

Dr. Andreas Kämpf *)

Wasseraufbereitung für Heizungsanlagen

Modifizierte VDI 2035 führt zu neuer Wasserenthärtungsarmatur

Neue Richtlinien fordern schon bei kleinen Kesselleistungen Maßnahmen zur Vermeidung von Kesselstein. Der folgende Beitrag stellt mögliche Enthärtungsverfahren gegenüber. Die VDI 2035 wird in ihrer aktuellen Fassung erläutert und die Kernaussagen werden herausgearbeitet. Eine preiswerte Enthärtungsarmatur, die die neuen Anforderungen erfüllt und auf anerkannten Technologien basiert, wird abschließend vorgestellt.

Kalkablagerungen an der Heizkesselwand und an Armaturen führen zu Wirkungsgradeinbußen und hydraulischen Problemen in unseren Heizungsanlagen. Zwar weisen die einschlägigen technischen Normen darauf hin, dass das Heizungswasser bestimmte Qualitäten besitzen muss, aber Maßnahmen zur Vermeidung von Kalkbildung wurden bisher meist nur bei größeren Installationen umgesetzt.

Das aktuelle Regelwerk VDI 2035 Bl. 1 – Vermeidung von Schäden durch Steinbildung in Warmwasserheizungs- und Wasserverwärmungssystemen – wurde im Dezember 2005 gegenüber der alten Fassung erheblich modifiziert und verlangt 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.

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 dem Wärmeübertrager des Kessels feste Beläge. Rissbildungen an der Kesselwand, zuwachsende Heizungs-

rohre 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 (hohe kontinuierliche Wasserdurchsätze) wenig zu tun haben.

Nach der erstmaligen Füllung der Gesamtanlage muss die Wasseraufbereitung für Heizungsanlagen nur noch relativ kleine Mengen, die durch Wasserdampfdiffusion, Dichtungsleckagen und Reparaturen am Heizungssystem verursacht werden, realisieren. Im Gegensatz zur Trinkwasser-Aufbereitung, bei der das Wasser auf ca. 8°dH verschnitten wird, wird bei Heizungsanlagen in vielen Fällen eine Wasserhärte von 0°dH gefordert.

Allgemeines zur Wasserchemie

Zur Steinbildung durch Ausfällen von Kalk (Calciumcarbonat) kann es nach folgender Gleichung



immer dann kommen, 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.

Es haben sich unterschiedlichste Verfahren zur Vermeidung dieser Kesselsteinbildung am Markt etabliert (Bild 1).

Enthärtung

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

Entkarbonisierung

Bei der Entkarbonisierung wird die Karbonathärte (d. h. die Härte, die in Form von Kalk in der Heizungsanlage ausfällt) und das Hydrogencarbonat (HCO_3^-) nach dem Ionenaustausch-Prinzip aus dem Trinkwasser entfernt. Während bei der Enthärtung der Austausch der härtebildenden Kationen gegen Natrium-Ionen erfolgt, geschieht dieser bei der Entkarbonisierung gegen Wasserstoff (H^+)-Ionen (siehe oben). Aus dem Hydrogencarbonat entsteht dadurch Kohlensäure (H^+ und $\text{HCO}_3^- = \text{H}_2\text{CO}_3$). Es findet eine Teilentsalzung statt. Da das Hydrogencarbonat maßgeblich das Puffersystem des Wassers bestimmt (also wie stark wirken sich geringe Säure- bzw. Basezusätze auf den pH-Wert aus), ist eine Entfernung des Hydrogencarbonats in der Regel mit zusätzlichen Wasserkonditionierungsmaßnahmen verbunden.

Vollentsalzung

Wird die Vollentsalzung mittels Mischbettionenaustauscher durchgeführt, gelten die o.g. Wirkungsweisen adäquat. Das Wasser wird dabei über ein stark saures und stark basisches Ionenaustauscherharz geführt, welches die Kationen (Ca, Na, Mg; etc.) und An-

