

März 2021  
March 2021

**VDI-RICHTLINIEN**  
Vermeidung von Schäden  
in Warmwasser-Heizungsanlagen  
Steinbildung und wasserseitige Korrosion  
Prevention of damage in water heating installations  
Scale formation and waterside corrosion

VDI 2035  
Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

ICS 91.140.10, 91.140.55

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Frühere Ausgaben: 12.05.12, 06.08.2009-08  
03.19.2009, deutsch: VDI 2035 Blatt 1, 2009-08  
03.19.2009, deutsch: VDI 2035 Blatt 1, 2009-08

137AD.M22.P2700.0AD1.BK2671.C10B2.3.2021.04-20.09.27.23

© Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2021

Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved

Veröffentlichung – auch für interretreliche Zwecke – nicht gestattet / reproduction – nicht gestattet – auch für interretreliche Zwecke

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	3	Preliminary note	3
Einleitung	3	Introduction	3
<b>1 Anwendungsbereich</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope</b>	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweise</b>	<b>3</b>	<b>2 Normative references</b>	<b>3</b>
<b>3 Begriffe</b>	<b>4</b>	<b>3 Terms and definitions</b>	<b>4</b>
<b>4 Allgemeine Grundsätze</b>	<b>5</b>	<b>4 General principles</b>	<b>5</b>
<b>5 Steinbildung</b>	<b>8</b>	<b>5 Scale formation</b>	<b>8</b>
5.1 Grundlagen	9	5.1 Fundamentals	9
5.2 Ursachen der Steinbildung	9	5.2 Causes of scale formation	9
5.3 Auswirkungen der Steinbildung	10	5.3 Effects of scale formation	10
<b>6 Wasserseitige Korrosion</b>	<b>10</b>	<b>6 Water-side corrosion</b>	<b>10</b>
6.1 Grundlagen	11	6.1 Fundamentals	11
6.2 Relevante Korrosionsarten und Korrosionsursachen und Einflussfaktoren	12	6.2 Relevant types of corrosion and causes of corrosion and influencing factors	12
6.3 Korrosionsursachen und Einflussfaktoren	15	6.3 Causes of corrosion and influencing factors	15
6.4 Korrosionsschäden	24	6.4 Corrosion damage	24
<b>7 Richtwerte und Empfehlungen</b>	<b>28</b>	<b>7 Guide values and recommendations</b>	<b>28</b>
<b>8 Maßnahmen</b>	<b>29</b>	<b>8 Measures</b>	<b>29</b>
8.1 Sachgerechte Planung und Installation	29	8.1 Proper planning and installation	29
8.2 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung	33	8.2 Commissioning, operation, and maintenance	33
8.3 Wasseraufbereitung	35	8.3 Water conditioning	35
8.4 Wasserbehandlung	38	8.4 Water treatment	38
8.5 Druckhaltung	40	8.5 Pressure maintenance	40
<b>9 Erforderliche Angaben in einem Anlagenbuch</b>	<b>42</b>	<b>9 Information required in a system book</b>	<b>42</b>
9.1 Grundsätze	42	9.1 Categories and basic principles	42
9.2 Grundsätze	42	9.2 Procedure in the case of major or damage-related changes	42
9.3 Grundsätze	43	9.3 Dealing with defects	43
9.4 Grundsätze	43	9.4 Completion of the work	43
9.5 Grundsätze	43		43
9.6 Grundsätze	43		43
9.7 Grundsätze	43		43
9.8 Grundsätze	43		43
9.9 Grundsätze	43		43
9.10 Grundsätze	43		43

**Neufassung  
März 2021**



Heizwasser:

# Das Maß der Dinge

Neue VDI 2035 empfiehlt  
Teilstromaufbereitung

Für Warmwasser-Heizanlagen ist die VDI 2035 das Maß der Dinge in Sachen Heizwasser. Das Regelwerk gibt die verbindlichen Richtlinien vor, die für den sicheren und langfristigen Betrieb einer Heizungsanlage zu beachten sind.

Der VDI hat jetzt die aktualisierte Fassung vorgestellt. Sie enthält zahlreiche Neuerungen und auch veränderte Richtwerte, die den aktuellen Stand der Technik spiegeln. Zum ersten Mal werden Aufbereitungsanlagen im Teilstromverfahren zur Sicherung der Wasserqualität empfohlen.



