

Zentrale Enthärtung von Wasser in der Trinkwasserversorgung – das neue DVGW-Arbeitsblatt W 235 – Teil 1

Um den Wünschen der Kunden entgegenzukommen, werden zunehmend harte Trinkwässer zentral enthärtet. Das neue DVGW-Arbeitsblatt W 235 – 1: „Grundsätze und Verfahren“ bietet einen übersichtlichen Vergleich der geeigneten Verfahren zur zentralen Enthärtung und zeigt auf, wie sie zu bewerten sind, um eine sinnvolle und nachhaltige Entscheidung zu treffen.

Zunehmend mehr Wasserversorger werden mit Anfragen der Bürger zur zentralen Enthärtung konfrontiert und der Bedarf nach einer Leitlinie für die Orientierung und Entscheidungsfindung wurde offensichtlich. Als Ergebnis der DVGW-Aktivitäten wurde im Oktober 2009 das DVGW-Arbeitsblatt W 235 „Zentrale Enthärtung von Wasser in der Trinkwasserversorgung – Teil 1: Grundsätze und Verfahren“ zur Anwendung freigegeben [1]. Mit diesem Arbeitsblatt steht Wasserversorgungsunternehmen und Planern eine erste Technische Regel zum Bau von zentralen Enthärtungsanlagen zur Verfügung. Neben der Erläuterung der Verfahrensgrundlagen werden alle wesentlichen für die Entscheidungsfindung relevanten Aspekte dargestellt, vergleichend erläutert und kritisch bewertet. Fällungs- und Ionenaustauschverfahren wer-

den derzeit noch im Detail weiter bearbeitet und sollen als DVGW-Arbeitsblätter W 235-2 und W 235-3 erscheinen. Die Enthärtung und Entsalzung mittels Membranverfahren wird im Projektkreis Nanofiltration bearbeitet. Zur zentralen Enthärtung werden Fällungsverfahren (Schnell- und Langsamentcarbonisierung), Ionenaustauschverfahren und Membranverfahren eingesetzt. Sie unterscheiden sich nicht nur in ihrer Technologie und ihrer Automatisierbarkeit, sondern auch in

- dem korrosionschemischen Verhalten des enthärteten Wassers,
- den eingesetzten Aufbereitungsmitteln und
- in den Vermeidungs-, Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten der anfallenden Rückstände.

Gesetzliche Grundlagen

Für die Härte gibt es in der Trinkw 2001 keinen oberen oder unteren Grenzwert. Gemäß § 4(1) sind allerdings bei der Wasseraufbereitung die allgemein anerkannten Regeln der Technik einzuhalten [2]. Diese Regeln zielen überwiegend auf eine Erhöhung von Calciumkonzentration und/oder Säurekapazität zur Stabilisierung ab [3, 4]. Allerdings soll nach DIN 2000 der Gehalt an Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen „nicht so hoch sein, dass der Gebrauch des Trinkwassers für die üblichen technischen Zwecke im Haushalt unverhältnismäßig stark beeinträchtigt wird“ [5]. Zur Angleichung von unterschiedlichen Beschaffenheiten wird im DVGW-Arbeitsblatt W 216 auch die zentrale Teilenthärtung als Möglichkeit genannt [6]. Eine Obergrenze

für die Härte ergibt sich aber auch aus den anerkannten Regeln der Technik nicht.

Trinkwasserhärte und Zufriedenheit der Verbraucher

Die Zufriedenheit der Verbraucher hängt stark von der sinnlich wahrnehmbaren und erfahrbaren Beschaffenheit des Trinkwassers ab. Mit der Härte sind ab einer gewissen Höhe spürbar erhebliche Nachteile, wie z. B. harte und brüchige Wäsche, verkalkte Wasserkocher oder Kalksteinränder an Badewannen und Duschkabinen, verbunden. Die Qualität eines harten Trinkwassers wird dann oft als „schlecht“ empfunden, obgleich es voll den gesetzlichen Anforderungen entspricht. Dies führte und führt immer noch zu einer Verbreitung von dezentralen Enthärtungsanlagen und zunehmend zum Wunsch der Bürger nach einer zentralen Enthärtung.

