

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Vermeidung von Schäden in Warmwasser-
Heizungsanlagen
Steinbildung in Trinkwassererwärmungs-
und Warmwasser-Heizungsanlagen
Prevention of damage in water heating installations
Scale formation in drinking water and water
heating systems

VDI 2035

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung.	2	Preliminary note	2
1 Geltungsbereich und Zweck	2	1 Purpose and scope.	2
2 Begriffe und Definitionen	3	2 Terms and definitions	3
3 Steinbildung	4	3 Scaling	4
3.1 Ursachen der Steinbildung	4	3.1 Causes of scaling.	4
3.2 Kathodische Steinbildung	5	3.2 Cathodic scaling	5
3.3 Auswirkungen der Steinbildung.	6	3.3 The effects of scaling	6
3.4 Richtwerte/Empfehlungen.	7	3.4 Nominal values/Recommendations	7
4 Maßnahmen	9	4 Precautions.	9
4.1 Allgemeines	9	4.1 General	9
4.2 Konstruktive Maßnahmen	9	4.2 Design precautions	9
4.3 Anlagenplanung und Installation	9	4.3 System design and installation	9
4.4 Wasserseitige Maßnahmen	10	4.4 Precautions on the water side	10
4.5 Betriebliche Maßnahmen und Instandhaltung	12	4.5 Operating precautions and maintenance	12
5 Enthärtung und Entsalzung.	13	5 Softening and demineralization	13
6 Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen	14	6 Test for effectiveness of protective measures	14
Schrifttum	15	Bibliography	15
Anhang A Wasseranalyse nach DIN 50930-6	16	Annex A Water analysis – DIN 50930-6	16
Anhang B Umrechnungen	17	Annex B Conversions	18
Anhang C Grundlagen und Beispiele für die Berechnung von Sonderfällen	19	Annex C Basis and examples of the calculation of special cases.	19
Anhang D Anlagenbuch	22	Annex D An Installation record	23

VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

VDI-Handbuch VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Band 3: Sanitärtechnik
VDI-Handbuch VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Band 4: Wärme-/Heiztechnik

Vorbemerkung

Das vorliegende Blatt 1 der 6. Ausgabe der Richtlinie VDI 2035 beschränkt sich auf Schäden durch Steinbildung sowie Empfehlungen zu deren Vermeidung in Warmwasser-Heizungsanlagen und Trinkwassererwärmungsanlagen.

Die Notwendigkeit der Überarbeitung der Richtlinie VDI 2035 vom April 1996 ergab sich im Wesentlichen aus fünf Aspekten:

- Höhere auf die installierte Heizleistung bezogene Anlagenvolumina durch erhöhten Wärmeschutz (Energieeinsparverordnung)
- Entwicklung der Heiztechnik zu kompakteren Wärmeübertragungsflächen
- Trend zu Mehrkesselanlagen
- Verschärfung der Vorschriften zur Vermeidung des Legionellen-Infektionsrisikos in Richtung höherer Trinkwarmwassertemperaturen
- Vereinfachung im Sinne der Praxistauglichkeit

Die Aufteilung der Richtlinie VDI 2035 in drei Blätter bleibt erhalten:

Blatt 1: Steinbildung

Blatt 2: Wasserseitige Korrosion

Blatt 3: Abgasseitige Korrosion

Allen ehrenamtlichen Mitarbeitern an dieser VDI-Richtlinie sei auf diesem Wege gedankt.

Alle Rechte vorbehalten, auch die des Nachdrucks, der Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig. Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie als konkrete Arbeitsunterlage ist unter Wahrung des Urheberrechtes z. B. durch Kopieren auf spezielles Kopierpapier des VDI möglich. Auskünfte dazu, auch z. B. zur Nutzung im Wege der Datenverarbeitung, erteilt die Abteilung VDI-Richtlinien im VDI.

1 Geltungsbereich und Zweck

Die Richtlinie VDI 2035 Blatt 1 gilt für Trinkwassererwärmungsanlagen nach DIN 4753 und für Warmwasser-Heizungsanlagen nach DIN EN 12828 innerhalb eines Gebäudes, wenn die Vorlauftemperatur bestimmungsgemäß 100 °C nicht überschreitet.

Außerdem gilt diese Richtlinie für Anlagen des Wärmecontracting, bei denen Gebäudekomplexe versorgt werden, wenn sichergestellt wird, dass während der Lebensdauer der Anlage das Ergänzungswasservolumen höchstens das Zweifache des Füllwasservolumens beträgt. Andernfalls ist, wie für Industrie- und Fernwärmeheizanlagen, das AGFW-Arbeitsblatt FW 510 oder das VdTÜV-Merkblatt TCh 1466 zu berücksichtigen.

Preliminary note

This Part 1 of the 6th issue of guideline VDI 2035 is restricted to damage due to scaling and recommendations for its avoidance in water heating systems and drinking water systems.

The necessity to revise guideline VDI 2035, issued April 1996, essentially resulted from five aspects:

- Higher plant volumes by increased thermic protection (energy saving regulation), referred to the installed amount of heat
- The development of heating technology for compact heat transfer surfaces.
- The trend towards multi-boiler systems
- The tightening of regulations for the avoidance of the risk of Legionnaires disease by specifying higher drinking water temperatures.
- Simplification in the sense of practicability.

The sub-division of guideline VDI 2035 into three parts remains the same:

Part 1: Scaling

Part 2: Corrosion (Due to water)

Part 3: Corrosion (Due to exhaust gas)

Thanks are due to all the honorary collaborators on this VDI Guideline.

All rights are reserved, including those relating to reproduction and onward transmission (Photo and micro copying), storage on data processing equipment and translation in part or in full. The use of this VDI Guideline as a specific work document is permitted, provided that the conditions of the copyright are adhered to, e.g. copying on special VDI reprographic paper. Information on these aspects, including for example usage in data processing, is available from the VDI Guidelines department of the VDI.

1 Purpose and scope

Guideline VDI 2035 Part 1, applies to drinking water heating systems in accordance with DIN 4753 and to water heating systems in accordance with DIN EN 12828 within a building, when the specified flow temperature does not exceed 100 °C.

This guideline also applies to heat contracting systems in which building complexes are supplied, when it is ensured, that during the life of the plant the additional water volume is not greater than twice the water filling volume. Otherwise, as for industrial and district heating systems, reference should be made to the AGFW Work Part FW 510 or VdTÜV Code of Practice TCh 1466.

Zweck dieser Richtlinie ist die Vermeidung von Schäden durch Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen.

The purpose of this guideline is the avoidance of damage due to scaling in drinking water heating and water heating systems.

2 Begriffe und Definitionen

2 Terms and definitions

Abscheidbare Kalkmenge $m(\text{CaCO}_3)_s$

Menge an Calciumcarbonat (CaCO_3), die sich maximal in einer Warmwasser-Heizungsanlage abscheiden kann.

Precipitable lime quantity $m(\text{CaCO}_3)_s$

The maximum quantity of calcium carbonate (CaCO_3), which can precipitate in a water heating system.

Austrittstemperatur

Temperatur, die trinkwasserseitig am Austritt einer Trinkwassererwärmungsanlage auftritt.

Outlet temperature

The temperature on the drinking water side at the outlet of a drinking water heating system.

Ergänzungswasser

Jedes nach der ersten Befüllung heizwasserseitig nachgefüllte Wasser.

Additional water

Any water, which is added to the hot water side after the initial filling.

Füllwasser

Wasser, mit dem die gesamte Warmwasser-Heizungsanlage erstmalig heizwasserseitig gefüllt und aufgeheizt wird.

Filling water

Water, with which the complete water heating system is initially filled on the hot water side for heating.

Gesamtheizleistung

Summe der Heizleistungen aller Wärmeerzeuger einer Warmwasser-Heizungsanlage.

Total heating output

Sum of the heating outputs of all heat generators in a water heating system.

Heizleistung

Größe vom Hersteller angegebene Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers.

Heating output

Largest nominal heating output of the heat generators indicated by the manufacturer.

Heizwasser

Das gesamte als Wärmeträger dienende Wasser einer Warmwasser-Heizungsanlage.

Heating water

The total quantity of water serving as a heat transfer medium in a water heating system.

Mittelbare (indirekte) Beheizung

Abgabe der Wärme des Energieträgers oder des Brennstoffes indirekt über einen Wärmeträger (Wasserdampf, Heizwasser, Arbeitsmittel von Solaranlagen oder Wärmepumpen) unter Zwischenschaltung eines Wärmeübertragers auf das zu erwärmende Wasser.

Indirect heating

Delivery of the heat of the energy carrier or of the fuel is indirectly transferred to the water to be heated via a heat exchanger and a heat transfer medium (steam, heating water, working substance of solar systems or heat pumps).

Unmittelbare (direkte) Beheizung

Abgabe der Wärme der Brennstoffe vom Brennraum durch die Wandung unmittelbar an das zu erwärmende Wasser.

Direct heating

Delivery of the heat of fuel emits its heat energy directly through the combustion chamber walls into the water to be heated.

Schäden durch Steinbildung

Beeinträchtigung der Funktion von Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen durch Steinbildung.

Damage due to scaling

Impairment of the function of drinking water heating and water heating systems due to scaling.

Spezifisches Anlagenvolumen

Quotient aus dem gesamten heizwasserseitigen Volumen einer Warmwasser-Heizungsanlage und der installierten Heizleistung (bei Mehrkesselanlagen ist die kleinste Einzel-Heizleistung einzusetzen).

Steinbildung

Bildung von Belägen auf wasserberührten Wandungen von Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen. Die Beläge bestehen aus Wasserinhaltsstoffen, im Wesentlichen aus Calciumcarbonat.

Summe Erdalkalien (Gesamthärte)

Summe der Konzentrationen an Calcium- und Magnesiumionen im Füll- oder Ergänzungswasser.

