

# Installationsprobleme?



Ein Ratgeber zu Schadensfällen  
in der Hausinstallation  
Karl-Josef Heinemann





## Korrosion und andere Attacken



Ein Nachschlagewerk der Initiative Kupfer  
in Zusammenarbeit mit dem Krammer-Verlag, Düsseldorf

Sonderdruck der Beiträge  
in der Sanitär + Heizungstechnik  
von 1998 bis 2001  
3., unveränderte Auflage (2006)



## Liebe Leser,

die Praxis beweist es immer wieder: bei allen positiven Eigenschaften bleibt kein Installationswerkstoff ganz frei von Schäden. Die Ursachen für diese Angriffe sind vielfältigster Natur. Oftmals können die Gründe dieser Beeinträchtigungen nur durch eine schon detektivisch anmutende Zusammenarbeit von erfahrenen, wissenschaftlich ausgebildeten Werkstofffachleuten und Chemikern und den mit den für die Herstellung und der Verarbeitung der Produkte vertrauten Ingenieuren und Monteuren ermittelt werden. Doch das kostet Zeit.

Aber gerade bei Schäden in der Haustechnik ist eine schnelle Ursachenermittlung und -beseitigung geboten. Um so wertvoller ist die Erkenntnis, dass sich bei vielen Schadensfällen auch Parallelen und Übereinstimmungen finden, die die Ermittlung von Ursachen in Einzelfällen erleichtern.

Dieser Problematik hat sich in dankenswerter Weise seit einigen Jahren die im Krammer-Verlag, Düsseldorf, erscheinende Fachzeitschrift „Sanitär- und Heizungstechnik“ angenommen, in der Dipl.-Ing. Karl-Josef Heinemann regelmäßig Schadensfälle in der Haustechnik vorstellt und Lösungen anbietet. Karl-Josef Heinemann war lange Jahre der Leiter der Abteilung Technik im Fachverband Sanitär-, Heizung und Klimatechnik Bayern und ist in seinem Berufsleben auf zahlreiche Bauteile in der Hausinstallation gestoßen, die aufgrund von Schäden beurteilt werden mussten.

Wir haben festgestellt, dass eine Vielzahl von Fachleuten immer wieder gerne auf die Beispiele von Karl-Josef Heinemann zurückgreift. Doch wie so oft ist meist gerade die Ausgabe nicht zur Hand, in der der gesuchte Fall beschrieben wird.

Die Initiative Kupfer möchte Ihnen das Suchen erleichtern. Denn es liegt uns am Herzen, dass Sie in uns einen kompetenten und Ihnen zur Seite stehenden Ansprechpartner sehen, der Ihnen auch im Berufsalltag Hilfestellung und Information zu teil werden lässt – schnell und unkompliziert.

Daher war es auch ein langgehegter Wunsch, Ihnen mit der vorliegenden Dokumentation ein Nachschlagewerk an die Hand zu geben, das Ihnen schnell und sicher Lösungen für Probleme bietet, mit denen Sie als Praktiker im Alltag konfrontiert werden können. In Zusammenarbeit mit dem Krammer-Verlag ist deshalb dieser Sonderdruck entstanden.

Doch wir stehen Ihnen nicht nur mit Rat, sondern auch mit Tat zur Seite. Sollten Sie einmal Fragen zum Werkstoff Kupfer in der Haustechnik haben, können Sie sich gerne mit uns in Verbindung setzen. Oder vielleicht besuchen Sie auch einmal unsere Fachseminare oder den Deutschen Kupfertag. Informationen dazu finden Sie zum Beispiel im Internet unter [www.kupfer.de](http://www.kupfer.de).

Auf jeden Fall wünschen wir Ihnen eine informative Lektüre...

Herzlichst  
Ihre

Initiative Kupfer

# Inhaltsverzeichnis

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
|                 | Einleitung und Allgemeines  | 6  |
| <b>FOLGE 1</b>  | 1. Präzisionsstahlrohr und Pressfitting (T-Stück) aus unlegiertem Stahl                     | 9  |
|                 | 2. Pressfittings (T-Stück) aus unlegiertem Stahl  | 9  |
|                 | 3. Stahlrohr DIN 2440, DN 80 und DN 25  | 10 |
|                 | 4. Stahlrohr DIN 2440, DN 15  | 10 |
| <b>FOLGE 2</b>  | 5. Stahlrohre   | 11 |
|                 | 6. Edelstahlkompensator DN 25   | 11 |
|                 | 7. Stahlrohr, verz. DIN 2444, DN 25   | 11 |
| <b>FOLGE 3</b>  | 8. Rohr aus nichtrostendem Chromnickelstahl DN 50   | 12 |
|                 | 9. Stahlrohr, verz. DIN 2444, DN 20   | 13 |
|                 | 10. Pressverbinder (T-Stück) aus Rotguss, DN 22   | 13 |
| <b>FOLGE 4</b>  | 11. Rotguss-Klemmverschraubungen (DN 16/20) und Verteiler                                   | 14 |
|                 | 12. Hahnverlängerungen aus Aluminium, DN 15   | 15 |
|                 | 13. Schrägsitzventil aus Messing (MS 58)  | 15 |
| <b>FOLGE 5</b>  | 14. Inkrustationen an Warmwasseranschlüssen von Wassererwärmern                             | 16 |
| <b>FOLGE 6</b>  | 15. Stahlrohr, verz. DIN 2444, DN 15  | 18 |
|                 | 16. Rohr aus phosphordesoxydiertem Kupfer (SF-Cu), 15 x 1 mm                                | 19 |
| <b>FOLGE 7</b>  | 17. Spannungsrisskorrosion an Kupfer-Rohr 28 x 1,5 mm, Werkstoffzustand „hart“              | 20 |
|                 | 18. Erosionskorrosion an Kupfer-Rohr 18 x 1 mm  | 21 |
| <b>FOLGE 8</b>  | 19. Übergangverschraubung DN 40 aus Messing   | 22 |
|                 | 20. Warmwasserbereiter aus Stahl mit einer Innenbeschichtung aus Kunststoff                 | 22 |
|                 | 21. Waschbecken-Syphon aus Messing  | 23 |
| <b>FOLGE 9</b>  | 22. Kunststoffrohrleitung aus Polypropylen (PP-Typ 3) 50 x 8,4mm                            | 24 |
|                 | 23. Kunststoff-Etagenverteiler für die Heizungsanlage zum Anschluss von Kunststoffleitungen | 25 |
| <b>FOLGE 10</b> | 24. Rohre aus Kunststoff (PVC-C), DN 12, PN 25  | 26 |
|                 | 25. Rohr aus hochvernetztem Kunststoff (PE-Xa), DN 15                                       | 27 |

