

Zentrale Enthärtung von Trinkwasser

Eine Information des Projektkreises „Zentrale Enthärtung“ im DVGW-Technischen Komitee „Wasseraufbereitungsverfahren“

Im Jahr 1991 wurde vom DVGW die Wasserinformation Nr. 29 zum Thema „Zentrale Enthärtung“ erarbeitet, deren Grundaussagen auch heute noch gültig sind. Es sind jedoch seitdem viele neue Erkenntnisse und Erfahrungen mit der zentralen Enthärtung im Bereich der öffentlichen Trinkwasserversorgung gewonnen worden, die den DVGW-Projektkreis „Zentrale Enthärtung“ veranlasst haben, auf der Basis der letzten Wasserinformation eine aktualisierte Übersicht zu dieser Thematik zu erarbeiten. Damit soll den Versorgungsunternehmen eine Entscheidungshilfe zum Einsatz der zentralen Enthärtung an die Hand gegeben werden. Unabhängig von der Diskussion um das Für und Wider einer zentralen Enthärtung werden auf Grund der allgemeinen Relevanz zudem technische Hinweise zur Auswahl von Enthärtungsverfahren gegeben. Diese Information ersetzt jedoch keine detaillierte Prüfung des Einzelfalles.

Herkunft und Bedeutung der Härte im Trinkwasser

Als Härte des Trinkwassers wird seine Konzentration an Erdalkalien, im Wesentlichen Calcium und Magnesium, bezeichnet.* Diese Härtebildner gelangen durch Lösungsprozesse von Mineralien (vor allem Calcit und Dolomit) in das Wasser, wobei das Lösungsvermögen des Wassers durch dessen Säuregehalt beeinflusst wird. Als hauptsächlich relevante Säuren sind hier die im natürlichen System vorhandene Kohlensäure (Eintrag überwiegend aus der Bodenluft) sowie Mineralsäuren anthropogenen Ursprungs (aus Verbrennungsprozessen oder als Folge der Düngung von land-

wirtschaftlich genutzten Flächen) zu nennen. Daneben spielt auch das Lösen von Gips eine Rolle.

Je nach den regional vorherrschenden hydrogeologischen Bedingungen muss schon seit jeher zum Teil relativ hartes Wasser zur öffentlichen Versorgung herangezogen werden. Aus Sicht der Trinkwasserverordnung 2001 ergibt sich durch eine hohe Wasserhärte kein Problem, da darin die Konzentration an Härtebildnern nicht begrenzt ist. Unter diesem Aspekt ist eine Enthärtung also nicht erforderlich.

Andererseits wird ein wesentlicher Teil des Trinkwassers für Zwecke verwendet, bei denen sich seine Härte als Nachteil erweist. Beim Erhitzen des Wassers verursacht ein Teil des enthaltenen Calciums (Karbonathärte) insbesondere in Warm-

* Neben dem klar umrissenen Begriff der Wasserhärte ist in der Literatur häufig noch eine Unterscheidung in „Karbonathärte“ und „Nichtkarbonathärte“ zu finden. Dabei wird der Anteil der Härte, der der Hydrogencarbonatkonzentration äquivalent ist, als Karbonathärte bezeichnet.



Ionenaustauscher-Anlage zur Enthärtung nach dem CARIX-Verfahren.

Quelle: Krüger WABAG GmbH

wasserbereitern störende Kalkablagerungen („Kalkstein“, „Kesselstein“). Die Kalkabscheidungen können zwar vermindert werden, wenn sichergestellt wird, dass die Wassertemperatur begrenzt wird. Jedoch sind einer solchen Maßnahme Grenzen gesetzt, da aus hygienischen Gründen 60 °C nicht unterschritten werden sollten.