Umlaufwasserheizer

Wärmeerzeuger mit einem spezifischen Wasserinhalt von < 0,3 ℓ Wasserinhalt des Gerätes je kW Heizleistung des Gerätes.

Vorlauftemperatur

Temperatur, die bestimmungsgemäß am heizwasserseitigen Austritt des Wärmeerzeugers einer Warmwasser-Heizungsanlage auftritt.

Wärmecontracting

Zeitlich und räumlich abgegrenzte Übertragung der Wärmeenergiebereitstellung und Wärmeenergielieferung auf einen Dritten (Contractor), der im eigenen Namen und auf eigene Rechnung handelt. Der Contractor errichtet oder übernimmt und betreibt Wärmeerzeugungsanlagen gegebenenfalls unter Einbeziehung von Wärmeverteilungsnetzen zur Wärmeenergielieferung auf Basis von Langzeitverträgen.

3 Steinbildung

3.1 Ursachen der Steinbildung

Entscheidend für das Ausmaß der Steinbildung sind die Wasserbeschaffenheit, die Füll- und Ergänzungswassermenge, die Wandtemperaturen an den Wärmeübertragungsflächen und die Betriebsbedingungen. Im Gegensatz zur Korrosion spielt die Werkstoffbeschaffenheit bei der Steinbildung nur eine untergeordnete Rolle.

Zur Steinbildung (Abscheidung von CaCO₃) kann es auf Grund der Reaktion



dann kommen, wenn Wasser erwärmt wird, das Erdalkali- und Hydrogencarbonat-Ionen enthält.

Specific system volume

Quotient of the entire heating water-lateral volume of a water heating installation and the installed heating output (with multi-boiler plants is the smallest single heating output to begin).

Scaling

Deposition of covering layers on the walls of drinking water heating and water heating systems, which are in contact with the water. The covering layers consist of water-containing substances, essentially calcium carbonate.

Sum of alkaline earths (total hardness)

Sum of the concentrations of calcium and Magnesium ions in the filling or additional water.

Recirculating water heater

Heat generator with a specific water content of < 0,3 ℓ of the water content of the equipment per kW of nominal thermal output.

Flow temperature

The specified temperature at the hot water side outlet of the heat generator of a water heating system.

Heat contracting

The chronologically and spatially limited transfer of the provision and supply of heat energy to a third party (contractor), dealing in their own name and on their own account. The contractor erects or takes over and operates heat-generating systems including, if necessary, heat distribution networks for the supply of heat energy on the basis of long-term contracts.

3 Scaling

3.1 Causes of scaling

The decisive factors for the degree to which scaling occurs are the quality of the water, the filling and additional water quantities, the wall temperatures on the heat transfer surfaces and the operating conditions. In contrast to corrosion, the quality of the water plays only a subordinate role in scaling.

Scaling (the precipitation of CaCO₃) can always result from the reaction



when water is heated, which contains alkaline earth and hydrocarbonate ions.

Mit steigender Temperatur nimmt die Gefahr der Steinbildung zu. Entscheidend ist nicht die Austritts- oder Vorlauftemperatur, sondern die Wandtemperatur an der Wärmeübertragungsfläche des Wärmeerzeugers.

Schäden durch Steinbildung können auftreten, wenn Auslegung/Planung, konstruktive Gestaltung, Betriebsbedingungen und Wasserbeschaffenheit nicht aufeinander abgestimmt sind.

Um die Steinbildung zu quantifizieren, ist das Ergebnis der Wasseranalyse, z.B. beim Wasserversorgungsunternehmen (WVU), zu erfragen (Anhang A). Die Kenntnis des Härtebereiches gemäß Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (WRMG) ist nicht ausreichend.

Zur genaueren Beurteilung der Steinbildung werden die Werte für die Konzentration an Calcium, die Säurekapazität $K_{S4,3}$ sowie die Füll- und Ergänzungswassermengen benötigt. Eine vereinfachte Beurteilung ist auch allein anhand der Parameter „Summe Erdalkalien“ und „Gesamthärte“ möglich. Diese Vereinfachung ist in sofern zulässig, da sie den maximal möglichen Wert zur Beurteilung heranzieht (siehe auch Anhang B und Anhang C). Im weiteren Verlauf wird mit dem vereinfachten Verfahren gerechnet.

3.2 Kathodische Steinbildung

Eine spezielle Art der Steinbildung wird in Zusammenhang mit dem kathodischen Schutz von emaillierten Behältern beobachtet. Als Folge der an der Kathode ablaufenden Sauerstoffreduktion kommt es zur Kalkabscheidung an der Kathodenfläche.

Schädlich ist die kathodische Steinbildung dann, wenn sie zum Zuwachsen des nicht geschützten metallischen Anschlussbereiches des Abgangsstutzens führt. Die Voraussetzung für die Ablagerungen ist, dass sich konstruktiv bedingt der Anschlussbereich im „Sichtbereich“ der Anode befindet und das Wasser Kupferionen enthält, die sich ebenfalls an der Kathode abscheiden. Der auf diese Weise elektrisch leitend werdende Belag kann dann bis zum Verschluss des Abgangsstutzens ständig weiter wachsen.

Schädlich im Sinne dieser Richtlinie ist diese Art von Kalkabscheidung auch dann, wenn sie sich auf elektrisch mit dem Behälter kurzgeschlossenen Wärmeübertragungsflächen aus Kupfer oder nicht-rostendem Stahl bilden.

Erfahrungsgemäß kann durch konstruktive Maßnahmen (z.B. Anschlussbereich aus Kunststoff) Abhilfe geschaffen werden.

As the temperature increases, so does the danger of scaling. The decisive factor is not the outlet or flow temperature, but rather the wall temperature of the heat transfer surface of the heat generator.

Damage due to scaling can occur when insufficient attention is paid to the balance between the type of construction, operating conditions and water quality at the design/planning stage.

In order to quantify scaling, the result of an analysis of the water, carried out, for example, by the water supply company (WSC) should be examined (Annex A). Knowledge of the range of hardness of the water in accordance with the detergent act alone is insufficient.

For a precise assessment of scaling knowledge of the values for the concentration of calcium, the acid capacity $K_{S4,3}$ and the filling and additional water quantities is required. A simplified assessment is also possible solely on the basis of the “Sum of the alkaline earths” and “Total hardness” parameters. However, this simplification is only permissible insofar as the maximum possible values are used for the assessment (see also Annex B and Annex C). The simplified method will be dealt with later on.

3.2 Cathodic scaling

A special type of scaling is observed in the context of the cathodic protection of enamelled containers. As a consequence of the acid reduction taking place at the cathode, calcium precipitation occurs on the cathode surface.

Cathodic scaling damages when it leads to a build up on the unprotected metallic fitting of the extraction connection. The condition for deposits is, that the construction, the fitting area is in the ‘Visible area’ of the anode and the water contains copper ions, which likewise precipitate on the cathode. The covering deposit, which has become electrically conductive by this means can then continue to steadily grow up to closing of the extraction connection.

This type of calcium precipitation is also damaging in the sense of this guideline if it form on copper or stainless steel heat transfer surfaces, which are electrically short-circuited with the container.

Experience shows, that measures taken in the construction (e.g. plastic connection area) can help to alleviate these effects.

3.3 Auswirkungen der Steinbildung

3.3.1 Trinkwassererwärmungsanlagen

Mit zunehmender Steinbildung kommt es zur Behinderung der Wärmeübertragung und zu unerwünschten Temperaturerhöhungen an den Wärmeübertragungsflächen. Dies hat je nach Anlagenart unterschiedliche Folgen:

- Bei (nichtelektrisch) unmittelbar und mittelbar beheizten Anlagen tritt eine Abnahme der Wärmeleistung auf.
- Bei (nichtelektrisch) unmittelbar beheizten Anlagen kommt es darüber hinaus zu einer Erhöhung der Abgastemperatur und damit zu einer Abnahme des Wirkungsgrades. Unter kritischen Bedingungen kann es außerdem zu Materialschäden durch Überhitzung kommen.
- Bei elektrisch beheizten Trinkwassererwärmern nimmt zwar mit zunehmender Steinbildung die Wärmeleistung nicht ab, es kommt aber wegen der konstant bleibenden elektrischen Leistung zu erhöhter Temperatur an den Heizelementen. Dies kann zum Defekt der Heizelemente führen.
- Bei Durchfluss-Trinkwassererwärmern kann es als Folge der Steinbildung zu einer Verringerung des Strömungsquerschnittes und damit zu einer Erhöhung des Strömungswiderstandes kommen, was zu einer Durchflussreduzierung führt. Gleichzeitig ist durch die Steinbildung eine Verringerung des Wärmedurchgangs zu verzeichnen. Beide Effekte führen zu einer Abnahme der Wärmeleistung.

Generell kann die Steinbildung dazu führen, dass die gewünschte Austrittstemperatur und/oder der Auslegungsvolumenstrom nicht mehr erreicht werden.

3.3.2 Warmwasser-Heizungsanlagen

Als Folge der Steinbildung wird in Wärmeerzeugern von Warmwasser-Heizungsanlagen durch den Steinbelag der Wärmedurchgang vermindert. Insbesondere auf unmittelbar beheizten Wärmeübertragungsflächen kann es zu örtlicher Überhitzung und dadurch bedingter Rissbildung sowie zu Siedegeräuschen kommen. Die Steinbeläge können außerdem zu einer Querschnittsverminderung und zu einer Strömungswiderstandserhöhung führen.

Grundsätzlich verringert sich infolge dieser Effekte die Wärmeleistung. Die Ausbildung derartiger Schichten sollte daher für einen störungsfreien und wirtschaftlichen Betrieb so gering wie möglich gehalten werden.

