

Korrosion in Warmwasser- heizungsanlagen als Folge von Sauerstoffdiffusion durch Kunststoffrohre

Carl-Ludwig Kruse

Einleitung

Aufgrund der bis heute vorliegenden Erfahrungen muß man davon ausgehen, daß Korrosionsschäden in Heizungsanlagen nur bei Anwesenheit hinreichender Sauerstoffmengen auftreten können. Eine erste Welle von Korrosionsschäden trat auf, als in größerem Umfang koksbeheizte Schwerkraft-Heizungsanlagen auf ölbeheizte Pumpenanlagen umgestellt wurden. Hierbei wurde vielfach die Pumpe so angeordnet, daß eine Zirkulation des Heizungswassers durch das offene Ausdehnungsgefäß stattfand. Die als Folge davon auftretende Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft durch das Heizungswasser führte zu Durchrostungen an Heizkörpern, Rohrleitungen und Kesseln. In Schadenfällen durchgeführte Messungen des Sauerstoffgehaltes im Heizungswasser ergaben stets Werte über 0,1 mg/l. Nachdem sich die mit Membranausdehnungsgefäßen abgesicherten geschlossenen Anlagen durchgesetzt haben, sind Durchrostungen in Warmwasserheizungsanlagen praktisch nicht mehr aufgetreten.

Die einzigen Störungen, die in geschlossenen Anlagen vereinzelt aufgetreten sind, waren auf Korrosion unter Entwicklung von Wasserstoff zurückzuführen, die die Bildung von Gaspolstern bewirkte.

Als Ursache für diese Korrosionserscheinung wurde das Eindringen geringer Sauerstoffmengen, z. B. durch Entstehen von Unterdruck im Verlauf der Nachtab-

senkung als Folge dichtschießender Mischer oder zu klein bemessener Ausdehnungsgefäße, angesehen.

In Warmwasserheizungsanlagen, bei denen Kunststoffrohre im Fußboden verlegt sind, werden in zunehmendem Maße Korrosionsschäden beobachtet, die bei den Heizungsanlagen, die vollständig aus metallischen Werkstoffen bestehen,

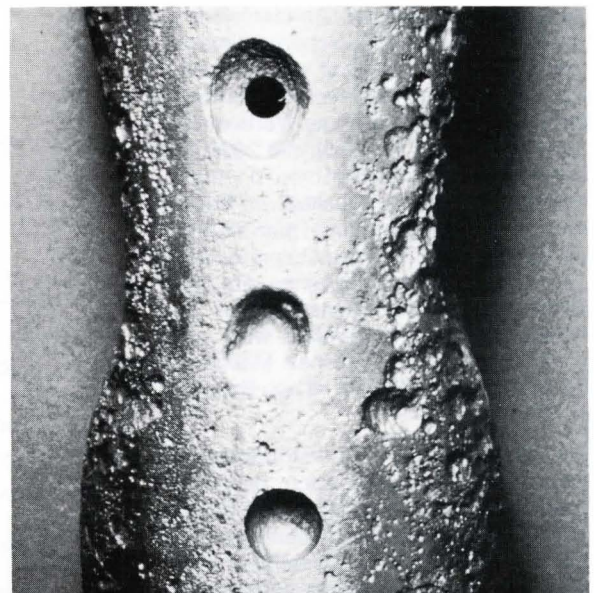


Bild 1. Korrodiertes Rauchrohr an einem Heizkessel (nach Entfernung der Korrosionsprodukte).

Dipl.-Chem. Carl-Ludwig Kruse, Regierunsdirektor beim Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund.

nicht auftreten. Die Schäden sind meist auf durch Korrosion gebildeten Rostschlamm zurückzuführen, der Störungen der Wasserzirkulation sowie Funktionsstörungen an Wärmemengenzählern, Thermostatventilen und Umwälzpumpen bewirkt [1, 2]. Der bei diesen Schäden festgestellte Rostschlamm besteht überwiegend aus braunem Eisenoxidhydrat FeOOH , während sonst in Heizungsanlagen ausschließlich schwarze Korrosionsprodukte aus Magnetit Fe_3O_4 beobachtet werden.

