

Information

Überblick über Wasserbehandlungsmethoden zur Vermeidung von Kalkablagerung im Plattenwärmetauscher der Trinkwarmwassererzeugung

Inhaltsverzeichnis:

Das Problem Kalk.....	1
Verschiedene Verfahren zur Lösung der Kalkproblematik.....	2
A - Ionenaustausch	2
B - Dosierung	3
C - Alternative Verfahren	4
D - Membrantechnologie	5

Das Problem Kalk

Verursacher der gefürchteten Kalkablagerungen sind die Härtebildner Calcium und Magnesium, Erdalkalitionen welche im Wasser gelöst sind.

Bei Temperaturerhöhung reagieren diese mit Hydrogencarbonat, dadurch wird Calciumcarbonat CaCO_3 (Kalk) gebildet. Aus diesem Grund sind alle Geräte, in denen Wasser stark erwärmt wird (Temperatur $> 60^\circ\text{C}$), wie zum Beispiel Warmwasserboiler und -armaturen, Spül- und Waschmaschinen, besonders von Kalkablagerungen betroffen.



Eine Warmwassertemperatur von mehr als 60°C im Trinkwasser ist jedoch aus hygienischen Gründen und zur Vermeidung der Verbreitung von Krankheitserregern, insbesondere von Legionellen, in konventionellen Systemen unumgänglich. Eine Ausnahme stellt die „just in time“ – Warmwasserbereitung durch sogenannte Frischwassersysteme dar, welche mit niedrigeren Temperaturen auskommt (ca. 50°C) und somit mit einer geringeren Gefahr von Verkalkungen ausgesetzt ist.

Die verschiedenen Härtegrade

Härtebereich	Calciumcarbonat je Liter	
weich	$< 1,5 \text{ mmol/l}$	$< 8,4 \text{ °dH}$
mittel	1,5 bis 2,5 mmol/l	=8,4 bis 14 °dH
hart	$> 2,5 \text{ mmol/l}$	$> 14 \text{ °dH}$

Die Härtegrade des Wassers sind in drei Gruppen von sehr weich, Härtebereich I, bis hart, Härtebereich III, eingeteilt.

In einer Vielzahl bundesdeutscher Haushalte, in denen Härtebereiche zwischen mittel und hart existieren, treten Kalkprobleme auf.

Abhilfe schaffen Filter, Enthärtungsanlagen und Dosiergeräte verschiedenster Ausführungen.

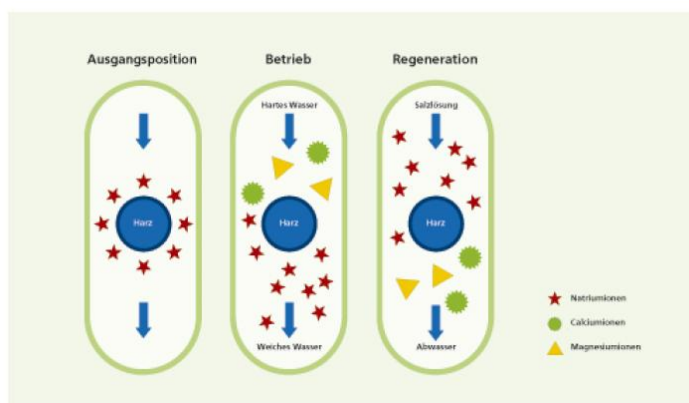
Verschiedene Verfahren zur Lösung der Kalkproblematik

A - Ionenaustausch

Funktionsweise:

In der Natur gibt es poröses Gestein mit dem Namen Zeolith, das die Eigenschaft aufweist Mineralien im Wasser gegeneinander auszutauschen. Auf diese Weise wird Wasser natürlich enthärtet.

Dieses Prinzip kann seit dem 20. Jahrhundert technisch nachgeahmt und zur Wasserenthärtung eingesetzt werden.



