

Vermeidung von Schäden durch Steinbildung in Warmwasser-Heizanlagen

Für Heizanlagen mit bestimmungsgemäßen Betriebstemperaturen bis 100 °C gelten die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2035 Blatt 1, Ausgabe September 1994.

Steinbildung, das heißt Bildung von wasserseitig fest haftenden Belägen aus Calciumcarbonat in Heizkesseln, kann zu örtlicher Überhitzung und dadurch bedingter Rißbildung führen. Weiterhin kann es aufgrund des so behinderten Wärmedurchganges zu einer wesentlichen Verringerung der Wärmeleistung und damit zu einer entsprechenden Erhöhung des Abgasverlustes kommen. Unter Umständen können Siedegeräusche auftreten.

Langjährige Erfahrungen zeigen, daß Steinbildung nicht völlig verhindert werden muß, um Schäden am Wärmeerzeuger zu vermeiden. Die VDI-Richtlinie 2035 läßt daher, abhängig von der jeweiligen Gesamtkesselleistung der Anlage, eine bestimmte Menge an kalkausscheidendem Calciumhydrogencarbonat $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ zu. Das Ausmaß der Steinbildung hängt ab von der Konzentration an Calciumhydrogencarbonat im Füll- und Ergänzungswasser. Die Dicke der Kalkschicht kann durch die Betriebsweise der Heizanlage beeinflußt werden.

Eine Checkliste zur Anwendung dieses Informationsblattes befindet sich im Anhang 1.

Anforderungen an Füll- und Ergänzungswasser

Abhängig von der Gesamtkesselleistung und dem daraus resultierenden Wasservolumen einer Heizanlage werden Anforderungen an das Füll- und Ergänzungswasser gestellt.

Liegt das zur Verfügung stehende Wasser nicht im Anforderungsbereich der folgenden Tabelle, so ist entweder eine Wasseraufbereitung (siehe Betriebsweise) oder **die Berechnung der maximalen Wassermenge V_{max} (siehe Beispiel 2) erforderlich.**

Gesamtkessel- leistung \dot{Q}	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Konzentration des Füll- und Ergänzungswassers	Maximale Füll- und Ergänzungswassermenge V_{max} (graphische Darstellung im Anhang 2)
kW	mol/m ³	m ³
$\dot{Q} \leq 100$	keine Anforderung*	V_{max} : keine Anforderung*
$100 < \dot{Q} \leq 350$	≤ 2	V_{max} = dreifaches Anlagenvolumen
$350 < \dot{Q} \leq 1000$	$\leq 1,5$	
$100 < \dot{Q} \leq 350$	> 2	$V_{\text{max}} = 0,0313 \times \frac{\dot{Q} \text{ (kW)}}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \text{ (mol/m}^3\text{)}}$
$350 < \dot{Q} \leq 1000$	$> 1,5$	
$1000 < \dot{Q}$	—	

* Für Kesselaustausch in bestehenden Anlagen mit ursprünglich $Q > 100$ kW und Anlagenwasser ≥ 20 l/kW gelten die Anforderungen für Anlagen mit $Q > 100$ kW (siehe auch Beispiel 1). Ist bei Heizanlagen das spezifische Anlagenvolumen ≥ 20 l/kW, z. B. durch Einbau eines Heizwasserpufferspeichers, so ist die maximale Wassermenge V_{max} auch bei Gesamtkesselleistungen < 100 kW gemäß der Gleichung aus der Tabelle zu berechnen (siehe Beispiel 2).