Ziele und Grenzen der Enthärtung

Bei allen drei zur zentralen Enthärtung genutzten Verfahren werden Härte und Säurekapazität reduziert, beim Ionenaustausch- und Membranverfahren auch die Konzentration an Magnesium und Anionen, wie z. B. Sulfat und Nitrat. In jedem Fall ist der pH-Wert der Calcitsättigung nach Abschluss der Aufbereitung höher. Dadurch wird das Potenzial zur Erhöhung der Schwermetallkonzentrationen im Trinkwasser in der Hausinstallation deutlich verringert. Andererseits können auch unerwünschte Korrosionsarten auftreten, wenn die Konzentration an Calcium- und Hydrogencarbonationen deutlich verringert, aber die der Anionen Sulfat, Chlorid und Nitrat unverändert ist. Die kritische Bewertung der Folgen einer zentralen Enthärtung für die Korrosionsvorgänge im Rohrnetz des Wasserversorgungsunternehmens und in der Hausinstallation der Verbraucher hat deshalb hohe Priorität und ist unverzichtbar für die Verfahrenswahl. Im Zweifel sind praktische korrosionschemische Voruntersuchungen angebracht.

Die Möglichkeit einer Enthärtung sollte dann geprüft werden, wenn die Härte über 3,5 mmol/l (19,5 °dH) liegt. Unterhalb einer Rohwasser-Härte von 2,0 mmol/l (11,2 °dH) ist eine zentrale Enthärtung in aller Regel nicht sinnvoll. Die Verringerung der Härte sollte aus wirtschaftlicher Sicht nicht unter 1 mmol/l liegen, es sollten aber aus korrosionschemischen Gründen mindestens 20 mg/l Calcium und 1,5 mmol/l Hydrogencarbonat im Trinkwasser verbleiben. Die Anforderungen nach DIN 50930-6 bzw. DIN EN 12502-1 bis DIN EN 12502-5 sind auf jeden Fall zu beachten [2, 3]. In der Praxis wird meist eine Härte von ca. 1,8 bis 2,4

mmol/l (10-13 °dH) angestrebt, um den Härtebereich „mittel“ zu gewährleisten.

Als zusätzliches ergänzendes Entscheidungskriterium wird für das harte Trinkwasser das Überschreiten einer Calcitabscheidkapazität von 70 mg/l bei einer Wassertemperatur von 90 °C ($D_{C,90\text{ °C}}$) angegeben. Dieser Wert kann berechnet oder mittels eines Prüfverfahrens (Kochtest) gemessen werden. Die Verfahren sind in W 235-1 beschrieben. Die Berechnung ist zwar einfacher, bei der Messung werden jedoch Einflüsse von Wasserinhaltsstoffen mit erfasst, die gegebenenfalls die Auswirkungen der Härte beim Verbraucher verstärken (z. B. Mikrokristalle) oder dämpfen (natürliche Fällungsinhibitoren wie Huminstoffe). Deshalb können sich Mess- und Berechnungsergebnisse merklich unterscheiden, aber auch in ihrer Aussage ergänzen. Diese zusätzliche Entscheidungshilfe wurde aufgenommen, da z. B. bei vergleichsweise hohen Konzentrationen an Hydrogencarbonat die Auswirkungen der Härte deutlicher sind, als es die Härteangabe vermuten lässt.

In **Tabelle 1** sind einige Rechenbeispiele zusammengestellt. Die Wässer 1 bis 3 sind Rohwässer vor Enthärtungsanlagen. Interessant ist hier Wasser Nr. 2, das auf Grund der sehr hohen Säurekapazität auch bei einer Härte von 3,0 mmol/l bereits einen sehr hohen $D_{C,90\text{ °C}}$ -Wert aufweist. Wasser Nr. 3a ist das Wasser Nr. 3 nach Enthärtung. Wasser 4 ist aus Rohwasser aufbereitetes Trinkwasser, über dessen Härte keine Klagen bekannt sind. Die Wässer 5 und 6 sind Trinkwässer von Versorgungsunternehmen, die sich schon seit Längerem mit dem Bau von Enthärtungsanlagen beschäftigen.