Darüber hinaus führt eine hohe Wasserhärte zu einem erhöhten Verbrauch an Wasch- und Reinigungsmitteln sowie an Regeneriersalzen, z. B. für Ionenaustauscher in Spülmaschinen und dezentralen Enthärtungsanlagen. Neben der finanziellen Belastung der Haushalte hat dies eine Belastung des Abwassers mit Salzen und schwer abbaubaren Waschmittelhaltstoffen zur Folge. Zudem verursacht hartes Wasser im Haushalt, insbesondere im Sanitärbereich, störende Kalkflecken und dadurch weiteren Reinigungsaufwand.

Insgesamt resultiert aus der zunehmenden Technisierung der Haushalte ein Wunsch der Verbraucher nach weichem Wasser. Dies ist vor allem bei Verteilung unterschiedlich harter Wässer im gleichen Versorgungsgebiet festzustellen, wo die Forderung aus der Bevölkerung nach einer einheitlich niedrigen Härte oft besonders nachhaltig geäußert wird. Zur Verminderung der Härte werden bei den Verbrauchern häufig dezentrale Enthärtungsanlagen installiert, die jedoch kostenintensiv sind und bei denen in der

Praxis oft eine unzureichende Wartung festzustellen ist, verbunden mit der Gefahr von hygienischen Problemen.

Grundlegende Entscheidungskriterien

Generell sollte man die Frage einer zentralen Enthärtung dann prüfen, wenn die Wasserhärte 3,8 mmol/l (entspricht etwa 21 °dH) übersteigt. Bestandteil dieser Prüfung sollte die Bestimmung der Calcitabscheidkapazität bei Temperaturen über 60 °C experimentell oder durch rechnerische Ermittlung (nach DIN 38404-10) sein. Sofern ein Wasser ohnehin aufbereitet werden muss und qualifiziertes Betriebspersonal vorhanden ist, kann eine zentrale Enthärtung auch schon bei geringeren Wasserhärten sinnvoll sein.

Von diesen Kriterien abweichend kann eine zentrale Enthärtung aus korrosionschemischen Gründen bei der Versorgung mit Trinkwässern unterschiedlicher Herkunft notwendig sein, um die Wasserbeschaffenheiten einander anzugleichen (siehe DVGW-Arbeitsblatt W 216 „Versorgung mit unterschiedlichen Trinkwässern“).

Der technische Aufwand für eine zentrale Enthärtung ist im Allgemeinen nur gerechtfertigt, wenn die Calciumkonzentration dadurch deutlich, das heißt mindestens um etwa 1 mmol/l (5,6 °dH), verringert wird. Hierfür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die zum Teil aber nicht nur die Calciumkonzentration erniedrigen („reine“

Enthärtung), sondern gleichzeitig auch die Hydrogencarbonatkonzentration in unterschiedlichem Ausmaß herabsetzen (Entcarbonisierung). Dies kann wiederum zu einer unterschiedlich ausgeprägten Änderung der chemischen Beschaffenheit (pH-Wert, Kohlendioxidkonzentration usw.) und damit der korrosiven Eigenschaften des Trinkwassers führen; ein Aspekt, der ebenfalls bei der Entscheidung für eine zentrale Enthärtung berücksichtigt werden muss. In dem Zusammenhang ist insbesondere auf DIN 1988-7, DIN 50930-6 oder DIN EN 12502 hinzuweisen. So ist es beispielsweise günstig, wenn aus einem Enthärtungsprozess niedrige Kohlenstoffdioxidkonzentrationen resultieren, um den Übergang von unerwünschten Stoffen aus Rohwerkstoffen (z. B. von Kupfer) in das Trinkwasser zu minimieren und dadurch stärkere Abwasserbelastungen sowie eine Anreicherung dieser Stoffe in Klärschlämmen zu vermeiden. Andererseits sollte nach den vorliegenden Erfahrungen als untere Schwelle der Enthärtung eine Säurekapazität bis pH = 4,3 von 1,5 mmol/l und eine Calciumkonzentration von 0,5 mmol/l (20 mg/l) nicht unterschritten werden. Auf jeden Fall ist eine Einzelfallbewertung unter Berücksichtigung der korrosionschemischen Eigenschaften des enthärteten Trinkwassers zwingend erforderlich.

