

Natürliches, salzarmes Heizungswasser ohne Zusatzstoffe

Hygienische, toxikologische und umweltrelevante Vorgaben

Dipl.-Ing. Willibald Schodorf, Leiter Technische Geschäfte



Als Systemanbieter trägt der Heizungsbauer nicht nur ein Produkthaftungsrisiko – er ist verantwortlich für mögliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und muss deshalb sein „Wärmetransportmedium“ aus hygienischer, toxikologischer und umweltrelevanter Sicht bewerten. Das bedeutet viel Verantwortung und viel Risiko. Es gibt normenkonforme Konzepte, die dem Heizungsbauer das Leben leichter machen.

Das als Wärmeträger bezeichnete Wasser einer Heizungsanlage hat für deren Funktion eine zentrale Bedeutung. Neben dem Schutz vor Korrosion und Ablagerungen – sie können die Funktion und die Lebensdauer der Gesamtanlage beeinträchtigen – sind auch der Schutz und die Gütererhaltung des Trinkwassersystems zu beachten. Es ist sicherzustellen, dass keine gefährdenden Flüssigkeiten in das Trinkwasser gelangen können.

Abb. 1: Salzarmes Heizungswasser schützt die Heizungstechnik vor Ablagerungen und Korrosion und kommt ohne Zusatzstoffe aus.

Diese Gefahr besteht, wenn in Anlagen das Heizwasser gleichzeitig zum Erwärmen von Trinkwasser genutzt wird; in diesen Fällen sind die Anforderungen zum Schutz des Trinkwassers nach DIN 1988-100 oder EN 1717 zu beachten. **Hintergrund:** Bei der Erwärmung des Trinkwassers durch mittelbare Beheizung ist es möglich, dass der Wärmeträger das Trinkwasser beeinträchtigt und gefährdende Eigenschaften besitzt. Beim normalen Gebrauch werden Flüssigkeiten, die in Kontakt mit dem Trinkwasser kommen können, in fünf Kategorien eingeteilt (Abb. 2).

Bereits bei der Anmeldung einer Trinkwasseranlage beim Wasserversorger werden diese wichtigen Angaben zur Trinkwasser-Erwärmungsanlage abgefragt. Das Formular wird allerdings häufig bedenkenlos ausgefüllt und unterschrie-

ben. Bei der Anmeldung der Trinkwasseranlage wird in aller Regel eine Kategorie 1/2 oder maximal die Kategorie 3 angekreuzt bzw. angegeben.

WÄRMEÜBERTRAGER: EINZEL- ODER DOPPELWANDIG?

Warum ist das so? Ganz einfach wegen des konstruktiven Aufwands beim Wärmeübertrager: Fluide der Kategorie 2 oder 3 können durch handelsübliche Wärmeübertrager mit einer Einzelwand vom Trinkwasser getrennt werden. Für den Schutz eines Fluides der Kategorie 4 oder 5 ist eine Einzelwand nach EN 1717 /Punkt 5.4.1.1 – Rückflussverhinderung - nicht ausreichend. Die Norm fordert dann zum unmittelbaren Schutz des Betreibers: Entspricht das Fluid (hier Heizungswasser mit Zusatzstoffen), vor dem das Trinkwasser gesichert werden

muss, der Kategorie 4 oder 5, sind Doppelwände erforderlich. Das Trinkwasser nach dem Apparat dient nämlich für sanitäre Zwecke oder zur Zubereitung von Nahrung. Eine doppelwandige Trennung besteht aus mindestens zwei festen und abgedichteten Bereichen oder Behältern, die eine neutrale Zwischenzone zwischen dem Trinkwasser auf der einen und dem Fluid (z.B. Heizungswasser der Kategorie 4 / 5) auf der anderen Seite bildet.