Verfahrenswahl

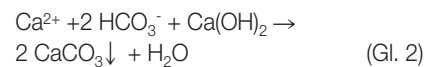
Ein ausführliches Kapitel des DVGW-Arbeitsblattes W 235-1 ist der Auswahl des Verfahrens gewidmet. Die Randbedingungen wie Rohwasserbeschaffenheit, Volumenströme, Aufbereitungsziel, Anlagentechnik, gegebenenfalls notwendige Vorbehandlung, Nutzung vorhandener Anlagenteile, Chemikalienversorgung, Entsorgung der Rückstände und Personalqualifikation für die drei Verfahren werden ausführlich erläutert und kritisch bewertet. Zusätzlich werden Hinweise zur Planung gegeben, wovon der Hinweis auf die fundierte korrosionschemische Bewertung des aufbereiteten Wassers unbedingt beachtet werden sollte.

Fällungsverfahren

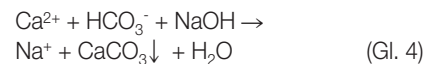
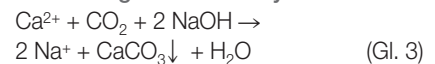
Bei den Fällungsverfahren werden dem Rohwasser Calciumhydroxid (Kalkmilch, Kalkwasser) oder Natriumhydroxid (Na-

tronlauge) zugesetzt. Dabei finden folgende Reaktionen statt:

Enthärtung mit Calciumhydroxid:



Enthärtung mit Natriumhydroxid:



Der Verbrauch von Lauge zur Ausfällung von CO_2 wird häufig durch eine vorgeschaltete physikalische Entsäuerung reduziert. Die Reaktionsmechanismen beider Verfahren weisen folgende wichtige Unterschiede auf: Bei der Fällung von CO_2 mit Natronlauge wird Calcium aus dem Rohwasser mit entfernt (Gl. 3). Beim Einsatz von Calciumhydroxid wird nur das damit eingetragene Calcium wieder entfernt, die Härte verändert sich also nicht (Gl. 1). Pro mol Hydrogencarbonat kann bei der Enthärtung mit Natronlauge mehr als doppelt so viel rohwasserbürtiges Calcium entfernt werden wie bei der Enthärtung mit Calciumhydroxid. Demnach ist bei der Enthärtung mit Natronlauge bei gleicher Zielhärte die Hydrogencarbonatkonzen-

DALMINEX EINBAUGARNITUREN



Produzent von Einbaugarnituren

- ◆ starr oder verstellbar
- ◆ als Teleskop-System
- ◆ für Kugelhähne, Absperrklappen, Schieber- und Hausanschlussarmaturen

Auszug aus unserem Zubehörprogramm

- ◆ Handräder
- ◆ Bedienungsanschlüsse nach DIN
- ◆ Hydrantenschlüssel und Schachthaken
- ◆ Mechanische Räderzeigerwerke
- ◆ Markierungsscheiben für Teleskop-EBG
- ◆ Dreikantschoner und Muffen
- ◆ Dreikant-Bedienungsschlüssel
- ◆ Bedienungsschlüssel-Adapter

Dalminex GmbH
Helleforthstraße 87 • D-33758 Schloß Holte-Stukenbrock
Telefon +49. (0)52 07. 91 37 - 12 • info@dalminex.de • www.dalminex.de

TYP DALMINEX PLUS DVGW GW336

Tabelle 1: Mess- und Rechenergebnisse zur Calcitabscheidekapazität bei 90 °C								
Wasser Nr.		1	2	3	3a	4	5	6
Wasserart		Rohw			Trinkw			
pH-Wert	–	6,93	7,25	7,12	7,84	7,86	7,24	7,18
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	5,8	6,5	5,6	2,1	2,3	5,2	4,9
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	1,36	1,00	1,05	0,05	0,08	0,60	0,69
Calcium	mg/l	158	89	123	53	44	132	125
Magnesium	mg/l	3	20	13	13	8	13	13
Härte	mmol/l	4,1	3,0	3,6	1,9	1,4	3,8	3,7
	°dH	22,9	17,0	20,2	10,4	7,8	21,4	20,5
Calcitabscheidekapazität bei T _B	mg/l	2,5	0	7,3	0	-2,1	20	0
Calcitabscheidekapazität bei 90 °C	mg/l	108	96	105	19	19	102	78
Calcitabscheidekapazität bei 90 °C (offenes System mit CO ₂ -Verlust)	mg/l	140	122	130	22	22	119	100
Calcitabscheidekapazität im Kochtest (offenes System mit CO ₂ -Verlust)	mg/l	153			35		150	80

