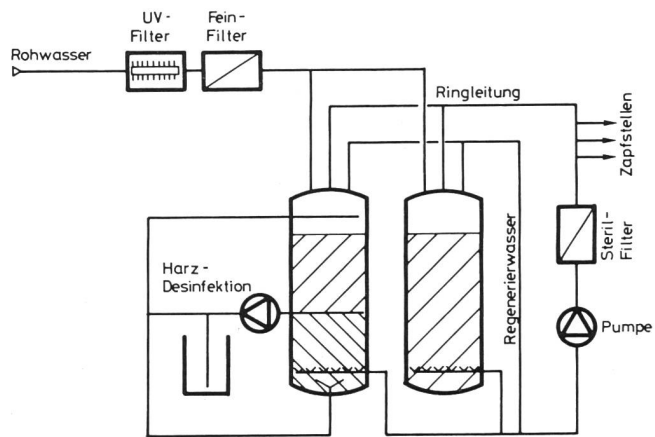


Bild 2. Reinwassersystem «MRS». autom. MAXISTIL

fische elektrische Leitfähigkeit wird kleiner als 0,1 mS/m (1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) entsprechend einem Widerstand von 1 MOhm cm.

Aber für Reinstwasser ist dies nicht genug. Die Industrienormen in der Elektronik verlangen 18 MOhm cm bei 20 °C. Wie kann solch eine Qualität erreicht werden? Und was ist der Unterschied in der Herstellung von reinem und von reinstem Wasser?

Beginnen wir mit gutem Trinkwasser. Dieses Wasser sieht für unsere Begriffe rein aus: es ist durchsichtig, ohne schlechten Geschmack oder Geruch, es enthält gelöste Substanzen in begrenzter Menge und keine gesundheitsschädlichen Substanzen. Um dieses Wasser weiter zu reinigen, müssen wir folgende Substanzen entfernen:

- gelöste Substanzen (Ionen, Moleküle, Gase)
- ungelöste Substanzen (Kolloide)
- organische Substanzen (Mikroorganismen, Keime, organische Abbauprodukte).

Das MRS-System (Bild 2) wurde für die pharmazeutische Industrie entwickelt. Das Rohwasser (Trinkwasser-Qualität) durchfließt alternierend eines der beiden Mischbettfilter und ein Sterilfilter, bevor es zum Endverbraucher fließt.

Die Pumpe dazwischen erlaubt, dass auch bei maximaler Entnahme aus dem System ein gewisser Teil des aufbereiteten Wassers wieder zu den Mischbetten zurück zirkuliert, so dass normalerweise die neu ins System einfließende Rohwassermenge klein ist im Verhältnis zur übrigen, bereits gereinigten Menge, wodurch Leistung und Qualität gesichert bleiben. Eine automatische Harzreinigung kann das System ergänzen.

Mikrobielle Kontamination hängt in weitem Masse von den Regenerations-Intervallen ab: Jede Regeneration zerstört die in der Harzmasse sich aufbauenden biologischen Gleichgewichte, insbesondere das Keimwachstum, chemisch und mechanisch. Nach einer bestimmten Laufzeit nimmt nämlich die Gesamtkeimzahl beträchtlich zu. Kann nach einer gewissen Anzahl von Regenerationen die Keimzahl nicht mehr unter einen bestimmten Schwellenwert gebracht werden, so kann ein Desinfektionsschritt angezeigt sein.

Auch das Zirkulationssystem bildet einen Teil des MRS-Systems: Es muss so ausgelegt sein, dass ein möglichst gleichmässiger Durchfluss aufrechterhalten werden kann, und zwar an jeder Stelle der Leitung, und dass die Endverbraucher des Reinstwassers so rasch wie möglich, das heisst in kürzestmöglicher Distanz vom letzten Aufbereitungsschritt und so nah an der Hauptleitung wie möglich entnehmen können. Darüber hinaus muss die Möglichkeit bestehen, auch diesen Teil chemisch oder mit Dampf zu desinfizieren. Charakteristisch fürs MRS-System sind:

- hohe Verfügbarkeit und hohe Arbeitssicherheit

- vollautomatischer Betrieb und Regeneration
 - minimale Bedienung
 - extrem kleine Abwassermengen
 - extrem niedrige mikrobielle Kontamination
- Folgende Wasserparameter sind typisch:
- spezifische elektrische Leitfähigkeit unter 0,1 mS/m (1 μ S/cm) bei 20 °C
 - weniger als 30 Keime pro ml.