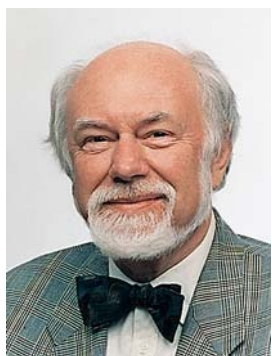
|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>FOLGE 11</b> | 26. Rohr aus vernetztem Polyethylen (PE-X) 14 x 2 mm  | 28 |
|                 | 27. Rohr aus unlegiertem Stahl, verchromt, 15 x 1 mm  | 29 |
| <b>FOLGE 12</b> | 28. Rohre aus vernetztem Polyethylen (PE-X), DN 12 bis 20   | 30 |
|                 | 29. Kugelhahn aus Messing, DN 25  | 31 |
|                 | 30. Stahlrohre, verz. DIN 2444, DN 20   | 31 |
| <b>FOLGE 13</b> | 31. Rohr aus Polypropylen (PP-R[Typ 3]), 16 x 2,7 mm, PN 20   | 32 |
|                 | 32. Rohre aus vernetztem Polyethylen (PE-X), 14 x 2 mm  | 35 |
| <b>FOLGE 14</b> | 33. Mehrschichten-Verbundrohr DN 10   | 36 |
|                 | 34. Mehrschichten-Verbundrohr DN 20   | 37 |
| <b>FOLGE 15</b> | 35. Unterputzmischarmatur für Trinkwasser   | 38 |
|                 | 36. Press-Verbindungsbauteile aus Messing für die Rohrinstallation  | 40 |
| <b>FOLGE 16</b> | 37. Mehrschichtenverbundrohr DN 10 (16 x 2,7 mm)  | 42 |
|                 | 38. Mehrschichtenverbundrohr und Wandwinkel zum Anschluss von Auslaufarmaturen  | 43 |
| <b>FOLGE 17</b> | 39. Rohr aus phosphoresoxydiertem Kupfer (SF-Cu), 28 x 1,5 mm   | 44 |
|                 | 40. Ventile aus Messing, DN 25  | 45 |
| <b>FOLGE 18</b> | 41. PVC-C-Rohr mit Klemmverschraubung   | 46 |
|                 | 42. Polypropylenrohr (PP-R (Typ 3)), DN 32 und T-Stück;<br>Heizelement-Muffenschweißverbindung  | 48 |
| <b>FOLGE 19</b> | 43. Langgewindeverbindung für Rohrleitung aus Stahl;  | 50 |
|                 | 44. Quetschverschraubung, 8 mm Durchmesser, für den Kupferrohranschluss eines<br>Untertisch-Warmwasserspeichers (drucklos) an das Eckventil des Kaltwasserzulaufs | 51 |
| <b>FOLGE 20</b> | 45. Mehrschichten-Verbundrohr DN 10 u. 15   | 52 |
| <b>FOLGE 21</b> | 46. Mehrschichten-Verbundrohr DN 15 u. 20   | 56 |
| <b>FOLGE 22</b> | 47. Weichdichtende Klemmringverschraubung als Verbinder von<br>Edelstahlrohr mit dem Heizkörper   | 58 |



# Korrosion und andere Attacken

## Bilder aus den Lebenszyklen von Hausinstallationen

Das Gesicht der Korrosion oder sonstiger Angriffe auf Bauteile aus dem Bereich der Hausinstallation hat Dipl.-Ing. Karl-Josef Heinemann, der ehem., langjährige Leiter der Abteilung Technik im Fachverband Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Bayern an 47 Beispielen erläutert. Es sind Bauteile aus der Hausinstallation, auf die er bei Anfragen, Problembeurteilungen und Schadensrecherchen in seinem Berufsleben gestoßen ist und die in dieser oder ähnlicher Ausdrucksweise dem



Praktiker vor Ort immer wieder begegnen werden. Diese Sammlung von Beispielen ermöglicht bei der Suche nach den Problemursachen, vergleichsweise die Art und Wahrscheinlichkeit des Angriffs besser zuzuord-

nen. Bauteilangriffe können in ihrer Ursache, ihrem Umfang und in ihren Auswirkungen auf die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Anlage letztlich immer nur gemeinsam von erfahrenen, wissenschaftlich ausgebildeten Werkstoff-Fachleuten und Korrosionschemikern und den mit der Herstellung und Verarbeitung der Produkte vertrauten Ingenieuren und den Kennern des Montagegeschehens aufgrund der jeweils vorgefundenen Anlagenkonzeption und des Anlagenbetriebes beurteilt und dem oder den Verursacher(n) zugeordnet werden.

Nur in gemeinsamen interdisziplinären Bemühungen, die vom Grundsatz gegenseitiger Offenheit und Ehrlichkeit geprägt sind und die nicht von kommerziellen Erwägungen und haftungsrechtlichen Interessen der unmittelbar und mittelbar Beteiligten beeinflusst werden, lassen sich die Problemursachen diagnostizieren und zukünftige Konstruktions-, Fabrikations-, Instruktionen-, Planungs-, Montage- und Benutzungsfehler vermeiden. Bei Besprechungen der hier vorgestellten Bilder gibt der Verfasser aufgrund seiner Kenntnisse und Erfahrungen – nach bestem Wissen – Beschreibungen und Hinweise aufgrund der ihm zugänglichen Unterlagen, seiner Recherchen sowie visueller makro- und mikroskopischer Betrachtungen des Einzelfalles.

### Gültige Normen

Wie vielfältig die möglichen Schädigungen im Bereich der Rohrleitungsanlagen sein können, veranschaulicht eine Übersicht, die zum Teil auf den Begriffen beruht, die in der DIN 50900 Teil 1 (4.82) "Korrosion der Metalle – Begriffe" genannt sind. Zur Beurteilung von Korrosionswahrscheinlichkeiten in diesem Bereich werden von den Korrosionschemikern u. a. die DIN 50929 Teil 1 (9.83) "Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Allgemeines", Teil 2 (9.85) "Installationsteile innerhalb von Gebäuden", Teil 3 (9.85), "Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern", die DIN 50930 (2.93) Teil 1 bis 5 "Korrosion metallischer Werk-

stoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastungen durch Wässer – Allgemeines (T.1), Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe (T.2), feuerverzinkter Eisenwerkstoffe (T.3), nicht rostender Stähle (T.4), Kupfer und Kupferwerkstoffe (T.5) herangezogen. Der Planer und Ersteller von haustechnischen Anlagen benutzt in der Regel die DIN 1988 (12.88) Teil 1 bis 8 "Technische Regeln für Trinkwasserinstallation", deren Teile 2, 7 und 8 zur Verhinderung der hier zu behandelnden Probleme bedeutsam sind. Die dort genannten Anforderungen basieren auf denen der DIN 50929 und 50930. Für die Betrachtung der Schadensvermeidung in Heizungsanlagen empfiehlt sich das Studium der VDI-Richtlinien 2035 Blatt 1 (9.94) "Steinbildung in Wassererwärmungs- und Wasserheizanlagen", Blatt 2 (9.98) "Wasserseitige Korrosion" und Blatt 3 (i. V.) "Abgasseitige Korrosion". Die VDI-Richtlinienreihe 3822 Teil 1 bis 6 befasst sich mit Schadensanalysen der verschiedenen Beanspruchungsarten (mechanisch, Korrosion in wässrigen Medien, thermisch, tribologisch) und deren Erfassung und Auswertung. Für den Planer und Ersteller von Sanitär- und Heizungsanlagen ist als grundlegende und verständliche Einführung dieser dem Nichtchemiker schwer erschließbaren Materie das Buch "Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik" von C. L. Kruse, Krammer Verlag, Düsseldorf, '91 (überarbeitete Fassung in Vorbereitung) zu empfehlen.