Auskunft über die **Konzentration an Calciumhydrogencarbonat** des Leitungswassers geben die Wasserversorgungsunternehmen. Sollte diese Angabe in der Wasseranalyse nicht enthalten sein, kann die Konzentration an Calciumhydrogencarbonat $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ aus Karbonathärte und Calciumhärte oder aus Säurekapazität $K_{\text{S4,3}}$ und Calcium-Ionen wie folgt errechnet werden:

Karbonathärte°dH x 0,179 =mol/m³ Ca(HCO₃)₂

Calciumhärte °dH x 0,179 =mol/m³ Ca(HCO₃)₂

oder

Säurekapazität $K_{\text{S4,3}}$ mol/m³ x 0,5 =mol/m³ Ca(HCO₃)₂

Calcium-Ionenmg/l x 0,025 =mol/m³ Ca(HCO₃)₂

Für die Anforderung an das Füll- und Ergänzungswasser ist der niedrigere Ca(HCO₃)₂-Wert maßgebend (siehe auch Beispiel 2).

Berechnung

Karbonathärte 11,2 °dH x 0,179 = **2,0 mol/m³ Ca(HCO₃)₂**

Calciumhärte 12,3 °dH x 0,179 = 2,2 mol/m³ Ca(HCO₃)₂

V_{max} ist die Wassermenge, die in Abhängigkeit von der Ca(HCO₃)₂-Konzentration des Wassers und der Gesamtkesselleistung \dot{Q} in eine Anlage eingefüllt werden darf, ohne daß mit Schäden am Wärmeerzeuger zu rechnen ist. Je niedriger die Ca(HCO₃)₂-Konzentration des Wassers ist, um so größer ist die Wassermenge V_{max}.

Beispiel 1

Eine bestehende Heizanlage wird mit einer Kesselleistung von 120 kW und einer Anlagenwassermenge von 2,3 m³ betrieben.

Nach Durchführung von z. B. Wärmedämmmaßnahmen am Gebäude wird ein neuer Heizkessel mit einer Kesselleistung von 95 kW installiert.

Die spezifische Anlagenwassermenge beträgt jetzt:

$$23001 : 95 \text{ kW} = \mathbf{24,2 \text{ l/kW}}$$

In dieser Anlage gelten nach wie vor die Anforderungen für Kesselleistung $\dot{Q} > 100 \text{ kW}$.

Beispiel 2

Berechnung der maximal zulässigen Füll- und Ergänzungswassermenge V_{max} für eine Heizanlage mit einer Gesamtkesselleistung \dot{Q} von 1,5 MW.

Angabe der Analysenwerte für Karbonathärte und Calciumhärte in der veralteten Maßeinheit °dH

Karbonathärte: 15,7 °dH

Calciumhärte: 11,9 °dH

Aus der Karbonathärte errechnet sich:

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \hat{=} 15,7 \text{ °dH} \times 0,179 = \mathbf{2,81 \text{ mol/m}^3}$$

Aus der Calciumhärte errechnet sich:

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \hat{=} 11,9 \text{ °dH} \times 0,179 = \mathbf{2,13 \text{ mol/m}^3}$$

Mit dem aus der Calciumhärte errechneten niedrigeren Wert ergibt sich die maximal zulässige Wassermenge V_{max}.

$$V_{\text{max}} = 0,0313 \times \frac{1500 \text{ (kW)}}{2,13 \text{ (mol/m}^3)} = \mathbf{22 \text{ m}^3}$$

Betriebsweise

- Um die Wassermenge bei Neubefüllung, z. B. nach Reparaturarbeiten, so gering wie möglich zu halten, ist schon bei der Installation der Einbau von Strangabsperrventilen zu empfehlen.
- Um die Anforderungen an Füll- und Ergänzungswasser zu erfüllen, muß das Wasser gegebenenfalls aufbereitet werden. Dies kann durch Enthärtung über

Kationenaustauscher, Entsalzung über Mischbett-Ionenaustauscher und Umkehrosmose erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist das Zudosieren von härtestabilisierenden Chemikalien. Werden Aufbereitungsmaßnahmen durchgeführt, sind die Anwendungs- und Wartungshinweise der Hersteller zu beachten, insbesondere bei Einsatz von Chemikalien.

