

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Vermeidung von Schäden in Warmwasser-
Heizungsanlagen
Heizwasserseitige Korrosion
Prevention of damage in water heating installations
Water-side corrosion

VDI 2035

Blatt 2 / Part 2

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
Einleitung.....	3	Introduction.....	3
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	5	3 Terms and definitions	5
4 Grundsätze	5	4 Basic principles	5
5 Relative Korrosionsarten und Korrosionsschäden.....	5	5 Relevant forms of corrosion and corrosion damage	5
5.1 Korrosionsarten.....	5	5.1 Forms of corrosion.....	5
5.2 Korrosionsschäden.....	6	5.2 Corrosion damage.....	6
6 Korrosionsursachen und Einflussfaktoren	6	6 Causes of corrosion and influencing factors	6
6.1 Allgemeines	6	6.1 General comments	6
6.2 Sauerstoff.....	7	6.2 Oxygen	7
6.3 pH-Wert	9	6.3 pH value	9
6.4 Elektrische Leitfähigkeit.....	9	6.4 Electrical conductivity.....	9
6.5 Summe Erdalkalien.....	9	6.5 Sum of alkaline earths	9
7 Korrosionsschäden	10	7 Corrosion damage	10
7.1 Allgemeines	10	7.1 General comments	10
7.2 Unlegierte und niedrig legierte Eisenwerkstoffe	10	7.2 Unalloyed and low-alloyed ferrous materials	10
7.3 Kupfer und Kupferlegierung.....	11	7.3 Copper and copper alloys	11
7.4 Aluminium und Aluminiumlegierung.....	12	7.4 Aluminium and aluminium alloys	12
7.5 Nichtrostender Stahl	13	7.5 Stainless steel.....	13
7.6 Kunststoff und sonstige Bauteile	13	7.6 Plastics and other components.....	13
7.7 Überzüge und Beschichtungen	14	7.7 Coatings.....	14
7.8 Mischinstallationen.....	15	7.8 Mixed installations	15
7.9 Sonstige Einflüsse.....	16	7.9 Other factors	16

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik
Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

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

[This is a preview. Click here to purchase the full publication.](#)

8 Korrosionsschutz	17
8.1 Wasserbeschaffenheit	17
8.2 Sachgerechte Planung	19
8.3 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung	19
8.4 Wasserbehandlung	22
Anhang A Arten und Auslegung der Druckhaltung	25
Anhang B Löslichkeitsgrenzen nach Henry	30
Anhang C Anlagenbuch	31
Anhang D Anlagenbuch – Beispiel	39
Schrifttum	43

8 Corrosion protection	17
8.1 Water quality	17
8.2 Sachgerechte Planung	19
8.3 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung	19
8.4 Wasserbehandlung	22
Annex A Types and design of pressure control	25
Annex B Solubility limits according to Henry	30
Annex C System logbook	35
Annex D System logbook – example	41
Bibliography	43

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Überarbeitung der Richtlinie VDI 2035 Blatt 2 vom September 1998 folgt der aktuellen Entwicklung der Heiztechnik, insbesondere dem Einsatz neuer Werkstoffe, sowie dem gewachsenen Kenntnisstand über Schadensursachen und deren Vermeidung. Der zentralen Bedeutung der Druckhaltung folgend wird diese gesondert in der Richtlinie VDI 4708 Blatt 1 behandelt.

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

Blatt 1 Steinbildung

Blatt 2 Wasserseitige Korrosion

Blatt 3 Abgasseitige Korrosion

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist abrufbar im Internet unter www.vdi.de/2035.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

The revision of guideline VDI 2035 Part 2 published in September 1998 seeks to reflect current developments in heating technology, especially the use of new materials, as also a more advanced state of knowledge of the causes of damage and their prevention. Since pressure control is of such central importance, it is dealt with separately in guideline VDI 4708 Part 1.

The division of guideline VDI 2035 into three parts is retained:

Part 1 Scale formation

Part 2 Water-side corrosion

Part 3 Corrosion by fuel gases

A catalogue of all available parts of this guideline can be accessed on the internet at www.vdi.de/2035.