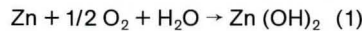
Neben Funktionsstörungen durch Schlammbildung sind auch vereinzelt Durchrostungen an Heizkesseln und Verteilerbatterien bekanntgeworden [3, 4]. In Bild 1 ist ein Ausschnitt aus einem Rauchrohr eines Heizkessels (nach Entfernung der Korrosionsprodukte) wiedergegeben. Durch örtliche Korrosion ist es hier in einer Heizungsanlage mit 20.000 m verlegten Kunststoffrohren nach einer Betriebszeit von 1 1/2 Jahren zum Durchbruch des 3 mm dicken Rohres gekommen. Im folgenden soll gezeigt werden, daß die beobachteten Schäden schlüssig als Folge der Diffusion von Sauerstoff aus der Atmosphäre durch die Kunststoffrohre in das Heizungswasser gedeutet werden können.

Messung der Sauerstoffdiffusion

Der Nachweis der Sauerstoffaufnahme durch die Kunststoffrohre ist an einer Heizungsanlage relativ einfach zu führen, wenn ein geeignetes Sauerstoffmeßgerät zur Verfügung steht. Im Heizungswasser, das vom Vorlaufverteiler in die Kunststoffrohre gelangt, ist normalerweise kein Sauerstoff nachweisbar, da er durch Korrosion an den Metallteilen des Systems verbraucht worden ist. Das Heizungswasser jedoch, das am Rücklaufverteiler aus den Kunststoffrohren zurückfließt, enthält je nach Verweilzeit in der Rohrleitung mehr oder weniger große Mengen an Sauerstoff. Bei den in Fußbodenheizungen üblichen Fließgeschwindigkeiten und den dadurch bedingt verhältnismäßig geringen Verweilzeiten des Wassers im Kunststoffrohr liegen die Werte meist unter dem in der VDI-Richtlinie 2035 [5] angegebenen Grenzwert von 0,1 mg/l. Wenn es nur um den qualitativen Nachweis des Effektes geht, kann man die Verweilzeit durch zeitweiliges Absperren des zu messenden Stranges verlängern und damit die Sauerstoffkonzentration im Wasser erhöhen. Andernfalls wird ein entsprechend empfindliches Meßgerät benötigt, das Messungen im ppb-Bereich ($1:10^6$) ermöglicht.

Die Messung der Sauerstoffdiffusion durch Kunststoffrohre kann auch im Labor durchgeführt werden. In Bild 2 ist das Schema der staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen verwendeten Anordnung wiedergegeben. In

einem geschlossenen Kreislauf, der mit einem Membranausdehnungsgefäß abgesichert ist, wird das Umlaufwasser in einem Wärmetauscher (A) erwärmt und mit einer Umwälzpumpe (B) umgewälzt. In einem Reaktionsbehälter (C), einem feuerverzinkten Stahlrohr, das mit Zinkblechabschnitten gefüllt ist, wird dem Umlaufwasser durch chemische Reaktion nach



der Sauerstoff entzogen. Der Sauerstoffgehalt des Wassers hinter dem Reaktionsbehälter ist $< 1 \mu\text{g/l}$. Während der eigentlichen Messung fließt das Wasser durch das zu prüfende Kunststoffrohr (E). In der Sauerstoffmeßzelle (F) wird dann der Sauerstoffgehalt des Wassers ermittelt. Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Wasser erfolgt nach einem üblichen elektrochemischen Verfahren, bei dem der bei einer konstanten Spannung fließende Strom von der durch Diffusion an die Kathode gelangenden Sauerstoffmenge abhängt. Sofern das Wasser mit einer bestimmten Mindestgeschwindigkeit durch die Zelle fließt, besteht eine direkte Proportionalität zwischen dem Strom und der Sauerstoffkonzentration $c(\text{O}_2)$ im Wasser. Bei dem verwendeten Meßsystem handelt es sich um das Modell 2711 der Fa. Orbisphere Laboratories, Genf.