## Was ist im Schadenfall zu tun?

Bei Schäden an Installationsanlagen in der Haustechnik ist in der Regel unverzügliche Instandsetzung geboten. Auf eine dokumentarische Beweisaufnahme im Rahmen der jeweils gegebenen Möglichkeiten sollte zur Erleichterung der Ursachenermittlung keinesfalls verzichtet werden. Die vor über zwei Jahrzehnten vom Fachverband Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Bayern herausgegebene Schadencheckliste für haustechnische Anlagen hat sich für diesen Zweck bestens bewährt (siehe Muster). Für Sachverständige, die im Rahmen der Beweissicherung tätig werden, hat der

Verfasser eine auf deren spezielle Belange zugeschnittene Checkliste entworfen. Beide Checklisten berücksichtigen über die Angaben zur Schadensstelle selbst auch die Erfassung des Einsatzumfeldes und der Einsatzbedingungen. Für den Bereich der Korrosionsschäden sind, werkstoffabhängig, ergänzende Listen beim Fachverband SHK Bayern anzufordern. Vor Ausbau und Instandsetzung des Schadensteils ist eine Dokumentation zur Lage, zum Aussehen und zu den Maßen der Schadensstelle (Messlatte, Zollstock) als Skizze, Zeichnung, ggf. ergänzt durch Fotos, zu erstellen. Beschädigungen und Kräfteinwirkungen auf die Schadensstelle der Rohrleitung, z. B. beim Freile-

gen des Bauteils, sind bis zur abgeschlossenen Beweissicherung zu vermeiden. Ein Säubern, Kratzen, Aufweiten und sonstiges Verformen der Schadensstelle muss ebenfalls bis zu diesem Zeitpunkt unterbleiben. Das Schadensteil ist über die gesamte Schadenslänge der Anlage ungeteilt zu entnehmen. Wenn möglich, sollte ferner zu Untersuchungszwecken eine ausreichende Länge nicht geschädigten Rohres entnommen werden, um u. a. auch zweifelsfrei aufgrund der Rohr- bzw. Bauteilkennzeichnung den Produkthersteller ermitteln zu können. Bei Transport und Lagerung des Schadensteils ist darauf zu achten, dass keine Veränderungen im Schadensbereich entstehen können.



## Gutachtencheckliste

Werkstoff-/ Bauteil-Datenblatt zum  
beanstandeten Produkt  
(Zutreffendes ausfüllen bzw. ankreuzen)

Aktenzeichen:

Erfassungsdatum:

01. Bezeichnung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

02. Fabrikat / Hersteller  
\_\_\_\_\_

03. Lieferant / Importeur:  
\_\_\_\_\_

04. Type:  
\_\_\_\_\_

05. Herstellungs-Nr.:  
\_\_\_\_\_

06. Baujahr: \_\_\_\_\_

07. Dimension / Leistung: \_\_\_\_\_

08. Prüfdruck: \_\_\_\_\_

09. Betriebsdruck: \_\_\_\_\_

10. Werkstoff:

11. Herstellerkennzeichnung:

12. Prüfzeichen, Register-Nr., Gütezeichen, Sicherheitszeichen, Baumusterkennzeichen usw.  
z.B.: CE-, DIN-, DVGW-, VDE-, PA-, TÜV :  
\_\_\_\_\_

13. Ausgabedatum der

Planungsanleitung:

Montageanleitung:

Betriebsanleitung:

Instandhaltungsanleitung:  
\_\_\_\_\_

14. Zeitpunkt der

Lieferung:

Montage:

Übergabe / Inbetriebnahme :

Abnahme:  
\_\_\_\_\_

Beanstandung:  
\_\_\_\_\_

15. Art der Beanstandung:

16. Stellungnahmen dazu liegen vor von:

- Hersteller,  Planer,  Großhändler  
 Ersteller,  Betreiber,  Eigentümer  
 Sonstige

17. Beanstandetes Produkt

- kann weiterverwendet werden  
 kann instandgesetzt werden  
 kann ausgetauscht werden  
 sonstiges

wird zur weiteren Untersuchung

- freigelegt  
 ausgebaut  
 dem Gericht,  einem Prüfinstitut,  
 Sonstigem übergeben

Zustimmung des Eigentümers liegt vor

Name:

Datum:

Unterschrift:

Auftrag der beweispflichtigen Partei liegt vor

Name:

Datum:

Unterschrift:

18. Anlagen:

- Fotos, Nr. ....  
 Bau-,  Einbau-,  Bauteil-,  .....  
 Skizzen,  Zeichnungen,  Pläne  
 Feststellungen des Sachverständigen  
 Zeugnisaussagen  
 Einlassungen der Parteien  
 Bautagebuch - Auszug  
 Typenschild - Angaben  
 Stellungnahmen zu 15.  
 Planungs-,  Montage-,  Betriebs-Unterlagen  
 Garantie-Erklärungen  
 Zulassungsbescheide  
 Liefer- und Zahlungsbedingungen d. Herst.  
 Hersteller - Prospekte  
 Sonstiges .....

Checklisten für  
Gutachter und In-  
stallateure, erhält-  
lich beim Fachver-  
band SHK Bayern,  
München



Bitte Zutreffendes ankreuzen bzw. ausfüllen und an den Fachverband SHK Bayern senden.

### Schadenscheckliste

Meine Anschrift lautet (Firmenstempel):  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

Telex: \_\_\_\_\_

Ort der beanstandeten Anlage:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Angabe zu meiner Firma vertraulich behandeln ja/nein

Angabe zur Beanstandung vertraulich behandeln ja/nein

Ich bitte in diesem Beanstandungsfall um Unterstützung des o.g. Landesverbandes ja/nein

#### 1. Angabe des beanstandeten Anlagenbereichs

- 1.01 Heizungsanlage  
1.02 Lüftungsanlage  
1.03 Klimaanlage  
1.04 Kälteanlage  
1.05 Öllagerung und -versorgung  
1.06 Trinkwasserleitungsanlage  
1.07 Grundstücksentwässerungsanlage  
1.08 Gasversorgungsanlage  
1.09 Schwimmbadanlage  
1.10 Klempnerarbeiten  
1.11 Apparatebau  
1.12 Sonstige Anlage:  
\_\_\_\_\_