Wesentliche Aspekte und Auswirkungen der Enthärtung

Bei einer Diskussion um die zentrale Enthärtung sind folgende Punkte zu berücksichtigen und zu bewerten: ▶

Das ideale Geschenk: VIP Kalender 2007 „Wasser ist Leben“



ab 9,80 € netto



Jetzt ordern!



wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Str. 3 · 53123 Bonn
Tel.: 0228 9191-40 · Fax: 0228 9191-499
info@wvgw.de · www.wvgw.de

Tabelle 1: Verfahren zur Enthärtung sowie deren weitere Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit unmittelbar nach der Enthärtung und Nebeneffekte

Verfahren	Auswirkungen	Weitere Nebeneffekte
Langsamentcarbonisierung mit Calciumhydroxid (Ca(OH) ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Anhebung des pH-Wertes • Verminderung der Konzentrationen an Hydrogencarbonat und Kohlensäure • Verringerung der Eisen- und Mangankonzentration 	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Ablauftrübung • hohe hydraulische Flexibilität • Mitfällung von Schwermetallen möglich • hoher Chemikalienbedarf und Schlammfall gemäß der stöchiometrischen Umsetzung • großer Flächenbedarf • anfällig gegenüber „Kristallisationshemmern“ • Filtration erforderlich
Schnellentcarbonisierung mit Calciumhydroxid (Ca(OH) ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Anhebung des pH-Wertes • Verminderung der Konzentrationen an Hydrogencarbonat und Kohlensäure • Verringerung der Eisen- und Mangankonzentration 	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Flächenbedarf, aber große Bauhöhe • Mitfällung von Schwermetallen möglich • Ablauftrübung u. U. hoch, abhängig von der Auf- bzw. Zubereitung der Kalkmilch • eingeschränkte hydraulische Flexibilität • hoher Chemikalienbedarf und Schlammfall gemäß der stöchiometrischen Umsetzung • besonders anfällig gegenüber „Kristallisationshemmern“ • hohe Ansprüche an die fachliche Qualifikation des Personals • Filtration erforderlich
Schnellentcarbonisierung mit Natronlauge (NaOH)	<ul style="list-style-type: none"> • Anhebung des pH-Wertes • Verminderung vor allem der Konzentration an Kohlensäure, in geringem Umfang der Hydrogencarbonat-Konzentration • Verringerung der Eisen- und Mangankonzentration • Erhöhung der Natriumkonzentration (Grenzwert darf im Trinkwasser nicht überschritten werden) 	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Flächenbedarf, aber große Bauhöhe (kleiner als bei Einsatz von Calciumhydroxid) • Mitfällung von Schwermetallen möglich • Verminderung der Schlammmenge im Vergleich zum Einsatz von Calciumhydroxid um die Hälfte • geringe Ablauftrübung • hoher Chemikalienbedarf gemäß der stöchiometrischen Umsetzung • anfällig gegenüber „Kristallisationshemmern“ • hohe Ansprüche an die fachliche Qualifikation des Personals • Filtration erforderlich • Gefahrstoffverordnung ist einzuhalten
Ionenaustausch mittels schwach saurem Kationen- oder Mischbettaustauscher	<ul style="list-style-type: none"> • Senkung des pH-Wertes • Verringerung der Magnesium-Konzentration • Verminderung der Hydrogencarbonat-Konzentration 	<ul style="list-style-type: none"> • Anfall salzhaltiger Abwässer (Regenerate) • bei Einsatz von Mischbettaustauschern zusätzlich Entfernung der Neutralsalze Chlorid, Nitrat und Sulfat möglich • anfällig gegenüber Rohwassertrübungen (evtl. Voraufbereitung notwendig) • nachfolgende Entsäuerung notwendig
Membranverfahren (Nanofiltration)	<ul style="list-style-type: none"> • Senkung des pH-Wertes • Verminderung der Konzentration aller zwei- und dreiwertigen Kationen und Anionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Anfall salzhaltiger Abwässer entsprechend der Aufkonzentrierung • gleichzeitige Entfernung von zwei- und dreiwertigen Anionen und organischen Spurenstoffen • nachfolgende Entsäuerung notwendig • anfällig gegenüber Rohwassertrübungen und belagsbildenden Wasserinhaltsstoffen • häufig Voraufbereitung oder Zugabe von Kohlensäure oder anderen Chemikalien (Antiscalants) zur Vermeidung von Membranverblockungen erforderlich • Gefahr des Biofouling