Bei Kenntnis der Verweilzeit t_{Verw} des Wassers in dem Kunststoffrohr kann die Diffusionsgeschwindigkeit v_{Diff} nach

$$v_{\text{Diff}} = \frac{c(\text{O}_2)}{t_{\text{Verw}}} \quad (2)$$

berechnet werden. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Sauerstoffgehalt des in das Kunststoffrohr eintretenden Wassers vernachlässigbar klein ist. Bei Angabe der Sauerstoffkonzentration in $\mu\text{g/l}$ und der

Verweilzeit in h ergibt sich für die Diffusionsgeschwindigkeit die Einheit $\mu\text{g/l} \cdot \text{h}$. Die Verweilzeit errechnet sich aus dem vom Kunststoffrohr eingeschlossenen Wasservolumen V_{Rohr} und dem am Durchflußmesser (G) ermittelten Wasserstrom Q nach

$$t_{\text{Verw}} = \frac{V_{\text{Rohr}}}{Q} \quad (3)$$

wobei das Volumen in l und der Wasserstrom in l/h angegeben werden. Mit dem nach

$$V_{\text{Rohr}} = \pi \cdot (0,5 d - s)^2 \cdot L \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

zu errechnenden Volumen (d = Rohrdurchmesser in mm, s = Rohrwanddicke in mm, L = Rohrlänge in m) ergibt sich die Diffusionsgeschwindigkeit zu

$$v_{\text{Diff}} = \frac{c(\text{O}_2) \cdot Q}{\pi \cdot (0,5 d - s)^2 \cdot L} \cdot 10^3 \quad (5)$$

Die Diffusionsgeschwindigkeit hängt in starkem Maße von der Temperatur ab. Bei der beschriebenen Meßanordnung wird deshalb die Temperatur vor und nach dem Durchgang durch das Kunststoffrohr mit einem Thermometer (D) und in der Sauerstoffmeßzelle (F) gemessen. Als Bezugsgröße wird der Mittelwert aus beiden Messungen genommen. Die Temperaturabhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit läßt sich durch eine einfache lineare Beziehung darstellen.

In Tabelle 1 sind einige typische Meßergebnisse zusammengestellt.

Die Werte für die Diffusionsgeschwindigkeit unterscheiden sich danach bei gleicher Temperatur maximal um den Faktor 2 bis 3.

Für einen Vergleich der verschiedenen Kunststoffe wird als charakteristische Stoffkonstante zweckmäßigerweise der

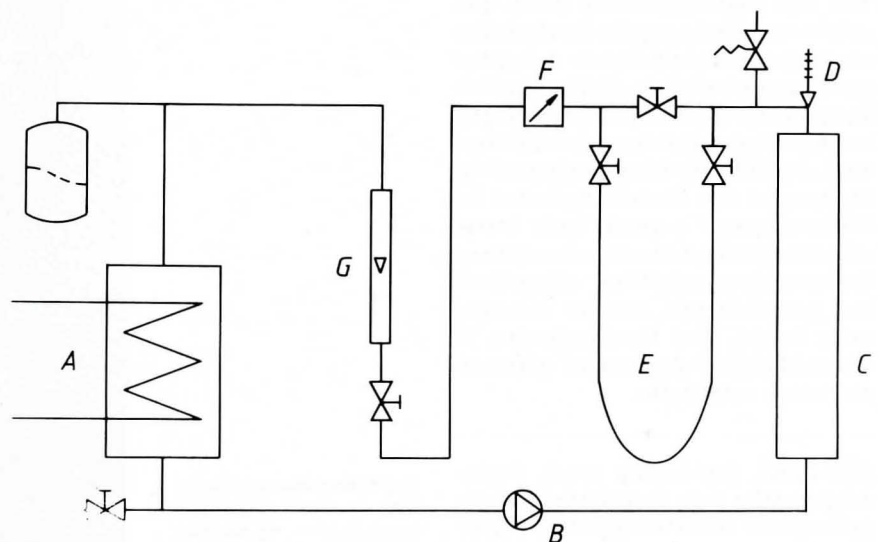


Bild 2. Schema der Versuchsanordnung.