3.3 The effects of scaling

3.3.1 Drinking water heating systems

As the scaling builds up the heat transfer is impeded and undesirable increases in temperature occur on the heat transfer surfaces. This has different consequences, depending on the type of system:

- In (non-electrical) directly and indirectly heated systems the thermal output decreases.
- In (non-electrical) directly heated systems there is also an increase in the exhaust gas temperature and hence a reduction in efficiency. Under critical conditions there may also be material damage due to overheating.
- In electrically heated drinking water heating systems the thermal output does not reduce as scaling increases, however, due to the constant electrical power output, the temperature of the heating elements is increased. This can lead to the heating elements becoming defective.
- In through-flow drinking water heating systems the consequence of scaling can be a reduction in the flow cross-section and hence an increase in flow resistance, leading to a reduction in throughput. At the same time a reduction in the overall heat transfer, due to the scaling, will be noted. Both effects lead to a reduction in thermal output.

In general, scaling can result in non-attainment of the desired outlet temperature and/or the design volumetric flow.

3.3.2 Water heating systems

As a consequence of scaling the overall heat transfer in the heat generators of water heating systems is reduced due to the covering of scale. In particular, on directly heated heat transfer surfaces this may result in local overheating and the formation of cracks and also lead to boiling noises. The build up of scale can also lead to a reduction in cross-section and increased flow resistance.

The thermal output is fundamentally reduced as a consequence of these effects. The formation of such layers should be suppressed as much as possible for fault-free and economic operation.

3.4 Richtwerte/Empfehlungen

3.4.1 Trinkwassererwärmungsanlagen

Erdalkali- und Hydrogencarbonat-Ionen gehören zu den natürlichen Bestandteilen des Trinkwassers. Bei Trinkwarmwasser-Austrittstemperaturen von in der Regel 60 °C und den dementsprechend höher liegenden Wandtemperaturen im Trinkwassererwärmer selbst ist eine Calciumcarbonatabscheidung und damit eine Steinbildung nicht vollständig zu vermeiden. Die Praxis zeigt, dass in Abhängigkeit von der Trinkwarmwasser-Austrittstemperatur t_{TWW} und der Summe Erdalkalien (Gesamthärte) des Trinkwassers die in Tabelle 1 beschriebene Neigung zur Steinbildung besteht.

Tabelle 1. Neigung zur Steinbildung

Summe Erdalkalien in mol/m ³	< 1,5	1,5 ... 2,5	> 2,5
Gesamthärte in °d	< 8,4	8,4 ... 14	> 14
$t_{TWW} < 60$ °C	gering	gering	gering
$t_{TWW} 60 \dots 70$ °C	gering	gering	mittel
$t_{TWW} > 70$ °C	gering	mittel	hoch

Für wasserseitige Maßnahmen gemäß Abschnitt 4.4.1 sind neben Tabelle 1 Betriebserfahrungen mit den örtlichen Wasserbeschaffenheiten zu berücksichtigen.

3.4.2 Warmwasser-Heizungsanlagen

Bei Warmwasser-Heizungsanlagen ist die Gefahr der Schäden infolge Steinbildung durch die im Vergleich zu Trinkwassererwärmungsanlagen geringere Menge an Erdalkali- und Hydrogencarbonat-Ionen begrenzt.

Die Praxis hat gezeigt, dass in Abhängigkeit

- von der Gesamtheizleistung einer Warmwasser-Heizungsanlage,
- vom spezifischen Anlagenvolumen (Liter Nenninhalt/Heizleistung; bei Mehrkesselanlagen ist die kleinste Einzel-Heizleistung einzusetzen),
- von der Füll- und Ergänzungswassermenge und
- von der Art und Konstruktion des Wärmeerzeugers (z. B. Umlaufwasserheizer)

Schäden durch Steinbildung auftreten können.

Der Planer der Anlage hat folgende Angaben zu dokumentieren (z. B. nach Anhang D):

- Summe Erdalkalien oder Gesamthärte (z. B. aus der Analyse des Wasserversorgungsunternehmens)
- Anlagenvolumen, die Gesamtheizleistung und bei Mehrkesselanlagen auch die Einzelheizleistungen
- die zu Grunde gelegte Füll- und Ergänzungswassermenge während der Lebensdauer der Anlage
- Zusätze für die Wasserbehandlung (Art und Menge)

3.4 Nominal values/Recommendations

3.4.1 Drinking water heating systems

Alkaline earth and hydrocarbonate ions are among the natural constituents of drinking water. With outlet temperatures of drinking water heating systems of 60 °C, as a rule, and the accordingly higher wall temperatures in the drinking water heater itself, the build up of calcium carbonate separation and hence the formation of scale cannot completely be avoided. Practice has shown, that depending on the outlet temperature of the drinking water heating system t_{TWW} and the sum of the alkaline earths (total hardness) of the drinking water, the tendency to scaling in Table 1 contained exists.

Table 1. Tendency to scaling

Sum of alkaline earths in mol/m ³	< 1,5	1,5 ... 2,5	> 2,5
Total hardness in °d	< 8,4	8,4 ... 14	> 14
$t_{TWW} < 60$ °C	minimal	minimal	minimal
$t_{TWW} 60 \dots 70$ °C	minimal	minimal	medium
$t_{TWW} > 70$ °C	minimal	medium	high

For the water side measures discussed in Section 4.4.1, in addition to Table 1, consideration should be given to local water quality and operating experience.

3.4.2 Water heating systems

On water heating systems the risk of damage as a consequence of scaling is limited due to the smaller quantities of alkaline earth and hydro carbonate ions.

Practice has shown, that damage can occur due to scaling depending on the:

- Total heating output of the water heating system
- Specific system volume (nominal contents litres/heating output; in multi-boiler systems the smallest individual heating output is to be used)
- Filling and additional water quantity
- Type and construction of the heat generator (e.g. recirculating water heater).

The system designer has to document the following details (e.g. in accordance with Annex D):

- Sum of the alkaline earths or total hardness (e.g. from the analysis of the water supply company)
- System volume, the total heating output and also the individual heating outputs for multi-boiler systems
- The basic filling and additional water quantities during the life of the system
- Water treatment additives (type and quantity)

Die nachstehenden Richtwerte für Warmwasser-Heizungsanlagen beruhen auf langjährigen praktischen Erfahrungen und gehen davon aus, dass

- während der Lebensdauer der Anlage die Summe des gesamten Füll- und Ergänzungswassers das Dreifache des Nennvolumens der Heizungsanlage nicht überschreitet,
- das spezifische Anlagenvolumen > 20 ℓ/kW Heizleistung beträgt (bei Mehrkesselanlagen ist die kleinste Einzel-Heizleistung einzusetzen) und
- alle Maßnahmen zur Vermeidung wasserseitiger Korrosion nach VDI 2035 Blatt 2 getroffen wurden.

Für das Füll- und Ergänzungswasser sind zur Vermeidung von Schäden durch Steinbildung folgende Richtwerte einzuhalten (Tabelle 2).

Tabelle 2. Richtwerte für das Füll- und Ergänzungswasser

Gesamtheizleistung in kW	Summe Erdalkalien in mol/m ³	Gesamthärte in °d
≤ 50	keine Anforderungen ^{*)}	keine Anforderungen ^{*)}
> 50 bis ≤ 200	≤ 2,0	≤ 11,2
> 200 bis ≤ 600	≤ 1,5	≤ 8,4
> 600	< 0,02	< 0,11

^{*)} Bei Anlagen mit Umlaufwasserheizern und für Systeme mit elektrischen Heizelementen beträgt der Richtwert für die Summe Erdalkalien ≤ 3,0 mol/m³, entsprechend 16,8 °d (siehe Abschnitt 4.3.2).

In den Fällen, in denen

- die Summe Erdalkalien aus der Analyse des Füll- und Ergänzungswassers über dem Richtwert nach Tabelle 2 liegt oder/und
- höhere Füll- und Ergänzungswassermengen zu erwarten sind oder/und
- das spezifische Anlagenvolumen > 20 ℓ/kW Heizleistung beträgt (bei Mehrkesselanlagen ist die kleinste Einzel-Heizleistung einzusetzen),

ist vorzugsweise zu enthärten oder eine der anderen Maßnahmen nach Abschnitt 4 erforderlich.

Anmerkung: In einzelnen Wasserversorgungsgebieten kann das Wasser so beschaffen sein, dass trotz Überschreiten der Richtwerte die abscheidbare Calciumcarbonat-Menge unkritisch ist. In den Fällen, in denen gilt:

$$\frac{\text{Säurekapazität } K_{S4,3} \text{ in mol/m}^3}{\text{Summe Erdalkalien in mol/m}^3} \leq 1,5$$

und/oder

$$\frac{\text{Karbonathärte in } ^\circ\text{d}}{\text{Gesamthärte in } ^\circ\text{d}} \leq 0,75$$

können unter Umständen weitergehende Maßnahmen entfallen, wenn der Nachweis nach Anhang C geführt wird.

The following nominal values for water heating systems are based on many years of practical experience and are given on the basis that

- during the life of the system the sum of the total filling and additional water quantities does not exceed three times the nominal volume of the heating system
- the specific system volume is > 20 ℓ/kW heating output (for multi-boiler systems this is taken as the smallest individual heating output) and
- all precautions for the avoidance of corrosion on the water side have been taken in accordance with VDI 2035 Part 2.

The following nominal values should be maintained for the filling and additional water in order to avoid damage due to scaling (Table 2).

Table 2. Nominal values for filling and additional water

Total heating output in kW	Sum of alkaline earths in mol/m ³	Total hardness in °d
≤ 50	no requirements ^{*)}	no requirements ^{*)}
> 50 up to ≤ 200	≤ 2,0	≤ 11,2
> 200 up to ≤ 600	≤ 1,5	≤ 8,4
> 600	< 0,02	< 0,11

^{*)} For systems with recirculating water heaters and for systems with electrical heating elements the nominal value for the sum of the alkaline earths ≤ 3,0 mol/m³, corresponding to 16,8 °d (see Section 4.3.2).