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie VDI 2035 Blatt 2 gilt für Warmwasser-Heizungsanlagen nach EN 12828 innerhalb eines Gebäudes, wenn die Vorlauftemperatur bestimmungsgemäß 100 °C nicht überschreitet.

Außerdem gilt diese Richtlinie für Anlagen des Wärmecontractings, 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 Arbeitsblatt AGFW FW 510 oder Merkblatt VdTÜV MB TECH 1466 zu berücksichtigen.

Diese Richtlinie gibt Hinweise und formuliert in Einzelfällen Anforderungen zur Minderung der heizungswasserseitigen Korrosionswahrscheinlichkeit in Warmwasser-Heizungsanlagen.

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

DIN EN 12828:2003-06 Heizungssysteme in Gebäuden; Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen; Deutsche Fassung EN 12828:2003

DIN EN 14868:2005-11 Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe; Leitfaden für die Ermittlung der Korrosionswahrscheinlichkeit in geschlossenen Wasser-Zirkulationssystemen; Deutsche Fassung EN 14868:2005

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Alkalisierung

Anhebung des pH-Werts.

Anlagendruck (p_{Anl})

Am Einbindepunkt der Druckhaltung gemessener Überdruck.

Äußere Leckage

Von außen erkennbarer Austritt von Wasser.

Aufbereitetes Heizwasser

Enthärtetes oder entsalztes Wasser, dem keine Chemikalien zugesetzt wurden.

Aufsalzung

Erhöhung der Salzkonzentration des →Heizwassers, die als Zunahme der Leitfähigkeit gemessen werden kann.

1 Scope

Guideline VDI 2035 Part 2 applies to water heating installations according to EN 12828 within a building when the flow temperature under correction operation is not intended to exceed 100 °C.

The guideline also applies to heat contracting in which building complexes are supplied with heat, provided it is ensured that over the service life of the installation the volume of the make-up water will not exceed double the volume of the initial filling water. If this is not the case then reference should be made to worksheet AGFW FW 510 or data sheet VdTÜV MB TECH 1466, as with industrial and district heat heating systems.

The present guideline provides information and in individual cases formulates requirements regarding reduction of the probability of water-side corrosion in water heating installations.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this guideline:

DIN EN 12828:2003-06 Heating systems in buildings; Design of water-based heating systems; German version EN 12828:2003

DIN EN 14868:2005-11 Protection of metallic materials against corrosion; Guidance on the assessment of corrosion likelihood in closed water circulation systems; German version EN 14868:2005

3 Terms and definitions

For the purposes of the guideline, the following terms and definitions apply:

Alkalinization

An increase in the pH value.

System pressure (p_{sys})

The overpressure measured at the pressure control system interface point.

External leakage

Escape of Terminology water which is detectable from the outside.

Conditioned heating water

Softened or demineralized water to which no chemicals have been added.

Mineralization

An increase in the salt concentration in the →heating water which can be measured as an increase in its conductivity.

Absalzung

Teilaustausch von →Heizwasser durch salzärmeres Wasser.

Behandeltes Heizwasser

Wasser oder aufbereitetes →Heizwasser, dem Chemikalien zugesetzt wurden.

Heizwasser

Gesamtes, als Wärmeträger dienendes Wasser einer Warmwasser-Heizungsanlage.

Innere Leckage

Von außen nicht erkennbarer Übertritt von Wasser in einen anderen Flüssigkeitskreislauf (z. B. in Wärmeübertragern).

Korrosionserscheinung

Durch Korrosion verursachte Veränderung in einem beliebigen Teil eines Korrosionssystems.

Korrosionsversagen

→Korrosionsschaden, gekennzeichnet durch den vollständigen Verlust der Funktionsfähigkeit eines Bauteils oder des Systems.

Korrosionsschaden

→Korrosionserscheinung, die eine Beeinträchtigung der Funktion des Werkstoffs, der Umgebung oder des technischen Systems, von dem dieser einen Teil bildet, verursacht.

Korrosionstechnisch geschlossene Warmwasser-Heizungsanlage

Anlage, bei der während des Betriebs praktisch kein Zutritt von Sauerstoff möglich ist.

Mikrobiell beeinflusste Korrosion (MIC)

Korrosion, die durch mikrobielle Vorgänge in dem Korrosionssystem gefördert wird.

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.

