

# Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

## Dezentrale Trinkwasseraufbereitung (Geräte und Kleinanlagen im privaten Bereich)

### Einleitung

Auf dem Markt werden heute zahlreiche Kleingeräte und Anlagen zur nachträglichen Behandlung von Trinkwasser bzw. Verbesserung der Trinkwasserqualität angeboten. Die werbemäßigen Versprechen der Anbieter reichen dabei von wissenschaftlich gesicherten bis wissenschaftlich nicht nachvollziehbaren Wirkungsversprechungen. Der Einsatz von Geräten zur Nachbehandlung von Trinkwasser aus zentralen Wasserversorgungsanlagen bzw. Hausanlagen setzt in jedem Fall eine regelmäßige fachgerechte Wartung voraus. Sofern dies nicht erfolgt, kann dem Nutzen ein unverhältnismäßig großes gesundheitliches Risiko gegenüberstehen.

Bei der Vielzahl an möglichen Aufbereitungsverfahren kommen im privaten Bereich vorwiegend die nachfolgend aufgeführten Aufbereitungstechniken zum Einsatz.

### Enthärtung / Entsalzung

Eine Wasserenthärtung ist dann sinnvoll, wenn aufgrund einer sehr hohen Wasserhärte technische Störungen infolge vermehrter Kalkabscheidung im Warmwasserbereich zu erwarten sind. Dies betrifft insbesondere das Warmwasserleitungssystem und alle zur Warmwasseraufbereitung angeschlossenen Geräte (z. B. Boiler, Durchlauferhitzer). Im Kaltwasserbereich sind nennenswerte Kalkablagerungen nur selten zu finden.

Generell ist von einer Enthärtung bei weichen Wässern, deren Härte unter 2,5 mmol/l, d.h. unter 14 Grad deutsche Härte (°dH) liegt, abzuraten. Bei Wässern mit einer Härte über 2,5 mmol/l ist im Warmwasserbereich (über 60°) allenfalls eine „Härtetestabilisierung“, d.h. der Einsatz einer Phosphatdosieranlage, die durch die Zugabe von Polyphosphaten die Steinablagerung hemmt, empfehlenswert. **Eine Wasserenthärtung ist generell nur bei sehr harten Wässern mit einer Härte über 3,8 mmol/l (>21°dH), die in Warmwasserbereitern über 60° erhitzt werden, sinnvoll.**

Die Enthärtung von Trinkwasser, bei der eine Entsalzung des Wassers einhergeht, kann hierbei sowohl zentral als auch dezentral durchgeführt werden.

Da eine Enthärtung, d.h. Entfernung der Erdalkali-Ionen, aus gesundheitlicher Sicht nicht notwendig ist, sollte diese nur auf technisch und wirtschaftlich relevante Teilbereiche in der häuslichen Wasserversorgung beschränkt werden.

Dies sind

- die Wasserzuspeisung zur Waschmaschine (verringertes Waschmittelverbrauchs bei enthärteten Wässern)
- die Warmwasserinstallation, zur
  - Vermeidung einer verstärkten Inkrustierung in den Rohrleitungen und Korrosion durch gestörte Deckschichtbildung

## **Ionenaustauscher**

Eine weit verbreitete Enthärtung von Trinkwasser erfolgt durch die Aufbereitung des Wassers mit Ionenaustauscherharzen. Hierbei unterscheidet man zwischen Kationen- und Anionen-Austauschern, die je nach Austauschgruppe nur positiv geladene Ionen (Kationen wie Calcium, Magnesium, Kalium) oder negativ geladene Ionen (Anionen wie Nitrat, Phosphat, Sulfat) an sich binden können. Hierbei werden im Gegenzug je nach Beladung des Ionenaustauschers positive Ionen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ) oder negative Ionen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ) an das Wasser abgegeben. Durch den Austausch der Härtebildner Calcium und Magnesium wird das Wasser weitgehend enthärtet. Der Einsatz eines kombinierten Kationen- und Anionen-austauschers (Mischbett) führt neben der Enthärtung auch zu einer Vollentsalzung des Wassers. Diese kann über die Messung der elektrischen Leitfähigkeit in Mikrosiemens/cm bei 20°C überprüft werden.