Tabelle 1: Diffusionsgeschwindigkeit für Sauerstoff in $\mu\text{g/l} \cdot \text{h}$				
Rohr		20°C	30°C	40°C
Nr. 1	VPE	66	106	147
Nr. 2	VPE	90	169	263
Nr. 3	PPC	58	118	195
Nr. 4	PPC	50	116	211
Nr. 5	VPE	42	106	205
Nr. 6	PPC	80	174	302
Nr. 7	VPE	49	82	117
Nr. 8	PB	57	129	230
Nr. 9	VPE	89	179	270
Nr. 10	PB	98	173	248
Nr. 11	PPC	80	194	309
Nr. 12	PB	112	226	340
Nr. 13	PB	96	200	304
Nr. 14	VPE	113	170	228

(VPE = Vernetztes Polyethylen, PPC = Polypropylen-Copolymerisat, PB = Polybuten)

Permeationskoeffizient*) P herangezogen, der sich nach

$$P = 5 \cdot \frac{s}{d} \cdot (0,5 d - s)^2 \cdot v_{\text{Diff}} \quad (6)$$

in der Einheit $\mu\text{g} \cdot \text{mm}^2/\text{l} \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$ ergibt [3].

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte und Streubereiche für die drei Kunststoffarten zusammengestellt.

von $\sim 440 \text{ g}$ für die Sauerstoffmenge, die über Diffusion durch die Kunststoffrohre in das Heizungswasser gelangen kann. Dementsprechend können $\sim 1300 \text{ g}$ Rost entstehen. Die tatsächlich auftretende Menge an Rostschlamm wird jedoch erheblich geringer sein als die berechnete, da normalerweise die Korrosionsprodukte fest auf der Rohrwandung haften. Bild 3 zeigt die an einem Kesselvor-

Tabelle 2: Permeationskoeffizienten in $\mu\text{g} \cdot \text{mm}^2/\text{l} \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$			
	20°C	30°C	40°C
Mittelwert	2220 (1140–3150)	4440 (2620–7150)	7020 (3760–11360)
VPE	2030 (1140–2860)	3690 (2620–5740)	5610 (3760–8620)
PPC	2310 (1600–2940)	5200 (3720–7150)	8740 (6760–11360)
PB	2410 (1820–3150)	4810 (4120–5540)	7450 (6840–7930)

Aus der Diffusionsgeschwindigkeit oder dem Permeationskoeffizienten, dem Rohrdurchmesser, der Wanddicke, der Rohrlänge und der Zeit errechnet sich die Menge des über Diffusion durch die Kunststoffrohre in die Heizungsanlage gelangenden Sauerstoffs $m(\text{O}_2)$ in g nach

$$m(\text{O}_2) = v_{\text{Diff}} \cdot \pi \cdot (0,5 d - s)^2 \cdot L \cdot t \cdot 10^{-9} \quad (7)$$

$$m(\text{O}_2) = P \cdot 0,2 \cdot \frac{d}{s} \cdot \pi \cdot L \cdot t \cdot 10^{-9} \quad (8)$$

Abschätzung der Korrosionsrate

Wenn es darum geht, wieviel Rostschlamm in einer Heizungsanlage maximal gebildet werden kann, dann ist die Reaktionsgleichung

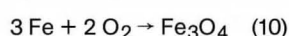


zugrunde zu legen. Danach können durch 1 g Sauerstoff 3,7 g Rost erzeugt werden. Bei Annahme einer Diffusionsgeschwindigkeit von $250 \mu\text{g/l} \cdot \text{h}$, eines Rohrdurchmessers von 20 mm, einer Rohrwanddicke von 2 mm und einer Rohrlänge von 1000 m ergibt sich nach Gl. (7) für ein Jahr (= $24 \cdot 365 \text{ h}$) ein Wert

*) Permeation = Durchdringung, Durchtritt.

laufstutzen strömungsorientiert angewachsenen Rostprodukte. Dies ist wahrscheinlich auch der Grund dafür, daß die Störungen durch Rostschlammbildung insgesamt verhältnismäßig selten auftreten.