Der Fortschritt macht auch vor der Heizungsbranche nicht halt. Moderne Heizanlagen sind heute leistungsfähiger, kleiner und kompakter, die Materialien hochwertiger. Die Folge ist eine empfindlichere Technik, die höhere Anforderungen an die Beschaffenheit des Heizwassers stellt. „Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen. Steinbildung und wasserseitige Korrosion“: Erstmals 1979 veröffentlicht, beschreibt die Richtlinienreihe VDI 2035 – neben dem Arbeitsblatt AGFW FW 510 – die wichtigsten technischen Regeln für die Wasseraufbereitung in Heizsystemen. Zuletzt wurden die beiden Teile in den Jahren 2005 (Berichtigung 2006) und 2009 aktualisiert.

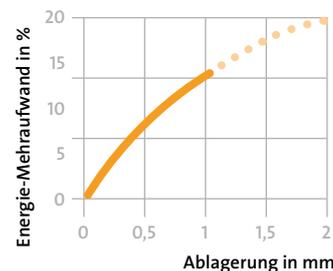
Die Anwendung der Richtlinien ist verbindlich für neu gebaute oder sanierte Warmwasserheizungsanlagen. Das bedeutet: Kommt es zu Schäden oder Störungen und in einer juristischen Auseinandersetzung wird festgestellt, dass eine Anlage nicht den Richtlinien entspricht bzw. danach betrieben wurde, ist – je nach Verantwortungsbereich – Planer, Installateur oder Betreiber der Anlage schadensersatzpflichtig. Die Einhaltung der Anforderungen aus dem Regelwerk wird üblicherweise auch von den Kesselherstellern gefordert und von diesen teilweise durch noch schärfere Vorgaben ergänzt.

Dabei geht es in der VDI 2035 nicht allein nur um normative Festlegungen. Die überarbeitete Richtlinie enthält zudem in weit größerem Umfang als bisher Maßnahmen und Empfehlungen für die richtige Planung und Inbetriebnahme sowie für den Umgang mit bestehenden oder zu sanierenden Heizungsanlagen. Darüber hinaus wurde erstmalig eine Tabelle mit möglichen Mängeln in einer Anlage, deren Ursachen und Maßnahmen zur Abhilfe erstellt.

Der Titel der Richtlinie nennt bereits das klare Ziel: Schäden durch Steinbildung und Korrosion in Warmwasser-Heizungsanlagen zu vermeiden. Das dabei verbindende Medium ist das im Heizsystem enthaltene Wasser und die darin geführten Inhaltsstoffe. Denn stimmt die Beschaffenheit des Wassers nicht, kommt es zu Härteablagerungen, Rostschäden oder Verschlammung, die es zu verhindern gilt.

## Die Gefahren

Die möglichen Schäden durch Steinbildung sind vielfältig: Sobald sich Ablagerungen auf den Flächen der Wärmetauscher bilden, verschlechtert sich die Wärmeübertragung und damit der Wirkungsgrad einer Anlage. Bereits ein ein Millimeter starker Härtebelag auf den Wärmetauschern entspricht zirka einem Energie-Mehraufwand von 10 bis 15 Prozent. Werden keine Gegenmaßnahmen ergriffen, kann es zu Querschnittsverminderungen im Rohrsystem kommen. Im Extremfall entstehen Risse oder wichtige Bauteile wie Pumpen oder Ventile versagen.



Schon 1 mm Ablagerung führt zu einem Wärmeverlust von 10–15 %

Sauerstoff gilt als der wesentliche Auslöser von Korrosionsreaktionen. Die Sauerstoffkonzentration sollte deshalb in allen Anlagenteilen so niedrig wie möglich sein. Vor allem wenn unterschiedliche Materialien und Metalle in einem Heizungsnetz verbaut sind, kann Korrosion zerstörerisch wirken. Metalle können sich auflösen, es kommt zu Rostablagerungen, am Ende zu Leckagen und Funktionsstörungen an Regeleinrichtungen oder Wärmetauschern.

## Die Richtwerte

Der wichtigste und an dieser Stelle auch klar normative Teil der VDI 2035 ist deshalb die Tabelle mit den maßgeblichen Richtwerten für das Füll- und Ergänzungswasser von Heizungsanlagen – in Abhängigkeit von deren Größe und Heizleistung. Im Wesentlichen beeinflussen vier Komponenten das fehlerfreie Funktionieren eines Heizungssystems: Wasserhärte, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoff.