In Abhängigkeit von der enthärteten Wassermenge und der Härte des Wassers, d.h. dem Gehalt an Calcium- und Magnesium-Ionen, muss die Austauscher- Masse, meist auf Kunststoffbasis, nach vollständiger Beladung („Erschöpfung“) regeneriert werden. Dies geschieht bei Kationenaustauscher-Anlagen je nach Typ durch Natrium- oder  $\text{H}^+$ -Ionen in Form von Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ) oder Säure ( $\text{HCl}$ ).

Eine Enthärtung kann sowohl zentral durch Kationenaustauscher-Anlagen, die das Trinkwasser eines ganzen Hauses enthärten, als auch dezentral durch Kationenaustauscher-Patronen in haushaltsüblichen Tischgeräten (Wasserfilter) durchgeführt werden. Hierbei handelt es sich meist um einen Kationenaustauscher, der mit einem gesilberten Aktivkohlefilter kombiniert ist. Ziel dieser portablen KleinfILTER ist neben einer Enthärtung des Wassers die Entfernung von Färbungen, evtl. vorhandener Spuren an Schwermetallen (z. B. Blei, Kupfer) und organischen Inhaltsstoffen (Pflanzenschutzmittel und chlorierte Lösungsmittel) sowie die Entfernung von freiem Chlor durch Hydrolyse. In einigen Fällen enthalten die Wasserfilter auch Anionen-austauscherharze zur Eliminierung von Nitrat und Sulfat. Ein wichtiges Webeargument für die portablen KleinfILTER ist, dass die damit aufbereiteten Wässer eine verminderte Kalkablagerung in Wasserkesseln und Töpfen bewirken, und den Geschmack von Tees und Kaffee durch Vermeidung einer oberflächlich aufschwimmenden Haut, die durch eine Reaktion von Calcium-Ionen mit Tee- und Kaffeeinhaltsstoffen gebildet wird, verbessern.

Als mögliche Risiken und Nachteile, die von Ionenaustauschern ausgehen können, sind zu nennen:

- Eine erhöhte Natrium-Belastung des Trinkwassers, die nach Ionenaustausch ggf. den vorgegebenen Grenzwert der TrinkwV (200 mg/l) überschreitet
- Eine Absenkung des pH-Wertes durch die Umwandlung von zugehöriger in aggressive Kohlensäure infolge einer Zerstörung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts und einer damit verbundenen Metall- und Kalkaggressivität. Dieser Nachteil kann nur

durch Nachdosieren geeigneter Korrosionsinhibitoren, meist spezielle Phosphate, wieder ausgeglichen werden.

- Bei längerer Verweildauer des Wassers im Austauscherbett muss mit einer vermehrten Keimbelastung gerechnet werden. Demzufolge sollte bei jedem Regenerationsprozeß das Ionenaustauscherharz mit desinfiziert werden. Das gleiche gilt auch für Vorratsbehälter, Geräte und Anlagen mit längeren Standzeiten.
- Bei einer Erschöpfung des Austauschermediums ist mit einem „Durchbrechen“ des Ionenaustauschers zu rechnen. In diesen Fällen findet eine erhöhte Rückgabe von Ionen an das Trinkwasser statt. Bei Filterpatronen in Haushaltsgeräten gibt es über diesen Zeitpunkt keinen Hinweis.
- Durch den Ionenaustausch kann es aus ernährungswissenschaftlicher Sicht auch zu einer unerwünschten Entfernung von Mineralstoffen, vornehmlich von Magnesium, kommen.
- Durch die nicht recyclebaren beladenen Filterpatronen aus Kleingeräten kommt es zu einer unnötigen Abfallbelastung und Materialverschwendung.
- Bei der Regeneration des Ionenaustauschers mit Natriumchlorid gelangt eine große Menge Regeneriersalz in die Kanalisation und damit in die Flüsse und Seen (pro Einfamilienhausanlage meist mehr als 100 Kilogramm Salz pro Jahr).