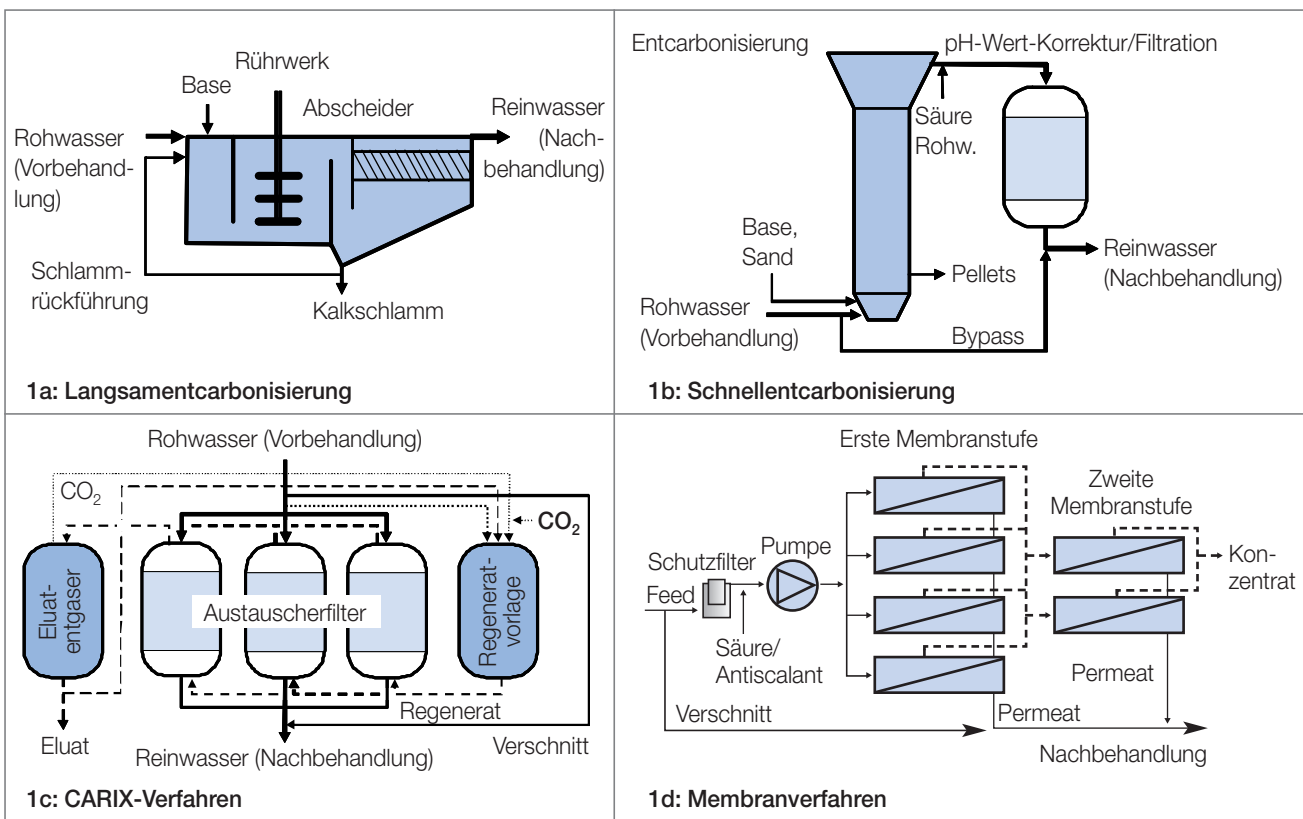
Quelle: IWW

tration im Trinkwasser deutlich höher, was aus korrosionschemischer Sicht günstig ist, und der Calciumcarbonatanfall ist deutlich geringer. Allerdings verbleibt das Natriumion aus der Natronlauge im Wasser.