Die Abgrenzung zwischen Fluidkategorie 3 und Fluidkategorie 4 ist nach EU-Richtlinie 92/21/EG vom 27.4.1993 ein sog. LD50-Wert: Die mittlere letale Dosis (LD50) einer Substanz gibt eine auf das Körpergewicht bezogene Menge einer Substanz bzw. eines Giftstoffes an, die dazu führt, dass die Hälfte der Versuchstiere stirbt – in diesem Fall 200 mg/kg Körpergewicht. Es ist dies ein Wert, der

DIN EN 1717 Einteilung der Flüssigkeitskategorie, die mit Trinkwasser in Berührung kommen kann (Punkt 5.2)

5.2.1 Kategorie 1

Wasser für den menschlichen Gebrauch, das direkt aus einer Trinkwasser-Installation entnommen wird.

5.2.2 Kategorie 2

Flüssigkeit, die keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit darstellt

Flüssigkeiten, die für den menschlichen Gebrauch geeignet sind, einschließlich Wasser aus einer Trinkwasser-Installation, das eine Veränderung in Geschmack, Geruch, Farbe oder Temperatur (Erwärmung oder Abkühlung) aufweisen kann.

5.2.3 Kategorie 3

Flüssigkeit, die eine Gesundheitsgefährdung durch die Anwesenheit einer oder mehrerer giftiger oder besonders giftiger Stoffe¹⁾ darstellt

5.2.4 Kategorie 4

Flüssigkeit, die eine Gesundheitsgefährdung für Menschen durch die Anwesenheit einer oder mehrerer giftiger oder besonders giftiger Stoffe oder einer oder mehrerer radioaktiven, mutagenen oder kanzerogenen Substanzen darstellt

5.2.5 Kategorie 5

Flüssigkeit, die eine Gesundheitsgefährdung für Menschen durch die Anwesenheit von mikrobiellen oder viruellen Erregern übertragbarer Krankheiten darstellt

¹⁾ Die Abgrenzung zwischen Kategorie 3 und Kategorie 4 ist $LD_{50} = 200 \text{ mg/kg}$ Körpergewicht nach EU-Richtlinie 93/21/EG vom 27. April 1993.

Abb.2: Die Fluidkategorien gemäß EN 1717 und deren Beschreibung

leider so gut wie nie angegeben wird. Wer wirbt schon gerne mit Tierversuchen?

Ein LD50 (Ratte) = 200 mg/kg bedeutet, dass für Ratten, die ca. 500 g schwer sind und denen 100 mg dieses Stoffes verabreicht werden, ein Todesrisiko von 50 % besteht.

Allerdings wird die Aussagefähigkeit dieses Wertes heute oft in Frage gestellt. Die Untersuchung der letalen Eigenschaft einer Substanz erlaubt zudem keine Aussage über andere, möglicherweise langfristige toxische Wirkungen. Ein LD50 (Ratte)-Wert von 25 bis 200 mg/kg ist für Chemiker eine giftige und/oder krebserzeugende Substanz. Ein LD50 (Ratte)-Wert von 200 bis 2000 mg/kg wird als mindergiftig, aber gesundheitsschädlich bezeichnet. Werte unter 1000 mg/kg signalisieren „Vorsicht“.

REACH LEGT KRITISCHE ZUSATZSTOFFE OFFEN

Dass die Frage nach der Fluidkategorie 3 oder 4 für Heizungswasser nicht unwesentlich ist, kann man daran festmachen, dass viele der am Markt angebotenen Inhibitor-Mischungen bis vor kurzer Zeit den „besonders besorgniserregenden Stoff“ Bor enthielten – Bor gilt als mutagen, kann also die Fruchtbarkeit beeinträchtigen, und zählt zur Kategorie 4. Erst die neuen Vorgaben der REACH-

Verordnung (EG Nr. 790/2009), nach denen solche Zusatzstoffe schon ab 0,1 % anstelle von weniger als 5 % anzugeben sind, und die Informationspflichten nach Artikel 33 REACH haben eine Veränderung herbeigeführt.