In cases, in which

- the sum of the alkaline earths from the analysis of the filling and additional water lies above the nominal value and/or
- higher filling and additional water quantities are anticipated and/or
- the specific system volume is > 20 ℓ/kW heating output (on multi-boiler systems the smallest individual heating output is to be used),

preferably the water should be softened or one of the other precautions given in Section 4 will be necessary.

Note: In individual water supply areas the water can be of such a quality, that despite the nominal values being exceeded, the precipitable quantity of calcium carbonate is non-critical. In cases in which the following applies:

$$\frac{\text{Acid capacity } K_{S4,3} \text{ in mol/m}^3}{\text{Sum, alkaline earths in mol/m}^3} \leq 1,5$$

or

$$\frac{\text{Carbonate hardness } ^\circ\text{d}}{\text{Total hardness } ^\circ\text{d}} \leq 0,75$$

under certain circumstances further measures are not required, provided the recommendations in Annex C are followed.

4 Maßnahmen

4.1 Allgemeines

Steinbildung kann nicht vollständig vermieden werden. Die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen sind darauf ausgerichtet, die Steinbildung gering zu halten. Voraussetzung für eine fachgerechte Anlagenplanung und Installation in Bezug auf die Steinbildung ist die Kenntnis der Wasserqualität vor Ort sowie die Einhaltung der Richtwerte/Empfehlungen nach Abschnitt 3.4.

Maßnahmen zur Vermeidung von wasserseitiger Korrosion sind in VDI 2035 Blatt 2 enthalten. Für den Fall des Einsatzes von organischen Zusätzen im Heizwasser wird auf die Anforderungen der TRD 611 verwiesen.

4.2 Konstruktive Maßnahmen

Systembedingt sind die Wärmeübertragungsflächen der Wärmeerzeuger die Stellen der höchsten Temperaturbelastung und somit die Orte bevorzugter Steinbildung.

Folgende Maßnahmen verringern die Steinbildung:

- niedrige wasserseitige Wandtemperaturen
- homogene Wandtemperatur- und Leistungsverteilung
- groß dimensionierte Wärmeübertragungsflächen
- gleichmäßige und ausreichende wasserseitige Strömungsverhältnisse
- wasserseitige Oberflächen mit geringer Rauigkeit
- leistungsangepasste Brenner- oder Heizelementregelungen

4.3 Anlagenplanung und Installation

4.3.1 Trinkwassererwärmungsanlagen

Bei Anlagenplanung und Installation von Trinkwassererwärmungsanlagen sind DIN 1988-4 und DIN EN 1717 zu beachten.

Von Trinkwasser berührte Bauteile dürfen nur aus Werkstoffen bestehen, die für die Verwendung in Trinkwässern zugelassen sind.

4.3.2 Warmwasser-Heizungsanlagen

Bei Warmwasser-Heizungsanlagen sind bei der Anlagenplanung und Installation grundsätzlich zu berücksichtigen:

- Abschnittsweise sind Absperrventile einzubauen. Damit soll vermieden werden, dass bei jedem Reparaturfall oder jeder Anlagenerweiterung das gesamte Heizwasser abgelassen werden muss.

4 Precautions

4.1 General

Scaling cannot completely be avoided. The precautions given in the following are designed to keep scaling to a minimum. The prerequisites for technically appropriate system design and installation, taking account of scaling, are knowledge of the local water quality and adherence to the nominal values given in Section 3.4.

Precautions for the avoidance of corrosion on the water side are contained in VDI 2035 Part 2. In case the heating water contains organic additives, reference should be made to TRD 611.

4.2 Design precautions

Depending on the system, the heat transfer surfaces of the heat generator are the areas with the highest temperature loading and thus the locations conducive to scaling.

The following precautions reduce scaling:

- Low wall temperatures on the water side
- Homogeneous wall temperatures and power output distribution
- Large heat transfer surfaces
- Uniform and adequate water side flow conditions
- Low surface roughness on the water side
- Performance-matched regulation of burners and heating elements

4.3 System design and installation

4.3.1 Drinking water heating systems

When designing and installing drinking water heating systems DIN 1988-4 and DIN EN 1717 are to be observed.

Components, which are in contact with drinking water, must only be constructed from materials whose use is permitted in drinking water systems.

4.3.2 Water heating systems

In case of water heating systems, the following must strictly be followed during system design and installation:

- Shut-off valves must be fitted in sections where these are appropriate, to avoid the necessity to drain off all hot water in the event of repair or system expansion.

- Bei Anlagen > 50 kW ist zur Erfassung der Füll- und Ergänzungswassermenge ein Wasserzähler einzubauen. Es wird das Führen eines Anlagenbuches (z.B. nach Anhang D) empfohlen.
- Wenn das spezifische Anlagenvolumen > 20 ℓ/kW Heizleistung beträgt (Bei Mehrkesselanlagen ist die kleinste Einzel-Heizleistung einzusetzen!), sind die Anforderungen der nächsthöheren Gruppe der Gesamtheizleistung (gemäß Tabelle 2) anzuwenden. Bei gravierenden Überschreitungen (> 50 ℓ/kW) ist auf Summe Erdalkalien $\leq 0,02 \text{ mol/m}^3$ zu enthärten.
- Ist eine Enthärtung erforderlich, so ist zu beachten, dass bei Erstbefüllung, Neubefüllungen und großen Ergänzungsfüllungen eine ausreichende Menge enthärtetes oder entsalztes Wasser zur Verfügung steht (z.B. mobile Anlagen, Tankwagen). Bei langen Stillstandszeiten von Enthärtungsanlagen kann ein Verwerfen des ersten Bettvolumens des Austauscherbehälters notwendig sein.

Bei Anlagen mit Umlauf-Wasserheizern und Systemen mit elektrischen Heizelementen mit einer Gesamtheizleistung < 50 kW und einer Summe Erdalkalien des Füll- und Ergänzungswassers > $3,0 \text{ mol/m}^3$ ist zusätzlich eine der nachstehenden Maßnahmen erforderlich:

- vorzugsweise Enthärtung oder eine der anderen Maßnahmen nach Abschnitt 4.4
- Integration eines Filters oder einer Abscheidevorrichtung im Wärmeerzeuger (z.B. Toträume als konstruktive Maßnahme)
- Installation eines Filters oder einer Abscheidevorrichtung im Heizungsvorlauf

4.4 Wasserseitige Maßnahmen

4.4.1 Trinkwassererwärmungsanlagen

Grundsätzlich gilt, dass das Wasser in Trinkwassererwärmungsanlagen seine Eigenschaft als Trinkwasser entsprechend der Trinkwasserverordnung behalten muss.

Zur Behandlung des Trinkwassers dürfen nur solche Stoffe und Verfahren verwendet werden, die in der „Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001“ aufgeführt sind.

Enthärtung

Zur Enthärtung des Trinkwassers sind Ionenaustausch oder Umkehrosmose zugelassene Verfahren zur Vermeidung von Steinbildung (siehe Abschnitt 5). Die Anlage muss den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

- On systems > 50 kW a water meter should be installed to determine the filling and additional water quantities. The maintenance of a system record (e.g. as in Annex D) is recommended.
- If the specific system volume is > 20 ℓ/kW heating output (On multi-boiler systems the smallest individual heating output should be used in the calculation!) then the requirements for the next highest total heating output (see Table 2) are to be used. If this value is considerably exceeded (> 50 ℓ/kW), the water should be softened so that the sum of the alkaline earths is $\leq 0,02 \text{ mol/m}^3$.
- If softening is required, care should be taken to ensure that on initial filling, refilling, and extensive additional filling an adequately large quantity of softened or demineralised water is available (e.g. mobile systems and tanker vehicles). After long periods of softening plant inactivity it may be necessary to discard the initial bed volume of the exchanger vessel.

On systems with recirculating water heaters and systems with electric heater elements having a total heating output < 50 kW and a sum of the alkaline earths of the filling and additional water > $3,0 \text{ mol/m}^3$ on of the following additional precautions is necessary:

- Preferably softening or one of the other precautions in Section 4.4
- Incorporation of a filter or separator device in the heat generator (e.g. “dead” zones as a constructional measure)
- Installation of a filter or separator device in the heating flow

4.4 Precautions on the water side

4.4.1 Drinking water heating systems

It fundamentally applies, that the water in drinking water heating systems must retain its characteristic as drinking water in accordance with the statutory requirements for drinking water.

In the treatment of drinking water only such substances and methods must be used as are stated in the “List of treatment substances and disinfection methods in accordance with § 11 Trinkwasserverordnung 2001”.

Softening

For softening of drinking water, ion exchange and reverse osmosis are permissible methods for the avoidance of scaling (see Section 5). The system must satisfy the generally accepted codes of practice.

Ein voll enthärtetes Trinkwasser ist nicht zweckmäßig. Es wird empfohlen, dass das Wasser nach der Enthärtungsanlage durch Vermischen mit nicht enthärtetem Wasser auf einen Calciumgehalt von etwa $1,5 \text{ mol/m}^3$ eingestellt wird.

Härtestabilisierung

Im Trinkwasser darf die Härtestabilisierung ausschließlich mit den nach der Trinkwasserverordnung („Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001“) zugelassenen Polyphosphaten erfolgen.

Polyphosphate behindern das Aufwachsen von Steinbelägen, können Schlammabildung aber nicht vermeiden. Ist durch die Anforderungen der Hygiene am Austritt des Trinkwassererwärmers eine Warmwassertemperatur von 60 °C sicherzustellen (siehe Abschnitt 3.1), schränkt dies die Verwendbarkeit von Polyphosphaten ein.