#### 2. Angabe des beanstandeten Anlagegegenstandes

- 2.01 Wärmeerzeuger/Wärmetauscher/Kältemaschine  
2.02 Brauchwarmwasserbereiter  
2.03 Brenner  
2.04 Heizkörper  
2.05 Pumpe  
2.06 Ventilator/Kühlturm  
2.07 Armatur  
2.08 Luftbehandlungsgerät (Befeuchter usw.)  
2.09 Ausdehnungsgefäß  
2.10 Regelung  
2.11 Lagertank  
2.12 Sanitärer Einrichtungsgegenstand  
2.13 Dacheindeckung  
2.14 Wandverkleidung  
2.15 Rohrleitung  
2.16 Form- und Verbindungsstück  
2.17 Schallschutz  
2.18 Kälte-/Wärmeschutz  
2.19 Rauchgas/Abgasabführung  
2.20 Zuluft/Abluft  
2.21 Trinkwasser-Aufbereitungsanlagen (Dosiergeräte/Filter usw.)  
\_\_\_\_\_  
2.22 Verbindungsart (z.B. Lötten, Schweißen, Kleben, Flanschen, Nieten, Verschrauben usw.);  
\_\_\_\_\_  
2.23 Hilfs- und Betriebsstoff (z.B. Dichtungsmaterial, Gewindeschneidöl, Lot, Dübel usw.);  
\_\_\_\_\_  
2.24 Maschine/Werkzeug:  
\_\_\_\_\_  
2.25 Sonstiger Anlagegegenstand:  
\_\_\_\_\_

# 1. Präzisionsstahlrohr und Pressfitting (T-Stück) aus unlegiertem Stahl



Großflächige Außenkorrosion mit Durchbrüchen an einer Warmwasserheizungsleitung, die auf dem Rohbeton des Fußbodens verlegt war. Das nicht gegen Zutritt von Feuchtigkeit geschützte T-Stück und die Leitung im Bereich des Bogens, deren Kunststoffumhüllung aus Polypropylen versprödet und gerissen ist (Alterung), zeigen dicke borkig auftretende Korrosionsprodukte. Die Untersuchung des Schadensumfeldes ergab, dass nicht eine undichte Pressverbindung die Ursache der Dauerdurchfeuchtung und damit des Korrosionsangriffes war, sondern Wasser, das aus dem Nebenraum eines Fleisch verarbeitenden Betriebes beim Reinigen und Abspritzen der gefliesten Wände über dort vorhandene

Rohrdurchdringungen der Trinkwasserleitungsanlage in die Fußbodenkonstruktion gelangte. Die Silikonabdichtungen unter den Wandrosetten waren gerissen. Das Wasser lief in der Dämmung der Kupferrohrleitungen entlang bis in den Fußbodenbereich, in dem auch die Heizungsrohre verlegt waren. Die Behauptung des Auftraggebers, die Ursache des Schadens sei eine undichte Pressstelle gewesen, konnte widerlegt werden. Dennoch zeigt dieses Beispiel, wie der "Beweis des ersten Anscheins" den Heizungsbauer schnell in Beweisnot bringen kann. Mit dem stark korrodierten Fitting konnte der Gegenbeweis nicht angetreten werden. (Quelle: u. a. DIN 50929 Teil 2 [9.85] Abs. 4, 4.2, 6.1.1, 7.1)

FOLGE 1

## 2. Pressfitting (T-Stück) aus unlegiertem Stahl

Flächiger Außenkorrosionsangriff an einem verpressten Weichstahlfitting einer Heizungsanlage mit Leitungen aus Präzisionsstahlrohr. Rohrverlegung auf dem Rohbeton in einer Dämmung aus Schaumstoffschläuchen. Bei Dauerdurchfeuchtung muss mit Korrosionsschäden gerechnet werden.

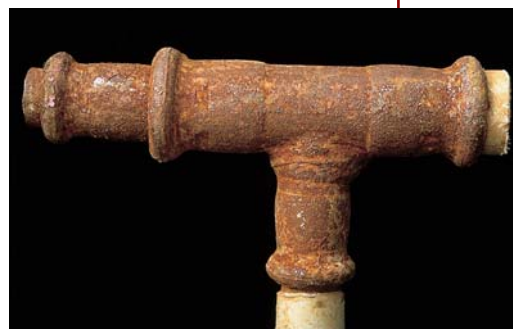
Ursachen der Dauerdurchfeuchtung:

- ◆ unzureichende Feuchtigkeitisolierung des Baukörpers und seiner Bauteile gegen das Eindringen von nicht drückender Nässe von außen oder innen
- ◆ undichte Verbindungsstellen an wasserführenden Leitungen
- ◆ unzureichend abgedichtete Fugen an Einrichtungsgegenständen und Rohrdurchdringungen in Nass- und Feuchtraumbereichen sowie bei Fußböden mit harten Belägen, die nass gereinigt werden (z. B. in Krankenhäusern, Büros, Ausstellungsräumen), und fehlende oder mangelhafte Instandhaltung dieser Fugendichtungen ("Wartungsfugen").

Normale Baufeuchtigkeit bis zum Austrocknen des Betons oder Estrichs reicht zumeist nicht aus, um Korrosionsschäden an Stahlrohren herbeizuführen. Bei Elementbildung i. d. R. keine Korro-

sionsprodukte auf dem Metall, sondern blank angenagte Stellen, Ursache sind keine "vagabundierenden" Ströme, sondern Gleichstrom aus der Elementbildung. Metallabtrag z. T. > 1 mm/a; besonders kritisch ungeschützte Fittings in Verbindung mit kunststoffummantelten Rohren, kleine Fehlstellen in der Nachisolierung. Die Nachisolierung der Fittings muss entsprechend den Herstellerangaben mit größter Sorgfalt erfolgen (z. B. durch Umwickeln mit speziellen Korrosionsschutzbinden). Bei der Elementbildung fungiert der Stahl im Beton als Kathode. Er liegt im Beton im alkalischen Bereich (Porenwasser hat einen pH-Wert von ca. 13); das nicht passive Rohr oder das Fitting liegt im Elektrodenpotenzial um ca. 0,5 V niedriger. Sind die Bauteile nun metallisch miteinander verbunden (z. B. über den Potenzialausgleich) und liegt weiterhin über die durchfeuchtete Beton-Estrich-Dämmungskonstruktion eine Elektrolytverbindung vor, kommt es zur Elementkorrosion.

