

Aufbereitung und Enthärtung von Heizungswasser

VDI 2035 fordert Maßnahmen zur Vermeidung von Kesselstein

Dr. Andreas Kämpf*

Kalkablagerungen an der Heizkesselwand und an Armaturen führen zu Wirkungsgradeinbußen und hydraulischen Problemen in unseren Heizungsanlagen. Das aktuelle Regelwerk VDI 2035 Blatt 1 - Vermeidung von Schäden durch Steinbildung in Warmwasserheizungs- und Wassererwärmungssystemen - wurde gegenüber der alten Fassung erheblich modifiziert und stellt jetzt deutlich höhere Anforderungen an die Aufbereitung des Anlagenwassers als bisher. Je nach Heizleistung und Anlagenvolumen werden Maßnahmen zur Vermeidung von Kesselsteinbildung gefordert, die bis zur Herstellung von Weichwasser (0 °dH) reichen. Der folgende Beitrag stellt mögliche Enthärtungsverfahren gegenüber. Die VDI 2035 wird in ihrer aktuellen Fassung erläutert und deren Kernaussagen herausgearbeitet.

Besonders die Entwicklung zu immer kompakteren Kesseleinheiten mit kleinen Wärmeübertragern und hohen Temperaturen führen zu Problemen. Denn Kalk fällt immer an der heißesten Stelle in der Anlage aus und bildet somit auf der Wärmetauscherfläche des Kessels feste Beläge. Rissbildungen an der Kesselwand, zuwachsende Heizungsrohre und Beeinträchtigungen der Funktionsweise von Armaturen durch abplatzende Kalkteilchen sind die Folge. Aus diesem Grund werden technische Lösungen zur Wasseraufbereitung für Heizungsanlagen gesucht, die mit den Anforderungen einer typischen Trinkwasseraufbereitung mit hohen kontinuierlichen Wasserdurchsätzen wenig zu tun haben.

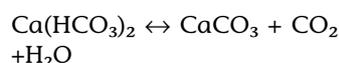
Enthärtungsverfahren für Heizungswasser

Nach der erstmaligen Füllung der Heizungsanlage mit

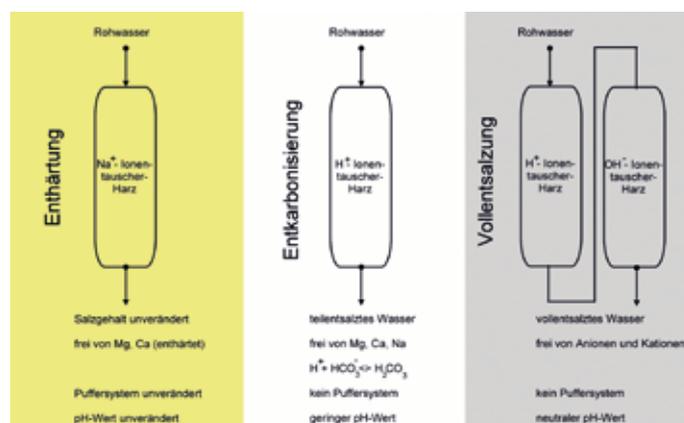
aufbereitetem Wasser müssen nur noch relativ kleine Mengen, die in der Regel durch Wasserdampfdiffusion, Dichtungsleckagen und Reparaturen am Heizungssystem verursacht werden, enthärtet und aufbereitet werden. Im Gegensatz zur Trinkwasser-Aufbereitung, bei der das Wasser auf ca. 8°dH verschnitten wird, bestehen bei Heizungsanlagen in vielen Fällen Anforderungen an die Wasserhärte von 0°dH.

Zur Steinbildung durch Ausfällen von Kalk (Calcium-

karbonat) kann es nach folgender Gleichung kommen:



Dies geschieht immer dann, wenn durch Erwärmung des Wassers das Calciumhydrogencarbonat in Calciumcarbonat, Kohlendioxid und Wasser zerfällt. Das Calciumcarbonat bildet harte Beläge in Form von Kesselstein und das Gas wird z. B. über automatische Schnellentlüfter aus dem System geführt.



■ Bild 1: Unterschiedliche Verfahren zur Vermeidung von Kesselsteinbildung auf Basis von Ionenaustauscher-Technologie.