Polyphosphate begünstigen die Flächenkorrosion metallischer Werkstoffe und erhöhen dadurch die Belastung des Trinkwassers mit Korrosionsprodukten.

Die Anforderungen der Trinkwasserverordnung sind einzuhalten. Die Wirksamkeit des Verfahrens ist nach DVGW W 512 nachzuweisen.

Physikalische Wasserbehandlung

Verfahren zur physikalischen Wasserbehandlung können nur dann zur Verminderung der Steinbildung eingesetzt werden, wenn die Wirksamkeit nach DVGW W 512 geprüft und auch nachgewiesen wurde (DVGW-Prüfzeichen).

4.4.2 Warmwasser-Heizungsanlagen

Enthärtung

Ein bevorzugtes Verfahren zur Vermeidung von Steinbildung ist die Enthärtung, da sie die Erdalkalien (Calcium- und Magnesiumionen) dauerhaft aus dem System entfernt (siehe Abschnitt 5).

Anmerkung: Steht teil-/vollentsalztes Wasser zur Verfügung, so kann dieses eingesetzt werden, wenn entsprechende Maßnahmen zur Einstellung des pH-Wertes des Heizwassers getroffen werden. Bei Aluminiumwerkstoffen im System können zur Vermeidung von Korrosion sowohl bei Enthärtung als auch bei Entsalzung weitere Maßnahmen (z. B. Dosierung von Inhibitoren) notwendig sein. Korrosionsschutzmaßnahmen sind in VDI 2035 Blatt 2 beschrieben.

Härtestabilisierung

Unter Härtestabilisierung versteht man die Zugabe von Zusatzstoffen zum Heizwasser, durch welche die Kalkabscheidung derart beeinflusst wird, dass es nicht zur Steinbildung kommt. Die Steinbildner wer-

A fully softened drinking water is not practical for use. It is recommended, that the water calcium content be adjusted to approx. $1,5 \text{ mol/m}^3$ after the softening process by mixing it with unsoftened water.

Hardness stabilisation

The hardness stabilisation of drinking water must be exclusively carried out using the polyphosphates permitted in accordance with the statute relating to drinking water (“List of treatment substances and disinfection methods in accordance with § 11 Trinkwasserverordnung 2001”).

Polyphosphate hinder the growth of scaling deposits, but do not prevent the build up of sludge. If, due to the requirements for hygiene, a hot water temperature of 60 °C has to be ensured at the outlet of the drinking water heater (see Section 3.1), this restricts the usability of polyphosphates.

Polyphosphates promote the surface corrosion of metallic materials and thereby increase the loading of the drinking water with products of corrosion.

The requirements of the statute relating to drinking water must be adhered to. The effectiveness of the process has to be demonstrated in accordance with DVGW W 512.

Physical water treatment

Methods for the physical treatment of water can only be employed to reduce scaling when their effectiveness has been verified and also demonstrated in accordance with DVGW W 512 (DVGW test symbol).

4.4.2 Water heating systems

Softening

Softening is a preferred method for avoidance of scaling, since it results in long-term removal of alkaline earths (Calcium and magnesium ions) from the system (see Section 5).

Note: If partly/fully demineralised water is available, this can be used, provided that appropriate precautions are taken to adjust the pH value of the heating water. In case of aluminium materials in the system, further precautions may be necessary for avoidance of corrosion and for softening and demineralisation of the water (e. g. metering of inhibitors). Corrosion protection precautions are described in VDI 2035 Part 2.

Hardness stabilisation

Hardness stabilisation implies the addition of additive substances to the heating water, by means of which the precipitation of calcium is influenced in such a way, that scaling does not occur. This process

den durch dieses Verfahren nicht entfernt. Es sind hinsichtlich Auswahl, Dosierung, Überwachung und Entsorgung der Zusatzstoffe und des konditionierten Heizwassers zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

Bei der Auswahl der Zusatzstoffe ist sicherzustellen, dass diese selbst oder mögliche Reaktionsprodukte keine Korrosionsschäden hervorrufen.

Da die Härtestabilisierung keine Schlammförmung verursachen darf, sollte der Einsatz von phosphathaltigen Produkten vermieden werden.

Hinweise der Hersteller und Lieferanten der Härtestabilisatoren sind zu beachten.

Bei gleichzeitiger Verwendung des Heizwassers zur Trinkwassererwärmung sind die entsprechenden Regelungen in DIN 1988-4 und DIN EN 1717 zu beachten.

Härtefällung

Unter Härtefällung versteht man die Zugabe von Stoffen, die im Wasser gelöste Erdalkalien als Schlämme ausfällen. Diese Schlämme sind durch anlagen- und betriebstechnische Maßnahmen (Abschlammung) aus dem System zu entfernen.

Physikalische Wasserbehandlung

Verfahren zur physikalischen Wasserbehandlung können nur dann zur Verminderung der Steinbildung eingesetzt werden, wenn die Wirksamkeit nachgewiesen wurde. Zurzeit liegen reproduzierbare Nachweise der Wirksamkeit der Verfahren im Heizwasserbereich nicht vor (siehe Abschnitt 4.4.1).

4.5 Betriebliche Maßnahmen und Instandhaltung

4.5.1 Trinkwassererwärmungsanlagen

Die DIN 1988, insbesondere DIN 1988-8 ist zu beachten. Diese Norm enthält die technischen Regeln für den Betrieb und die Instandhaltung von Trinkwasserinstallationen einschließlich Trinkwassererwärmungsanlagen.

Bezüglich der Entfernung von Ablagerungen wird auf den Anhang A13.2 der DIN 1988-8 verwiesen.

4.5.2 Warmwasser-Heizungsanlagen

Folgende Punkte sind zu beachten:

- Die Inbetriebnahme einer Anlage soll stufenweise beginnend mit der geringsten Leistung des Kessels, bei hohem Heizwasserdurchfluss erfolgen. Somit wird eine örtliche Konzentration der Kalkablagerungen auf den Heizflächen des Wärmeerzeugers vermieden.

does not remove the substances promoting scaling. Additional precautions relating to the selection, metering, monitoring, and disposal of the additive substances and the conditioned heating water are necessary.

With the selection of the additives it is to be guaranteed that these or possible reaction products do not cause corrosion damages.

Since the hardness stabilisation must not cause any build up of sludge, the use of products containing phosphates should be avoided.

The recommendations of manufacturers and suppliers are to be followed.

In case of the simultaneous use of the heating water for drinking water heating the appropriate regulations in DIN 1988-4 and DIN EN 1717 are to be adhered to.

Hardness precipitation

By hardness precipitation is implied the addition of substances, which cause precipitation as sludge of substances that are dissolved in the water. These sludges have to be removed from the system by means of technical measures relating to the system and its operation (clarification).

Physical water treatment

Physical water treatment methods can only be used to reduce scaling if their effectiveness has been demonstrated. At present there is no reproducible evidence of the effectiveness of such methods in heating water (see Section 4.4.1).

4.5 Operating precautions and maintenance

4.5.1 Drinking water heating systems

DIN 1988, in particular DIN 1988-8, have to be followed. This standard contains the code of practice for operation and maintenance of drinking water installations, including drinking water heating systems.

Reference is made to Annex A13.2 of DIN 1988-8 in respect of the removal of deposits.

4.5.2 Water heating systems

The following points should be noted:

- The commissioning of a plant should be undertaken in steps, starting with the lowest capacity of the boiler and at a high heating water flow rate. By this means the localised concentration of calcium deposits on the heating surfaces of the heat generator is avoided.

- Bei Mehrkesselanlagen wird empfohlen, alle Kessel gleichzeitig in Betrieb zu nehmen, damit die gesamte Kalkmenge nicht auf der Wärmeübertragungsfläche nur eines Kessels ausfällt.
- Bei Erweiterungs- und Reparaturarbeiten ist die Entleerung auf die unbedingt notwendigen Netzabschnitte zu beschränken.
- Sind wasserseitige Maßnahmen erforderlich, ist es von großer Bedeutung, dass schon die Erstbefüllung der Heizanlage zur Inbetriebnahme mit aufbereitetem Wasser erfolgt. Dies gilt ebenso für jede Neubefüllung z. B. nach Reparaturen oder Erweiterungen und für alle Ergänzungswassermengen.
- Filter, Schmutzfänger oder sonstige Abschlamm- oder Abscheidevorrichtungen im Heizwasserkreislauf sind nach Erst- oder Neuinstallation öfter, später nach Bedarf in Abhängigkeit der Wasseraufbereitung (z. B. Härtefällung) zu kontrollieren, zu reinigen oder zu betätigen.
- Bei Beachtung der in dieser Richtlinie aufgeführten Verhaltens- und Betriebsweisen wird die Bildung von schädlichen Kalkablagerungen auf den Wärmeübertragerflächen minimiert. Sind durch Nichtbeachtung der Richtlinie schädliche Kalkablagerungen entstanden, ist eine Einschränkung der Lebensdauer des Wärmeübertragers damit in den meisten Fällen bereits eingetreten. Die Entfernung der Beläge kann eine Option zur Wiederherstellung der Betriebstauglichkeit sein. Die Steinentfernung ist durch Fachfirmen auszuführen. Die Anlage ist vor der Inbetriebnahme auf Schäden zu prüfen. Für die Vermeidung erneuter Belagsbildung müssen die fehlerhaften Betriebsparameter korrigiert werden.
- On multi-boiler systems it is recommended that all boilers be commissioned simultaneously, so that the entire quantity of calcium does not precipitate on the heat transfer surface of one boiler.
- In case of expansion and repair work emptying should be restricted to network sections where this is absolutely necessary.
- If precautions are necessary on the water side, it is very important that the initial filling of the heating system for commissioning takes place with treated water. This also applies on each refilling, e.g. after repairs or expansions and for all additional water quantities.
- Filters, dirt traps, and other clarification and separation devices in the heating water circuit are to be frequently inspected, cleaned, and actuated after initial installation and reinstallation and as required in the context of water treatment (e.g. hardness precipitation).
- Implementation of the means of treatment and operation given in this guideline will minimise the build up of damaging calcium deposits on the heat transfer surfaces. If damaging deposits of calcium accrue as a result of non-observance these recommendations, the life cycle of the heat exchanger will, in most cases, already be restricted. Removal of the deposits can be an option for the restoration of operating capability. The removal of scaling should be carried out by a specialist firm. The system is to be inspected for damage before commissioning. In order to avoid rebuilding of deposits the affected performance parameters must be corrected.