Auch Rohre, die in Kalkmörtel oder Zement eingebunden sind, können auf Dauer gefährdet sein, wenn die ursprünglich vorhandene Passivität aufgehoben wird (z. B. durch Zutritt von



CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre: sog. Carbonatisierung). Wenn Passivität zerstörende Stoffe vorhanden sind, z. B. Chloridionen (Kalzium-, Magnesiumchlorid in Abbindemitteln und Abbindebeschleunigern sowie Frostschutzmitteln) oder Sulfationen (z. B. im Gips oder im sog. Kraftwerksputz – Maschinenputz, der auch zum Verfüllen von Mauerschlitzern eingesetzt wird), kann es im Zusammenwirken mit Feuchtigkeit zu Korrosionen kommen. Korrosionsschäden der beschriebenen Art können nur durch Verlegen von Kunststoff-Folien auf dem Rohbeton und die dadurch bedingte Behinderung des elektrolytischen Kontaktes zwischen Rohr und Bewehrungsstahl vermieden werden. (Quelle: u. a. DIN 50929 Teil 2 [9.85] Abs. 4, 4.2, 6.1.1, 7.1)

### 3. Stahlrohr DIN 2440, DN 80 und DN 25

Lochkorrosion im Bereich der Schweißnaht der Sicherheitsrückleitung einer "offenen Heizungsanlage" nach Entfernen der Korrosionsprodukte. Der ständige Eintrag von Sauerstoff aus der Luft über das falsch eingebundene offene Ausdehnungsgefäß verursachte in einem für Grabenfraß-Korrosion besonders anfälligen Bereich der Schweißnaht Durchbrüche nach ca. 5 Jahren. Der Sauerstoffgehalt des Füllwassers verursacht bei normalen Warmwasser-Heizungsanlagen mit ausreichend groß bemessenen Wärmetauscherflächen und -volumen keine Probleme oder Schäden. 1 m<sup>3</sup> luftgesättigtes Wasser (unter Atmosphärendruck) kann ca. 35 g Eisen umsetzen. Bei der großen Eisenfläche einer Warmwasserheizungsanlage – ein 1 m langes Rohr DN 25 hat eine Oberfläche von ca. 800 cm<sup>2</sup> bei einem Volumen von ca.

0,5 l; bei gleichmäßiger Korrosion also eine Wanddickenschwächung von 0,00002 mm – besteht also keine Gefährdung der Anlage. Nur bei ständigem Sauerstoffzutritt über offene Ausdehnungsgefäße, Unterdruck in der Anlage durch defekte oder zu klein bemessene Membran-Druckausdehnungsgefäße oder deren fehlerhafte Vordruckeinstellung sowie bei Permeation von Sauerstoff durch Kunststoffe und Elastomere können Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen auftreten. In diesen Fällen sind die Bereiche unter Ablagerungen und Spalten (Belüftungselemente) an zerklüfteten oder anfälligen Schweißnähten besonders gefährdet. Bei Kunststoffrohren ohne Sperrschicht, die nicht den Anforderungen an sauerstoffdichte Rohre nach DIN 4726 entsprechen, liegt die Sauerstoffdurchlässigkeit bei 40 °C bei ca. 5 g/(m<sup>3</sup>d), d. h., es liegen Verhältnisse vor, als ob alle zwei Tage eine Neubefüllung der Leitungsanlage mit luftgesättigtem

Wasser (Sauerstoffkonzentration: 10 g/m<sup>3</sup>) erfolgen würde. Bei 200 Heiztagen und 1000 m Kunststoffrohr 20/2 mm würden so ca. 200 g Sauerstoff in die Anlage gelangen und 520 g Eisen unter Bildung von 720 g Magnetit korrodieren. Mit Zunahme der Wassertemperatur steigen die Permeationsraten exponentiell an. (Quelle: u. a. VDI 2035 Blatt 2 [9.98] Abs. 4.1, 5.1, 5.3, 5.6, 8.5)



### 4. Stahlrohr DIN 2440, DN 15



Das Stahlrohr einer Heizungsanlage war in einer offenporigen Dämmung auf dem Rohbeton des Fußbodens verlegt. Das Schadensbild zeigt örtliche Korrosion von außen aufgrund Elementbildung. Blank angefressene Stellen am Rohr signalisieren Elementbildung als Schadensursache. Anode ist das Stahlrohr, Kathode der im Beton eingebettete Bewehrungsstahl. Sind die Bauteile sowohl metallen leitend

(z. B. über den Potenzialausgleich) als auch elektrolytisch leitend (z. B. bei Dauerdurchfeuchtung der Fußbodenkonstruktion) miteinander verbunden, kommt es zur Elementbildung.

(Quelle: u. a. DIN 50929 Teil 3 [9.85] Abs. 4, 4.2, 4.3, 5.1, 6.1.2, 7.1)

Bauseitig ist dafür zu sorgen, dass Rohrleitungen nicht auf längere Zeit mit Feuchtigkeit in Berührung kommen (s. a. DIN 18195 Teil 1 bis 6 und 8 bis 10, VOB-C DIN 18336 und 18337, DIN 1988 Teil 7 [12.88] Abs. 5.3). Falls dies nicht möglich ist und der Zutritt von Feuchtigkeit nicht verhindert werden kann, muss der elektrolytische Kontakt zwischen dem Stahlrohr und dem Bewehrungsstahl durch Verlegen einer Kunststoff-Folie auf dem Betonboden unterbunden werden.

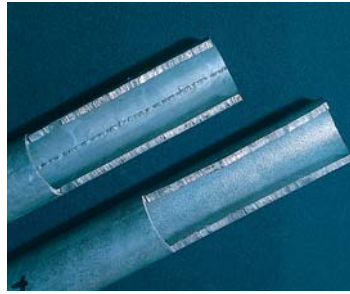


## 5. Stahlrohre, verzinkt

Ein Rohrabschnitt des feuerverzinkten, geschweißten Stahlrohres zeigt einen nicht beseitigten Schweißgrat. Die Bereiche nicht abgearbeiteter Schweißgrate können von korrosiven Wässern bevorzugt angegriffen werden. Die Bildung von Schutzschichten ist erschwert. Es besteht erhöhte Mulden- und Lochfraßgefahr. Dieser Rohrabschnitt entspricht nicht den Anforderungen der DIN 2444.

(Quelle: u. a. DIN 50930 Teil 3 (2.93) Abs. 4.1)

Neuerdings sind auch Korrosionsschäden an geschweißten, normgerecht verzinkten Stahlrohren im Bereich der Schweißnaht bekannt geworden. Das Schadensbild zeigt i. d. R. axial ausgerichtete Langlöcher entlang der Schweißnaht (sog. Grabenkorrosion). Bevorzugt betroffen sind Warmwasserleitungen, dabei zuerst die Zirkulationsleitungen. Bis zum

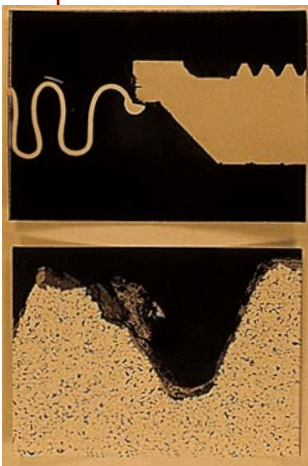


Eintritt des Schadens vergehen oft nur ein bis zwei Jahre. Diese Schäden wurden auch bei Wässern beobachtet, die als nicht ausgeprägt korrosiv im Sinne der DIN 50930 Teil 3 gelten. Sie traten immer nur an Rohren auf, deren Längsnähte durch elektrisches Widerstandsstumpfschweißen hergestellt wurden. Weiterhin wurde festgestellt, dass der Schwefelgehalt im Stahl diese Korrosionsart beeinflusst; je niedriger der Schwefelgehalt umso geringer die Korrosionswahr-

scheinlichkeit. Erfahrungsgemäß beständig gegen diese selektive Korrosion sind Fretz-Moon-feuerpressgeschweißte Rohre und widerstandstumpfgeschweißte Rohre, die nach dem Schweißen streckreduziert und geglüht wurden und Schwefelgehalte unter 0,012% aufweisen. Nur geglühte Rohre erfordern Schwefelgehalte unter 0,008%. Wenn der Großhändler keine Bescheinigung des Rohrherstellers vorlegen kann, aus der hervorgeht, dass auch diese über die DIN 2440/2444 hinausgehenden Anforderungen erfüllt sind, sollte unbedingt nahtlosen Rohren der Vorzug gegeben werden.