Dies sind dann auch die Stellgrößen für die richtige Beschaffenheit des Heizungswassers:

- **Wasserhärte:** dargestellt als Summe Erdalkalien der Calcium- und Magnesiumionen im Wasser (Summe Erdalkalien in mmol/l oder mol/m<sup>3</sup> × 5,6 = Gesamthärte in °dH)
- **elektrische Leitfähigkeit (µS/cm):** Maß für die Summe der im Wasser gelösten Salze. Mit abnehmender Leitfähigkeit sinkt die Wahrscheinlichkeit für Korrosion.
- **pH-Wert:** Bei pH-Werten unter 7,5 steigt die Anfälligkeit für Korrosion.
- **Sauerstoff:** Auf die Angabe eines maximalen Sauerstoffgehaltes wird verzichtet. Denn: Sauerstoff kann aufgrund der unregelmäßigen Verteilung und der schnellen Reaktion mit dem Rohrmaterial im Netz nicht verlässlich gemessen werden.

„Die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch Steinbildung und Korrosionsschäden ist in korrosionstechnisch geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen bei Beachtung der Richtwerte (...) minimiert.“

VDI 2035 Blatt 1, S. 24

# Die wichtigsten Werte ...

## Richtwerte für das Füll- und Ergänzungswasser sowie das Heizwasser

Füll- und Ergänzungswasser sowie Heizwasser, heizleistungsabhängig			
Gesamtheizleistung in kW	Summe Erdalkalien in mol/m <sup>3</sup> (Gesamthärte in °dH) Spezifisches Anlagenvolumen in ℓ/kW Heizleistung <sup>a)</sup>		
	≤ 20	> 20 bis ≤ 40	> 40
≤ 50 kW spezifischer Wasserinhalt Wärmeerzeuger ≥ 0,3 ℓ je kW <sup>b)</sup>	keine	≤ 3,0 (16,8)	< 0,05 (0,3)
≤ 50 kW spezifischer Wasserinhalt Wärmeerzeuger < 0,3 ℓ je kW <sup>b)</sup> (z. B. Umlaufwasserheizer) und Anlagen mit elektrischen Heizelementen	≤ 3,0 (16,8)	≤ 1,5 (8,4)	
> 50 kW bis ≤ 200 kW	≤ 2,0 (11,2)	≤ 1,0 (5,6)	
> 200 kW bis ≤ 600 kW	≤ 1,5 (8,4)	< 0,05 (0,3)	
> 600 kW	< 0,05 (0,3)		

Heizwasser, heizleistungsunabhängig	
Betriebsweise	Elektrische Leitfähigkeit in µS/cm
salzarm <sup>c)</sup>	> 10 bis ≤ 100
salzhaltig	> 100 bis ≤ 1500
	Aussehen
	klar, frei von sedimentierenden Stoffen
Werkstoffe in der Anlage	pH-Wert
ohne Aluminiumlegierungen	8,2 bis 10,0
mit Aluminiumlegierungen	8,2 bis 9,0

<sup>a)</sup> Zur Berechnung des spezifischen Anlagenvolumens ist bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern die kleinste Einzelheizleistung einzusetzen.

<sup>b)</sup> Bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern mit unterschiedlichen spezifischen Wasserinhalten ist der jeweils kleinste spezifische Wasserinhalt maßgebend.

<sup>c)</sup> Für Anlagen mit Aluminiumlegierungen ist Vollenthärtung nicht empfohlen, siehe auch Abschnitt 6.4.4.

**Anmerkung:** Alternativ zu den Tabellenangaben für die Summe Erdalkalien steht es den Wärmeerzeugerherstellern frei, Zwischenwerte aus den Anforderungswerten der Maximalleistung der jeweiligen Leistungsklasse zu interpolieren.