- Bei Inbetriebnahme der Heizanlage kann die Steinbildung im Heizkessel durch Anfahren der Anlage mit geringer Leistung oder durch langsames, stufenweises Aufheizen dahingehend beeinflusst werden, daß die Steinbildung weitestgehend gleichmäßig auf der gesamten Heizfläche des Kessels stattfindet und sich nicht vorrangig an den Wandungen mit der größten Wärmestromdichte ablagert. Bei Mehrkesselanlagen empfiehlt es sich, alle Kessel gleichzeitig in Betrieb zu nehmen, damit sich die gesamte Kalkmenge nicht auf die Wärmeübertragungsfläche eines einzelnen Kessels konzentriert.

- Eine Entkalkung des Wärmeerzeugers muß in der Regel nicht durchgeführt werden, wenn nach Erreichen der maximalen Wassermenge (V_{max}) jede weitere Befüllung mit vollenthärtetem bzw. vollentsalztem Wasser erfolgt. Bei einer erforderlichen Entkalkung sind Entkalkungsmittel einzusetzen, die einerseits ein hohes Kalklösevermögen aufweisen und andererseits für die zu reinigenden Bauteile korrosionschemisch geeignet sind.

Hinweis

Für den wasserseitigen Korrosionsschutz in Heizanlagen mit bestimmungsgemäßen Betriebstemperaturen bis 100 °C gilt die Richtlinie **VDI 2035 Blatt 2**. Hierzu gehören auch Ursachen, Entstehung und Auswirkungen von Eisencarbonat-Belägen.

Erfassung der Mengen an Füll- und Ergänzungswasser

Bei Heizanlagen mit Gesamtkesselleistung > 100 kW muß neben der eingefüllten Menge an Füll- und Ergänzungswasser auch dessen Konzentration an Calciumhydrogencarbonat in einem Betriebsbuch festgehalten werden.

Weicht die $Ca(HCO_3)_2$ -Konzentration des Füll- oder Ergänzungswassers von der $Ca(HCO_3)_2$ -Konzentration ab, die zur Berechnung von V_{max} eingesetzt wurde, so wird die im Betriebsbuch eingetragene Gesamtwassermenge mit Hilfe des Korrekturfaktors bereinigt (siehe Anhang 3).

Betriebsbuch						
Angaben zur Heizanlage (Typ / Leistung):						
Datum der Inbetriebnahme:						
Maximale Wassermenge V_{max} : m ³ bei $Ca(HCO_3)_2$ -Konzentration:mol/m ³						
	Datum	Wassermenge (gemessen) m ³	$Ca(HCO_3)_2$ -Konzentration* mol/m ³	bereinigte Wassermenge m ³	Gesamtwassermenge m ³	Unterschrift
Füllwasser						
Ergänzungswasser						

Wenn die Gesamtwassermenge die berechnete Wassermenge V_{max} überschreitet, können Schäden am Wärmeerzeuger auftreten!

Nach Erreichen der maximalen Wassermenge V_{max} darf entweder nur noch vollenthärtetes bzw. vollentsalztes Wasser nachgespeist werden, oder es ist eine Entkalkung des Wärmeerzeugers durchzuführen.

* des jeweils eingespeisten Füll-/Ergänzungswassers

Anhang 1

Vorgehensweise zur Anwendung des Merkblattes

- Gesamtkesselleistung der Anlage feststellen.
- Wasserinhalt (Füllwassermenge) der Anlage ausreichend genau ermitteln.
- Auskunft über die aktuelle Konzentration an Calciumhydrogencarbonat des Leitungswassers beim Wasserversorgungsunternehmen einholen.
- Berechnung gemäß Abschnitt „Anforderungen an Füll- und Ergänzungswasser“ durchführen.
- Bei vorgeschalteter Wasseraufbereitungsanlage die Anwendungs- bzw. Dosierhinweise des Herstellers festhalten.
- Entscheidung zur Realisierung der notwendigen Wasseraufbereitung mit dem Kunden treffen (z. B. Einsatz einer mobilen Wasseraufbereitungsanlage, Einsatz von mit Tankwagen gelieferttem, entsalztem Wasser bzw. Einbau einer Wasseraufbereitungsanlage).
- Betriebsbuch aktualisieren.