(Quelle: IKZ-Haustechnik, Heft 10/96, S. 74 ff., Strobel-Verlag, Arnsberg)

## 6. Edelstahlkompensator DN 25



Messerschnittkorrosion an der Lötstelle Edelstahlbalg/Flussstahlgewindeanschluss.

Selektive Korrosion an der Phasengrenze zwischen dem nicht rostenden Stahl und Hartlot.

Schaden nach mehrjährigem Betrieb in der Trinkwasserinstallation (Stockwerksleitungen).

Lötstellen sind gefährdet, wenn

$$S_1 = \frac{c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})}{K_{S4,3}} > 0,5$$



Also:

In Trinkwasserinstallationen keine hartgelöteten Verbindungen verwenden, sondern geschweißte.

(Quelle: s. a. DIN 50930 Teil 4 [2.93] Abs. 3.6, 5.6, 6.3)

## 7. Stahlrohr, verz. DIN 2444, DN 25



Blasenförmige Aufwerfungen der Verzinkung und Stellen, an denen Blasendeckel abgesprengt sind durch Wasserstoffbildung in einer Warmwasserleitung. Diese Korrosionserscheinung wird vorzugsweise in Warmwasserleitungen beobachtet. Sie ist auf die Bildung von Wasserstoff zurückzuführen, die mit wachsender Temperatur zunimmt. Abgesprengte Blasendeckel in den Sieben von Perlatoren sind erste Anzeichen für diese Korrosion. An Blasendeckeln, die nicht abplatzen, sondern nur aufreißen, bilden sich Belüftungselemente, die zu Lochkorrosionen führen können.

(Quelle: u. a. DIN 50930 Teil 3 [2.93] Abs. 3.3, 6.2)

## 8. Rohr aus nicht rostendem Chromnickelstahl DN 50



Spannungsrissskorrosion (SRK) an einer auf dem Rohbeton verlegten Kondensatleitung einer Großschlachtereier. Das Eindringen von Abwässern über eine undichte Abwasserleitungsdichtung führte zu einer partiellen Durchfeuchtung der Fußbodenkonstruktion im Bereich der Rohrverlegung. Durch Verdunstung des Wassers an der heißen Rohroberfläche ist es zur Aufkonzentrierung der Wasserinhaltsstoffe und damit zur Erhöhung der Konzentration der Chlorid-Ionen gekommen. Folge davon ist in Verbindung mit den fertigungsbedingten Zugspannungen im Rohr (Kaltverformung) Spannungsrissskorrosion. Auch in Trinkwasserleitungen sind in Spalten oder bei höheren Temperaturen mit Wärmedurchgang von außen nach innen (z. B. Begleitheizungen) Loch-, Spalt- und damit einhergehende transkristalline Spannungsrissskorrosionen möglich. Das gilt auch für molybdänhaltige austenitische Stähle (z. B. 1.4571 oder 1.4401 für Pressfittingsysteme). Die Fa. Mannesmann lässt z. B. für Begleitheizungen max. 45 °C zu. Die zul. Chloridionenkonzentration im Trinkwasser wird für die genannten Stähle von Mannesmann mit 1000 mg/l angegeben. Zur Desinfektion von Lei-

tungen sind Stoßchlorierungen mit Konzentrationen von ca. 100 mg/l  $CL_2$  üblich (DVGW-Arbeitsblatt W 291); eine Einwirkdauer von ca. 24 Std. ist nach Angaben von Mannesmann zu vernachlässigen.

Dämmungs- und Dichtungsmaterialien (Teflonbänder, Hanf usw.) dürfen für die oben genannten Stähle maximal 0,05% = 5 ppm extrahierbare Masseanteile Chloridionen enthalten. Da das DVGW-Prüfzeichen für Dichtungsmaterialien diesen Wert nicht gewährleistet, ist bei Bestellungen ausdrücklich die Chloridfreiheit von Dichtmitteln zu fordern; für Dämmungen und Isolierungen (z. B. Isoliereinlagen zum Schallschutz) gilt das analog (s. a. Arbeitsblatt AGI-Q 15 und 135).

In Räumen mit chloridhaltigen Dämpfen oder Gasen (z. B. FCKW-haltige Treibgase) sind die Leitungen gegen Korrosion zu schützen.

(Quelle: u. a. DIN 50930, Teil 4 [2.93], Abs. 3.5; 5.4 und DIN 50929, Teil 2 [9.85], Abs. 4; 4.3; 5.2; 5.3; 6.2; 7.2)

## 9. Stahlrohr, verz. DIN 2444, DN 20



Flächige Außenkorrosion überlagert durch Lochkorrosion aufgrund von Elementbildung mit dem Bewehrungsstahl im Beton als Kathode, an einem mit Filzbinden umwickelten Kaltwasserrohr, das auf dem Rohbeton des Fußbodens verlegt war. Das Rohr lag unter einer Brausetasse, deren Anschlussverfugung an den Fliesen defekt war (Silikondichtungen sind „Wartungsfugen“). Ständiger Wasserzutritt sowie die saugfähige, offenporige Filzumwicklung führen zum schnellen Rohrdurchbruch.

Es ist bauseitig dafür zu sorgen, dass Rohrleitungen nicht über längere Zeit mit Feuchtigkeit in Berührung kommen (s. a. DIN 1988, Teil 7 [12.88], Abs.

5.3 mit Verweis auf DIN 18195 Teil 1 bis 6 und 8 bis 10; VOB-C DIN 18336 und 18337). Im Klartext heißt das, dass Rohre nicht ungeschützt unterhalb von Brausetassen verlegt werden dürfen, da hier zwangsläufig mit Wasserzutritt zu rechnen ist. Bei unabwiesbarer Notwendigkeit muss aufwändiger Korrosionsschutz getrieben werden. U. a. müssen die gesamte Betondecke und der betroffene Wandbereich bauseits (Isolierfirma) in diesem Bereich mit einer gegebenenfalls überlappend geklebten Kunststoffolie abgedeckt werden, um Feuchtezutritt zum Rohr dauerhaft zu unterbinden.

(Quelle: s. a. DIN 50929, Teil 2 [9.85], Abs. 4; 4.2; 4.3; 5.1; 6.1.1; 6.1.2; 6.3; 7.1; 7.3)

## 10. Pressverbinder (T-Stück) aus Rotguss, DN 22



Außenkorrosionsschaden am T-Stück und Außenkorrosion am nicht rostenden Stahlrohr durch korrosive Stallatmosphäre.