Das technische Verfahren gliedert sich in drei Teilschritte:

- In der Ausgangssituation ist das Ionentauscherharz mit Natriumionen gesättigt. Weitere Ionen spielen keine Rolle.
- Im Betrieb strömt mit Calcium- und Magnesiumionen geladenes Trinkwasser durch das Ionentauscherharz. Diese härtebildenden Ionen werden vom Harz aus dem Wasser adsorbiert, im Gegenzug werden dafür Natriumionen im Verhältnis 2:1 an das Trinkwasser abgegeben. Das Wasser ist durch die Entfernung der Härtebildner „weich“ geworden.
- Wenn das Harz mit Magnesium- und Calciumionen gesättigt ist setzt die Regeneration des Harzes ein. Durch Spülen mit einer natriumionenhaltigen Salzlösung werden die Härtebildner aus dem Harz ausgetrieben und es wird wieder der ursprüngliche Harzzustand hergestellt. Die Härtebildner finden sich im Spülwasser wieder und werden ausgeschwemmt.

Vorteile:

- Diese Art der Wasserenthärtung stellt ein lange erprobtes, ausgereiftes und funktionsfähiges Verfahren dar, das schon länger technische Anwendung findet.
- Es verhindert durch Entfernung der Härtebildner aus dem Wasser effektiv die Anlagerung von Kalk an den nachgeschalteten Anlagenteilen.
- Es können als Anlage relativ günstige vorgefertigte Anlagen zum Einsatz kommen, deren Wartung im Wesentlichen durch den Austausch von verbrauchten Regeneriermittelpatronen erfolgt.

Nachteile:

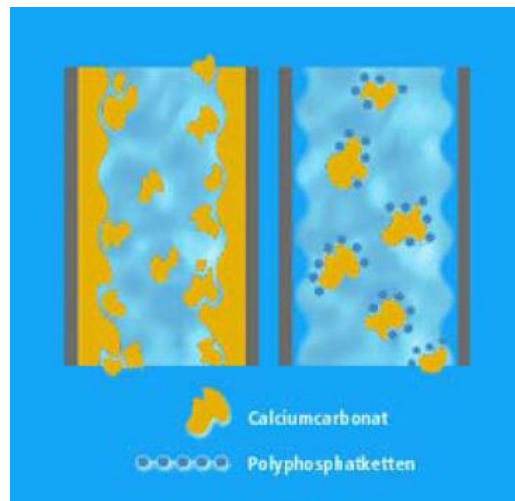
- Bei dieser Art der Enthärtung werden die für den Menschen eigentlich wichtigen Mineralstoffe Calcium und Magnesium je nach erforderlichem Enthärtungsgrad aus dem Wasser entnommen und durch Natrium ersetzt.
- Die Wartung der Anlage bedarf technische Kenntnisse und einer regelmäßigen Überprüfung der Regeneriermittelbehälter, da bei erschöpftem Regeneriermittelvorrat keine Enthärtung mehr erfolgen kann und somit alle bereits bekannten Probleme durch den dann im Trinkwasser verbleibenden Kalk entstehen können.
- Es bedarf unter Umständen, bei großer Enthärtungsleistung, eines nachgeschalteten Dosiergerätes, welches durch Zugabe eines Mineralstoffes Korrosionserscheinungen durch frei werdende Kohlensäure an den Leitungen verhindert.

B - Dosierung

Funktionsweise:

Im unbehandelten Wasser bilden sich Kristalle aus Calciumcarbonat, die schließlich zu einer festen Oberfläche aus Kalkstein führen. Durch die Dosierung von speziellen Mineralstoffen zum Trinkwasser lagern sich naturidentische Polyphosphatketten in den Kalkkristallen aus Calciumkarbonat ein und stören dadurch den Kristallaufbau (Threshold-Effekt), die Kalkkristalle bleiben dadurch mikroskopisch klein und werden mit dem Brauchwasser ausgeschwemmt, ohne weiteren Schaden anzurichten.