## ... und Neuerungen

- Bei Aluminiumlegierungen gilt als Richtwert ein pH-Wert-Bereich von 8,2 bis 9,0. Ohne Aluminium-Legierungen ist ein pH-Wert zwischen 8,2 und 10 möglich.
- Reinaluminium darf in Heizkreisläufen nicht mehr verwendet werden
- **Bei Alu-Werkstoffen ist eine Vollenthärtung zu vermeiden.** Stattdessen wird eine salzarme Fahrweise empfohlen.
- Bei Anlagen mit einer Heizleistung von mehr als 600 kW gilt als maximal zulässige Resthärte jetzt 0,3 °dH und nicht wie zuvor 0,11 °dH
- Das Heizwasser muss nach den neuen Vorgaben zusätzlich „klar“ sein.
- Die Ursachen für die Entstehung von Biofilmen und bakteriell beeinflusste Korrosion werden ausführlich thematisiert. Hier empfiehlt das Regelwerk erstmals den Einsatz von Teilstromaufbereitungsanlagen, um das Nährstoffangebot für Mikroorganismen zum Beispiel durch Entsalzung zu minimieren.
- Um eine zu starke pH-Wert-Absenkung zu vermeiden, empfiehlt die Richtlinie für die Entsalzung in der Wasseraufbereitung Mischbettharze mit einen Anionenanteil von ca. 60 Prozent.
- Wird das Heizsystem mit Stadtwasser zur Spülung und Druckprobe befüllt, raten wir dieses Wasser möglichst im System zu belassen und mittels Teilstromaufbereitung vor dem Aufheizen aufzubereiten.

## Ideal und Wirklichkeit

Idealtypisch würde es ausreichen, eine Heizungsanlage mit dem Anlagenwasser nach diesen Richtwerten zu errichten und zu betreiben. Aber ein Heizungssystem unterliegt im Laufe der Zeit zahlreichen Einflüssen. So ist trotz sorgfältiger Planung und Betrieb nicht sichergestellt, dass die Richtwerte im Heizwasser eingehalten werden (können). Veränderungen und damit Verschlechterungen ergeben sich vor allem durch

- Diffusionsoffene Bauteile: Zufuhr von Sauerstoff durch undichte Rohre, Dichtungen oder Kunststoffrohre. So unterliegen beispielsweise Elastomerdichtungen einem Alterungsprozess, es kann zu Undichtigkeiten kommen.
- Inhomogener Materialmix aus unterschiedlichen Metallen, die mit der Zeit reagieren
- Hohe Nachspeisemengen: Sauerstoff gelangt als gelöstes Gas über das Ergänzungswasser in den Kreislauf.
- Umbau- oder Erweiterungsmaßnahmen
- Mischwasser aus vorhandenen Systemzweigen

Je nach Beschaffenheit des Füll- und Ergänzungswassers fordert die VDI 2035 Aufbereitungsmaßnahmen zum Beispiel durch Enthärtung und Entsalzung. **Eine Wasserbehandlung durch die Zugabe von Chemikalien ist zu vermeiden.**

Um die von hohen Nachspeisemengen ausgehenden Gefahren zu minimieren, soll die Ergänzungswassermenge während der Lebensdauer der Anlage das Dreifache des Wasserinhalts des Heizsystems nicht überschreiten. Wird diese Menge überschritten, ist die Wahrscheinlichkeit von Korrosionsschäden erhöht. Die Richtlinie schreibt deshalb den Einbau eines Wasserzählers vor, um die Mengen an Ergänzungswasser im Blick zu behalten.

## Auf Nummer sicher

Planer oder Betreiber einer Anlage gehen deshalb auf Nummer Sicher, wenn sie von vornherein bei dem Bau einer Heizungsanlage ein System zur ständigen Teilstromaufbereitung einplanen, wie dies vor allem bei größeren Heizungsnetzen bereits als Standard gilt. Moderne Systeme wie beispielsweise die Produkte aus der BerkeSELECT IQ Familie von Veolia Water Technologies kontrollieren durchgängig die Qualität des Heizungs- und Füllwassers und bereiten das Wasser entsprechend den Vorgaben der Richtlinie auf.

Dabei wird das Heizungs-, Prozess- oder Kühlwasser aus dem Hauptkreis entnommen und je nach Anforderung an die Wasserqualität durch den Einsatz von Aufbereitungsbeuteln mit verschiedenen Verfahrensweisen im Teilstrom aufbereitet.

Dies sind:

- **Entsalzen**
- **Enthärten**
- **Alkalisierung**
- **Filtrieren** – Magnetitentfernung

Zudem bietet die Anlage eine kontinuierliche **Entfernung der freien und gelösten Gase** im Heizungswasser durch eine integrierte Vakuum-Engasung.