Die Fällung erfolgt in Reaktoren, in denen das gegebenenfalls vorentsäuerte Rohwasser beim Laugenzusatz mit einer großen Menge an kristallinem Calciumcarbonat in Kontakt steht. An der Calcit-Oberfläche fällt

das Calciumcarbonat – bis zu 600 g/m³ – aus und lagert sich idealerweise dort an. Das ablaufende Wasser wird meist durch Verschnitt mit Rohwasser und/oder Zugabe von Säure sowie gegebenenfalls durch Dosierung von Flockungs- und/oder Flockungshilfsmittel konditioniert und dann filtriert. Man unterscheidet zwei Verfahren: Bei der Langsamentcarbonisierung (LEC) moderner Bauart erfolgt die Fällung von Calciumcarbonat in Mehrkammerflockungsanla-

gen, die mittels Flockungs- und/oder Flockungshilfsmitteln gut sedimentierbare Flocken erzeugen und diese mittels Parallelplatten abscheiden (Abb. 1a). Zur Fällungsbeschleunigung wird ein Teil des Calciumcarbonatschlammes in den Anlagenzulauf zurückgeführt. Die Bezeichnung „Langsamentcarbonisierung“ ist historisch gewachsen, aber heute bei Aufenthaltszeiten in den Anlagen von lediglich 15 bis 30 Minuten nicht mehr gerechtfertigt.



Quelle: [1]

Abb. 1: Verfahrensschemata zur zentralen Enthärtung

Bei der Schnellentcarbonisierung (SEC) wird die Lauge im unteren Bereich eines aufwärts durchströmten Schwebebettreaktors zum Rohwasser dosiert (Abb. 1b). Das Schwebebett besteht im laufenden Betrieb aus 0,5 bis 2 Millimeter großen Calciumcarbonatkügelchen (Pellets), die einen kleinen Impfkern aus Quarzsand oder – seltener – Kalkstein- oder Granatsand haben (Abb. 2). Auf dieser sich ständig erneuernden Kristalloberfläche findet der Aufwuchs des Kalksteins statt. Bei genügend angewachsener Kornmasse werden unten regelmäßig Pellets entnommen und Impfmateriale wird nachgefüllt. Die Pellets sind in der Regel problemlos zu verwerten, z. B. in der Kalkindustrie. Die SEC ist bezüglich der Rohwasserbeschaffenheit und der Kalkmilchqualität anspruchsvoller als die LEC, die Anlagentechnik und die Entsorgung sind aber einfacher. SEC- und LEC-Anlagen sind weitestgehend automatisierbar. Beide Fällungsverfahren haben im Vergleich zu den beiden anderen Enthärtungsverfahren den Vorteil, dass sie bezüglich der Rohwasserbeschaffenheit weniger anspruchsvoll sind. Aktuell sind in Deutschland ca. 35 SEC- bzw. 11 LEC-Anlagen mit einer kumulierten Aufbereitungsleistung von ca. 18.000 m³/h bzw. 14.000 m³/h Trinkwasser in Betrieb.

Ionenaustauschverfahren

Für die zentrale Enthärtung mittels Ionenaustausch wird bislang nur das CARIX-Verfahren eingesetzt und auch das DVGW-Arbeitsblatt W 235-1 behandelt nur dieses (Abb. 1c). Eine Mischung aus schwach saurem Kationenaustauscherharz und stark basischem Anionenaustauscherharz wird mit einer vergleichsweise hoch konzentrierten Kohlen säurelösung unter Druck regeneriert. Dabei liegt in der Regenerierlösung eine genügend hohe Konzentration an Protonen und Hydrogencarbonationen vor, um einen ausreichend großen Anteil der funktionellen Gruppen regenerieren zu können. So können zwei entgegengesetzt wirksame Harzarten ohne Trennung mit nur einer Chemikalie regeneriert werden und liegen dann in der H⁺-Form bzw. Hydrogencarbonat-Form vor. Calcium- und Magnesiumionen werden dann im Betrieb gegen Protonen ausgetauscht. Vor allem Sulfat, aber auch Nitrat und Chlorid wird gegen Hydrogencarbonat ausgetauscht. Protonen und Hydrogencarbonat reagieren zu CO₂, das sich dann im Ablauf befindet. So wird das Wasser teilenthärtet, -entcarbonisiert und -entsalzt. Wird auf das Anionenaustauscherharz verzichtet, ist auch eine reine Enthärtung und Entcarbonisierung möglich. Das behandelte Wasser enthält sehr viel CO₂ und wird – in der Regel nach Verschnitt mit nicht enthartetem Wasser – physikalisch bis zum Gleichgewichts-pH-Wert entsäuert. Da