Anhang 2

Darstellung der Wassermenge V_{\max}

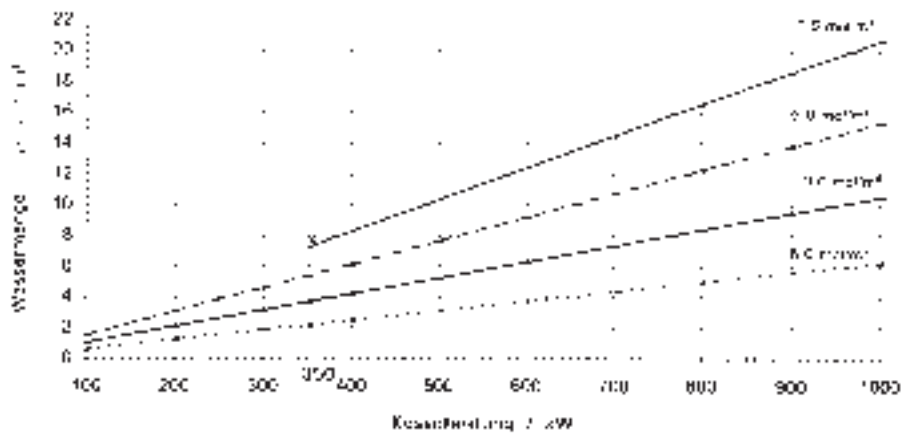


Bild 1: Berechnete Wassermenge V_{\max} für Kessel mit $\dot{Q} > 100$ kW bis $\dot{Q} \leq 1000$ kW und verschiedene $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Konzentrationen in mol/m^3

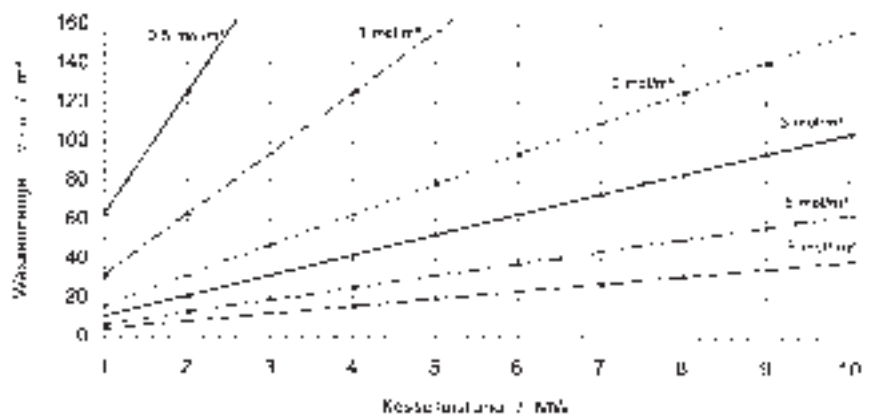


Bild 2: Berechnete Wassermenge V_{\max} für Kessel mit $\dot{Q} > 1$ MW bis $\dot{Q} \leq 10$ MW und verschiedene $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Konzentrationen in mol/m^3

Ergänzungswassermenge x Korrekturfaktor = bereinigt
Ergänzungswassermenge

$$3 \text{ m}^3 \quad \times 1,7 = \quad \quad \quad \mathbf{5,1 \text{ m}^3}$$

Gesamtwassermenge + bereinigte
Wassermenge = neue Gesamtwassermenge

$$1,5 \text{ m}^3 \quad + \quad 5,1 \text{ m}^3 \quad = \quad \mathbf{6,6 \text{ m}^3}$$

Im Betriebsbuch wird in die Zeile „Ergänzungswasser“ eingetragen:

	Datum	Wasser- menge (gemessen) m³	Ca(HCO ₃) ₂ - Konzentration* mol/m³	bereinigte Wasser- menge m³	Gesamt- wasser- menge m³	Unterschrift
Füllwasser	XXX	15	0,3	1,5	1,5	
Ergänzungswasser	XXX	3	3,5	5,1	6,6	