In Bild 1 sind unterschiedliche, auf Basis von Ionenaustauscher arbeitende, Verfahren zur Vermeidung von Kesselsteinbildung dargestellt, die sich im Markt etabliert haben.

Enthärtung

Die klassische Enthärtung wird mittels Natrium-Ionenaustauscher realisiert. Dabei werden die Härtebildner Calcium- und Magnesium-Ionen durch Natrium-Ionen ersetzt. Auf die Wasserchemie wird darüber hinaus nicht eingegriffen. Die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert bleiben unverändert, sodass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Wasserkonditionierung erforderlich werden.

Entkarbonisierung

Bei der Entkarbonisierung wird die Karbonathärte, d. h. die in Form von Kalk in der Heizungsanlage ausfallende Härte, sowie das Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) nach dem Ionenaustausch-Prinzip aus dem Speisewasser entfernt. Während bei der Enthärtung der Austausch der härtebildenden Kationen gegen Natrium-Ionen erfolgt, geschieht dieser bei der Entkarbonisierung gegen Wasserstoff (H⁺-Ionen (Bild 1)). Aus dem Hydrogencarbonat entsteht dadurch Kohlensäure (H⁺ und HCO₃⁻ = H₂CO₃). Es findet eine Teilsalzung statt. Da das Hydrogencarbonat maßgeblich das Puffersystem des Wassers, also den Einfluss geringer Säure- bzw. Basezusätze auf den pH-Wert, bestimmt, ist eine Entfernung des Hydrogencarbonats in der Regel mit zusätzlichen Wasserkonditionierungsmaßnahmen verbunden.

Vollentsalzung

Wird die Vollentsalzung mittels Mischbett-Ionenaustauscher durchgeführt, gilt die oben genannte Wirkungsweise gleichermaßen. Das Wasser wird dabei über ein stark

* Dr. Andreas Kämpf, Reflex Winkelmann GmbH & Co KG

saures und stark basisches Ionenharz geführt, welches die Kationen (Ca, Na, Mg etc.) und Anionen (Cl, HCO₃ etc.) herausfiltert und gegen H⁺- und OH-Ionen tauscht. Da hierdurch im Anionentauscher auch das Hydrogenkarbonat dem Wasser entzogen wird, fehlt hier wiederum die Pufferwirkung gegen Säure-/Baseeinflüsse, sodass eine weitere Behandlungen nach der Vollentsalzung unbedingt erforderlich ist. Vorteil der Vollentsalzung ist die Entfernung aller Salze, sodass die elektrische Leitfähigkeit gegen Null tendiert. Hierdurch können höhere Sauerstoffgehalte im Heizungswasser toleriert werden. Eine Vollentsalzung wird allerdings für Heizungsanlagen in keiner Norm bzw. Richtlinie gefordert.

Für den Einsatz in Heizungsanlagen eignet sich die Enthärtung mittels Natrium-Ionentauscher, da hierbei auf die Wasserchemie bis auf den Austausch der beteiligten Ionen (Ca, Mg und Na) kein Einfluss genommen wird. Der Salzgehalt bleibt unverändert, aber auch der pH-Wert ändert sich nicht, sodass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Neutralisation – bedingt durch die Enthärtung – durchzuführen sind.

Geltungsbereich und Anforderungen der VDI 2035

Die neu gefasste VDI 2035 Blatt 1 „Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizungsanlagen – Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen“ regelt seit Dezember 2005 mit wesentlich schärferen Auflagen als bisher den Einsatz von Maßnahmen zur Reduzierung von Kesselstein. Der Geltungsbereich erfasst Warmwasserheizungsanlagen nach DIN EN 12828. Für Heißwasseranlagen gilt generell eine Wasserenthärtung

des Anlagenwassers auf kleiner 0,1 °dH (Weichwasser).

Eine Überarbeitung der VDI 2035 Blatt 1 wurde notwendig aufgrund der immer kompakter werdenden Wärmeerzeuger, bei gleichzeitig steigender Wärmeleistung. Ebenso ist der Trend zu Mehrkesselanlagen bzw. zur Aufteilung der notwendigen Wärmeleistung auf mehrere Wärmeerzeuger bis hin zu modular verschalteten Einheiten unverkennbar. Diese Entwicklung führt dazu, dass kleine Wärmetauscherflächen hohen Temperaturen und relativ großen Wasservolumina mit gelösten Härtebildnern, wie Kalzium und Magnesium, ausgesetzt sind. Die Härteausfällung und Steinbildung ist damit vorprogrammiert.