Streng genommen hätten alle Trinkwasser-/Heizungsanlagen mit diesen Zusatzstoffen mit doppelwandigen Wärmeübertragern versehen werden müssen. Und bei allen Anmeldungen der Trinkwasseranlagen hätte der Erbauer die Kategorie 4

der Fluidkategorie 2 zugeordnet (3.14). Dem Punkt 2.2 (Wasser und Korrosionsschutzmittel, nicht für den menschlichen Gebrauch bestimmt) kann entnommen werden, dass eine Kategorie 3 / 4 vorliegt. Die Abgrenzung ist der LD50-Wert. Nach Norm ist somit zu bewerten und zu entscheiden, welcher Wärmeübertrager geeignet ist. Diese Wahl ist in einer Installationsmatrix festzulegen, die zur Dokumentation gehört. Welche Fluidkategorie sich durch Zugabe von Zusatzstoffen in einem Heizungswasser ergibt, kann oft nur der Hersteller des zugeführten Stoffes/Gemisches beantworten. Die Praxis zeigt aber, dass diese Informationen vom Hersteller nur schwer zu bekommen sind. Generell unterstützen Hersteller von Zusatzstoffen den Heizungsbauer selten mit den benötigten Daten. Wird z.B. ein Biozid zugegeben, ist nach den Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe und Gefahrstoffe eine Kennzeichnung R42/43 oder R43 („können Allergien auslösen“) notwendig. Für nicht chemisch geschultes und ausgebildetes Personal muss dann eine Einweisung und Risikobewertung nach TRBA/TRGS 406 („Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“) durchgeführt werden.

DIN EN 1717 Tabelle zur Bestimmung der Flüssigkeitskategorie für den erforderlichen Schutz (Tabelle B1)

2	Wasser mit Additiven oder in Kontakt mit flüssigen oder festen Stoffen, andere als die der Kategorie 1	Kategorie
2.1	Enthärtetes Wasser nicht zum menschlichen Gebrauch bestimmt	3/4 ³⁾
2.2	Wasser+ Korrosionsschutzmittel nicht für den menschlichen Gebrauch bestimmt	3/4 ⁴⁾
2.3	Wasser+ Frostschutzmittel	3/4 ⁴⁾
2.4	Wasser+ Algecide	3/4 ⁴⁾
3	Trinkwasser für anderen Gebrauch	Kategorie
3.5	Heizungswasser ohne Additive	3
3.14	Demineralisiertes Wasser	2

Die Abgrenzung zwischen Kategorie 3 und Kategorie 4 ist prinzipiell $LD_{50} = 200 \text{ mg/kg}$ Körpergewicht nach EU-Richtlinie 93/21/EG vom 27. April 1993.

Abb.3: Tabellen zur Bestimmung der Flüssigkeitskategorien

ankreuzen müssen. Die EN 1717 führt in ihrem Anhang B (informativ) Tabellen zur Bestimmung der Flüssigkeitskategorien für den erforderlichen Schutz auf (Abb.3). Unter Punkt 3.5 wird Heizungswasser ohne Additive (Zusatzstoffe) der Fluidkategorie 3, demineralisiertes Wasser

TOXIKOLOGISCHE, HYGIENISCHE UND UMWELTRELEVANTE GESICHTSPUNKTE

Ob die „Sachkunde“ bei der Auswahl von Wasserbehandlungsmaßnahmen (VDI 2035 Blatt 2, Punkt 8.4.1) für den

Umgang mit den angebotenen „Zusatzstoffen“, immer vorliegt, kann bezweifelt werden. Viele dieser Stoffe (Säuren, Laugen, Biozide, Inhibitorgemische u.v.m.) unterliegen beim Umgang den Unfallverhütungsvorschriften (z.B. BGV A1) mit allen Pflichten für den Unternehmer. Er hat die erforderlichen Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten (z.B. Umgang mit Allergie sensibilisierenden Stoffen) und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren zu treffen. Werden z.B. mehrere Systeme mit 1 bis 2 m³ Inhalt mit Zusatzstoffen (Dosierung 1 zu 100 Liter) behandelt, kommen Arbeitnehmer letztendlich mit nicht geringen Mengen an Chemikalien in