bei der Regeneration des Harzes nur ein sehr geringer Teil des CO₂ verbraucht wird, muss es aus Kostengründen weitestgehend zurückgewonnen werden. Diese komplexe CO₂-Rückgewinnung in Kombination mit der relativ geringen nutzbaren Austauschkapazität erfordert eine vergleichsweise aufwändige Anlagentechnik mit Entgasern, Vakuumpumpen und Kompressoren sowie großen Harzbehältern. Der Zulauf muss weitestgehend frei von gelöstem Eisen und Mangan sein. Eine mineralische Trübung wird in gewissem Umfang toleriert, da die Austauscherfilter sehr häufig regeneriert und dabei auch rückgespült werden. Von mindestens drei Filterbehältern ist einer immer in Regeneration, während die anderen zur Aufbereitung dienen. Das Verfahren ist voll automatisiert. Durch die Veränderung der Harzmischung kann auf Veränderungen der Rohwasserbeschaffenheit reagiert und die Beschaffenheit des aufbereiteten Wassers beeinflusst werden. Das Regenerat enthält nur die aus dem Wasser entfernten Stoffe. Nachteilig sind der große Anfall von Regenerat (5 bis 20 Prozent der Rohwassermenge) und dass dessen Entsorgung auf Probleme stoßen kann. Aktuell sind 13 CARIX-Anlagen mit einer Gesamt-Aufbereitungsleistung von ca. 2.500 m³/h Trinkwasser in Betrieb.

Membranverfahren

Membrananlagen bestehen typischerweise aus mehreren parallel und hintereinander geschalteten Modulen, in denen das sehr sorgfältig vorbehandelte Wasser mittels einer Membran in einen weitgehend salzfreien Permeatstrom und einen Konzentratstrom mit den entfernten Salzen aufgetrennt wird (Abb. 1d und Abb. 3). CO₂ passiert die Membran ohne Widerstand. Im Konzentrat wird in der Regel schon innerhalb der Module eine Reihe von Löslichkeitsprodukten, wie z. B. von Calciumcarbonat, zumindest lokal überschritten. Die Bildung von Ablagerungen auf der Membran wird sowohl durch eine ausgeklügelte Strömungsführung als auch durch die Dosierung von Scalinginhibitoren und gegebenenfalls Mineralsäure meist erfolgreich verhindert. Das Permeat wird in der Regel mit einem Bypassstrom bis zur Zielhärte verschnitten und dann physikalisch entsäuert. Durch die Auswahl der Membran kann die Permeatbeschaffenheit in gewissen Grenzen beeinflusst werden. Mit dem Membranverfahren können zusätzlich auch natürliche organische Wasserinhaltsstoffe und störende organische Spurenstoffe entfernt werden [7]. Das Verfahren ist voll automatisierbar. Nachteilig ist auch hier der große Anfall von Konzentrat (5 bis 20 Prozent der Rohwassermenge), dessen Entsorgung durch die darin enthaltenen Inhibitoren, ►

Technologien für die Trinkwasserbehandlung



Korrosionsschutz wasserführender Systeme, Vermeidung von Rostwässern und Aufeisungen, Verminderung von Kupfer-Flächenkorrosionen:

- » Phosphate aus eigener Produktion
- » Carbonataktivierte Silikatlösungen
- » Kombinationsprodukte basierend auf Phosphaten und carbonataktivierten Silikaten
- » Integrations-Verfahren®



Flockung:

- » Primärflockungsmittel (Eisen- und Aluminiumsalze, PAC)
- » Flockungshilfsmittel (anionische, kationische und nichtionische Polymere)



Produkte für Membranfiltrationsanlagen:

- » Antiscalants
- » Reiniger

BKG Water Solutions hat mehr als 50 Jahre Erfahrung in der Wasserbehandlung. Als Hersteller und Lieferant verfügen wir über effiziente Produkte und Verfahren sowie professionelle Beratung, umfassenden technischen Service gemäß ISO-Qualitätsstandard, unterstützt durch unsere Forschungs- und Entwicklungsabteilung.