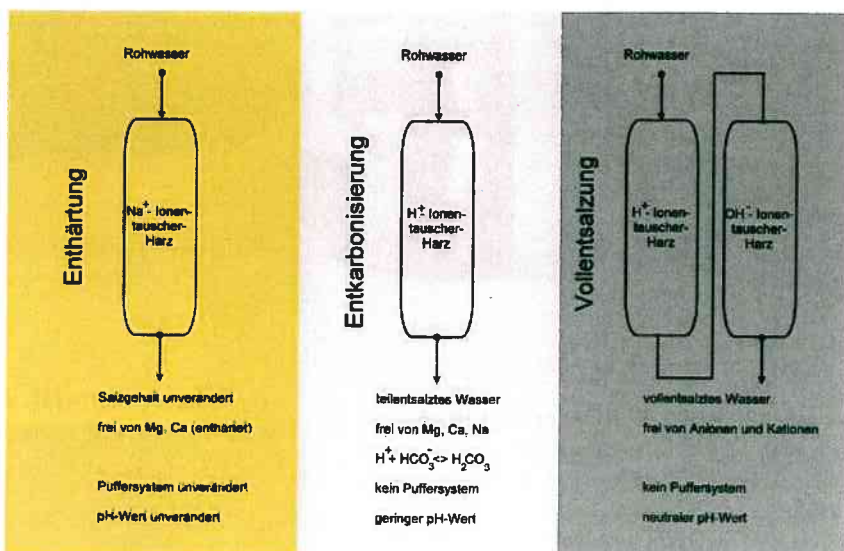


Bild 1 Ionenaustauschertechnologien.

*) Leiter Produktmarketing in Firma Reflex Winkelmann GmbH, D-59227 Ahlen, Fax (0 23 82) 70 69-569 andreas.kaempf@reflex.de

ionen (Cl, HCO₃, etc.) herausfiltriert und gegen H⁺ und OH⁻ Ionen tauscht. Da hierdurch auch das Hydrogenkarbonat (im Anionentauscher) dem Wasser entzogen wird, fehlt hier wiederum die Pufferwirkung gegen Säure/Baseeinflüsse, sodass weitere Behandlungen nach der Vollentsalzung unbedingt erforderlich sind. Vorteil der Vollentsalzung ist die Entfernung aller Salze, so dass die elektrische Leitfähigkeit gegen Null tendiert. Hierdurch können höhere Sauerstoffgehalte im Heizungswasser toleriert werden. Eine Vollentsalzung ist allerdings in Heizungsanlagen in keiner Norm bzw. Richtlinie gefordert.

Für den Einsatz in Heizungsanlagen eignet sich die Enthärtung mittels Natrium-Iontauscher, 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, so dass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Neutralisation – bedingt durch die Enthärtung – durchzuführen sind.

Zitat aus dem Buderus Heiztechnik Handbuch (Ausgabe 2002): „Die häufig noch anzutreffende Ansicht, wonach enthärtetes Wasser wegen seiner angeblichen »Aggressivität« mit Chemikalien nachbehandelt werden müsse, ist nicht begründet“.

VDI-Richtlinie erfüllt, Kesselleben verlängert!

Die neugefasste VDI 2035 Bl. 1 „Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizanlagen – 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 nach TCh 1466 (dTÜV)/FW 510 (AGFW) gilt generell eine Wasserenthärtung des Anlagenwassers auf kleiner 0,1 °dH (Weichwasser).

Eine Überarbeitung der VDI 2035 Bl. 1 wurde notwendig aufgrund der immer kompakter werdenden Wärmeerzeuger,

Gruppe	Kesselleistung	Gesamthärtegrad °dH ¹ in Abhängigkeit des spez. Anlagenvolumens (Anlagevolumen/kleinste Einzel-Heizleistung)		
		< 20 l/kW	≥ 20 l/kW und < 50 l/kW	≥ 50 l/kW
1	≤ 50 kW	≤ 16,8 °dH bei Umlaufheizern	≤ 11,2 °dH	< 0,11 °dH
2	> 50 kW u. ≤ 200 kW	≤ 11,2 °dH	≤ 8,4 °dH	< 0,11 °dH
3	> 200 kW u. ≤ 600 kW	≤ 8,4 °dH	≤ 0,11 °dH	< 0,11 °dH
4	> 600 kW	< 0,11 °dH	< 0,11 °dH	< 0,11 °dH

Tabelle 1 · Grenzwerte der Gesamtwasserhärte in Abhängigkeit der Kesselleistung und des spez. Anlagenvolumens.

¹ Umrechnung
1 °dH = 0,1785 mmol/l Erdalkalien

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 Wärmeübertragerflächen mit hohen Temperaturen relativ großen Wasservolumina und damit Härtebildnern (Kalzium und Magnesium), die im Wasser gelöst sind, ausgesetzt sind. Die Härteausfällung und Steinbildung ist damit vorprogrammiert.

Die Richtlinie hat sich bemüht, 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 (leistungsspez. Kesselwasserinhalt $V_k < 0,3$ l/kW) handelt. Im Prinzip kann man heute davon ausgehen, dass alle wandhängenden Wärmeerzeuger, ob Brennwert- oder Niedertemperaturkessel, in diese Kategorie fallen.