Grenzwerte für Wasserhärte

Ziel der Richtlinie ist es, praxisnahe Grundlagen zu schaffen, die einen einfach anzuwendenden Maßnahmenkatalog zur Folge hat. Neu ist, dass es für alle Leistungsbereiche von Wärmeerzeugern Grenzwerte für die maximal einzusetzende Wasserhärte gibt. Es werden also auch Anforderungen an kleinste Einheiten gestellt, sofern es sich um Umlaufwasserheizer mit leistungsspezifischen Kesselwasserinhalt $V_K < 0,3 \text{ l/kW}$ handelt. Prinzipiell kann man heute davon ausgehen, dass alle wandhängenden Wärmeerzeuger, ob Brennwert-



■ Bild 2: Die Reflex Enthärtungsarmatur „fillsoft II“ sorgt für gleichbleibende Wasserhärte des Nachspeisewassers in Anlagen von 10 bis 600 kW Wärmeleistung.

oder Niedertemperaturkessel, in diese Kategorie fallen. Die Tabelle 1 zeigt die Grenzwerte der Wasserhärte, bezogen auf die Wärmeerzeugergesamtleistung und die spezifischen Anlagenvolumina.

Die erste Spalte in der Tabelle gilt nur, wenn der spezifische Wasserinhalt der Gesamtanlage $< 20 \text{ l/kW}$, bezogen auf die kleinste Wärmeerzeugerleistung (bei Mehrkesselanlagen), ist.

Mit der Kenntnis, dass ein System mit Plattenheizkörpern und einer Auslegungstemperatur von 70/50 °C ca. 11 l/kW spezifischem Wasserinhalt hat, ist diese Grenze bei einer Zweikesselanlage und einer Leistungsaufteilung von 50/50% bereits überschritten. Denn bezogen

auf einen Kessel ergäbe sich bereits ein spezifischer Anlageninhalt von 22 l/kW. In diesem Fall sind die Anforderungen der zweiten Spalte der Tabelle 1 maßgebend.

Pufferspeicher erhöhen Anforderungen an Füllwasser

Einen weiteren massiven Einfluss auf den Kennwert des spezifischen Wasserinhalts hat der Einsatz von Heizwasserpufferspeichern. Hierbei kommt eine hohe zusätzlich zu erwärmende Wassermenge ins Spiel, die es zu berücksichtigen gilt. Eine Enthärtung auf nahezu 0 °dH ist prinzipiell gefordert, wenn mit großen Ergänzungswassermengen für eine Anlage gerechnet werden muss (> 3 mal Anlagenvolumen VA pro Lebenszyklus der Anlage) oder wenn der spezifische Wasserinhalt $> 50 \text{ l/kW}$ ist (siehe 3. Spalte der Tabelle 1).

Weitere Forderung der überarbeiteten VDI-Richtlinie ist der Einbau abschnittsweiser Absperrungen. Bei Anlagen $> 50 \text{ kW}$ ist in der Füll- und Ergänzungswasserzuleitung ein Wasserzähler vorzusehen. Bei Umlaufwasserheizern und einer Wasserhärte von $> 16,8 \text{ °dH}$ ist vorzugsweise zu enthärten.

■ Tabelle 1: Grenzwerte der Gesamtwasserhärte in Abhängigkeit der Kesselleistung und des spezifischen Anlagenvolumens.

Gruppe	Kesselleistung	Gesamthärtegrad °dH ¹ in Abhängigkeit des spez. Anlagenvolumens (Anlagenvolumen/kleinste Einzel-Heizleistung)		
		$< 20 \text{ l/kW}$	$\geq 20 \text{ l/kW}$ und $< 50 \text{ l/kW}$	$\geq 50 \text{ l/kW}$
1	$\leq 50 \text{ kW}$	$\leq 16,8 \text{ °dH}$ bei Umlaufheizern	$\leq 11,2 \text{ °dH}$	$< 0,11 \text{ °dH}$
2	$> 50 \text{ kW}$ u. $\leq 200 \text{ kW}$	$\leq 11,2 \text{ °dH}$	$\leq 8,4 \text{ °dH}$	$< 0,11 \text{ °dH}$
3	$> 200 \text{ kW}$ u. $\leq 600 \text{ kW}$	$\leq 8,4 \text{ °dH}$	$\leq 0,11 \text{ °dH}$	$< 0,11 \text{ °dH}$
4	$> 600 \text{ kW}$	$< 0,11 \text{ °dH}$	$< 0,11 \text{ °dH}$	$< 0,11 \text{ °dH}$



■ Bild 3: Mit einem Gesamthärte-Messbesteck kann die Härte des Nachspeisewassers bestimmt werden. Anhand der Gesamtleistung und des Anlagenvolumens wird entschieden, ob Maßnahmen zur Vermeidung von Kesselstein getroffen werden müssen.

