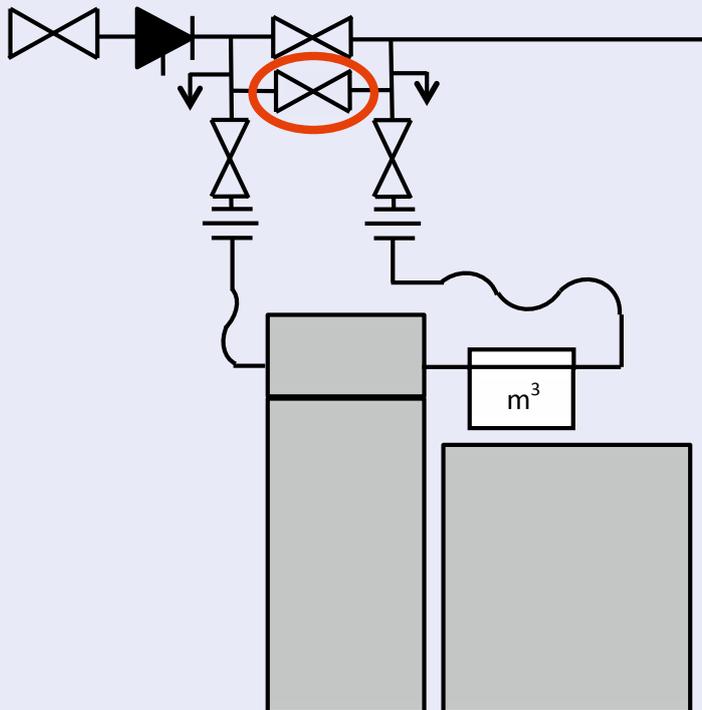


W10028 d Ausgabe Juni 2015

INFORMATION

Merkblatt

Enthärtungsanlagen – Überprüfung Natriumgehalt

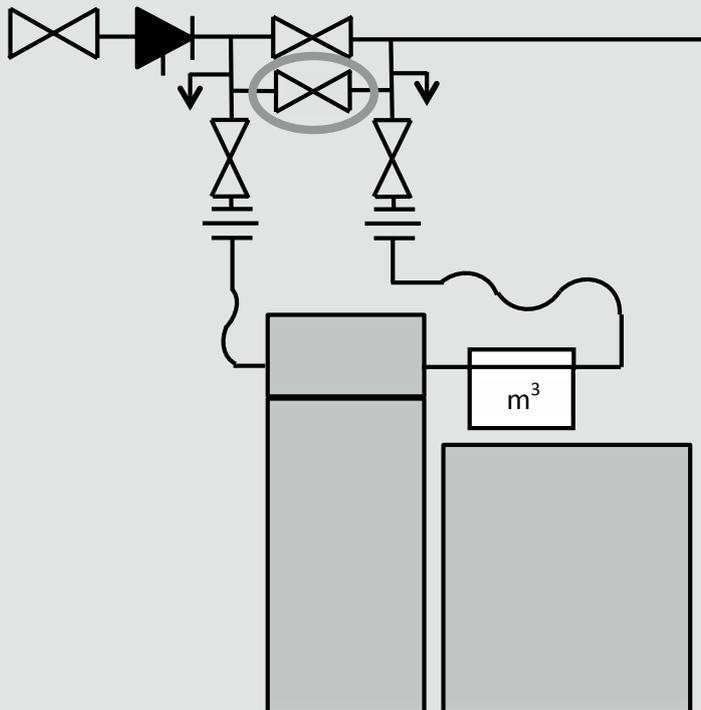


W10 028 d Ausgabe Juni 2015

INFORMATION

Merkblatt

Enthärtungsanlagen – Überprüfung Natriumgehalt



Copyright by SVGW, Zürich
Satz: Multicolor Print AG, Baar
Ausgabe Juni 2015

Nachdruck verboten

Bezug bei der Geschäftsstelle des SVGW
(support@svgw.ch)

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
2	Ziel und Geltungsbereich	5
3	Grundlagen – Beziehung zwischen Kalziumkarbonat, mmol/l und °fH	5
4	Ionenaustauschverfahren	6
5	Herleitung für den Natriumverbrauch pro °fH	7
6	Einstellen der Resthärte	7
7	Beispiel Wasserversorgung X	8
8	Beispiel Wasserversorgung Y	8
8.1	Berechnung der Resthärte mittels Mischkreuz	9
8.2	Berechnung der Resthärte aufgrund des Natriumüberschusses	9
8.3	Berechnung der Durchflussanteile	9