Quelle: DVGW

- Die Härten verschiedener Wässer im Versorgungsgebiet können bei zentraler Enthärtung einander angeglichen werden.
- Neben der Verminderung von Calcium und Magnesium kann im Zuge der zentralen Enthärtung auch eine Teilentfernung von organischen und anorganischen Spurenstoffen erfolgen.
- Bei der Enthärtung werden ernährungsphysiologisch relevante Stoffe entfernt.
- Der pH-Wert des Wassers kann bei oder nach einer Enthärtung angehoben werden, wodurch sich der Eintrag unerwünschter Stoffe aus den Rohrleitungsmaterialien in das Trinkwasser verringert.
- Bei der zentralen Enthärtung wird das gesamte Trinkwasser und nicht nur derjenige Anteil des Trinkwassers enthärtet, in dem sich die Härte besonders störend bzw. nachteilig auswirkt, z. B. Warmwasserbereitung.
- Durch eine zentrale Enthärtung verringert sich der Eintrag von Salzen, Phosphaten und Inhaltsstoffen von Wasch- und Reinigungsmitteln sowie von Schwermetallen aus Rohrleitungsmaterialien in das Abwasser. Andererseits fallen bei der zentralen Enthärtung feste Rückstände und/oder Abwässer an, die entsorgt werden müssen (im Einzelfall kann eine Vermarktung fester Rückstände möglich sein).
- Eine zentrale Enthärtung ist umweltfreundlicher als die dezentrale Enthärtung oder Härtestabilisierung. Außerdem werden die hygienischen Risiken von ungenügend gewarteten dezentralen Einrichtungen vermieden.
- Der Aufwand für die technischen Einrichtungen und für den Betrieb der Anlagen zur zentralen Enthärtung ist im Vergleich zu gängigen Prozessen der Grundwasseraufbereitung (z. B. Enteisung, Entmanganung, Entsäuerung) hoch.
- Investition und Betrieb einer zentralen Enthärtung führen zu einer Kostenerhöhung (je nach den örtlichen Bedingungen etwa zwischen 0,1 und 0,5 Euro/m³). Allerdings stehen dieser Kostenerhöhung bei den Verbrauchern Einsparpotenziale durch geringeren Verbrauch an Wasch- und Reinigungsmitteln gegenüber.
- Die zentrale Enthärtung ist kostengünstiger als die dezentrale Enthärtung. Bei Stilllegung von dezentralen Enthärtungsanlagen sind durch den Wegfall von Betriebs- und Wartungskosten erhebliche Einsparungen beim Verbraucher möglich.
- Der Transport von Fällungschemikalien sowie die Abfuhr von Rückständen verursachen einen erhöhten Fahrverkehr auf dem Wasserwerksgelände.
- Kalkablagerungen in Warmwassergeräten und -leitungen werden bei enthärtetem

Wasser verringert. Die Lebensdauer von Geräten und Armaturen im Warmwasserbereich kann sich erhöhen und der Wartungsaufwand für die Warmwasserbereitung verringern.

- Der Zeit- und Arbeitsaufwand für Reinigungsmaßnahmen (Armaturen, Fliesen) im Haushalt ist bei enthärtetem Wasser geringer.
- Bei der Warmwasserbereitung kann Energie eingespart werden.