Kompakte Enthärtungsarmatur zur Nachrüstung

Mit der neuen kompakten Enthärtungsarmatur Reflex „fillsoft“ können Heizungsanlagen von ca. 10 – 600 kW mit enthärtetem Wasser versorgt werden. Die kompakte Einheit, die direkt in die Nachspeisestrecke hinter dem, nach DIN EN 1717 geforderten, Systemtrenner eingebaut wird. Der Kerzenfilter ist mit einem stark sauren Na-Ionenaustauscherharz gefüllt. Absperrarmaturen erleichtern den Patronenwechsel, und ein eingebauter Wasserzähler registriert die enthärtete Weichwassermenge. Ein Durchflussbegrenzer (max. 400 l/h) sorgt für gleichbleibende Wasserhärte hinter der Armatur.

Das Nachspeisewasser wird über das Natrium-Ionenaustauscherharz geführt und dabei komplett von den Erdalkalien (Kalzium und Magnesium) befreit. Das Ergebnis ist vollenthärtetes Wasser, das keine kalkbildenden Substanzen mehr enthält. Das Puffersystem des Wassers (Menge an Hydrogencarbonat) wird nicht beeinflusst, sodass eine Änderung des pH-Wertes ausgeschlossen ist.

Patronenwechsel nach 1 bis 2 Jahren

Je nach Anlagengröße kommt entweder „fillsoft I“ (bis 300 kW) oder die „fillsoft II“ (bis 600 kW) zum Einsatz. Die Wartung erfolgt nach Erschöpfung der Weichwasserkapazität, in der Regel nach 1 bis 2 Jahren, indem die komplette Harzpatrone gegen eine neue Ersatzpatrone getauscht wird. Es sind weder Regenerationssalz, noch Fremdenergien notwendig. Die verbrauchte Patrone wird über den Hausmüll entsorgt.

Auch die Erstbefüllung der Heizungsanlage ist mit der Armatur möglich. Hier wird in der Regel nicht auf Weichwasserqualität enthärtet, sondern auf einen in der VDI 2035

vorgegebenen Grenzwert. Für Heizungsanlagen mit einem Anlagenvolumen bis ca. 1500 l ist eine Erstbefüllung durch die „fillsoft“-Enthärtungsarmatur sinnvoll. Hierfür müssen zusätzliche Patronen vorgehalten werden.

Auslegung und Dimensionierung

Maßgeblich für die Entscheidung, ob bei der jeweiligen Anlage Maßnahmen zur Vermeidung von Kesselstein zu treffen sind, ist die Höhe der regionalen Wasserhärte. Darüber hinaus wird nach VDI 2035 Blatt 1 die Gesamtheizleistung und das Anlagenvolumen benötigt, um den Grenzwert für Enthärtungsmaßnahmen zu be-

stimmen. Die Gesamtwasserhärte teilt das örtliche Wasserversorgungsunternehmen mit oder lässt sich einfach mit dem Gesamthärtemessbesteck bestimmen.

Falls keine genauen Zahlen zum Anlagenvolumen vorliegen, kann der Anlageninhalt mithilfe der Gesamtkesselleistung und der Art der Heizflächen abgeschätzt werden (Tabelle 2).

Pufferspeicher oder hydraulische Weichen sind dem Anlagenvolumen zuzurechnen. Mit den ermittelten Werten ist der Grenzwert der zulässigen Gesamtwasserhärte nach Tabelle 1 zu bestimmen. Sollte der Ist-Wert der Gesamthärte den Grenzwert überschreiten, ist eine Enthärtung des Anlagenwassers vorgeschrieben.