Gesundheitsschutz. Werden Stoffe eingesetzt, die nach Chemikaliengesetz als Gefahrstoffe ausgewiesen sind (saure und alkalische Reiniger, Farbindikatoren, Desinfektionsmittel u.v.m.), gelten die BGR 163 und BGV A1. Hier ist z.B. gefordert, dass der Unternehmer zum Schutz der Arbeitnehmer (entsprechend § 14 Gefahrstoffverordnung) Betriebsanweisungen zu erstellen hat und durch mündliche Unterweisungen die Arbeitnehmer schulen muss. Wer denkt schon daran, dass das z.B. auch für Farbindikatoren in manchen Aufbereitungspatronen gilt, da dort „besonders Besorgnis erregende Substanzen“ – also toxikologisch bedenkliche Stoffe – eingesetzt werden.

große Wasservolumen größere Mengen an Chemikalien eingesetzt. Das „Kreislaufwasser“, das freigesetzt wird, ist dann kein ‚Betriebsmittel Wasser‘ mehr, sondern ‚Abwasser‘ im Sinne des WHG. Bei geplanten Reparaturarbeiten sollte deshalb geprüft werden, ob das abzulassende Wasservolumen nicht besser gespeichert werden kann. Auch das Ableiten in ein öffentliches Entwässerungssystem sollte mit der zuständigen Wasserbehörde (alkalische oder saure Reiniger, Desinfektionsmittel, borhaltige Heizungswässer usw.) vorher abgestimmt werden.

Setzt der Heizungsbauer dennoch solche Zusatzstoffe ein, bleibt die Verantwortung an ihm hängen. Denn letztendlich erstellt er die Heizungsanlage und entscheidet über die Beschaffenheit des Wärmeträgers, das Arbeitsumfeld seiner Mitarbeiter und die Umweltbelastung.

Er könnte

- ▶ ein Fluid der Kategorie 2 / 3 einsetzen (wird von der VDI 2035 Blatt 2 eindeutig empfohlen – „keine Wasserbehandlung“)
- ▶ eine zusätzliche Systemtrennung durch Zwischenwärmeübertrager oder einen doppelwandigen Wärmeübertrager von vornherein realisieren
- ▶ auf die Unbedenklichkeit des eingesetzten Mittels (Nachweis der Fluidkategorie unter Angabe der geprüften und nachgewiesenen Konzentrationen) bestehen – bevor er es einfüllt
- ▶ auf die als Arbeitgeber zu achtenden und anzuwendenden Vorgaben bei Tätigkeiten mit Stoffen achten.

Übrigens: Nach VDI 2035 Blatt 2 erfordert die Auswahl von Wasserbehandlungsmaßnahmen Sachkunde.

SYSTEMTRENNER A ODER BA?

Der Hinweis auf eine normgerechte Heizungsbefüllung nach EN 1717 beschränkt sich in der Regel auf den Einsatz einer Sicherungsarmatur in der Befüllleitung. Hier wird zwar häufig auf den Aspekt „Rückfluss“ von Heizungswasser in das Trinkwassernetz verwiesen - aber