Auf ähnliche Weise läßt sich die Verminderung der Wanddicke von Bauteilen aus Stahl abschätzen. Wenn man davon ausgeht, daß die Korrosionsprodukte auf der Wand aufwachsen und kein Rostschlamm gebildet wird, ist die Reaktionsgleichung



anzusetzen. Hiernach können durch 1 g Sauerstoff 2,6 g Eisen korrodiert werden. Bei Annahme eines Permeationskoeffizienten von $7500 \mu\text{g} \cdot \text{mm}^2/\text{l} \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$, eines Rohrdurchmessers von 20 mm, einer Rohrwanddicke von 2 mm und einer Rohrlänge von 20.000 m ergibt sich nach Gl. (8) für eine Zeit von $1\frac{1}{2}$ Jahren ($24 \cdot 365 \cdot 1,5 \text{ h}$) ein Wert von $\sim 12.400 \text{ g}$ für $m(\text{O}_2)$. Dementsprechend können $\sim 32.000 \text{ g}$ Eisen korrodiert werden. Für den Fall einer gleichmäßigen Korrosion läßt sich bei Kenntnis der wasserberührten Stahloberfläche der Heizungsanlage $F(\text{Fe})$ der flächenbezogene Massenver-

lust und unter Berücksichtigung der Dichte von Eisen ($7,9 \text{ g/cm}^3$) nach

$$\Delta s = \frac{m(\text{Fe})}{7,9 \cdot F(\text{Fe})} \quad (11)$$

der Dickenverlust Δs in μm berechnen. Für eine Fläche von 15 m^2 errechnet sich bei einer umgesetzten Eisenmenge von 32.000 g ein Dickenverlust von 270 μm .

Die Berechnungsdaten für dieses Beispiel entsprechen den Verhältnissen, die in der Heizungsanlage vorgelegen haben, aus der das in Bild 1 dargestellte Rauchrohr stammt. Als Permeationskoeffizient wurde mit $7500 \mu\text{g} \cdot \text{mm}^2/\text{l} \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$ nach Tabelle 2 ein mittlerer Wert für 40°C angenommen. Für den Fall einer ungleichmäßigen Korrosion, wie sie an Bild 1 erkennbar in dieser Anlage aufgetreten ist, muß bei einer Berechnung nach Gl. (11) anstelle der gesamten wasserberührten Stahloberfläche die tatsächlich korrodierende Fläche eingesetzt werden. Die Nichtbeachtung dieser Tatsache führt bei den Abschätzungen von Scharmann [6] zu der falschen Schlußfolgerung, daß der für Korrosionsgeschwindigkeiten von 1,25 mm/Jahr erforderliche Sauerstoff nicht über Diffusion durch die Kunststoffrohre in das Heizungswasser gelangen kann, sondern aus anderen Quellen stammen muß. Bei Berücksichtigung des Umstandes, daß Durchrostungen in Heizungsanlagen mit Kunststoffrohren bisher nur als Folge ungleichmäßiger Korrosion aufgetreten sind, erfordert auch die Modellrechnung von Scharmann lediglich die zusätzliche Annahme eines auf 1/25 der Gesamtfläche begrenzten Anteils der tatsächlich korrodierenden Fläche.

Die Ursachen, die dazu führen, daß die Korrosion nicht gleichmäßig, sondern ungleichmäßig abläuft, können sehr unterschiedlich sein. In dem in Bild 1 dargestellten Beispiel haben sich offensichtlich beim ersten Aufheizen des Heizkessels auf der Unterseite des Rauchrohres Luftblasen festgesetzt und die örtliche Korrosion in Gang gebracht. In einem anderen Schadenfall war erkennbar, daß die örtliche Korrosion durch Reste von Korrosionsschutzölen auf den Blechen ausgelöst worden war. Diese Öle sollen die Bleche während des Transportes und der Lagerung vor der Verarbeitung gegen Rostbildung schützen. Wenn die Öle bei der Berührung mit sauerstoffhaltigem Wasser nicht schnell genug abgewaschen werden, kommt es an der schwächsten Stelle des Ölfilms zu ersten Korrosionsansätzen, die dann zu Anoden von Korrosionselementen werden. Die benachbarten Flächen bilden die Kathoden, die durch die korrodierenden Anoden wie beim kathodischen Schutz mit „Opferanoden“ vor Korrosion bewahrt werden. Charakteristisches Kennzeichen für diese Korrosionsart ist das Auf-



Bild 3.
Korrosionserscheinungen
in einem Kesselvorrauf-
stutzen.

treten von örtlich begrenzten Korrosionsstellen in einer ansonsten nicht angegriffenen und häufig noch metallisch blanken Fläche. In derartigen Fällen kann die tatsächlich korrodierende Fläche weniger als $\frac{1}{100}$ der Gesamtfläche ausmachen.