1 Einleitung

Bei der Enthärtung von Trinkwasser soll durch Mischen des vollständig enthärteten Wassers mit unbehandeltem Trinkwasser aus der Wasserversorgung sichergestellt werden, dass eine geeignete Resthärte eingestellt wird und die Natriumkonzentration im abgegebenen Trinkwasser den Wert von 200 mg/l (EU-Richtlinie 98/83) nicht übersteigt.

Um die Wasserhärte in einem Liter um 1°fH zu vermindern werden 4,6 mg Natrium benötigt.

2 Ziel und Geltungsbereich

Das Merkblatt beschreibt, wie unter Berücksichtigung der verschiedenen Bezugsgrößen die Resthärte bei Ionenaustauschern berechnet werden kann. Es richtet sich insbesondere an Sanitärtechniker und -planer.

3 Grundlagen – Beziehung zwischen Kalziumkarbonat, mmol/l und °fH

Zur Berechnung von chemischen Stoffmengen wird die SI-Basiseinheit Mol (Einheitszeichen Mol) verwendet. Diese dient der Mengenangabe bei der Berechnung von chemischen Vorgängen.

Ein Mol enthält etwa $6,022 \times 10^{23}$ Teilchen. Diese Zahl ist so definiert, dass 12 g Kohlenstoff (Isotop C-12) genau einem Mol entsprechen. Der Zahlenwert der Molmasse eines Stoffes, angegeben in Gramm, ist identisch mit der Atommasse der Atome oder der Molekülmasse der Moleküle, aus denen der Stoff besteht, angegeben in der atomaren Masseneinheit (u).

Molmassen der verwendeten Atome und Verbindungen			
Name	Chemische Abkürzung	Stoffmenge [Mol]	Molmasse [Gramm]
Kalzium	Ca	1	40
Kohlenstoff	C	1	12
Sauerstoff	O	1	16
Natrium	Na	1	23
Kalziumkarbonat	CaCO ₃	1	100

Tab. 1 Molmassen verschiedener Teilchen

Per Definition entsprechen 10 mg/l Gesamthärte (Kalzium- und Magnesiumhärte) 1 französischen Härtegrad (°fH), wobei alle Kalzium- und Magnesiumionen in die äquivalente Menge Kalziumkarbonat umgerechnet werden.

Zudem entsprechen 10 mg/l CaCO₃ 0,1 mmol/l CaCO₃.

Daraus folgt: **0,1 mmol/l Kalziumkarbonat entsprechen 1 °fH**

4 Ionenaustauschverfahren

In stark sauren Kationenaustauschern (Abb. 1) werden die für die Wasserhärte verantwortlichen Kalzium- (Ca^{2+}) und Magnesiumionen (Mg^{2+}) gegen Natriumionen (Na^+) ausgetauscht).

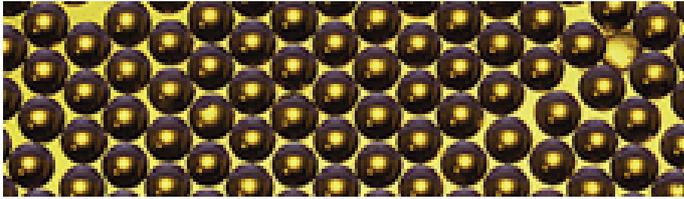


Abb. 1 Monodisperses Austauscherharz mehrfach vergrößert

Kalzium (Ca) und Magnesium (Mg) gehören zur Gruppe der Erdalkalimetalle. Sie besitzen auf der für chemische Reaktionen relevanten äusseren Elektronenschale, die sogenannten, Valenzschale, zwei Elektronen und sind daher zweiwertige Atome, die durch Abgabe der beiden Valenzelektronen zweifach positiv geladene Ionen bilden.

Natrium (Na) hingegen gehört zur Gruppe der Alkalimetalle und ist ein einwertiges Atom. Es besitzt folglich auf der äussersten Elektronenschale nur ein Valenzelektron. Natriumionen sind entsprechend einfach positiv geladen. Es werden daher jeweils zwei Natriumionen gegen ein Kalzium- oder Magnesiumion ausgetauscht.