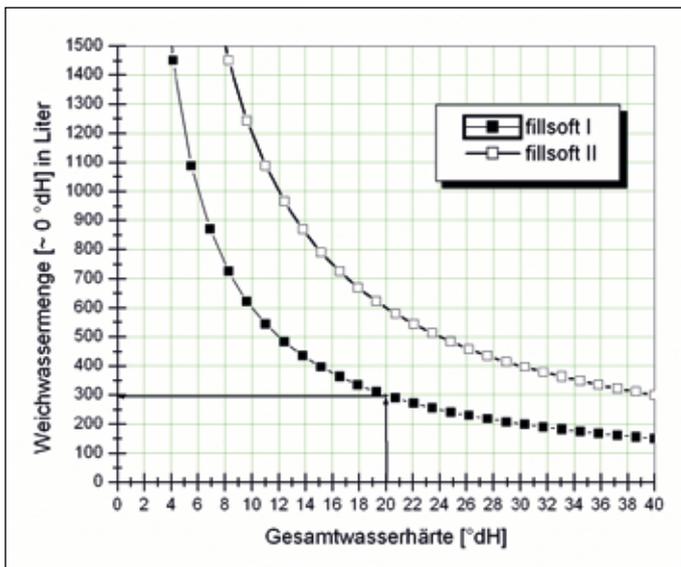
Kapazität bei Nachspeisung

Heizungsanlagen erfordern jährlich nur geringe Nachspeisemengen (max. 10% des Anlagenvolumens bei kleineren Reparaturen). Aus diesem Grund sind nur geringe Weichwasserkapazitäten und damit Ionenharzmengen notwendig. Um eine Standzeit der Patrone von mindestens 1,5 Jahren zu gewährleisten, wird folgender Einsatz empfohlen:

- „fillsoft I“ – bis zu einer Gesamtheizleistung von 300 kW,

■ Tabelle 2: Näherungsweise Bestimmung des spezifischen Wasserinhaltes von Heizungsanlagen in Liter/kW.

Spezifischer Wasserinhalt der Heizungsanlage in Liter pro kW Heizleistung						
t_v/t_r °C	Radiatoren		Platten	Konvektoren	Lüftung	Fußbodenheizung
	Gussradiatoren	Röhrenrad.				
60/40	27,4	36,2	14,6	9,1	9,0	Va = 20 l/kW
70/50	20,1	26,1	11,4	7,4	8,5	
70/55	19,6	25,2	11,6	7,9	10,1	
80/60	16,0	20,5	9,6	6,5	8,2	
90/70	13,5	17,0	8,5	6,0	8,0	
105/70	11,2	14,2	6,9	4,7	5,7	
110/70	10,6	13,5	6,6	4,5	5,4	
100/60	12,4	15,9	7,4	4,9	5,5	



■ Bild 4: Ermittlung der Weichwasserkapazität der Patronen anhand der Gesamtwasserhärten vor und hinter der Nachspeisung.

- „fillsoft II“ – bei einer Gesamtheizleistung von 301 bis 600 kW.

Die Aufbereitung des Nachspeisewassers erfolgt immer auf Weichwasserqualität (0 °dH). Dies bedeutet, dass alle kalkbildenden Substanzen herausgeholt werden und dass die Ermittlung der Weichwassermenge für die Nachspeisung einfach nach Bild 4 erfolgen kann. Für Son-

derfälle kann über eine Verschnidearmatur der gewünschte Härtegrad nach der Enthärtungsarmatur eingestellt werden.

Werden in einem Versorgungsgebiet z. B. 20 °dH ermittelt, so beträgt die Kapazität einer „fillsoft I“ 300 l Weichwasser. Nach dieser Füllmenge muss die innen liegende Harzpatrone durch eine neue ersetzt werden. Mittels der integrierten Wasser-

uhr und einem beigefügten Anlagenbuch ist die Weichwassermenge zu protokollieren. Sind nicht übermäßig hohe Nachspeisemengen zu erwarten, so sollte die durchgesetzte Menge alle 6 Monate an der Wasseruhr kontrolliert werden. Eine komfortablere digitale Überwachung wird in Kürze auf den Markt kommen. Eine kleine Steuerung, gekoppelt mit einem Flowmeter, überwacht nach Eingabe der regionalen Wasserhärte die Kapazität der fillsoft-Patrone. Sind nur noch 10 % der Gesamtkapazität vorhanden, so wird der Betreiber akustisch, optisch oder per potenzialfreiem Ausgang auf den fälligen Patronenwechsel aufmerksam gemacht.