Bei Kenntnis der zumindest in der Größenordnung abschätzbaren Sauerstoffmenge, die über die Kunststoffrohre in das Heizungswasser gelangt, kann somit zwar das Ausmaß der möglichen Korrosion abgeschätzt werden, eine Aussage über das Risiko eines Korrosionsschadens ist jedoch nicht möglich. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Korrosionsschadens hängt viel mehr von Besonderheiten der jeweiligen Heizungsanlage ab, die darüber entscheiden, ob die Korrosionsprodukte fest auf der Wandung haften oder als Schlamm in das System gelangen bzw. ob die Korrosion gleichmäßig oder ungleichmäßig abläuft. Aufgrund der heute vorliegenden Kenntnisse ist davon auszugehen, daß Korrosionsschäden innerhalb der ersten 10 Jahre nicht sehr wahrscheinlich, aber dennoch grundsätzlich möglich sind. Bei dieser Sachlage ist es unumgänglich, nach geeigneten Schutzmaßnahmen zu suchen.

Rohre mit Diffusionssperre

Die Korrosionsprobleme in den Heizungsanlagen mit Kunststoffrohren sind

auf die allen Kunststoffen eigene Eigenschaft der Durchlässigkeit für Gase zurückzuführen. In anderen Bereichen der Kunststoffverwendung ist diese hin und wieder störende Eigenschaft durch Verwendung metallischer Einlagen behoben worden. Als Beispiel mögen hier die für Lebensmittelverpackungen verwendeten Kunststoff-Aluminium-Folien dienen, die z. B. bei Kaffee das Herausdiffundieren von Aromastoffen oder bei Fetten das die Haltbarkeit beeinträchtigende Eindiffundieren von Sauerstoff verhindern.

Nach demselben Prinzip können auch Kunststoffrohre diffusionsdicht gemacht werden [7]. Entsprechende Rohre mit Aluminiumfolie als Diffusionssperre sind bereits auf dem Markt erhältlich. Selbst wenn die Aluminiumfolie auf der Baustelle örtlich verletzt werden sollte, ist dies nicht kritisch, wenn sie in den übrigen Bereichen dicht anliegt. Die Sauerstoffmenge, die an einer Verletzungsstelle durch das Rohr diffundieren kann, ist dann so gering, daß Korrosionsschäden nicht zu befürchten sind.

Systemtrennung

Wenn man davon ausgeht, daß es im wesentlichen nur die unlegierten Eisenwerkstoffe sind, die durch sauerstoffhaltiges Heizungswasser gefährdet sind, während z. B. nichtrostender Stahl und die meisten Kupferwerkstoffe unter die-

sen Bedingungen durch Korrosion praktisch nicht beeinträchtigt werden, dann liegt es nahe, an eine Systemtrennung zu denken. Wenn der Sekundärkreis nur Kunststoffrohre sowie Verteiler, Rohrleitungen und Wärmeübertrager aus nichtrostendem Stahl oder Kupfer enthält, dann kann die Sauerstoffdiffusion durch die Kunststoffrohre keinen Schaden an den metallischen Werkstoffen verursachen. Der Primärkreis mit dem Kessel kann dann wie bisher aus unlegierten Eisenwerkstoffen bestehen, wenn er wie üblich in geschlossener Ausführung erstellt wird.

Der Investitionsaufwand ist wegen des zusätzlich erforderlichen Wärmeübertragers und der höherwertigen Werkstoffe im Sekundärkreislauf zwangsläufig größer als bei den bisher erstellten Anlagen. Ob diese Lösung auf die gesamte Lebensdauer einer Anlage gesehen trotzdem wirtschaftlicher ist als die Verhinderung von Korrosionsschäden durch Wasserbehandlung, müßte von Fall zu Fall berechnet werden.