Partner der Stadt- und Wasserwerke | BKG Water Solutions

BK Giulini GmbH
Giulinistraße 2
D - 67065 Ludwigshafen
Tel.: +49 (0)621 5709-01
Fax: +49 (0)621 5709-237

BK Giulini GmbH
Niederheider Str. 22
D - 40589 Düsseldorf
Tel.: +49 (0)211 797 9190
Fax: +49 (0)211 798 2262

E-Mail: water.solutions@bk-giulini.com

www.bkgwater.com • www.bk-giulini.com

Anionen und gegebenenfalls zugesetzte Mineralsäuren zudem schwieriger sein kann als die Entsorgung des Eluats einer CARIX-Anlage. Ende 2008 waren in Deutschland ca. 28 Membrananlagen zur Teilentsalzung mit einer Trinkwasserproduktionsmenge von ca. 19 Mio. m³/a in Betrieb [8].

Anforderungen

Im DVGW-Arbeitsblatt W 235-1 werden Anforderungen an die Aufbereitungsstoffe, den Betrieb und die MSR-Technik formuliert. Die Anforderungen an die Aufbereitungsstoffe ergeben sich primär aus der Liste der Auf-

bereitungsstoffe nach §11 TrinkwV 2001 und den entsprechenden Produktnormen. Für den Einsatz von Kalkmilch für die Schnell- und Langsamentcarbonisierung sind noch zusätzliche Bewertungskriterien, wie z. B. eine möglichst niedrige Lösezeit, zu berücksichtigen. Bei der Verfahrenswahl ist zu berücksichtigen, ob und zu welchen Kosten beispielsweise eine bestimmte Produktqualität an einem bestimmten Ort sicher zur Verfügung steht.

Die Anforderungen an den Betrieb basieren auf der Zielsetzung einer möglichst hohen und gleichbleibenden Qualität des Trinkwassers. Hierfür ist ein kontinuierlicher Betrieb zu bevorzugen. Bei diskontinuierlichem Betrieb sind die Anlagen von Anfang an speziell hierfür zu konzipieren und es ist möglichst ein ausreichend großer Behälter zur Vergleichmäßigung nachzuschalten. Beim CARIX-Verfahren und den Membranverfahren konzentrieren sich die Arbeiten auf die Versorgung der Anlagen mit Chemikalien, die Bewertung der kontinuierlich gemessenen Parameter und regelmäßige Wartungsarbeiten, wie z. B. die Membranreinigung oder die Kompressorwartung. Der Betrieb selbst ist weitestgehend automatisiert. Bei allen Anlagen sind zusätzlich in unterschiedlichem Umfang auch regelmäßige Betriebsanalysen, eine aufmerksame Beobachtung des Anlagenbetriebs (z. B. Pelletgröße bei der SEC etc.) und gelegentlich ein fachmännischer Eingriff zur Optimierung erforderlich. Die Anforderungen an die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sind sehr verfahrensspezifisch. Für die verschiedenen Enthärtungsverfahren werden die wichtigsten Messstellen und die zugehörigen Parameter genannt und wichtige Aspekte der Steuerung und Regelung diskutiert.

Fazit

Bis Ende der 1980er-Jahre waren in Deutschland weniger als 20 Anlagen zur zentralen Enthärtung in Betrieb. Ab 1990 wurden insbesondere am Niederrhein, aber auch in Baden-Württemberg, eine ganze Reihe von zentralen Enthärtungsanlagen gebaut [9, 10, 11]. Dies wurde ermöglicht durch das Angebot an besser geeigneter Kalkmilch für die SEC, verbesserter bzw. neu entwickelter Enthärtungstechnologie, wie die schnelle Langsamentcarbonisierung, das CARIX-Verfahren, die Niederdruck-Umkehrosiose- und die Nanofiltrationsmembranen sowie durch fundierte Beratung [12, 13, 14]. Diese neueren Anlagen funktionierten in der Regel so gut, dass die Technologien große Beachtung fanden und sich weiter verbreiteten. Heute stehen für unterschiedliche Rohwassermengen und -beschaffenheiten gut

geeignete Verfahren zur zentralen Enthärtung zur Verfügung. Auf Grund der Komplexität der Verfahren und der Beurteilung korrosionschemischer Fragen zur Vermeidung potenziell nachteiliger Folgen der Enthärtung ist für die Realisierung einer zentralen Enthärtungsanlage die Einschaltung von erfahrenen Spezialisten zu empfehlen.