Auswahlkriterien für Enthärtungsverfahren

Verfahrensübersicht

In der Praxis der zentralen Trinkwasserenthärtung werden die Verfahren

- Fällung,
- Ionenaustausch und
- Membranfiltration

eingesetzt.

Die Fällungsverfahren, im Wesentlichen die Langsam- und die Schnellentcarbonisierung, sind durch Zugabe von basischen Calcium- oder Natriumverbindungen gekennzeichnet. Dabei entstehen unlösliche Carbonate in Form von Schlämmen (Langsamentcarbonisierung) oder Kalksteinkügelchen, so genannten Pellets oder Hartkörnern (Schnellentcarbonisierung).

Bei der Enthärtung mit stark sauren Kationenaustauschern in der Natriumform erfolgt der Austausch der Härtebildner gegen Natriumionen und mit schwach sauren Kationenaustauschern gegen Wasserstoffionen. Stark saure Kationenaustauscher finden häufig bei der dezentralen Enthärtung in Haushaltsanlagen Anwendung. Ihre Anwendung zur zentralen Enthärtung ist nicht zulässig, wenn sie mit Natriumchlorid regeneriert werden. Für die zentrale Enthärtung werden schwach saure Kationenaustauscher eingesetzt. Die dabei freigesetzten Wasserstoffionen bilden mit Hydrogencarbonat Kohlenstoffdioxid, das mittels physikalischer Entsäuerung entfernt werden kann. Die Regeneration dieser Kationenaustauscher kann mit Kohlensäure erfolgen.* ►

* Das Ionenaustauschverfahren wird häufig dann eingesetzt, wenn neben den Härtebildnern auch Anionen aus dem Wasser entfernt werden sollen. In solchen Fällen wird der schwach saure Kationenaustauscher mit einem stark sauren Anionenaustauscher kombiniert und als Mischbett betrieben. Bei diesem Verfahren, das in der Literatur als CARIX-Prozess bezeichnet wird, können die Ionenaustauscherharze mit Kohlensäure besonders effizient regeneriert werden.

MEHR WASSER- DRUCK, WENIGER KOSTEN- DRUCK.



WASSER
BERLIN 2006

HALLE 3.2b
STAND 225

Durch die kompakte Bauweise unserer Druckmantelpumpen sind aufwendige Pumpwerke oder Pumpstationen überflüssig. Die Montage ist platzsparend, einfach und somit kostengünstig. WILO EMU Druckmantelpumpen sind überflutungssicher und äußerst geräuscharm.

WILO EMU GmbH
Heimgartenstraße 1 · 95030 Hof
Tel. 0 92 81/974-0 · Fax 0 92 81/9 65 28
www.wiloemu.com

WILO EMU

Rechtsvorschriften und technische Regeln

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser-Verordnung – TrinkwV 2001); Artikel 1 der Verordnung zur Novellierung der Trinkwasser-Verordnung vom 21. Mai 2001. BGBl. I S. 959

Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasser-Verordnung 2001.

(Die Liste wird in unregelmäßigen Abständen überprüft und geändert; die jeweils aktuelle Fassung steht auf der Internetseite des Umweltbundesamtes zur Verfügung: www.umweltbundesamt.de)

Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz – WRMG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 1987. BGBl. 1 S. 875 (Neufassung wird vorbereitet)

DIN 2000: Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser; Planung, Bau und Betrieb der Anlagen.

DIN 50930 Teil 6: Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen,

Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer – Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit.

DIN EN 12502 (Teile 1 bis 5): Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung von Korrosionswahrscheinlichkeiten in Wasserverteilungs- und -speichersystemen.

DIN 1988-7: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI) - Teil 7: Vermeidung von Korrosionsschäden und Steinbildung; Technische Regel des DVGW.