Kapazität bei Erstbefüllung

Für die Erstbefüllung sind zusätzliche Patronen vorzuhalten. Die Anzahl der benötigten Patronen kann dabei wie folgt ermittelt werden. Das Anlagenvolumen

wird mit der Differenz aus Ist-Wert und Grenzwert der Gesamtwasserhärte multipliziert. Dieser Wert gibt die benötigte Weichwasserkapazität für die Erstbefüllung an.

$$K_W = V_A \cdot (GH_{\text{Ist}} - GH_{\text{VDI}}) \quad [1]$$

K_W = Weichwasserkapazität [l °dH]

V_A = Anlagenvolumen [l]

GH_{Ist} = regionaler Gesamthärtegrad [°dH]

GH_{VDI} = Grenzwert Gesamthärtegrad nach VDI 2035 [°dH]

Die Weichwasserkapazität K_W -Patrone einer Patrone „fillsoft FP“ beträgt 6000 [l °dH], sodass die erforderliche Patronenanzahl für das erstmalige Füllen der Anlage berechnet werden kann.

$$N_{\text{PA}} = \frac{K_W}{6000} \quad [2]$$

N_{PA} = Patronenanzahl in Stück

Die Stückzahl N_{PA} ist auf eine ganze Zahl aufzurunden. Die Anzahl der Patronen für die Erstbefüllung auf einen Gesamthärtegrad, der unterhalb des nach Tabelle 1 geforderten Wertes liegt, ist damit bestimmt. Durch jede Patrone muss die gleiche Wassermenge geführt werden, d. h.:

$$V_{\text{PA}} = \frac{V_A}{N_{\text{PA}}} \quad [3]$$

V_{PA} = Wasservolumen je Patrone

Damit ist die Erstbefüllung abgeschlossen. Falls das Anlagenvolumen 1500 l überschreitet, macht es Sinn, aufgrund der hohen Anzahl von Patronenwechseln, die Erstbefüllung über mobile Enthärtungspatronen zu realisieren. ■

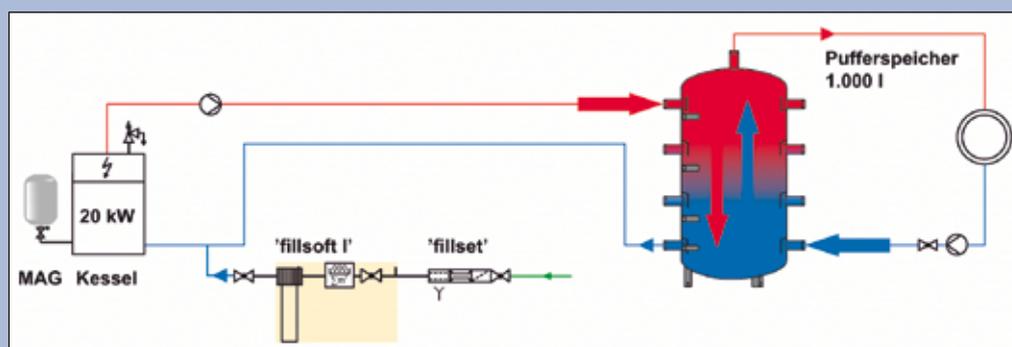
Bilder: Reflex Winkelmann GmbH & Co KG

@ Internetinformationen:
www.reflex.de

Berechnungsbeispiel

■ Tabelle 3: Projektdaten

Kessel mit Pufferspeicher und Enthärtungsarmatur		
Kesselleistung	20 kW	Scheitholzkessel
Anlagenvolumen	1228 l	Plattenheizkörper mit Pufferspeicher
Spez. Anlagenvolumen v_A	$1228 / 20 = 61,4 \text{ l/kW}$	
Regionale Wasserhärte	16 °dH	
Geforderte Wasserhärte nach VDI 2035	0,1 °dH	Bei 20 kW und $v_A > 50 \text{ l/kW}$
Berechnung		
Einsatz fillsoft I		da < 300 kW
Gesamt-Enthärtungskapazität	19648 l °dH	16 °dH * 1228 l
Patronen für die Erstbefüllung	4	19648 l °dH / 6000 l °dH



■ Bild 5: Hydraulische Einbindung der Enthärtungsarmatur.