Die porösen und mit einer grossen Austauschoberfläche versehenen Harzkügelchen bestehen aus einem Trägermaterial mit negativ geladenen funktionellen Gruppen, an denen bei Inbetriebnahme der Enthärtungsanlage die positiv geladenen Natriumionen haften (Abb. 2).



Abb. 2 Modell eines stark sauren Kationenaustauscherharzes

Hartes Trinkwasser strömt durch das Harzbett. Die in den Hydrogenkarbonaten (Karbonathärte) oder Chloriden, Sulfaten und Nitraten (Nichtkarbonathärte) gebundenen Kalzium- und Magnesiumionen lagern sich an die negativ geladenen funktionellen Gruppen des Harzes an und verdrängen die Natriumionen, die ihrerseits mit dem Wasser zu den Verbrauchsstellen fließen (Abb. 3).

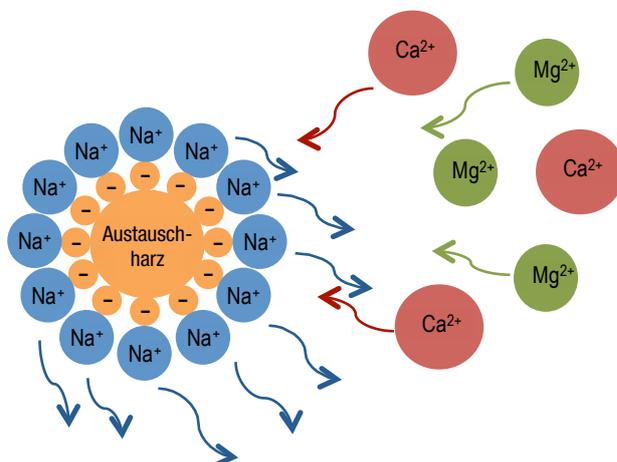


Abb. 3 Ionenaustausch

Bei der Regeneration des Austauschharzes mit Kochsalzlösung (NaCl) findet der umgekehrte Vorgang statt. Die Natriumionen lagern sich an und verdrängen die Kalzium- und Magnesiumionen, die durch den Spülvorgang in die Schmutzwasserinstallation entwässert werden (Abb. 4).

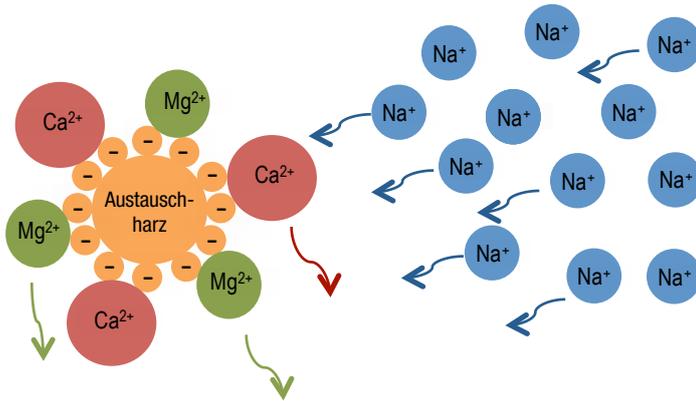


Abb. 4 Durch Volumen- und/oder Zeitsteuerung ausgelöster Regenerationsvorgang

Nach der Regeneration ist das Austauschharz mit Natriumionen beladen. Die Enthärtungsanlage ist wieder betriebsbereit (Abb. 5).



Abb. 5 Durch Volumen- und/oder Zeitsteuerung ausgelöster Regenerationsvorgang

5 Herleitung des Natriumverbrauchs pro °fH

Für den Ladungsausgleich von einem Kalziumion (Ca^{2+}) werden 2 Natriumionen (Na^+) benötigt. Für ein Mol Kalzium (40 Gramm, siehe Tab. 1) also entsprechend 2 Mol Natrium (46 Gramm, siehe Tab. 1).

Um 0,1 mmol/l Ca^{2+} auszutauschen, werden 0,2 mmol/l Na^+ oder 4,6 mg/l Na^+ benötigt.