DVGW W 221-1 (A): Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen; Teil 1: Grundsätze und Planungsgrundlagen

DVGW W 221-2 (A): Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen; Teil 2: Behandlung

DVGW W 221-3 (A): Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen; Teil 3: Vermeidung, Verwertung und Beseitigung

Von den Membranverfahren kommen zur Enthärtung die Nanofiltration, die Umkehrosmose und grundsätzlich auch die Elektrodialyse in Betracht. Diese Verfahren sind dann besonders interessant, wenn neben der Enthärtung noch andere Aufbereitungsziele erreicht werden sollen (z. B. Entsalzung, DOC-Eliminierung). Üblicherweise wird nur ein Teilstrom enthärtet.

Kriterien zur Verfahrensauswahl

Bei allen Verfahren zur zentralen Enthärtung treten neben dem gewünschten Haupteffekt (Entzug von Calcium) noch andere Wirkungen auf, die im Einzelfall erwünscht oder auch unerwünscht sein können. Darüber hinaus ist die Auswahl des geeignetsten Enthärtungsverfahrens auch von einer Vielzahl sehr unterschiedlicher Faktoren abhängig. Neben wirtschaftlichen Belangen sind hier vorrangig folgende Aspekte zu nennen:

- Inhaltsstoffe im Rohwasser
- Aufbereitungsziel (Trinkwasserzusammensetzung, korrosionschemische Eigenschaften)

- Aufbereitungsmenge und -volumenstrom
- Dosierung von Aufbereitungsstoffen
- Entsorgung bzw. Verwertung von Reststoffen
- Nachbehandlung des Wassers
- Automatisierungsgrad
- Personalqualifikation
- Kontext des Enthärtungsverfahrens in der aktuellen Aufbereitungssituation

Allgemein gültige Empfehlungen für die Wahl des für den Einzelfall geeignetsten Enthärtungsverfahrens können nicht gegeben werden. Für eine erste Sondierung sind jedoch einige grundlegende Kriterien zu beachten, die nachstehend erläutert werden.

Grundvoraussetzung für Überlegungen zur zentralen Enthärtung ist das Vorliegen einer Wasseranalyse, die mindestens die Parameter pH-Wert, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Säurekapazität bis pH 4,3 ($K_{S,4,3}$), Basekapazität bis pH 8,2 ($K_{B,8,2}$), Chlorid, Sulfat, Nitrat, Temperatur,

Leitfähigkeit, gesamt gelöster organischer Kohlenstoff (TOC), spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK_{254}), Phosphat, Trübung, Eisen und Mangan umfasst. Je nach Verfahren kann eine Erweiterung des Analysenumfangs z. B. für Aluminium, Strontium oder Barium erforderlich werden. Mit Hilfe dieser Kenntnis der Wasserinhaltsstoffe ist dann eine grundsätzliche Prognose für die Einsetzbarkeit des Verfahrens und die daraus resultierende korrosionschemische Beschaffenheit des enthärteten Wassers möglich. Beispielsweise kommen Fällungsverfahren nur dann in Betracht, wenn die Konzentration an Stoffen, die die Kristallisation von Calciumcarbonat hemmen, nicht zu hoch ist. Solche Kristallisationshemmer sind insbesondere Phosphate, Huminstoffe und Eisen. Da durch die Fällungsverfahren gleichzeitig auch die Hydrogencarbonatkonzentration (Säurekapazität bis pH 4,3) und damit die Pufferkapazität des Wassers vermindert, die Konzentration an Chlorid, Sulfat und Nitrat jedoch nicht beeinflusst wird, können sich die korrosionschemischen Eigenschaften des zu enthärtenden Wasser verschlechtern. Gegebenenfalls kann sogar eine zentrale Dosierung von Korrosionsinhibitoren erforderlich werden.

Für Ionenaustausch- und Membranverfahren muss das zu enthärtende Wasser trübstofffrei sein. Das Wasser darf zudem keine gelösten Stoffe enthalten, die zur Belagbildung auf dem Ionenaustauscherharz oder den Membranen führen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auch auf Eisen, Mangan, Aluminium und Huminstoffe zu achten, bei Membrananlagen zusätzlich noch auf andere Stoffe wie z. B. Strontium, Barium oder Silikat. Wenn das Wasser diesen verfahrenstypischen Anforderungen nicht entspricht, muss eine Voraufbereitung zur Entfernung störender Stoffe erfolgen oder es müssen Kristallisationsinhibitoren (Antiscalants) eingesetzt werden.