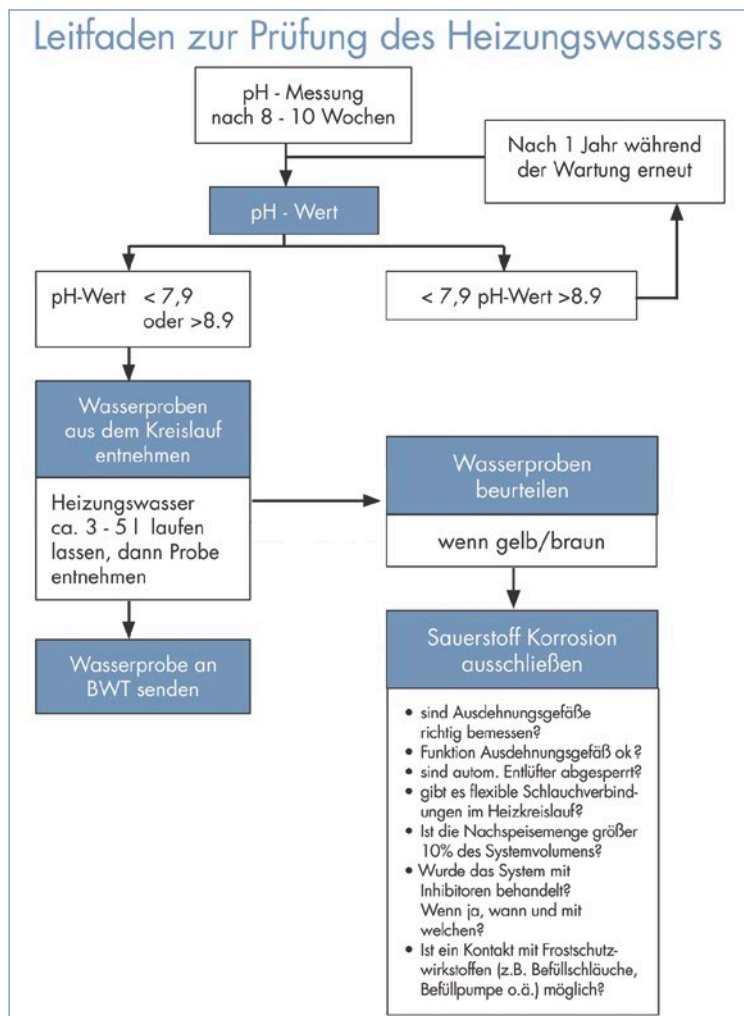


Abb.4: Leitfaden zur Prüfung des Heizungswassers

Berührung.

Diese Chemikalien unterliegen beim betrieblichen Umgang den rechtlichen Vorgaben zum Arbeits-, Umwelt- und

Auch umweltrelevante Gesichtspunkte müssen berücksichtigt werden. Letztendlich werden in modernen Heizsystemen selbst im Einfamilienhaus durch das

auf die Fluidkategorien wird nur indirekt eingegangen. So wird häufig aufgeführt, dass eine Sicherungsarmatur des Typs CA für Heizungswasser ohne Zusatzstoffe – also für Flüssigkeiten bis Kate-

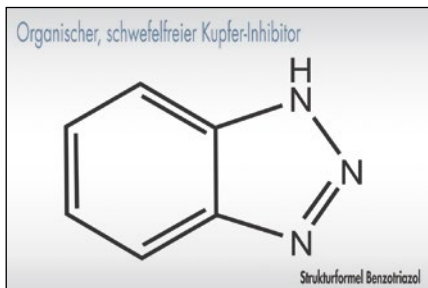


Abb.5: Ein typischer Zusatzstoff: Triazol

gorie 3 - zum Einsatz kommen darf. Der Systemtrenner des Typs BA hingegen ist geeignet für Heizungswasser mit Inhibitoren – also für Flüssigkeiten bis einschließlich Kategorie 4. Ein Hinweis auf die hier diskutierte Problematik hinsichtlich der Trinkwassererwärmung fehlt leider. Wer auf der sicheren Seite stehen möchte, sollte bedenken: Nur Systemtrenner des Typs BA und die Doppelwand des Wärmeübertragers verhindern, dass Flüssigkeiten, die als Träger giftiger Stoffe eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen, in die Trinkwasseranlage gelangen.

Zusatzstoffe werden häufig als Alleskönner eingesetzt:

- ▶ zur Korrosions-Inhibierung
- ▶ zur Vermeidung von korrosionsfördernden Belägen
- ▶ zur Vermeidung von Ablagerungen durch Stabilisierung