Daraus folgt: **Um 1 °fH auszutauschen, werden rund 4,6 mg/l Na^+ benötigt**

6 Einstellen der Resthärte

Gemäss EU-Richtlinie 98/83 soll der Natriumgehalt im Trinkwasser einen Höchstwert von 200 mg/l nicht übersteigen, da sich erhöhte Natriumkonzentrationen geschmacklich bemerkbar machen. Bei einer Enthärtung des Trinkwassers soll ein Mischventil sicherstellen, dass die Resthärte des enthärteten Wassers so eingestellt werden kann, damit die Natriumkonzentration im Trinkwasser den Höchstwert nicht übersteigt.

Anhand zweier Beispiele soll die Berechnung für das Einstellen der Resthärte veranschaulicht werden.

7 Beispiel Wasserversorgung X

Die Wasserversorgung X hat gemäss Wasseranalyse eine Natriumkonzentration von 11 mg/l und eine Wasserhärte von 35 °fH. Mit dem Ionenaustauscher wird die Härte vollständig entfernt, sodass die Härte 0 °fH beträgt. Dies gilt bei voller Austauschkapazität. Vor der Erschöpfung des Ionenaustauschers werden jedoch die Kalziumionen nicht mehr vollständig ausgetauscht.

Der Natriumgehalt des Wassers der Wasserversorgung X beträgt	11,0 mg/l
Der benötigte Anteil an Natriumionen vom Ionenaustauscher beträgt 35 °fH x 4,6 mg/l Natrium pro °fH	<u>161,0 mg/l</u>
Total Natriumgehalt	172,0 mg/l

Der Natriumgehalt liegt unterhalb des von der EU-Richtlinie geforderten Werts. Eine Beimischung von unbehandeltem Trinkwasser aus der Wasserversorgung ist zwar nicht notwendig, mit der Einstellung der Resthärte zwischen 7 und 15 °fH (Härtebereich weich) wird aber für den Wohnungsbereich die Härte optimal eingestellt, sodass keine geschmacklichen Beeinträchtigungen entstehen und bei Spülvorgängen die Seife (Lauge) gebunden werden kann.

8 Beispiel Wasserversorgung Y

Die Wasserversorgung Y hat gemäss Wasseranalyse eine ziemlich hohe Natriumkonzentration von 107 mg/l und eine Wasserhärte von 37,6 °fH.

Der Natriumgehalt des Wassers der Wasserversorgung Y beträgt	107 mg/l
Der benötigte Anteil an Natriumionen vom Ionenaustauscher beträgt 37,6 °fH x 4,6 mg/l Natrium pro °fH	<u>173 mg/l</u>
Total Natriumgehalt	280 mg/l

Nach der Enthärtung wird in diesem Fall der in der EU-Richtlinie definierte Höchstwert um 80 mg/l überschritten (Abb. 6). Es muss so viel unbehandeltes Trinkwasser von der Wasserversorgung beigemischt werden, bis der Natriumwert unter 200 mg/l fällt.

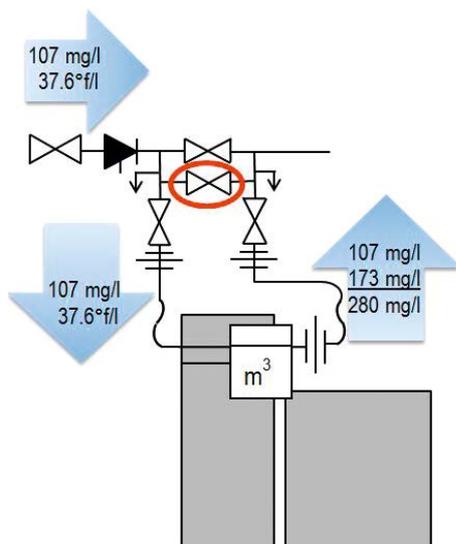
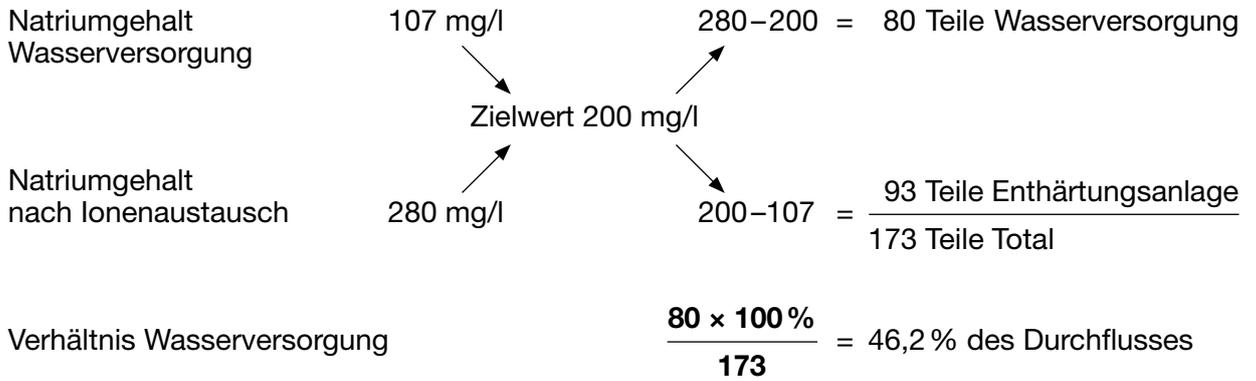