Eine andere Variante des Dosiermittelzusatzes stellt die Zugabe von Mineralstoffen dar, welche an der Rohrrinnenseite eine Schutzschicht bildet, die Kalkablagerungen und Korrosionen verhindert. Bereits aktive Korrosionsherde werden wirkungsvoll unterwandert und die Rohrwandverdünnung wird verlangsamt, bzw. im günstigsten Fall ganz gestoppt.



Vorteile:

- Die für den Menschen wichtigen Mineralstoffe Calcium und Magnesium bleiben im Trinkwasser enthalten und stehen für einen gesunden Mineralstoffhaushalt zur Verfügung.
- Schäden an den Installationen, die durch Kalk und Korrosion hervorgerufen werden können weitestgehend verhindert werden.
- Verhindert bei vorangegangener Enthärtung durch einen Ionenaustauscher Schäden durch Kohlensäurekorrosion.
- Es bestehen relativ preisgünstige Systeme, welche über bereits lange Zeit in der Praxis erprobt wurden und deren Funktionalität gewährleistet werden kann.

Nachteile:

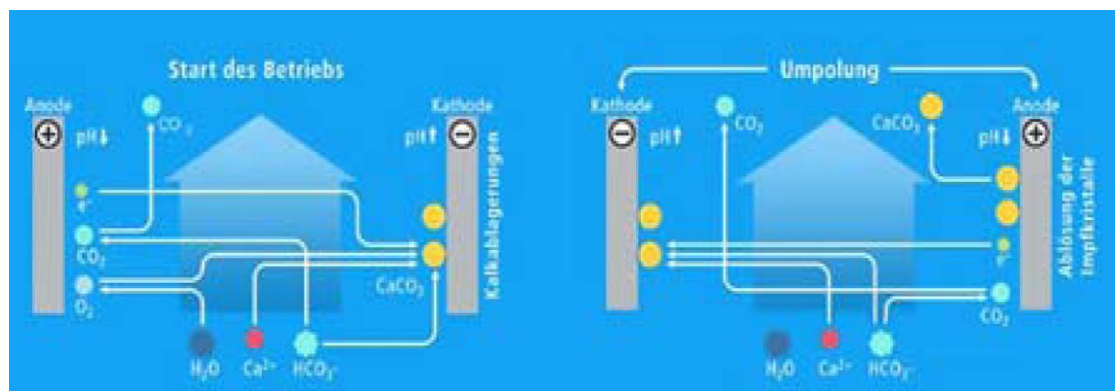
- Es kann keine Garantie gegeben werden, dass an Stellen mit sehr hoher Oberflächentemperatur nicht doch Schäden durch Kalkablagerungen entstehen können.
- Die Dosieranlage bedarf einer regelmäßigen Wartung durch Überprüfung und Ersatz der Dosiermittelbehälter, da bei erschöpftem Dosiermittelvorrat die Funktionsweise der Anlage nicht mehr gewährleistet ist. Es treten dann alle bekannten Probleme auf, die mit regulärem Trinkwasser ebenfalls vorhanden wären.

C - Alternative Verfahren

Funktionsweise:

Alternative Kalkschutzgeräte nutzen den Effekt der Unterspannungsabscheidung.

Im Gerät sind zwei Elektroden angeordnet, welche bei Anlegen einer elektrischen Spannung zur Bildung von Kalkkristallen an der Elektrodenoberfläche führen. Durch regelmäßige Umpolung der Elektroden in Abhängigkeit von der Wasserdurchflussmenge werden die winzigen Kalkkristalle (kleiner als 100 Nanometer) wieder von den Elektroden abgelöst und gelangen in das Hauswassernetz. Im nachgeschalteten Trinkwassersystem setzen sich weiter Kalkkristalle bevorzugt auf diesen Impfkristallen ab und weniger auf der Oberfläche der Trinkwasserinstallation oder Boiler. Der Kalk ist dadurch stabilisiert, er bleibt im Wasser und nicht in der Leitung zurück. Die gewachsenen Kalkkristalle werden bei der Wasserentnahme an den Armaturen mit ausgeschwemmt.