Sie bestehen somit aus mehreren Komponenten. Manche werden sogar besonders hervorgehoben: So verbirgt sich hinter einem Korrosions-Inhibitor, der mit dem Hinweis auf einen „organischen, schwefelfreien Inhibitor“ für Korrosionsschutz bei u. a. kupferhaltige Werkstoffen wirbt, mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ein Triazol (Abb.5). Diese organische Verbindung existiert in verschiedenen Formen und wird als Benzotriazol oder als Tolytriazol eingesetzt. Wie leicht zu erkennen ist, besteht die Summenformel aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stick-

stoff und ist somit „schwefelfrei“. Genau genommen ist diese Verbindung gemäß EU-Gefahrenstoffkennzeichnung in der Kategorie „gesundheitsschädlich und schwer abbaubar“ einzuordnen, d.h. sie wird in Kläranlagen nur zu einem kleinen Anteil eliminiert und gelangt so in Flüsse und Seen. Für Fachleute: Der LD50-Wert beträgt 560 mg/kg (Ratte oral). Bei Solarflüssigkeiten gibt es die Werbung: „nitritfrei, phosphatfrei, sekundäraminfrei, boratfrei und biologisch abbaubar“. Es wäre zu wünschen, dass die Industrie dazu überginge, auf das Etikett

Kleiner Exkurs

Im Folgenden werden Chemikalien vorgestellt, die seit langem mit all ihren Nebenwirkungen und der Ökotoxologie vor allem aus der industriellen Kühlwasserbehandlung bestens bekannt sind und nun für Heizungswasser eingesetzt werden.

Seit einigen Jahren wird von manchen Herstellern selbst der Einsatz von Bioziden im Heizungswasser als notwendig erachtet. Es gibt zwar eine neue Biozid-Verordnung, die seit dem 1. September 2013 gilt; doch viele Hersteller informieren nur dahingehend: „Achtung! Das Mittel ist nicht im Trinkwassersystem zu verwenden.“

Ebenso neu: Die Messung der Gesamtkeimzahl (Anzahl von vermehrungsfähigen Bakterien) mit Dip Slides und die Aufforderung, mit Breitband-Bioziden und Desinfektionsmitteln gegen diese Bakterien vorzugehen. Dient das Heizungswasser zugleich der Erwärmung von Trinkwasser, muss diese Vorgehensweise überdacht werden.

Untersuchungen des bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit haben ergeben, dass sich (in Abhängigkeit der Temperatur) erhöhte Koloniezahlen bilden, wenn der Nährstoffgehalt des Wassers zunimmt. Substanzen, die gut abbaubar sind, stellen also einen guten Nährstoff für Mikroorganismen dar.

Eine über drei Jahre laufende Auswertung von 50 Heizungssystemen mit Rücklauftemperaturen kleiner 40°C,

befüllt mit Stadtwasser und Inhibitoren, ergab:

- ▶ alle Systeme wiesen einen Ammoniumanstieg auf
- ▶ alle Systeme wiesen eine Nitratreduktion auf
- ▶ alle Systeme wiesen eine Sulfatreduktion auf und
- ▶ alle Systeme enthielten selbst mit einer Biozid-Dosierung nach einem Jahr mehr als 300 KBE/ml bei 37°C.

Da Heizungsanlagen korrosionstechnisch geschlossen auszuführen sind, werden sich dort immer Anaerobier ansiedeln (das sind Organismen, die nur in einem sauerstofffreien Lebensraum wachsen können). Mikroorganismen kommen infolge ihrer ausgezeichneten Anpassungsfähigkeit in allen wasserführenden Systemen in Abhängigkeit von der Temperatur vor. Eine Erniedrigung der Gesamtgehalts an organischen Verbindungen (TOC = Totaler organischer Kohlenstoff) ist die wirksamste und einfachste Methode, Bakterienwachstum zu reduzieren. Wo im Wasser keine Nitrate oder Sulfate enthalten sind, kann auch keine Reduktion durch Bakterien stattfinden. Es ist eben kein interessanter Lebensraum für sie.

und in den Werbeaussagen anzugeben, welche Stoffe enthalten sind.

Stopp! Bevor der Chemiker oder Mikrobiologe nun richtig aktiv wird, zurück zum eigentlichen Thema.

SALZARMES HEIZUNGSWASSER IST DIE LÖSUNG

Der Einsatz von perfektem natürlichem Heizungswasser – ohne Zusatzstoffe – erübrigt diese ganze Diskussion.