Wasserbehandlung

Bei Neuanlagen besteht eine weitere Möglichkeit zum Korrosionsschutz in der Zugabe von Inhibitoren zum Heizungswasser.

Mit Inhibitoren können auch bei Anwesenheit von Sauerstoff Korrosionsschäden verhindert werden. Inhibitoren werden zumeist nicht in reiner Form, sondern als Mischung verschiedener Wirkstoffe z. B. mit Härtestabilisatoren, Biociden, Sauerstoffbindemitteln oder Frostschutzmitteln verwendet. Als bekanntestes Beispiel ist die Verwendung von Inhibitoren in Kfz-Kühlkreisläufen in Kombination mit Frostschutzmitteln zu nennen. Nur den Inhibitoren ist es zu verdanken, daß es in diesen Systemen trotz Anwesenheit von Sauerstoff und Zusammenbau verschiedenster Metalle nicht zu Korrosionsschäden kommt.

Wichtig bei der Anwendung von Inhibitoren ist einerseits, daß sie in ausreichender Menge eingesetzt werden, weil sie in Unterkonzentration u. U. Lochfraß verursachen können und andererseits, daß die begrenzte Dauer der Wirksamkeit berücksichtigt wird. Speziell in Verbindung mit Kunststoffrohren muß sichergestellt sein, daß durch die Inhibitoren die Innendruckzeitstandfestigkeit der Rohre nicht beeinträchtigt wird bzw. daß die Inhibitoren keine Spannungsrißkorrosion bei den Rohren auslösen.

Es ist deshalb unbedingt zu empfehlen, nur solche Zusätze zu verwenden, die von dem jeweiligen Rohrersteller ausdrücklich zugelassen sind.

Bei bereits bestehenden Anlagen müssen erhöhte Anforderungen an die Inhibi-

toren gestellt werden. Die meisten Inhibitoren, die die anodische Teilreaktion der Korrosion hemmen, sind hier nicht einsetzbar, weil sie an bereits mit Rost abgedeckten Stellen Lochkorrosion auslösen können. In diesen Fällen ist wahrscheinlich die Verwendung von Sauerstoffbindemitteln wie Natriumsulfit oder Hydrazin vorteilhafter. Der Einsatz dieser zur Wasserbehandlung in größeren Heizungsanlagen durchaus üblichen Chemikalien bedingt eine sorgfältige Berechnung der Zugabemengen, die zur Bindung der nach Gl. (7) bzw. (8) zu ermittelnden Sauerstoffmengen notwendig sind. Dies und die erforderliche regelmäßige Wartung und Kontrolle kann bei Heizungsanlagen in Ein- oder Zweifamilienhäusern allerdings Probleme bereiten.

Ausblick

Die Tatsache, daß bisher verhältnismäßig wenig Korrosionsschäden bekannt geworden sind, darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß grundsätzlich in jeder Anlage ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen Korrosionsschäden auftreten können.

nen. Mit diesem Risiko muß der Betreiber leben. Im Schadenfall wird er vermutlich den Heizungsbauer in Regreß nehmen können, es sei denn, daß dieser den Betreiber vorher schriftlich auf das Risiko eines Korrosionsschadens hingewiesen hat. Wenn der Heizungsbauer dies nicht getan hat, ist er derjenige, der mit dem Schadenrisiko zu leben hat. Im Zweifelsfall muß er sich vom Betreiber oder einem in Vorlage getretenen Leitungswasserversicherer vorwerfen lassen, daß er durch Unterlassen von Schutzmaßnahmen bei der Erstellung der Anlage einen Korrosionsschaden billigend in Kauf genommen hat. Daß die Hersteller und Vertrieber von Kunststoffrohren keine Bereitschaft erkennen lassen, sich an dem Schadenrisiko, das nach ihren Aussagen praktisch gar nicht existiert, in irgendeiner Form zu beteiligen, ist nicht leicht verständlich. Angesichts dieser Situation kann es nicht verwundern, wenn sich mancher Heizungsbauer daran erinnert, daß man Fußbodenheizungen auch aus metallischen Werkstoffen herstellen kann.