Abb. 6 Funktionsschema Enthärtungsanlage Wasserversorgung Y

8.1 Berechnung der Resthärte mittels Mischkreuz

Die Berechnung der Resthärte mittels Mischkreuz ist eine einfache Art, um die Mischanteile und die einzustellende Resthärte zu berechnen und basiert auf dem mathematischen Prinzip einer Gleichung mit mehreren Unbekannten der Form $c_1 \times V_1 + c_2 \times V_2 = c_3 (V_1 + V_2)$, wobei c für den jeweiligen Natriumgehalt und V für die jeweiligen Volumen steht. Ist der Natriumgehalt im Rohwasser der Wasserversorgung und der Natriumgehalt nach dem Ionenaustauscher bekannt, können aufgrund des maximal zulässigen Natriumgehalts von 200 mg/l die Durchflussanteile aus der Wasserversorgung und aus der Enthärtungsanlage einfach berechnet werden und damit die einzustellende Resthärte bestimmt werden.



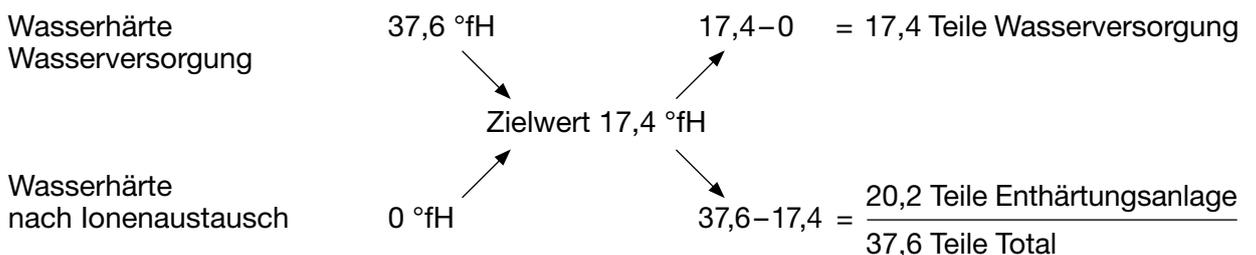
Trinkwasserbeimischung von der Wasserversorgung 46,2 % von 37,6 °fH = **17,4 °fH**

8.2 Berechnung der Resthärte aufgrund des Natriumüberschusses

Überschuss an Natriumgehalt 80 mg/l : 4,6 mg/l Natrium pro °fH = **17,4 °fH**

8.3 Berechnung der Durchflussanteile

Bei einem für das entsprechende Objekt eingestellten repräsentativen Wasserdurchfluss, ist mithilfe des Mischventils so viel unbehandeltes Trinkwasser aus der Wasserversorgung beizumischen, bis am Probenahmeventil nach der Enthärtung eine Wasserhärte von rund 17-18 °fH gemessen wird.



Verhältnis Wasserversorgung $\frac{17,4 \times 100 \%}{37,6} = 46,2 \% \text{ des Durchflusses}$

Verhältnis Enthärtungsanlage $\frac{20,2 \times 100 \%}{37,6} = 53,8 \% \text{ des Durchflusses}$