Die Tabelle 1 zeigt die Grenzwerte der Wasserhärte, bezogen auf die Wärmeerzeugergesamtleistung und die spez. Anlagenvolumina, an:

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

Mit der Kenntnis, dass ein System mit Plattenheizkörpern und einer Auslegungstempera-

tur von 70/50 °C ca. 11 l/kW spez. 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 spez. Anlageninhalt von 22 l/kW. In diesem Fall sind die Anforderungen der zweiten Spalte der Tabelle 1 maßgebend.

Einen weiteren massiven Einfluss auf den Kennwert des spez. Wasserinhalts hat der Einsatz von Heizwasserpufferspeichern. Hierbei kommt eine beträchtliche 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 l/kW ist (→ 3. Spalte der Tabelle 1).

Weitere Forderungen der neuen VDI sind der Einbau abschnittsweiser Absperrungen.

Bei Anlagen > 50 kW ist in der Füll- und Ergänzungswasserzuleitung ein Wasserzähler vorzusehen. Bei Umlaufwasserheizern und einer Wasserhärte von > 16,8 °dH ist vorzugsweise zu enthärten.

Neue Enthärtungsarmatur reflex fillsoft

Mit der neuen kompakten reflex „fillsoft“ (Bild 2) können nun preisgünstig Heizungsanlagen von ca. 10 - 600 kW mit enthärtetem Wasser versorgt werden. Diese Enthärtungsarmatur ist eine kompakte Einheit, die direkt in die Nachspeisestrecke hinter dem, nach DIN EN 1717 geforderten Systemtrenner (z. B. reflex „fillset“) eingebaut wird. Der Kerzenfilter ist mit einem stark sauren Na-Iontauscherharz 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.



Bild 2 · fillsoft II – die neue Enthärtungspatrone.

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

Je nach Anlagengröße kommt entweder die „fillsoft I“ (bis 300 kW) oder die „fillsoft II“ (bis 600 kW) zum Einsatz. Die Wartung ist kinderleicht, da nach Erschöpfung der Weichwasserkapazität (in der Regel nach 1 bis 2 Jahren) die komplette Harzpatrone gegen eine neue preisgünstige Ersatzpatrone „fillsoft FP“ getauscht wird. Es sind weder Regenerationssalz, noch ir-

t_V/t_R °C	Spezifischer Wasserinhalt der Heizungsanlage in Liter pro kW Heizleistung					Fußbodenheizung
	Radiatoren		Platten	Konvektoren	Lüftung	
	Gussradiatoren	Röhrenradiatoren				
60/40	27,4	36,2	14,6	9,1	9,0	V _a = 20l/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	

Tabelle 2 · spez. Wasserinhalt in Liter / kW von Heizungsanlagen – näherungsweise.

gendwelche Fremdenergien notwendig. Die verbrauchte Patrone wird über den Hausmüll entsorgt.

Auch die Erstbefüllung der Heizungsanlage ist mittels „fillsoft“ möglich. Hier wird in der

Regel nicht auf Weichwasserqualität enthärtet, sondern auf einen durch die VDI 2035 vorgegebenen Grenzwert. Für Heizungsanlagen mit einem Anlagenvolumen bis ca. 1.500 l ist eine Erstbefüllung durch die „fillsoft“ sinnvoll. Hierfür müssen weitere Ersatzpatronen „fillsoft FP“ 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 Bl. 1 die Gesamtheizleistung und das Anlagenvolumen benötigt, um den Grenzwert für Enthärtungsmaßnahmen zu bestimmen.

Die regionale Gesamtwasserhärte teilt das örtliche Wasserversorgungsunternehmen mit bzw. lässt sich einfach mit dem Gesamthärtemessbesteck bestimmen (Bild 3).

Darüber hinaus ist das Anlagenvolumen festzulegen. Falls hier keine genauen Zahlen vorliegen, kann der Anlageninhalt mit Hilfe 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!

Nachspeisung

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

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

„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 Sonderfälle kann über eine Verschneidearmatur 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 Liter Weichwasser. Nach dieser Füllmenge muss die innenliegende Harzpatrone durch eine neue ersetzt werden.

Mittels der integrierten Wasseruhr und einem beigefügten Anlagenbuch ist die Weichwas-



Bild 3 · Gesamthärtemessbesteck.