## Umkehrosmose

Neben der Enthärtung mittels Ionenaustauscher kommen vielfach auch zentrale und dezentrale Umkehrosmose-Anlagen zum Einsatz. Das Prinzip dieser Anlagen beruht darauf, dass Wasser mit gelösten und ungelösten Stoffen unter Druck durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran gepresst werden. Je nach Anwendungszweck kommen Nylon-Hohlfaser-Membranen oder Zelluloseacetat-Wickelmembranen zum Einsatz. Das Rückhaltevermögen hängt dabei u.a. von der Membranstruktur, dem Druck und der Temperatur ab. Zudem wird die Trennleistung bei organischen Verbindungen durch das Molekulargewicht, die Molekülgröße, die räumliche Struktur der Verbindung und die Ionogenität der Stoffe entscheidend beeinflusst.

Anorganische Stoffe, wie Nitrat, Phosphat, Calcium, Magnesium, Schwermetalle, die aufgrund ihrer Größe die Membran nicht passieren können, werden zurückgehalten. Hierbei ist zu vermerken, dass Ionen umso besser entfernt werden, je größer ihre Ladung ist. So werden zweiwertige Magnesium-, Calcium- und Sulfat-Ionen mit einem Wirkungsgrad von über 90 % besser entfernt als einwertige Nitrat-, Chlorid- und Natrium-Ionen (Wirkungsgrad um 85 %).

Für ungeladene Moleküle gilt, dass diese umso besser entfernt werden, je größer sie sind. So wird das besonders kleine Molekül des Kohlendioxids (CO<sub>2</sub>) kaum entfernt, während chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung von der Membran z.T. sehr gut zurückgehalten werden.

Die Wassermoleküle durchdringen gut die Membran. Das weitgehend salzfreie Reinwasser wird als Permeat bezeichnet, die aufkonzentrierte Lösung mit den unpassierbaren Stoffen als Konzentrat.

Neben dem technischen Nutzen weisen die mit einer Umkehrosmoseanlage behandelten Wässer folgende Nachteile auf:

- Mit der Behandlung werden dem Wasser unspezifisch alle wichtigen Inhaltsstoffe (Mineralien) entzogen.
- Die Verkeimung der Membranen ist aus hygienischer Sicht ein großes Problem.
- Eine notwendige Überprüfung der Wasserqualität des gefilterten Wassers ist im häuslichen Bereich nicht durchführbar.
- Unerwünschte, gut wasserlösliche, organische Stoffe werden von der Membran nicht zurückgehalten.
- Zur Gewinnung eines Liters gefilterten Wassers werden in der Umkehrosmoseanlage 3 bis 25 Liter Trinkwasser verbraucht.
- Partikelbeladene Wässer können ohne Vorfiltration zu einem Verstopfen der Membranporen führen.
- Um einen effizienteren Wirkungsgrad der Anlage zu erzielen, muss zusätzliche Energie in Form von Druck eingesetzt werden.

### **Physikalische Wasserenthärtungsverfahren (Physikalische Kalkwandler)**

Bei diesen Verfahren soll die Kalksteinbildung im Leitungssystem durch das äußere Einwirken von elektromagnetischen bzw. permanentmagnetischen Feldern oder mit Hochfrequenzfeldern verhindert werden. Gemeinsam ist hierbei allen auf rein physikalischer Basis basierenden Wasserenthärtungsgeräten, dass diese ohne Zusatz von Chemikalien arbeiten und relativ leicht an- bzw. einzubauen sind.

Die einfache Montage und der Verzicht auf chemische Zusätze bei derartigen Anlagen stellen eine verlockende Alternative zu den übrigen dezentralen Entkalkungsanlagen wie Ionenaustauscher- und Phosphatdosieranlagen etc. dar. Fakt ist jedoch, dass die vielfach beschriebene Strukturumwandlung des Kalkkristalls von Calcit zu Aragonit und die damit verbundene Verhinderung von Kalkablagerungen in den Rohren in Fachkreisen äußerst umstritten ist. Ein experimenteller Nachweis für die Wirksamkeit solcher Verfahren konnte bisher trotz aufwändiger Langzeitversuche von wissenschaftlicher Seite aus nicht erbracht werden.