Der Verbinder aus Rotguss Rg 2 (G-CuSn2ZnPb) wurde zur Verbindung von nicht rostenden Edelstahlrohren einer Kaltwasserleitung aus dem Werkstoff 1.4401 in einer Schweinemastanlage verwendet. Die Rohrverbinder der an der Stalldecke verlegten Leitungen wurden bereits nach ca. 1-jährigem Einsatz zerstört. Auch das Edelstahlrohr zeigte unter Ablagerungen (Fäkalienspritzern)

Lochkorrosionsansätze. Hohe Luftfeuchte verbunden mit Kondensation auf der Kaltwasserleitung und ammoniakhaltiger Atmosphäre (Ammoniumverbindungen und Sulfide sowie Chloride waren nachweisbar) haben den Korrosionsschaden ausgelöst. Dem Erscheinungsbild nach ist der Schaden durch selektive Korrosion von der Außenseite verursacht worden. Bei Rotguss bisher nicht allgemein bekannt, häufiger bei Messing.

(Quelle: u. a. DIN 50929, Teil 2 [9.85], Abs. 4; 4.3; 6.1.1; 6.2; 6.4; 7.2; 7.4)



## 11. Rotguss-Klemmverschraubungen (DN 16/20) und Verteiler

Die Stützhülsen der für die Verbindung von (PE-X)-Kunststoffrohren in der Trinkwasserinstallation eingesetzten Fittings aus Rotguss waren zum Teil so stark „angefressen“, dass sich die Verbindungen lösten.

Diese Erscheinungen traten in Wässern mit erhöhten Neutralsalzgehalten (Chloride, Sulfate, Nitrate) im Trinkwasser auf. An den Stirnflächen der bruchähnlich zerstörten und abgetragenen Stützhülsen befinden sich voluminöse grünliche und darunter rote Korrosionsprodukte. Der Werkstoff entsprach einem Rotguss Rg 5, wobei die Zinkanteile etwas höher waren. Die metallographische Untersuchung zeigte selektive Korrosionsangriffe, die



vom konstruktionsbedingten Spalt zwischen Kunststoffrohr und Stützhülse ausging. Die Oberfläche im Spaltbereich wird zur Anode eines

Korrosionselementes. Die neben der Stirnfläche gebildeten Korrosionsprodukte werden mit dem strömenden Wasser abgetragen. Nach längerer Betriebszeit wird die Tülle durch den korrosionsbedingten Metallabtrag derart „verkürzt“, dass die Verbindung undicht wird.

Ausschlaggebend für den Schaden, der nach etwa elf Jahren aufgetreten ist, sind in erster Linie die sehr korrosionskritischen konstruktionstechnischen Gegebenheiten.

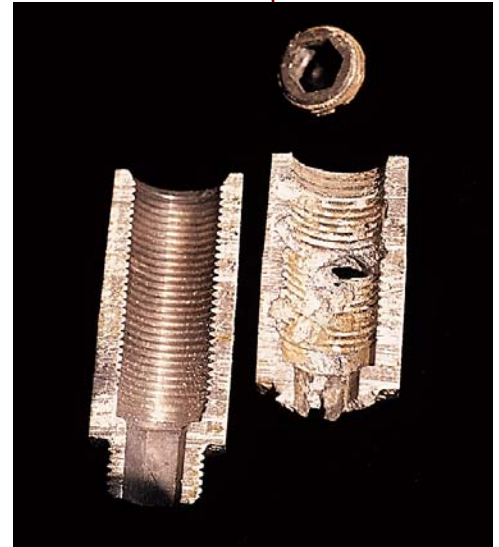
(Quelle: u. a. DIN 50 930, Teil 5 [2.93], Abs. 3.4; 4.6; 5.3)



## 12. Hahnverlängerungen aus Aluminium, DN 15

Loch- und Erosionskorrosion bei Hahnverlängerungen aus mangan-siliziumlegiertem Aluminiumdruckguss. Diese für die Trinkwasserinstallation angebotenen Verlängerungen versagen aufgrund wasserseitiger Korrosion nach wenigen Monaten. Aluminium ist als Material für Trinkwasserleitungsanlagen nicht geeignet, weil die im Trinkwasser üblichen Chlorid- und Sauerstoffgehalte ausreichen, um in kürzester Zeit Schäden durch Lochkorrosion zu verursachen.

In geschlossenen Heizungsanlagen kann sich Aluminium wegen des Fehlens von Sauerstoff wesentlich besser verhalten, sofern auf die Zugabe korrosionsschützender alkalischer Stoffe verzichtet wird.



## 13. Schrägsitzventil aus Messing (MS 58)

Entzinkung an einem in der Trinkwasserinstallation eingesetzten Ventil. Die weißbläulichen Salzablagerungen auf der Gehäuseoberfläche signalisierten Undichtheiten der Wandung durch selektive Korrosion in Form von Entzinkung.

Bei gleichmäßig an der Werkoberfläche verlaufender Korrosion spricht man von Schicht- beziehungsweise Lagenentzinkung, bei lokalem Angriff von Pfropfenentzinkung. In beiden Fällen wird das unedlere Zink bevorzugt aufgelöst und Kupfer bleibt in schwammiger poröser Form zurück. Die äußere Form des Bauteils bleibt dabei erhalten. Die mechanische Festigkeit geht aber verloren.

Werkstoffseitig nimmt die Anfälligkeit für die Korrosionsart mit steigendem Kupfergehalt ab. Außerdem können bestimmte Legierungszusätze günstig sein. Speziell entwickelte beständige Legierungen werden als CR (corrosion resistant) bezeichnet.

Mit zunehmendem Gehalt an Neutralsalzen im Wasser (Chloride, Sulfate, Nitrate) und abnehmender Karbonathärte steigt die Gefahr einer Entzinkung von Messing.

Schäden dieser Art treten häufig bevorzugt in heißen Warmwasserleitungen mit Temperaturen ab 70 °C auf. (Quelle: u. a. DIN 50 930, Teil 5 [2.93], Abs. 3.4; 4.6; 5.3)



## 14. Inkrustationen an Warmwasseranschlüssen von Wassererwärmern

Kathodische Ablagerungen in metallenen Anschlussfittings von thermoglasierten Warmwassererwärmern mit Magnesium-Schutzanoden:

Inkrustierungen dieser Art sind an den Warmwasserleitungsanschlüssen emaillierter Speicherwassererwärmer mit Magnesium-Schutzanode bereits nach kurzen Betriebszeiten von ein bis zwei Jahren aufgetreten. In nahezu allen Fällen wurde von den damit befassten Installationsfirmen tagelang nach der Ursache der verminderten Warmwasserdarbietung gesucht.