4 Grundsätze

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen ist gering, wenn

- eine fachgerechte Planung und Inbetriebnahme erfolgt,
- die Anlage korrosionstechnisch geschlossen ist,

Demineralization

Replacing part of the →heating water with water with a lower salt content.

Treated heating water

Water or conditioned →heating water to which chemicals have been added.

Heating water

The totality of water, functioning as a heat carrier, in a water heating installation.

Internal leakage

The externally non-detectable passage of water into a different liquid circuit (in heat exchangers, for example).

Corrosion manifestation

Change in any part of a corrosion system caused by corrosion.

Corrosion failure

→Corrosion damage, characterized by complete loss of function in a component or in the system.

Corrosion damage

A →corrosion manifestation which causes impairment in the function of the material, environment or technical system of which the material is a part.

Corrosion-sealed water heating installation

An installation into which it is practically impossible for oxygen to penetrate while it is in operation.

Microbially influenced corrosion (MIC)

Corrosion which is assisted by microbial processes in the corrosion system.

Heat contracting

Temporally and spatially limited transfer of the provision and supply of heat energy to a third party (contractor) acting in his own name and on his own account. The contractor installs or takes over and operates heat-generating facilities, which may, if necessary, include heat distribution networks for supplying heat energy, doing so on the basis of long-term contracts.

4 Basic principles

The probability of corrosion damage occurring in water heating installations is low when

- planning and commissioning are implemented correctly,
- the system is sealed as far as corrosion is concerned,

- eine fachgerecht ausgelegte und betriebene Druckhaltung integriert ist,
- die Richtwerte für das Heizwasser nach Abschnitt 8.1 eingehalten werden und
- eine regelmäßige Wartung und Instandhaltung durchgeführt wird.

Alle relevanten Planungsdaten und Betriebsparameter sowie die Wasserbeschaffenheit sind in einem Anlagenbuch zu dokumentieren (z. B. nach Anhang C).

5 Relevante Korrosionsarten und Korrosionsschäden

5.1 Korrosionsarten

Bei der wasserseitigen Korrosion in Warmwasser-Heizungsanlagen können verschiedene Korrosionsarten auftreten und gegebenenfalls zu Korrosionsschäden führen. Folgende Korrosionsarten können auftreten:

- gleichmäßige Flächenkorrosion
- Lochkorrosion
- Bimetallkorrosion
- Spaltkorrosion
- Korrosion unter Ablagerungen
- Wasserlinienkorrosion
- selektive Korrosion
- Erosionskorrosion
- Kavitationskorrosion
- Spannungsrisskorrosion
- mikrobiell beeinflusste Korrosion (MIC)

Diese Korrosionsarten sind in ISO 8044 definiert. Weitere Informationen finden sich in der Richtlinie VDI 3822 Blatt 3.

In Abhängigkeit von den gewählten Werkstoffen und den Betriebsbedingungen bestehen Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einzelner Korrosionsarten sowie deren Ursachen und Auswirkungen (siehe EN 14868).

5.2 Korrosionsschäden

Korrosion kann zu verschiedenen Korrosionsschäden führen:

- Funktionsstörungen und Versagen von Bauteilen (z. B. Pumpen, Ventile)
- innere und äußere Leckagen (z. B. von Wärmeübertragern)
- Querschnittsverminderung und Verstopfung von Bauteilen (z. B. Wärmeübertrager, Rohrleitungen, Pumpen)

- a correctly designed and operated pressure control system has been integrated,
- the guide values for heating water given in Section 8.1 are complied with, and
- routine and corrective maintenance is carried out regularly.

All relevant planning data and operating parameters as also the water quality should be documented in a system logbook (as shown in Annex C, for example).

5 Relevant forms of corrosion and corrosion damage

5.1 Forms of corrosion

In the case of water-side corrosion in water heating installations, various forms of corrosion may occur and in certain cases result in corrosion damage. The following forms of corrosion may occur:

- uniform surface corrosion
- pitting corrosion
- bimetallic corrosion
- crevice corrosion
- corrosion beneath depositions
- water-line corrosion
- selective corrosion
- erosion corrosion
- cavitation corrosion
- stress-corrosion cracking (SCC)
- microbially influenced corrosion (MIC)

Definitions of these forms of corrosion may be found in ISO 8044. For more information, see guideline VDI 3822 Part 3.