Dies entspricht den meisten pharmakologischen Vorschriften (Pharmakopöen) und führt zu einer Qualität welche für fast alle pharmazeutischen Zwecke geeignet ist. Wird ausser den obigen Qualitätsparametern auch Pyrogenfreiheit verlangt, so kann diese durch eine zusätzliche Ultrafiltrationsstufe gewährleistet werden. Die Maxistil-Mischbetten, welche in dieses System integriert sind, sind das Resultat einer über 30jährigen Entwicklung, das heisst seit der Einführung der ersten Mischbetten in der Schweiz durch Christ im Jahre 1948. Ihre Bauweise ist durch Patente in der Schweiz und im Ausland geschützt.

Jedes MRS-System ist aus Standard-Einheiten aufgebaut und für eine maximale Kapazität zwischen 3 und 45 m³/h und eine tägliche Produktion zwischen 3 und 200 m³ gebaut. Die Kapazität zwischen zwei Regenerationen kann verzehnfacht werden, wenn eine Gegenosmosestufe dem Mischbettssystem vorausgeht. Nach der Gegenosmose (RO) sind nicht nur gelöste und ungelöste Substanzen zum grössten Teil entfernt, sondern auch Organika und ein Grossteil der Pyrogene. Dies bedeutet höhere Kapazität aber auch bessere Lagerfähigkeit des entsalzten Wassers.

MRS-«Mini-Systeme» für minimale Zusatzwassermengen, das heisst bis zu wenigen Litern pro Stunde, enthalten statt der grossen Maxistil-Mischbetten die kleinen Ministil-Mischbettpatronen. Auch hier wird die Leitfähigkeit geringer als 0,1 mS/m (1 μ S/cm) und niedrige mikrobielle Kontamination des Reinwassers erreicht.

Die analoge Entwicklung für die elektronische Industrie ist das MGR-System. In diesem Industriebereich muss ja das Wasser noch höheren Ansprüchen genügen, die nur ein dynamisches Reinstwasser-System erfüllen kann:

- Verstopfungsindex kleiner als 1
- spezifische elektrische Leitfähigkeit unter 0,06 mS/m (0,55 μ S/cm) (25 °C)
- weniger als 100 Partikel pro ml
- Partikelgrösse kleiner als 0,5 μ m
- weniger als 1 Keim pro ml
- KMNO₄-Verbrauch unter 1 mg/l
- produzierte Reinstwassermenge minimal 3 m³/h.

Das MGR-Reinstwasser-System ist eine dynamische Kombination von beinahe allen Wasseraufbereitungstechniken: Anschwemmfiltration, Gegenosmose, Sterilisation, Ionenaustausch.

Das MGR-Reinstwasser-System (Bild 3) ist eine vollständige Antwort auf die extremen Ansprüche, welche durch die mikroelektronische Industrie gestellt werden. Enthärtung als Vorbehandlung kann nötig sein. Eine Filtac-Anschwemmfiltrationseinheit kann suspendierte Partikel bis in den Mikrometer-Bereich zurückhalten. Mit entsprechendem Filtermaterial beschickt, können hier auch Oxidationsmittel aus der Trinkwasserchlorierung und einige andere für die RO-Membranen schädliche Substanzen zurückgehalten werden. Der RO-Teil, bestehend aus einem oder mehreren Standard-Blocks, reduziert den Gehalt an gelösten und organischen Bestandteilen erheblich. Ein Zwischenbecken für das Permeat gibt die Möglichkeit, den RO-Teil während 24 Stunden am Tag gleichmässig laufen zu lassen – auch bei starken Schwankungen auf der Ver-