Literatur

- 1 SHT-Diskussion „Luft in Fußbodenheizungen“ Sanitär- und Heizungstechnik, Heft 4 1980, S. 289–301
- 2 W. Sturm Sanitär- und Heizungstechnik, Heft 2 1981, S. 81–82
- 3 C.-L. Kruse sbz Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Heft 22 1980, S. 2038–2040, VDI-Berichte Nr. 388, 1980, S. 57–61
- 4 C.-L. Kruse Sanitär- und Heizungstechnik, Heft 2 1981, S. 80
- 5 VDI-Richtlinie 2035, „Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen“ Juli 1979
- 6 R. Scharmann SWT Anlagen-Systemtechnik, Heft 1 1980, S. 32–37 DIE KÄLTE und Klimatechnik, Heft 6 1981, S. 218–224
- 7 T. Engel Sanitär- und Heizungstechnik, Heft 2 1981, S. 93–97

Sicherheitsaspekte bei Transport und Lagerung explosionsgefährlicher Stoffe

Manfred Steidinger

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einer Stoffgruppe, die zu den gefährlichen Gütern gerechnet wird – den explosionsgefährlichen festen und flüssigen Stoffen. Um die Ausführungen nicht allzuweit ausufern zu lassen, beschränkt sie sich nur auf einige Teilaspekte der Sicherheit beim Transport und bei der Lagerung dieser Stoffgruppe.

Definitionen

An den Anfang sollen einige Definitionen gestellt werden, um so den sachlichen Rahmen, in dem die getroffenen Aussagen gelten, unmißverständlich zu machen.

Das Bild 1 dient der Erklärung der Zusammenhänge, die zwischen den einzelnen Stoffgruppen bestehen.

Die kondensierten festen und flüssigen Stoffe lassen sich in explosionsfähige und nicht explosionsfähige Stoffe unterteilen. Explosionsfähige kondensierte

Stoffe sind reine feste oder flüssige Stoffe oder Stoffmischungen in Form von Gemengen, Lösungen, Aufschlämmun-

gen, Suspensionen oder Emulsionen mit stark exothermer Reaktionsfähigkeit, die meist aus verbrennlichen und oxydieren-

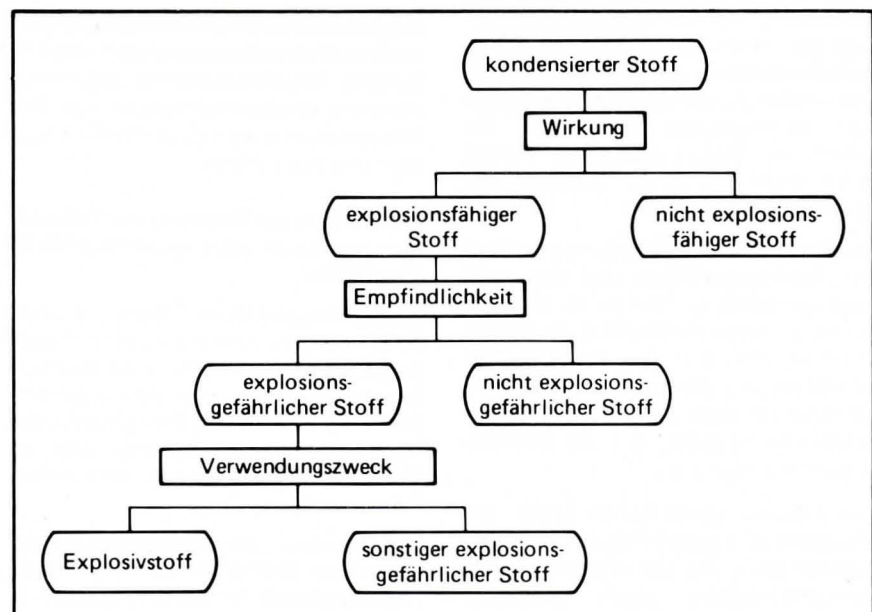


Bild 1. Stammbaum der explosionsgefährlichen Stoffe.

Dr. Manfred Steidinger
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM),
Berlin