5 Enthärtung und Entsalzung

Bevorzugte Verfahren zur Vermeidung von Steinbildung sind die *Enthärtung* und die *Entsalzung*, bei denen die im Wasser enthaltenen Calcium- und Magnesiumionen bzw. alle ionogenen Stoffe entfernt werden.

Ein durch Kationenaustauschverfahren enthärtetes Wasser enthält nur noch geringe Anteile von Calcium- und Magnesiumionen, da diese gegen Natriumionen ausgetauscht wurden.

Zur Entsalzung werden Ionenaustauschverfahren mit Kationen- und Anionenaustauschern eingesetzt. Diese Verfahren sind verfahrenstechnisch sehr aufwändig und werden nur in Sonderfällen angewendet.

Bei der Enthärtung/Entsalzung durch Umkehrosmose wird das Wasser durch feinporige Membranen geleitet, die für die Wasserinhaltsstoffe praktisch undurchlässig sind.

5 Softening and demineralization

The preferred methods for avoidance of scaling are softening and demineralization, in which calcium and magnesium ions and all ionogenic substances are removed.

Water that has been softened by means of the cation exchange process only contains minimum levels of calcium and magnesium ions, since these have been exchanged for sodium ions.

For demineralization ion exchange processes with cation and anion exchangers are employed. These methods are very expensive and only applied in special cases.

For softening/demineralization by reverse osmosis the water is passed through fine pore membranes, which are virtually impervious to the substances concerned.

6 Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung von Steinbildung kann nur durch einen zeitgleich durchgeführten Parallelversuch nachgewiesen werden. Bei dieser Prüfung werden zwei Wärmeübertrager so betrieben, dass die Bedingungen hinsichtlich Temperatur und Volumenstrom sowohl des Heizwassers als auch des zu erwärmenden Kaltwassers zumindest zu Versuchsbeginn in beiden Wärmeübertragern gleich sind.

Die Prüfung kann nach Arbeitsblatt DWGW W 512 erfolgen.

6 Test for effectiveness of protective measures

The effectiveness of the measures taken to avoid scaling can only be demonstrated by an isochronous test undertaken in parallel. In this test, two heat exchangers are operated in such a way, that the conditions in terms of temperature and volumetric flow of both, the heating water and the cold water that is to be heated, are the same in both heat exchangers, at least at the start of the test.

The test can be carried out in accordance with work sheet DWGW W 512.

Schrifttum/Bibliography

Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften/ Acts, ordinances, administrative regulations

TrinkwV : 2001-05-21 Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung (Artikel 1 Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). BGBl I, 2001, Nr. 24, S. 959–980, zuletzt geändert am 2003-11-25, BGBl I, 2003, Nr. 56, S 2304

WRMG : 1987-03-05 Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz – WRMG). BGBl I, 1987, Nr. 20, S. 875–879, zuletzt geändert am 2003-11-25; BGBl I, 2003, Nr. 56, S 2304

Technische Regeln/Technical rules

AGFW FW 510 : 2003-11 Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen, sowie Hinweise für deren Betrieb (Requirements for circulation water in industrial and district heating systems and recommendations for their operation). Frankfurt: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung

DIN 1988-4 : 1988-12 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Schutz des Trinkwassers, Erhaltung der Trinkwassergüte; Technische Regel des DVGW (Drinking water supply systems; Drinking water protection and drinking water quality control (DVGW code of practice)). Berlin: Beuth Verlag

DIN 1988-7 : 1988-12 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Vermeidung von Korrosionsschäden und Steinbildung; Technische Regel des DVGW (Drinking water supply systems; prevention of corrosion and scaling (DVGW code of practice)). Berlin: Beuth Verlag

DIN 1988-8 : 1988-12 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Betrieb der Anlagen; Technische Regel des DVGW (Drinking water supply systems; Operation (DVGW code of practice)). Berlin: Beuth Verlag

DIN 2000 : 2000-10 Zentrale Trinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen; Technische Regel des DVGW (Central drinking water supply; Guidelines regarding requirements for drinking water, planning, construction, operation and maintenance of plants; Technical rule of DVGW). Berlin: Beuth Verlag

DIN 4702-1 : 1990-03 Heizkessel; Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung (Boilers for central heating; Terms, requirements, testing, marking). Berlin: Beuth Verlag

DIN 4753 Wassererwärmer und Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser (Water heaters and water heating installations for drinking water and service water). Berlin: Beuth Verlag

DIN 50934 Korrosion der Metalle; Verfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Wasserbehandlungsanlagen zum Korrosionsschutz (Corrosion of metals; Methods for evaluation of efficiency of water treatment apparatus for corrosion protection). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 1717 : 2001-05 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Technische Regel des DVGW; Deutsche Fassung EN 1717:2000 (Protection against pollution of potable water installations and general requirements of devices to prevent pollution by backflow; Technical rule of the DVGW; German version EN 1717:2000). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12828 : 2003-06 Heizungssysteme in Gebäuden; Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen; Deutsche Fassung EN 12828:2003 (Heating systems in buildings; Design of water-based heating systems; German version EN 12828:2003). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12952-12 : 2003-12 Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten; Teil 12: Anforderungen an die Speisewasser- und Kesselwasserqualität; Deutsche Fassung EN 12952-12:2003 (Water-tube boilers and auxiliary installations; Part 12: Requirements for boiler feedwater and boiler water quality; German version EN 12952-12:2003). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12953-10 : 2003-12 Großwasserraumkessel; Teil 10: Anforderungen an die Speisewasser- und Kesselwasserqualität; Deutsche Fassung EN 12953-10:2003 (Shell boilers; Part 10: Requirements for boiler feedwater and boiler water quality; German version EN 12953-10:2003). Berlin: Beuth Verlag

DVGW W 512 : 1996-09 Verfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Wasserbehandlungsanlagen zur Verminderung von Steinbildung (Testing procedure for the evaluation of the effectiveness of water conditioning devices for the diminution of scaling). Bonn: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser

DVGW W 551 : 2004-04 Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen. (Drinking water heating and drinking water installations; technical precautions for the reduction of the growth of Legionella bacteria; design, erection, operation and maintenance of drinking water installations). Bonn: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser

DVGW W 553 : 1998-12 Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen (Dimensioning of circulation-systems in central drinking water heating systems). Bonn: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser

TRD 611 : 2001-08 Speisewasser und Kesselwasser von Dampferzeugern der Gruppe IV. (Feed water and boiler water for Group IV steam generators). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2035 Blatt 1 : 1996-04 Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizanlagen; Steinbildung in Wassererwärmungs- und Warmwasserheizanlagen (Prevention of damage in water heating installations; Scale formation in hot water supply installations and water heating systems). Berlin: Beuth Verlag

VdTÜV MB TCh 1466 : 2004-03 Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb. (Requirements for the circulation water in industrial and district heating installations, including advice on their operation). Köln: TÜV-Verlag

Anhang A Wasseranalyse nach DIN 50930-6

Parameter	Einheit 1	Einheit 2
Temperatur	°C	°C
pH-Wert	-	-
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	mS/m
Calcium	mol/m ³	g/m ³
Magnesium	mol/m ³	g/m ³
Summe Erdalkalien	mol/m ³	mol/m ³
Gesamthärte	mol/m ³	°d
Basekapazität bis pH 8,2 (<i>K_{B8,2}</i>)	mol/m ³	mol/m ³
Säurekapazität bis pH 4,3 (<i>K_{S4,3}</i>)	mol/m ³	mol/m ³
Karbonathärte	mol/m ³	°d
Chlorid	mol/m ³	g/m ³
Nitrat	mol/m ³	g/m ³
Sulfat	mol/m ³	g/m ³
Phosphat (als P)	mol/m ³	g/m ³
Silikat (als Si)	mol/m ³	g/m ³
Aluminium	mol/m ³	g/m ³
Gesamter gebundener organischer Kohlenstoff (TOC)	g/m ³	g/m ³

Annex A Water analysis – DIN 50930-6

Parameter	Unit 1	Unit 2
Temperature	°C	°C
PH value	-	-
Electrical Conductivity	µS/cm	mS/m
Calcium	mol/m ³	g/m ³
Magnesium	mol/m ³	g/m ³
Sum, alkaline earths	mol/m ³	mol/m ³
Total hardness	mol/m ³	°d
Base capacity up to pH 8,2 (<i>K_{B8,2}</i>)	mol/m ³	mol/m ³
Acid capacity up to pH 4,3 (<i>K_{S4,3}</i>)	mol/m ³	mol/m ³
Carbonate hardness	mol/m ³	°d
Chloride	mol/m ³	g/m ³
Nitrate	mol/m ³	g/m ³
Sulphate	mol/m ³	g/m ³
Phosphate (as P)	mol/m ³	g/m ³
Silicate (as Si)	mol/m ³	g/m ³
Aluminium	mol/m ³	g/m ³
Total combined organic carbon (TOC)	g/m ³	g/m ³