Literatur:

- [1] DVGW W 235-1, Zentrale Enthärtung von Wasser in der Trinkwasserversorgung
- [2] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001); Artikel 1 der Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001 (BGBl. 2001 Teil I, Nr. 24 S. 959), geändert durch Artikel 263 der Verordnung vom 25.11.2003 (BGBl. I S. 2304).
- [3] DVGW W 214-1, Entsäuerung von Wasser Teil 1 – Grundsätze und Verfahren
- [4] DIN EN 12502-1 bis 12502-5, Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und -speichersystemen – Teile 1-5
- [5] DIN 2000, Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen.
- [6] DVGW W 216 (A), Versorgung mit unterschiedlichen Trinkwässern.
- [7] Panglisch S., Gimbel R.(2008): Niederdruck-Umkehrosiose und Nanofiltration zur Entfernung organischer Spurenstoffe. bbr 59/9, 44-51
- [8] Müller U., Baldauf G., Osmera S., Göttsche R.(2009): Erfassung und Bewertung von Nanofiltrations- und Niederdruckumkehrosioseanlagen in der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland. Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser Karlsruhe. Band 39
- [9] Merkel W, Holy A., Stetter D., Overath H. (1999): Centralized Softening in the Lower Rhine basin. Water 21 (7/8), 19-22
- [10] Steeb B. (1988): Teilentsalzung mit dem CARIX-Verfahren mit Schwerpunkt Enthärtung, DVGW Schriftenreihe Wasser 107, 167-195
- [11] Holmer F., Winzenbacher R. (2007): Die Aufbereitungsanlagen im Egauwasserwerk, Schriftenreihe der Landeswasserversorgung, Stuttgart
- [12] Stetter D., Kemougne D., Overath H. (1987): Sedimentationsstabile Kalkmilch – ein neuer Weg zur Trinkwasser-Entsäuerung. bbr 38/11, 409- 14.
- [13] Flinspach D.: (1986): Entwicklung eines Verfahrens zur Grundwasserentcarbonisierung mit hochreiner Calciumcarbonatgewinnung. LW Schriftenreihe Heft 6, Zweckverband Landeswasserversorgung, Stuttgart, 8-13.
- [14] Höll, W. H., Kiehling, B.(1984): Verfahren zur Teilentsalzung von Wässern mit einer Kombination von schwach saurem und basischem Ionenaustauschermaterial, Ionenaustausch und anschließender Regeneration des Ionenaustauschermaterials, Eur. Patent Nr. 81109498.6 (1984).

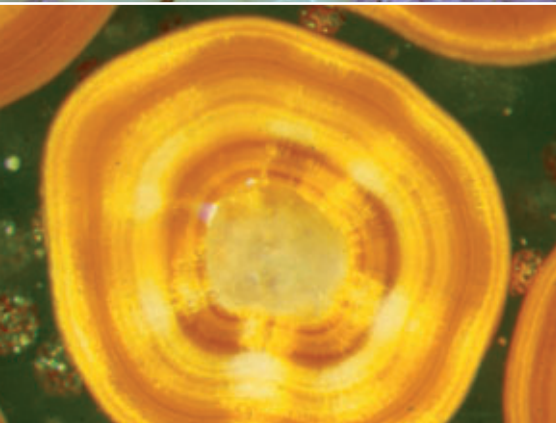


Abb. 2: Impfsand (Granatsand) und Pellets aus der Schnellentcarbonisierung

Quelle: IWW



Abb. 3: Modulanordnung bei der Nanofiltration

Quelle: IWW

Autor:

Dr. Dieter Stetter
 IWW Rheinisch-Westfälisches Institut
 für Wasser
 Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
 Moritzstr. 26
 45476 Mülheim an der Ruhr
 Tel.: 0208 40303-240
 Fax: 0208 40303-82
 E-Mail: d.stetter@iww-online.de
 Internet: www.iww-online.de