Die Geräte werden im Bypass eines Heizkreislaufes installiert. In der Anlage lassen sich die Grenzwerte der VDI hinterlegen, so dass das Wasser nach diesen Vorgaben hinsichtlich pH-Wert und Leitfähigkeit aufbereitet wird. Darüber hinaus filtrieren sie Schmutzfrachten wie z. B. Magnetit aus dem Wasser, ein schwarzer Schlamm aus Eisenoxid, der Funktionsstörungen in Ventilen und Regelorganen hervorrufen kann. Als Zusatzfunktion übernimmt das Gerät BerkeSELECT IQ+ auch die Entgasung und minimiert so den Sauerstoffgehalt.

Die Behandlung des Wassers läuft über „intelligente“ Aufbereitungsbeutel, die mit RFID-Label ausgestattet sind. Das ermöglicht einen intuitiven Wechsel der Verbrauchsmaterialien in der vorgeschriebenen Reihenfolge ohne weitere Vorkenntnisse. Das Gerät führt dabei über das Display durch den Wechselprozess.

Ist die Kapazität eines Filterbeutels erschöpft, können die Informationen über das integrierte LTE-Modem verarbeitet und der Kunde über den notwendigen Wechsel ortsunabhängig per E-Mail informiert werden.

Die weiteren Daten werden über das integrierte Modem in die Online-Service-Plattform Hubgrade von Veolia Water Technologies übertragen und dem Kunden zur Verfügung gestellt. Hier werden alle relevanten Gerätedaten kontinuierlich digital gespeichert und können jederzeit wiederum ortsunabhängig per Smartphone, Tablet oder PC abgerufen werden. Die so gesicherten Daten gelten als digitales Anlagenbuch, wie es auch von der VDI 2035 gefordert wird.



Die Geräte der BerkeSELECT IQ Familie sind für die 24/7-Aufbereitung und Überwachung einer Heizungsanlage konzipiert. Die digitale Steuerung sichert zudem den energie- und kostensparenden Betrieb. Denn sobald die gewünschte Wasserqualität erreicht ist, geht das Gerät in den Ruhemodus und startet erst nach einem definierten Zeitraum wieder. Dann findet eine erneute Prüfung der Wasserqualität statt. Falls nötig, wird die Wasseraufbereitung durchgeführt, anschließend geht das Gerät wieder in den Ruhemodus.

Die Teilstromaufbereitung nach VDI 2035 ist eine sinnvolle Investition, die mögliche teure Schäden am System durch die Prävention über eine kontinuierliche Wasseraufbereitung vermeidet. Veolia Water Technologies stellt die Geräte auch über ein pay-per-use Bezahlmodell zur Verfügung. Die Anlage kann dann als Betriebskosten abgerechnet werden, eine kostenintensive Investition erübrigt sich.

Die neue VDI 2035 betont erneut, wie wichtig die richtige Beschaffenheit des Heizungswassers für den fehlerfreien und langlebigen Betrieb einer Heizungsanlage ist. In die Richtlinie ist zum einen das entsprechende Wissen um physikalische und chemische Zusammenhänge wie auch der aktuelle Stand der Technik eingeflossen. Und dies mit dem klaren Ziel, gegen die Feinde eines Heizungssystems anzutreten. Denn nur wenn die Werte von vorneherein eingehalten werden, ist die Investition in eine Heizungsanlage langfristig gesichert.



Alle Anlagen zur normgerechten Aufbereitung des Heizungswassers finden Sie in unserem Online-Produkt-Katalog. <https://online-produktkatalog.de>



## Resourcing the world

BERKEFELD® ist eine Marke von Veolia Water Technologies, dem weltweit führenden Anbieter von Lösungen und Dienstleistungen für den gesamten Wasserkreislauf.

Veolia Water Technologies Deutschland GmbH  
Speicherstraße 14 A | 29221 Celle

Tel: +49 (0)5141 803-0  
Fax: +49 (0)5141 803-100  
E-Mail: [veoliawatertech.DE@veolia.com](mailto:veoliawatertech.DE@veolia.com)

[www.veoliawatertechnologies.de](http://www.veoliawatertechnologies.de)