Bei allen Enthärtungsverfahren werden in der Regel Chemikalien (Aufbereitungsstoffe) benötigt. Bei deren Auswahl und Anwendung sind die Bestimmungen der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasser-Verordnung 2001 zu beachten.

Fällungsverfahren arbeiten entweder mit Calciumhydroxid in Form von Kalkwasser (wässrige Lösung von Calciumhydroxid) oder Kalkmilch (Suspension von Calcium-

hydroxid) oder mit Natronlauge (wässrige Lösung von Natriumhydroxid). Während Kalkwasser in so genannten Sättigern im Wasserwerk hergestellt werden muss, kann Kalkmilch auch als stabilisierte Suspension im Handel bezogen werden. Die Verwendung von stabilisierter Kalkmilch ist deshalb, ebenso wie die Verwendung von Natronlauge, verfahrenstechnisch einfacher. Bei der Auswahl der Aufbereitungsstoffe ist ferner zu beachten, dass die eingesetzten Chemikalien die korrosionschemischen Eigenschaften des enthärteten Wassers unterschiedlich stark mitbestimmen. Für Wasser mit einem hohen Anteil an Karbonathärte an der Gesamthärte ist Calciumhydroxid anwendbar, bei Wässern mit niedrigem Karbonathärteanteil bietet dagegen Natronlauge Vorteile. Die Dosierung von Natronlauge erhöht dafür wiederum die Natriumkonzentration des Wassers, und zwar um etwa 23 mg/l bei Herabsetzung der Calciumkonzentration um 1 mmol/l (5,6 °dH). Der Grenzwert für Natrium im Trinkwasser von 200 mg/l darf in keinem Fall überschritten werden. Bei den Ionenaustauschverfahren stellt das Austauschermaterial selbst einen Aufbereitungsstoff dar, welches sich nach einer bestimmten Laufzeit erschöpft und durch Zuführung von Mineralsäuren oder einer Kohlensäurelösung regeneriert werden muss. Bei den Membranverfahren werden zur Vorbeugung einer Membranverblockung („Scaling“) häufig Kohlenstoffdioxid und/oder die o. g. Antiscalants (z. B. Polyphosphate) benötigt.

Bei allen Verfahren ist eine Nachbehandlung des enthärteten Wassers erforderlich. Diese besteht bei den Fällungsverfahren in einer Filtration, gegebenenfalls gekoppelt mit einer vorhergehenden Flockung. Da das Wasser nach der eigentlichen Fällungsstufe in der Regel deutlich calcitabscheidend ist, sind meist Maßnahmen zu treffen, um eine Verbackung des Filtermaterials bei der nachfolgenden Filtration zu vermeiden. Sowohl bei den Ionenaustauschverfahren als auch bei den Membranverfahren ist das enthärtete Wasser calcitlösend und muss entsäuert werden.

Von entscheidender Bedeutung für die Wahl des Enthärtungsverfahrens können die vor Ort zur Verfügung stehenden Entsorgungsmöglichkeiten sein. Die bei der Fällungsenthärtung anfallenden Mengen an Calciumcarbonat (Schlamm und/oder Pellets) sind beträchtlich: Beispielsweise entstehen bei der Enthärtung von 1 Mio. m³ Wasser um 1 mmol/l (5,6 °dH) bei Einsatz von Natronlauge ca. 100 t und