Depending on the materials selected and the operating conditions there will be differences in the probability of individual forms of corrosion occurring as well as in their causes and effects (see EN 14868).

5.2 Corrosion damage

Corrosion can lead to different types of corrosion damage:

- functional impairments and failure of components (such as pumps or valves)
- internal and external leaks (from heat exchangers, for instance)
- cross-sectional reductions and clogging of components (for example, heat exchangers, pipes, pumps)

- Gasblasen- und Gaspolsterbildung
- Beeinträchtigung des Wärmeübergangs (Bildung von Belägen, Ablagerungen)
- Geräusche (z. B. Siedegeräusche, Fließgeräusche)

6 Korrosionsursachen und Einflussfaktoren

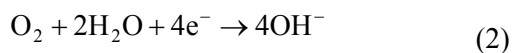
6.1 Allgemeines

Für die Korrosion hat die Zusammensetzung des Wassers eine entscheidende Bedeutung. Durch eine geeignete Wasserbeschaffenheit und eine bestimmungsgemäße Betriebsweise lässt sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Korrosionsschäden vermindern.

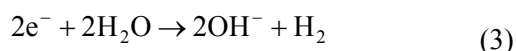
Korrosionsreaktionen setzen sich stets aus zwei Teilreaktionen zusammen, die gleichzeitig ablaufen. Bei der anodischen Teilreaktion entstehen durch die Auflösung des Metalls Metallionen und Elektronen.



Die bei der Metallauflösung frei werdenden Elektronen werden bei der kathodischen Teilreaktion verbraucht. Dies geschieht entweder durch die Umsetzung (Reduktion) von Sauerstoff



oder durch die Reaktion des Wassers gemäß Gleichung (3)



Wenn Anode und Kathode statistisch gleichmäßig auf der Werkstoffoberfläche verteilt sind, erfolgt der Angriff flächenförmig (Flächenkorrosion). Häufiger stabilisieren sich dagegen Anode und Kathode an unterschiedlichen Orten, sodass örtliche Korrosion (lokale Korrosion) mit Loch- und Muldenfraß stattfindet.

Eine ausführliche Darstellung der werkstoffspezifischen Korrosionsreaktionen ist im Anhang A der EN 14868 enthalten.

6.2 Sauerstoff

Korrosionsreaktionen in Warmwasser-Heizungsanlagen werden wesentlich durch die Anwesenheit von Sauerstoff im Heizwasser bestimmt. In sauerstoffarmem Heizwasser ist daher die Wahrscheinlichkeit für Korrosionsschäden an metallischen Werkstoffen gering. Es ist darauf zu achten, dass die Sauerstoffkonzentration in allen Teilen einer

- formation of gas bubbles and gas cushions
- impairment of heat transmission (formation of coatings, deposits)
- noise (for example, boiling noise, flow noise)

6 Causes of corrosion and influencing factors

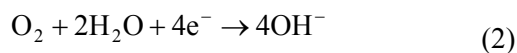
6.1 General comments

The composition of the water is of decisive importance to corrosion. The likelihood of corrosion damage occurring can be reduced by a suitable water quality and proper operation of the installation.

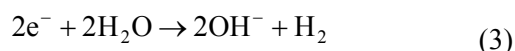
Corrosion reactions always consist of two partial reactions running concurrently. In the case of the anodic partial reaction, dissolution of the metal produces metal ions and electrons.



The electrons liberated during metal dissolution are consumed in the cathodic partial reaction. This happens either by the conversion (reduction) of oxygen



or by the water reaction shown in Equation (3)



When anode and cathode are distributed statistically evenly over the surface of the material, generalized corrosive attack occurs (uniform corrosion). What is more frequently the case, however, is for anode and cathode to stabilize in different locations with the result that local corrosion with deep or shallow pitting occurs.

A detailed treatment of material-specific corrosion reactions may be found in Annex A of EN 14868.

6.2 Oxygen

Corrosion reactions in water heating installation are essentially determined by the presence of oxygen in the heating water. For this reason the probability of corrosion damage to metallic materials is low when the heating water contains little oxygen. Care should be taken that oxygen concentrations in all parts of a water heating installation are kept as