Anhang B Umrechnungen

Umrechnungen

$$1 \frac{\text{mol Summe Erdalkalien}}{\text{m}^3} = 5,6 \text{ }^\circ\text{d} \quad (\text{B1})$$

$$1 \text{ }^\circ\text{d} = 0,1786 \frac{\text{mol Summe Erdalkalien}}{\text{m}^3} \quad (\text{B2})$$

Steinbildung: Stoffumsatz in mol und rel. Molekülmasse in g/mol

	Ca^{2+}	+	2 HCO_3^-	→	CaCO_3	+	CO_2	+	H_2O	
mol	1		2		1		1		1	
g/mol	40		61		100		44		18	

Calcium- und Erdalkali-Carbonatbildung

	Analysierte Parameter		m(CaCO ₃) _s ^{*)} in g/m ³	m(MCO ₃) _s ^{**)} in g/m ³
Summe Erdalkalien	Mg ²⁺ + Ca ²⁺	1 mol/m ³	≤ 100	100
Gesamthärte	Mg ²⁺ + Ca ²⁺	1 mol/m ³	≤ 100	100
		1 °d	≤ 17,86	17,86
Calcium	Ca ²⁺	1 mol/m ³	100	
Säurekapazität K _{S4,3}	HCO ₃ ⁻	1 mol/m ³	≤ 50	50
Karbonathärte	an HCO ₃ ⁻ gebundenes (Mg ²⁺ + Ca ²⁺)	1 mol/m ³	≤ 100	100
		1 °d	≤ 17,86	17,86

^{*)} m(CaCO₃)_s ≙ spezifische Menge des maximal abscheidbaren Calciumcarbonats

^{**)} m(MCO₃)_s ≙ spezifische Menge des maximal abscheidbaren Erdalkalicarbonats

Annex B Conversions

Conversions

$$1 \frac{\text{mol sum, alkaline earths}}{\text{m}^3} = 5,6 \text{ }^\circ\text{d} \quad (\text{B1})$$

$$1 \text{ }^\circ\text{d} = 0,1786 \frac{\text{mol sum, alkaline earths}}{\text{m}^3} \quad (\text{B2})$$

Scaling: Substance conversion in mol and rel. molecule mass in g/mol

	Ca ²⁺	+	2 HCO ₃ ⁻	→	CaCO ₃	+	CO ₂	+	H ₂ O	
mol	1		2		1		1		1	
g/mol	40		61		100		44		18	

Calcium and alkaline earth-carbonate formation

	Analyzed parameters		$m(\text{CaCO}_3)_s^{*)}$ in g/m ³	$m(\text{MCO}_3)_s^{**)}$ in g/m ³
Sum, alkaline earths	Mg ²⁺ + Ca ²⁺	1 mol/m ³	≤ 100	100
Total hardness	Mg ²⁺ + Ca ²⁺	1 mol/m ³	≤ 100	100
		1 °d	≤ 17,86	17,86
Calcium	Ca ²⁺	1 mol/m ³	100	
Acid capacity $K_{S4,3}$	HCO ₃ ⁻	1 mol/m ³	≤ 50	50
Carbonate hardness	with HCO ₃ ⁻ combined (Mg ²⁺ + Ca ²⁺)	1 mol/m ³	≤ 100	100
		1 °d	≤ 17,86	17,86

*) $m(\text{CaCO}_3)_s$ ≡ specific quantity of the maximum precipitable calcium carbonate

**) $m(\text{MCO}_3)_s$ ≡ specific quantity of the maximum precipitable alkaline earth carbonate

Anhang C Grundlagen und Beispiele für die Berechnung von Sonderfällen

Grundlagen

Ursache für die Steinbildung ist die Reaktion von Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen zu unlöslichem Calciumcarbonat. Bei äquivalenter Konzentration an Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen ergibt sich die maximal abscheidbare, auf ein Anlagenvolumen vom 1 m^3 bezogene spezifische Menge $m(\text{CaCO}_3)_s$:

$$\frac{m(\text{CaCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} = 100 \cdot \frac{\text{Calcium}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C1})$$

Exakt gilt Gleichung (C1), wenn die Konzentration an Calcium-Ionen (Calcium) in der Summe Erdalkalien der Konzentration an Hydrogencarbonat-Ionen (Karbonathärte = $0,5 \cdot \text{Säurekapazität}$) entspricht und folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\text{Calcium} = \text{Karbonathärte} = 0,5 \cdot K_{\text{S4,3}} \quad (\text{C2})$$

Die Gesamthärte (Summe Erdalkalien) ist definiert:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Gesamthärte}}{\text{mol m}^{-3}} &= \frac{\text{Summe Erdalkalien}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C3}) \\ &= \frac{c(\text{Ca}^{2+})}{\text{mol m}^{-3}} + \frac{c(\text{CaMg}^{2+})}{\text{mol m}^{-3}} \end{aligned}$$

In natürlichen Wässern ist der Anteil der Magnesium-Ionen an der Summe Erdalkalien gering. Unter der Annahme

$$\text{Summe Erdalkalien} = \text{Karbonathärte} \quad (\text{C4})$$

errechnet sich als Näherung für die „spezifische Menge des maximal abscheidbaren Erdalkalicarbonats $m(\text{MCO}_3)_s$ “:

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 100 \cdot \frac{\text{Summe Erdalkalien}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C5})$$

Nach Gleichung (C5) wurden die Richtwerte für das Füll- und Ergänzungswasser festgelegt. Aus diesen Richtwerten lassen sich Grenzwerte für die „spezifische Menge des maximal zulässigen Calciumcarbonats $m(\text{CaCO}_3)_{s,\text{zul}}$ “ ableiten.

Annex C Basis and examples of the calculation of special cases

Basis

The cause of scaling is the reaction of calcium and hydrocarbonate ions to produce insoluble calcium carbonate. With equivalent concentrations of calcium and hydrocarbonate ions the maximum precipitable specific quantity $m(\text{CaCO}_3)_s$ based on a system volume of 1 m^3 is given by:

$$\frac{m(\text{CaCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} = 100 \cdot \frac{\text{Calcium}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C1})$$

Equation (C1) applies exactly when the concentration of calcium ions (Calcium) in the sum of the alkaline earths corresponds to the concentration of hydrocarbonate ions (Carbonate hardness = $0,5 \cdot \text{acid capacity}$) and the following condition is satisfied:

$$\begin{aligned} \text{Calcium} &= \text{Carbonate hardness} \\ &= 0,5 \cdot K_{\text{S4,3}} \end{aligned} \quad (\text{C2})$$

The total hardness (Sum of the alkaline earths) is defined as:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Total hardness}}{\text{mol m}^{-3}} &= \frac{\text{Sum, alkaline earths}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C3}) \\ &= \frac{c(\text{Ca}^{2+})}{\text{mol m}^{-3}} + \frac{c(\text{CaMg}^{2+})}{\text{mol m}^{-3}} \end{aligned}$$

In natural water the quota of magnesium ions in the sum of the alkaline earths is very small. Under the assumption

$$\begin{aligned} \text{Sum of alkaline earths} \\ &= \text{carbonate hardness} \end{aligned} \quad (\text{C4})$$

An approximation for the “Specific quantity of the maximum precipitable alkaline earth carbonate $m(\text{MCO}_3)_s$ ” is given by:

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 100 \cdot \frac{\text{Sum, alkaline earths}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C5})$$

The nominal values for filling and additional water have been established in accordance with Equation (C5). Limit values for the “specific quantity of the maximum permissible calcium carbonate $m(\text{CaCO}_3)_{s,\text{zul}}$ ” can be derived from these nominal values.

Tabelle C1. Spezifische Menge des maximal zulässigen Calciumcarbonats $m(\text{CaCO}_3)_{s,zul}$

Gesamtheizleistung in kW	$m(\text{CaCO}_3)_{s,zul}$ in g/m^3
≤ 50	keine Anforderungen ^{*)}
> 50 bis ≤ 200	≤ 200
> 200 bis ≤ 600	≤ 150
> 600	≤ 2

^{*)} für Umlaufwasserheizer und Systeme mit elektrischen Heizelementen ≤ 300 g/m^3

Für genauere Berechnungen sind

- die „maximale spezifische Menge an Calciumcarbonat $m(\text{CaCO}_3)_s$ “ nach Gleichung (C1) sowie
- die „spezifische Menge des maximal abscheidbaren Erdalkalicarbonats $m(\text{MCO}_3)_s$ “ nach einer der Gleichungen (C6) bis (C8) zu berechnen.

Liegt einer der beiden Werte unter den Grenzwerten von $m(\text{CaCO}_3)_{s,zul}$ in Tabelle C1, so kann das Wasser als Füll- und Ergänzungswasser Verwendung finden.

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 100 \cdot \frac{\text{Karbonathärte}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C6})$$

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 17,86 \cdot \frac{\text{Karbonathärte}}{\text{°d}} \quad (\text{C7})$$

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 50 \cdot \frac{K_{S4,3}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C8})$$

Beispiele

Analyse Wasser A:

Summe Erdalkalien	1,60 mol/m^3
Calcium	1,35 mol/m^3
Säurekapazität $K_{S4,3}$	2,86 mol/m^3

Fragestellung: Ist das Wasser für eine Anlage mit einer Gesamtheizleistung im Bereich von > 200 kW bis ≤ 600 kW geeignet?

Nach Tabelle 2 (Abschnitt 3.4.2) wird der Richtwert für das Füll- und Ergänzungswasser nicht erfüllt.

Aus der Säurekapazität erhält man nach Gleichung (C8):
 $m(\text{MCO}_3)_s = 50 \cdot 2,86 = 143 \text{ g/m}^3$

Da auch der nach Gleichung (C1) aus der Calciumkonzentration in mol/m^3 errechnete Wert

$$m(\text{CaCO}_3)_s = 100 \cdot 1,35 = 135 \text{ g/m}^3$$

unter dem Richtwert liegt, kann das Wasser als Füll- und Ergänzungswasser für die Gruppe Gesamtheizleistung > 200 kW bis ≤ 600 kW verwendet werden.