bei Verwendung von Calciumhydroxid ca. 200 t Calciumcarbonat (berechnet als Trockenrückstand). Diese Rückstände müssen einer Verwertung zugeführt werden, eine Deponierung kommt nur in Ausnahmefällen in Frage (siehe DVGW-Arbeitsblattreihe W 221). Die bei der Schnellentcarbonisierung entstehenden kompakten Pellets entwässern sehr schnell und können z. B. in der Landwirtschaft (sofern sie nicht eisenhaltig sind) oder als Baumaterial Verwendung finden. Auch für das Calciumcarbonat aus der Langsamentcarbonisierung existieren Verwertungsmöglichkeiten, z. B. in der Papierindustrie. In der Regel muss der anfallende Calciumcarbonatschlamm entwässert werden, bevor er einer Verwertung zugeführt werden kann. Die bei der Spülung der nachgeschalteten Filter anfallenden schlammhaltigen Filterspülwässer müssen ebenfalls im Entsorgungskonzept berücksichtigt werden.

Eine Verwertung der Konzentrate, die bei den Membranverfahren anfallen, oder der Regenerate, die beim Ionenaustauschprozess entstehen, ist kaum möglich. Eine Entsorgung dieser flüssigen Rückstände kann praktisch nur durch Einleitung in öffentliche Abwasseranlagen oder in Gewässer erfolgen, wofür die Erlaubnis des Betreibers der Abwasseranlage bzw. eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist. Vorteilhaft beim Ionenaustauschverfahren mit Kohlensäureregeneration ist, dass keine zusätzlichen belastenden Stoffe in die Umwelt gelangen.

Sowohl Ionenaustauschverfahren als auch Membranverfahren sind im Allgemeinen problemlos zu automatisieren, wenn keine umfangreiche Voraufbereitung erforderlich ist. Die Prozesse sind außerdem relativ unempfindlich gegenüber Durchsatzschwankungen, was teilweise auch für die Langsamentcarboni-

sierung gilt. Der Enthärtungsprozess in Schnellentcarbonisierungsanlagen reagiert empfindlich auf rasche Durchsatzänderungen, die Zugabe von Kontaktmasse (zur Fällungsbeschleunigung) oder auf den Abzug von Pellets.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Wirkung der einzelnen Enthärtungsverfahren sowie deren wichtigste Nebeneffekte. Abschließend sollte nochmals betont werden, dass zur Verfahrensauswahl stets eine detaillierte Prüfung des Einzelfalles erfolgen muss, die auch eine genaue Kalkulation der Investitions- und Betriebskosten unter Berücksichtigung des Ausmaßes der Enthärtung, der örtlichen Gegebenheiten und der notwendigen Voraufbereitung beinhaltet. Die versuchsweise Verfahrensanwendung in Form einer Pilotanlage ist empfehlenswert.

Autor:

Projektkreis „Zentrale Enthärtung im DVGW-Technischen Komitee „Wasseraufbereitungsverfahren“

Kontakt:

Dipl.-Ing. Rainer Ließfeld
 DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.
 Technisch-wissenschaftlicher Verein
 Josef-Wirmer-Str. 1-3
 53123 Bonn
 Tel.: 0228 9188-656
 Fax: 0228 9188-988
 E-Mail: liessfeld@dvwg.de
 Internet: www.dvbw.de



Wasserverlustmessung

- Korrelation
- Tracergasortung
- Leitungssuche (z.B. AZ, PVC)
- Zählervergleichsmessung
- Rohrnetzuntersuchung

Geo-Informatik

- Vermessung (GPS, Sapos, Tachy)
- GIS-Datenerfassung (Wasser, Gas, Kanal)
- Div. GIS-Software (Kominfo, LIDS, GemGIS)

Bernhard Höpflinger • 84437 Reichertshausen • Tel. 08073 / 9217 • Fax 9218
 Nicht nur besser. Anders! www.hoepflinger.de



Herlisil GmbH

Vertrieb
 Herrschinger Str. 2
 82266 Inning

Tel. +49 (0)8143 - 938420
 Fax: +49 (0)8143 - 938440
 e-mail: info@herli.de
 Internet: www.herli.de

Sitz der Gesellschaft:
 Silostr. 65
 65929 Frankfurt/Main

Desinfektion und Reinigung von Trinkwasseranlagen
Legionellen-Bekämpfung