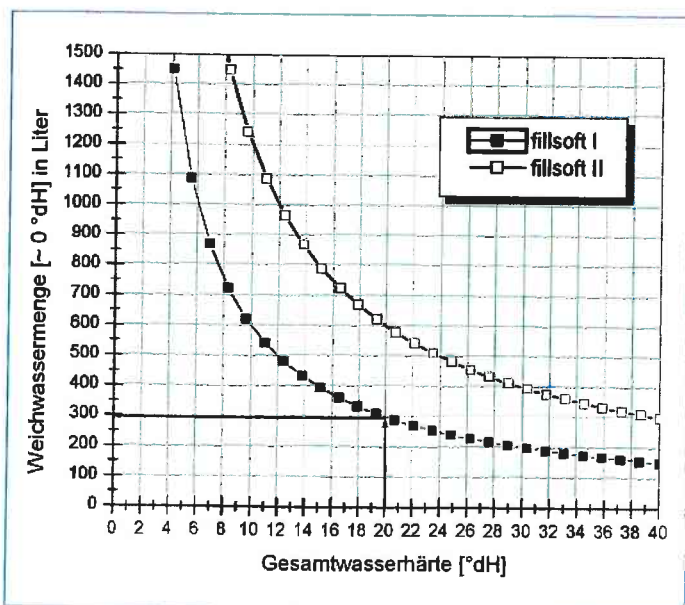


Bild 4 · Ermittlung der Weichwasserkapazität – Nachspeisung.

sermenge zu protokollieren. Sind nicht übermäßig hohe Nachspeisemengen zu erwarten, so sollte die durchgesetzte Menge alle 6 Monate an der Wasseruhr kontrolliert werden.

Eine komfortable digitale Überwachung „reflex Fillmeter“ übernimmt zukünftig die Funktion des Anlagenbuches. 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 potentialfreien Ausgang gewarnt. Der Patronenwechsel sollte nun stattfinden.

Erstbefüllung

Für die Erstbefüllung sind zusätzliche Patronen vorzuhalten. Die Anzahl der benötigten Patronen kann wie folgt ermittelt werden. Das Anlagenvolumen wird mit der Differenz aus Ist-Wert und Grenzwert der Ge-

samtwasserhärte multipliziert. Dieser Wert gibt die benötigte Weichwasserkapazität für die Erstbefüllung an.

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

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 6.000 l°dH, so dass die erforderliche Patronenanzahl für das erstmalige Füllen der Anlage leicht berechnet werden kann.

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

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.

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

V_{PA} = Wasservolumen je Patrone

Damit ist die Erstbefüllung abgeschlossen. Falls das Anlagenvolumen 1.500 l überschreitet, macht es Sinn, die Erstbefüllung über mobile Enthärtungspatronen zu realisieren. Allerdings können bei Bedarf auch größere Anlagen erstbefüllt werden. Dies ist allerdings mit zahlreichen Patronenwechseln verbunden. ■

Installationsbeispiel:

Kessel mit Pufferspeicher und Enthärtungsarmatur (siehe Bild 5)		
Kesselleistung	20 kW	Scheitholzkessel
Anlagenvolumen	1.228 l	Plattenheizkörper mit Pufferspeicher
Spez. Anlagenvolumen V_A	$1.228/20 = 61,4 \text{ l/kW}$	
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 1		da < 300 kW
Gesamt-Enthärtungskapazität	19.648 l°dH	$16 \text{ °dH} \cdot 1.228 \text{ l}$
Patronen für die Erstbefüllung	4	$19.648 \text{ l°dH} / 6.000 \text{ l°dH}$

Tabelle 3 · Projektdaten.

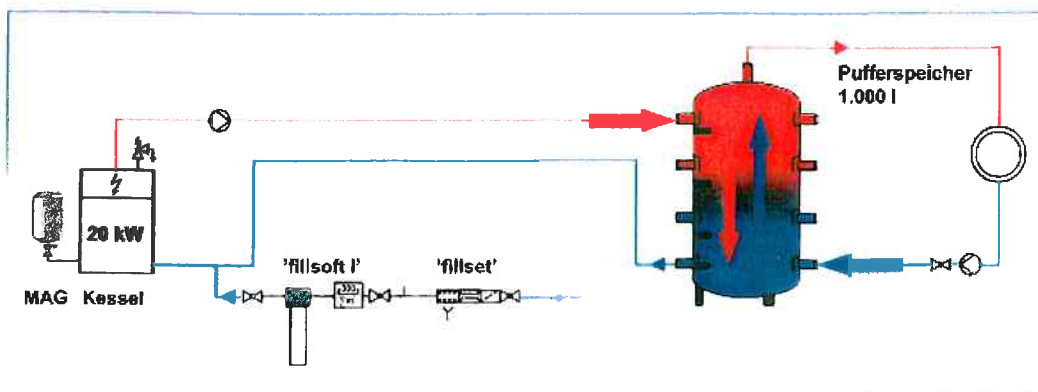


Bild 5 · Installationsplan.