Jeder Heizungsbauer, der auf salzarmes Wasser (bitte keine Vollentsalzung!) setzt, um störende Ablagerungen oder Korrosion im Heizkreislauf zu vermeiden, kann seine Sachkunde einfach nachweisen:

- ▶ Er arbeitet nach den Vorgaben der VDI 2035 Blatt 2.
- ▶ Er kann alle Stoffe und die Konzentrationen problemlos aufzählen (keine Zusatzstoffe!).

- ▶ Er muss keinen LD50 (Ratte)-Wert angeben, denn ohne Zusatzstoffe entspricht das Heizungswasser der Fluidkategorie 2/3.
- ▶ Er muss keine Regeln für biologische Arbeitsstoffe und Gefahrstoffe beachten.

Stellt sich der geforderte pH-Wert in einem Ausnahmefall nach ca. 8 bis 12 Wochen nicht ein, gibt ihm die Fachfirma seiner Wahl (beispielsweise BWT) konzeptionelle Unterstützung und erstellt nach einer Analyse einen Vorschlag zur pH-Wert-Anpassung (Abb.4). Übrigens: selbst im Trinkwasser muss in Ausnahmefällen der pH-Wert erhöht werden. Es existiert daher eine Liste des Umweltbundesamtes für zugelassene „Alkalisierungsmittel nach § 11 der TrinkwV“.

Zum Schluss noch diese Anmerkungen: Beim Einsatz von Inhibitoren muss der Heizungskreislauf gereinigt sein. Da diese Stoffe bereits vorhandene Ablagerungen auflösen (dispergieren), sollte bei verminderter Wärmeübertragung oder schon verschlammten Anlagen das System mit einem speziellen Reiniger (welche Fluidkategorie der wohl hat?) gereinigt und danach gründlich gespült werden. Das Reinigungsmittel muss vollständig aus dem System entfernt sein (wer macht die Analyse?). Beim Dosieren dieser Stoffe muss die Konzentration penibel eingehalten werden – eine Unterdosierung führt zu Korrosion (siehe VDI 2035 Blatt

2, Punkt 8.4.1 / 8.4.3). Bei der Arbeit mit diesen Stoffen sind geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrillen bzw. ein Gesichtsschutz zu tragen. Generell sind



Abb.6: Die Heizungsreinigungsanlage HRA VE 100 ist neu im BWT-Programm.

die beim Umgang mit Chemikalien üblichen Vorsichtsmaßnahmen zu beachten – die Substanzen dürfen nicht in die Hände von Kindern gelangen, bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser spülen und den Arzt konsultieren, bei Berührung

mit der Haut... (lesen Sie aufmerksam das Sicherheitsdatenblatt und achten Sie auf R-Kennzeichnungen). Eine wirksame und einfache Methode, Systeme zu reinigen und gefahrlos mit einer unbedenklichen Fluidkategorie zu befüllen, bietet die neu in das BWT-Programm aufgenommene Heizungsreinigungsanlage HRA VE 100 (Abb.6): Basis ist die Bereitstellung von salzarmem Heizungswasser. Zusammen mit den Werkzeugen zum Reinigen und Befüllen und dem ganzheitlichen Heizungswasserkonzept (AQA therm) offeriert BWT eine einfache, risikoarme und normenkonforme Lösung, Heizungswasser ohne den Einsatz von Zusatzstoffen aufzubereiten.

TIPP FÜR DEN PRAKTIKER

Sie können alle in diesem Beitrag diskutierten Stolperfallen der Normenvorgaben, Arbeitsschutzgesetze und Strafgesetze umgehen: Arbeiten Sie mit einem perfekten natürlichen, sprich einem salzarmen Heizungswasser. Mischen Sie keine dubiosen Zusatzstoffe bei, sondern sprechen Sie mit Ihrem Fachberater (beispielsweise von BWT) über korrekte pH-Werte und den Schutz vor Ablagerungen und Korrosion.

Autor:
 Dipl.-Ing. Willibald Schodorf,
 Leiter Technische Geschäfte
 BWT Wassertechnik, Schriesheim
 Fotos: BWT Wassertechnik
www.bwt.de