Table C1. Specific quantity of the maximum permissible calcium carbonate $m(\text{CaCO}_3)_{s,zul}$

Total capacity in kW	$m(\text{CaCO}_3)_{s,zul}$ in g/m^3
≤ 50	no requirements ^{*)}
> 50 up to ≤ 200	≤ 200
> 200 up to ≤ 600	≤ 150
> 600	≤ 2

^{*)} for circulation water heaters and systems with electric heater elements ≤ 300 g/m^3

For more accurate calculations

- the “maximum specific quantity of calcium carbonate $m(\text{CaCO}_3)_s$ ” can be calculated from Equation (C1) and
- the “specific quantity of the maximum precipitable alkaline earth carbonate $m(\text{MCO}_3)_s$ ” can be calculated from one of the Equations (C6) to (C8).

If one of these values lies below the limit values of $m(\text{CaCO}_3)_{s,zul}$ in Table C1, the water can be used as filling and additional water.

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 100 \cdot \frac{\text{carbonate hardness}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C6})$$

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 17,86 \cdot \frac{\text{carbonate hardness}}{\text{°d}} \quad (\text{C7})$$

$$\frac{m(\text{MCO}_3)_s}{\text{g m}^{-3}} \cong 50 \cdot \frac{K_{S4,3}}{\text{mol m}^{-3}} \quad (\text{C8})$$

Examples

Analysis, Water A:

Sum, alkaline earths	1,60 mol/m^3
Calcium	1,35 mol/m^3
Acid capacity $K_{S4,3}$	2,86 mol/m^3

Question: Is the water suitable for a system with a total heating output in the range > 200 kW to ≤ 600 kW?

From Table 2 (Section 3.4.2) the nominal value for the filling and additional water is not satisfied.

From the acid capacity one obtains from Equation (C8):
 $m(\text{MCO}_3)_s = 50 \cdot 2,86 = 143 \text{ g/m}^3$

Since also the value calculated from Equation (C1) from the calcium concentration in mol/m^3

$$m(\text{CaCO}_3)_s = 100 \cdot 1,35 = 135 \text{ g/m}^3$$

lies below the nominal value, the water can be used as the filling and additional water for the group total heating output > 200 kW up to ≤ 600 kW.

Analyse Wasser B:

Gesamthärte	12,3 °d
Karbonathärte	7,9 °d
Calcium	11,2 °d

Fragestellung: Bis zu welcher Gesamtheizleistung kann das Wasser ohne weitere Maßnahmen verwendet werden?

Aus Anhang B:

$$\begin{aligned} \text{Summe Erdalkalien} &= 12,3 \cdot 0,1786 = 2,20 \text{ mol/m}^3 \\ \text{Karbonathärte} &= 7,9 \cdot 0,1786 = 1,41 \text{ mol/m}^3 \\ \text{Calcium} &= 11,2 \cdot 0,1786 = 2,00 \text{ mol/m}^3 \end{aligned}$$

Für die Karbonathärte mit dem geringsten Wert ergibt sich nach Gleichung (C7):

$$m(\text{MCO}_3)_s = 17,86 \cdot 7,9 = 141 \text{ g/m}^3$$

Das Wasser kann als Füll- und Ergänzungswasser bis zu einer Gesamtheizleistung von 600 kW verwendet werden.

Analyse Wasser C:

Summe Erdalkalien	5,12 mol/m ³
Säurekapazität	7,01 mol/m ³

Fragestellung: Zu welchem Anteil muss das Wasser mindestens mit enthärtetem Wasser verschnitten werden, damit die Richtwerte für das Füll- und Ergänzungswasser der Gruppe Gesamtheizleistung > 50 kW bis ≤ 200 kW eingehalten werden?

Die Anforderung für diese Gruppe ist nach Tabelle 1:

$$\text{Summe Erdalkalien} \leq 2,0 \text{ mol/m}^3$$

Der Anteil β (%) an nicht enthärtetem Wasser ist

$$\beta = \frac{A-a}{B-b} \cdot 100 \quad (\text{C9})$$

Dabei ist

- A Summe Erdalkalien nach Tabelle 2 für das Füll- und Ergänzungswasser
- b Summe Erdalkalien des nicht enthärteten Wassers
- a Summe Erdalkalien des enthärteten Wassers (Resthärte = 0,02 mol/m³)

$$\beta = \frac{2,00 - 0,02}{5,12 - 0,02} \cdot 100 = 39 \%$$

Analysis, Water B:

Total hardness	12,3 °d
Carbonate hardness	7,9 °d
Calcium	11,2 °d

Question: Up to which total heating output can the water be used without further precautions?

From Annex B:

$$\begin{aligned} \text{Sum of alkaline earths} &= 12,3 \cdot 0,1786 = 2,20 \text{ mol/m}^3 \\ \text{Carbonate hardness} &= 7,9 \cdot 0,1786 = 1,41 \text{ mol/m}^3 \\ \text{Calcium} &= 11,2 \cdot 0,1786 = 2,00 \text{ mol/m}^3 \end{aligned}$$

From Equation (C7), for the carbonate hardness with the lowest value:

$$m(\text{MCO}_3)_s = 17,86 \cdot 7,9 = 141 \text{ g/m}^3$$

The water can be used as filling and additional water up to a total heating output of 600 kW.

Analysis, Water C:

Sum, alkaline earths	5,12 mol/m ³
Acid capacity	7,01 mol/m ³

Question: By which fraction must the water be diluted with softened water, as a minimum, in order to obtain the nominal value for the filling and additional water for the group total heating output > 50 kW up to ≤ 200 kW?

From Table 1, the requirement for this group is:

$$\text{Sum, alkaline earths} \leq 2,0 \text{ mol/m}^3$$

The percentage β (%) of unsoftened water is

$$\beta = \frac{A-a}{B-b} \cdot 100 \quad (\text{C9})$$

where

- A Sum, alkaline earths from Table 2 for the filling and additional water
- b Sum, alkaline earths of the unsoftened water
- a Sum, alkaline earths of the softened water (Residual hardness = 0,02 mol/m³)

$$\beta = \frac{2,00 - 0,02}{5,12 - 0,02} \cdot 100 = 39 \%$$

Anhang D Anlagenbuch¹⁾

Bezeichnung der Anlage:

Planungsdaten:

Datum der Erfassung:

Summe Erdalkalien oder Gesamthärte	..... .....	mol/m ³ °d	z. B. aus Analyse des Wasserversorgungsunternehmens
Anlagenvolumen V _{Anlage}		m ³	
Gesamtheizleistung		kW	
Einzelheizleistungen	..... ..... .....	kW kW kW	nur bei Mehrkesselanlagen
V _{max} Maximal zulässige Füll- und Ergänzungswassermenge		m ³	gesamte, während der Lebensdauer der Anlage zu erwartende Menge (Richtwert ≤ 3 · V _{Anlage}) ¹⁾
Zusatzstoffe Art Dosierung	..... ..... .....	g/m ³	

¹⁾ Bei Anlagen mit z.B. stufenweisem Ausbau bzw. späterer Erweiterungen sind ggf. größere Ergänzungswassermengen zu berücksichtigen.

Unterschrift des verantwortlichen Planers:

Inbetriebnahme:

Inbetriebnahme durch Firma:

Datum der Inbetriebnahme:

Summe Erdalkalien: mol/m³

oder Gesamthärte: °d

Füll- und Ergänzungswassermengen:

	Zählerstand vor Erstbefüllung: Z = m ³			
Datum	Zählerstand Z _{neu} in m ³	Wassermenge V = Z _{neu} - Z in m ³	Summe Erdalkalien oder Gesamthärte in mol/m ³ bzw. °d	Unterschrift

Prüfung:

Wassermenge V > V_{max}? ja nein

Ist die Wassermenge V größer V_{max}, so können Schäden durch Steinbildung am Wärmeerzeuger auftreten.

Unterschrift:

¹⁾ Mit Überarbeitung von VDI 2035 Blatt 2 wird ein umfassendes Anlagenbuch erarbeitet, dessen Anwendung nach In-Kraft-Treten empfohlen wird.

Annex D An installation record¹⁾

Description of the installation:

Design data:

Date:

Sum alkaline earths or Total hardness	..... .....	mol/m ³ °d	e.g. from the analysis by the water supply com- pany
System volume V _{Anlage}	.....	m ³	
Total heating output	.....	kW	
Individual heating outputs	..... ..... .....	kW kW kW	only for multi-boiler systems
V _{max} Maximum and permissible filling and additional water	.....	m ³	Total quantity antici- pated during the life of the installation (Nominal value ≤ 3 · V _{Anlage}) ¹⁾
Additive substances Type Metering	..... ..... .....	g/m ³	

¹⁾ For installations with step-wise expansion, for example, or future expansion, larger additional water quantities should be considered, if necessary.

Signature of the responsible designer:

Commissioning:

Commissioning by (Firm):

Date of commissioning:

Sum of alkaline earths: mol/m³

or total hardness: °d

Filling and additional water:

	Meter reading before initial filling: Z = m ³			
Date	Meter reading Z _{new} in m ³	Water quantity V = Z _{new} - Z in m ³	Sum, alkaline earths or total hardness in mol/m ³ or °d	Signature

Test:

Water quantity V > V_{max}? yes no

If the water quantity V is greater than V_{max}, damage may occur due to scaling on the heat generator.

Signature:

¹⁾ On the amendment of VDI 2035 Part 2 a comprehensive system record will be available, whose use is recommended after the issue of this new document.