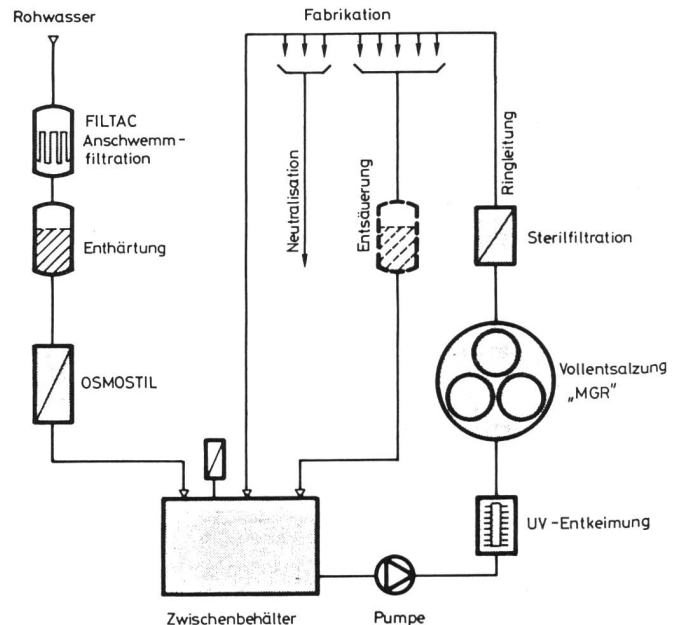


Bild 3. Das «MGR»-Reinwassersystem.

braucherseite. Hierhin wird auch das verbrauchte Spülwasser und das Reinstwasser aus der Zirkulation zurückgeführt.

Ein Entsäureungsfilter (Ionenaustausch) kann Verunreinigungen aus dem Spülprozess zurückhalten, und drei Maxistil-Mischbettfilter, welche in einer Merry-Go-Round-Schaltung arbeiten, stellen den eigentlichen MGR-Teil dar. UV-Behandlung vor dem MGR-Teil und Sterilfilter danach halten die Keimzahl des Produktwassers unter dem gegebenen Grenzwert.

Es scheint uns in diesem Zusammenhang wichtig, darauf hinzuweisen, dass die Sterilisationseinheiten im MGR-System nicht so sehr wegen der Verunreinigungen, welche durchs rezirkulierte Spülwasser eingebracht werden, nötig sind, als vielmehr wegen derjenigen, welche aus dem Zusatzwasser stammen. Die Rückführung kann daher durch eine Desinfektionseinheit wirksam ergänzt werden. Ein interessanter Hinweis ist ebenfalls, dass das beschriebene MGR-System eine Zusatzwassermenge von höchstens 10 % des gesamten verlangten Volumens benötigt. Die Sterilfilter stellen mehr eine Sicherheits- als eine Arbeitsstufe dar. So ist ein Anwendungsfall bekannt, wo mit den gleichen Sterilfilterpatronen länger als 2 Jahre ohne einen messbaren Druckverlust gearbeitet werden konnte. Ebenso wurde die Verfügbarkeit weniger durch das Wasseraufbereitungssystem als viel eher durch die elektronische Produktion bestimmt.

Diese Hinweise mögen unsere Betrachtungen über Herstellung und Einsatz von Reinstwasser schliessen. Zwei Systeme wurden erwähnt, mit welchen Reinstwasser einer definierten Qualität bei höchster Verfügbarkeit produziert werden kann und zwar zu einem Preis von weniger als 1 % der Kosten für Destillation für denselben Verwendungszweck. Es könnte hier auch noch von Fotochemie, Haemodialyse, Hochleistungskühlsystemen und Thermischen Kraftwerken die Rede sein. Überall wo sich hochentwickelte Industrie und Technologie finden, finden sich auch hohe Qualitätsansprüche gegenüber dem Wasser als natürliche Folge. Das ist eine grosse Herausforderung für den Wasseraufbereiter: eine Herausforderung für Innovation, für zuverlässiges Engineering, für immer bessere Unterstützung der produktiven Industrie von heute und morgen mit klaren Lösungen.

Adresse des Verfassers: Martin P. Steiner, in Firma Theodor Christ AG, Wasseraufbereitung, Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik, 4147 Aesch.