Vorteile:

- Da die zur Erstellung der Impfkristalle eingesetzte Gleichspannung sehr gering ist, stellt dieses Verfahren ein sanftes elektrochemisches Verfahren dar.
- Die Stabilisierung des Kalkes hat den Vorteil, dass wichtige im Wasser enthaltene Mineralstoffe für den Menschen nutzbar im Trinkwasser verbleiben und somit für einen gesunden Mineralstoffhaushalt weiterhin zur Verfügung stehen.
- Bei der Enthärtung durch Ionenaustausch auftretende Spaltprodukte wie etwa Kohlendioxid, das als Kohlensäure korrosiv auf Leitungen wirkt, oder auch Knallgas, entstehen beim Stabilisierungsverfahren nicht.
- Die nachgeschaltete Hauswasserinstallation ist durch dieses System wirkungsvoll gegen Korrosion geschützt.

- Die Funktionalität der Anlage ist zu jedem Zeitpunkt gewährleistet, da kein Erschöpfen des Regeneriermittel- oder Dosiermittelvorrates eintreten kann, was zudem den Wartungsaufwand vermindert.
- Da kein Einsatz von Dosier- oder Regeneriermittel notwendig ist, entfallen dadurch auch Umweltbelastungen, die bei ihrer Herstellung auftreten können.

Nachteile:

- Dieses alternative System wird zwar in technisch ausgereiften Anlagen angeboten und ist ebenfalls relativ kostengünstig, vor allem in Betrieb und Wartung, allerdings ist der Einsatzbereich auf mittlere Härtegrade beschränkt und für höhere Wassertemperaturen nicht geeignet.
- Ein vollständiger Schutz, insbesondere bei Spezialanwendungen (Plattenwärmetauscher mit hohen Leistungen) kann nicht garantiert werden.

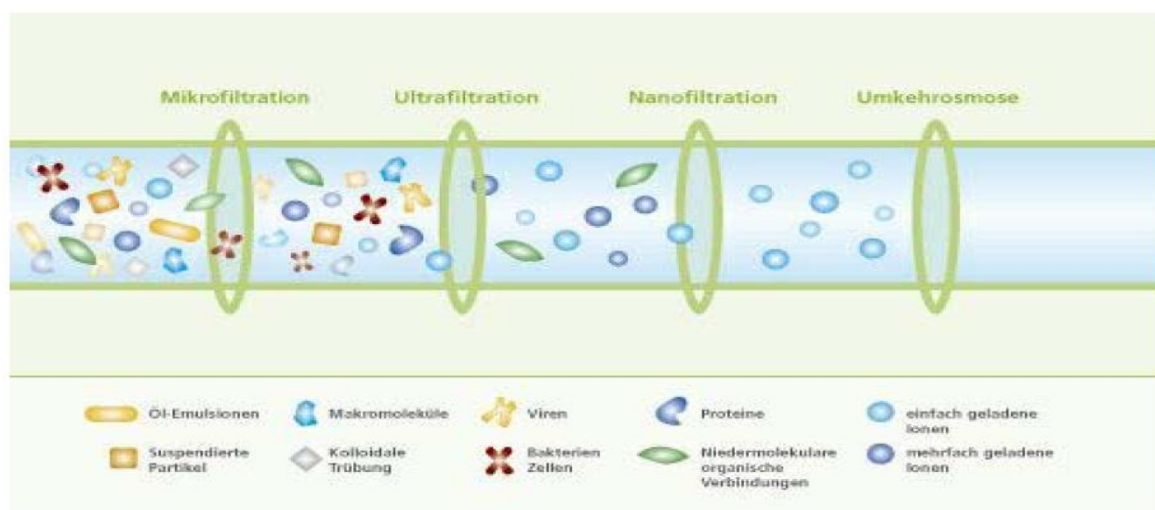
D - Membrantechnologie

Funktionsweise:

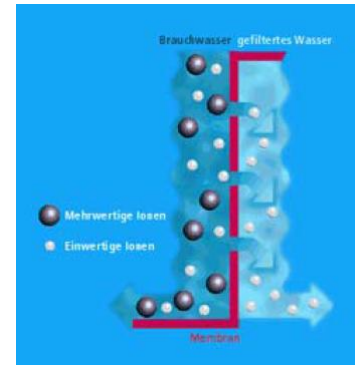
Membranen sind flächige, teildurchlässige (=semipermeable) Strukturen die zumindest für eine Komponente die sie berühren durchlässig, für alle anderen Stoffe jedoch undurchlässig sind.

In der Wasseraufbereitung werden synthetische (künstlich hergestellte) Membranen verwendet. Unter Membrantechnik versteht man die Anwendung von Membranen zur Abtrennung von unerwünschten Wasserinhaltsstoffen. Es kann sich hierbei um Ionen, Moleküle oder auch Partikel handeln.

Entsprechend der Aufgabenstellung (Trenngrenze) unterscheidet man die Membrantrennverfahren in Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration und Umkehrosmose. Die Verfahren unterscheiden sich in der Wirksamkeit ihrer Filter und finden daher unterschiedliche Anwendungsbereiche. Für die Trinkwasserreinigung von Härtebildnern ist eine Nanofiltrationsanlage ausreichend.



Die Nanofiltration als rein physikalisches Reinigungsverfahren ist eine echte Alternative zur Wasserenthärtung mittels Ionenaustauscher. Durch die Eigenschaft der Membrane einwertige von Mehrwertigen Ionen zu trennen, wie zum Beispiel Härtebildner oder Sulfate, wird der Härtegrad des Wassers deutlich gesenkt. Darüber hinaus senkt dieses Wirkungsprinzip auch Salzgehalt, reduziert Keime, Pestizide und Herbizide und Kohlenwasserstoffe erheblich.



Vorteile:

- Die Nanofiltration liefert als Ergebnis völlig reines und sauberes Wasser, das neben der Entfernung von Kalk auch noch Herbiziden, Pestiziden, Keimen und Kohlenwasserstoffen gewährleistet, was kein anderes System kann.
- Es handelt sich um ein rein physikalisches Verfahren, bei dem der Einsatz von Dosiermitteln oder Regenerationsmittel entfällt.
- Dadurch ist die Funktionalität nicht durch Erschöpfung der Vorräte an den genannten Mitteln beschränkt. Es treten auch keine Umweltbelastungen bei der Herstellung der Regenerations- oder Dosiermittel auf.

Nachteile:

- Im Wasser gelöste zweiwertige Calcium- und Magnesiumionen werden dem Trinkwasser entnommen und stehen daher nicht mehr für den menschlichen Mineralstoffhaushalt zur Verfügung.
- Der Einsatz einer solchen Anlage ist je nach Wasserqualität an unterschiedliche Zusatzgeräte wie etwa ein Desinfektionsgerät, eine Vorenthärtung oder Dosierungsanlage gebunden und stellt somit einen nicht zu vernachlässigenden zusätzlichen Aufwand bei Planung, Instandhaltung und Investition dar.
- Da diese Geräte auf Dauerbetrieb und nicht auf Spitzenanforderungen, wie sie in Hauswassersystemen auftreten, ausgelegt werden ist eine Bevorratung des zu nutzenden Trinkwassers in Tanks notwendig, welche einer ständigen Durchströmung und Desinfizierung bedürfen, so dass Anlagen dieser Art meist nur im Industriebereich eingesetzt werden und für den Wohnungsbau eher ungeeignet sind.
- Zur reinigenden Spülung der Membrane ist ständig etwa ein Viertel des eingesetzten Wassers nötig, so dass ein höherer Trinkwasserverbrauch zu erwarten ist und ständig Abwasser abfällt.