In der VDI-Richtlinie 2035, Bl. 1, Abs. 4.1.2 (Ausgabe 9.94 bzw. 4.96) wird auf diese Möglichkeit der kathodischen Ablagerung hingewiesen. Abhilfemaßnahmen werden dort nicht angeboten. Kathodische Ablagerungen treten besonders bei harten Wässern auf, wenn gleichzeitig Kupferionen aus dem vor- oder nachgeschalteten Leitungsnetz oder aus den Warmwasserbereitereinbauten zu-

sammen mit dem Kalziumkarbonat aus dem Trinkwasser die Ablagerungen zementieren. Die rotbraune Färbung in Bild 4 ist typisch für eingelagertes, metallenes Kupfer. Die Ablagerungen sind relativ dünn, aber von harter Konsistenz. Schwarz gefärbte Ablagerungen deuten auf weitere Einlagerungen von Eisensulfid hin.

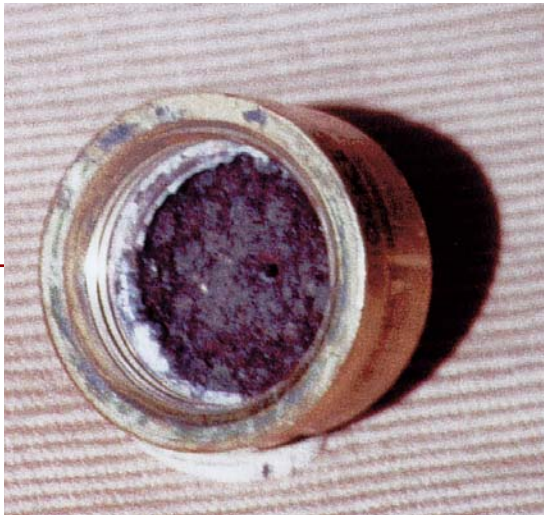
Schutz vor solchen Inkrustierungen kann nur konstruktiv von den Warmwasserbereiter-Herstellern vorgesehen werden durch

- Kunststoffhülsen, die den blanken metallenen Anschluss aus Rotguss-, Messing- oder Edelstahlfittings hinter dem emaillierten Boileranschluss "abdecken" oder

- einen thermoglasierten Anschluss, der mindestens 2,5 bis 3 x D aus dem Boiler herausführt und dessen Anschlussbereich so dem direkten Einflussbereich (nur noch geringe Stromdichte des Anodenpotenzials) der Anode entzogen wird.

Der Durchgang des Anschlusses der Warmwasserleitung ist nach ca. 11-jähriger Betriebszeit durch eine metallharte Ablagerung aus Kalziumkarbonat und eingelagertem Kupfer fast ganz verschlossen. Die Warmwasserversorgung war erheblich gestört.



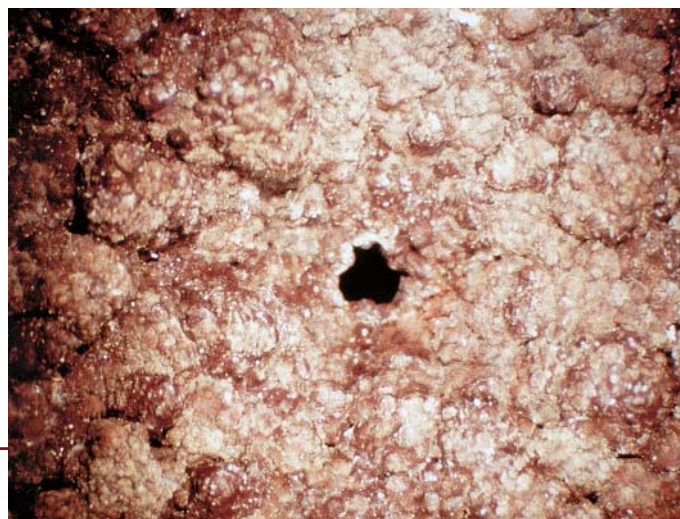


Ansicht der Reduziermuffe von der Kupferrohranschlusseite

Rotguss-Reduziermuffe 1"-3/4"; Ansicht der Warmwasserbereiteranschlusseite. Kathodische Kalk-Kupfer-Ablagerungen in der Muffe des Warmwasseranschlusses haben nach ca. 5 Jahren zum nahezu vollständigen Verschluss der Warmwasserleitung geführt.



Vergrößerung der am Rand ca. 6 mm, in der Fittingmitte ca. 2 mm dicken Inkrustierung, von der dem Warmwasserbereiter zugewandten Seite aus gesehen. Der Querschnitt des Fittings ist bis auf ein ca. 2 mm großes Loch verschlossen.



Ansicht der vergrößerten Inkrustierung von der Rohranschlusseite aus



## 15. Stahlrohr, verz. DIN 2444, DN 15

Muldenkorrosion aufgrund Elementbildung eines im Keller auf dem Rohbeton verlegten Rohres für Trinkwasser: Dauerdurchfeuchtung aufgrund unzureichender Isolierung des Gebäudes gegen aufsteigende, nicht drückende Nässe führte zum Korrosionsschaden. Zur Elementbildung kommt es, wenn Bauteile metallleitend (zum Beispiel über den Potentialausgleich) sowie elektrolytisch leitend (zum Beispiel über eine Durchfeuchtung der Fußbodenkonstruktio-

on) miteinander verbunden sind. Das Stahlrohr bildet dabei die Anode, der Bewehrungsstahl im Beton die Kathode.

(Quelle: s. a. DIN 50929 Teil 2 [9.85] Abs. 4, 4.2, 4.3, 5.1, 6.1.1, 6.1.2, 6.3, 7.1, 7.3)

Es ist bauseitig dafür zu sorgen, dass Rohrleitungen nicht über längere Zeit mit Feuchtigkeit in Berührung kommen (s. a. DIN 1988 Teil 7 [12.88] Abs. 5.3 mit Verweis auf DIN 18 195 Teil 6 und 8 bis 10, VOB-C DIN 18 336 und 18 337).



## 16. Rohr aus phosphordesoxydiertem Kupfer (SF-Cu), 15 x 1 mm

Lochfraß nach etwa zweijähriger Betriebszeit am Rande pastöser Flussmittelreste (Bild 1):

Die an einigen Stellen, direkt auf dem Kupfer liegende, sichtbare braune Schicht besteht aus Kupfer(I)-Oxyd. Der Aufbau dieser Schicht erfolgt bei gleichmäßigem Flächenabtrag. Zu Korrosionsschäden kommt es dabei nicht. Die darüber liegende dünne, grünliche Schicht besteht aus basischem Kupferkarbonat ( $\text{Cu}_2[\text{OH}]_2\text{CO}_3$ ). Auch hier erfolgt gleichmäßiger Flächenabtrag ohne Gefahr von Korrosionsschäden. Am Rande einer Zunge aus überschüssigem, in das Rohrinne eingedrungenem Weichlotflussmittel sind voluminöse, grünliche Pusteln zu erkennen. Sie bestehen hier aus Kupferkarbonat und decken die darunter liegenden Lochfraßstellen ab. Trotz zweijähriger Betriebszeit wurde das hier verwendete (nicht normgerechte) Flussmittel nicht ausgespült. Aggressive, nicht normgerechte Lötpasten werden immer wieder den Installateuren mit dem Hinweis auf rationellere Löttechnik, die keiner Lötflächenreinigung mehr bedürfe, angeboten. Die gelegentlich anzutreffende Unsitte, vor dem Lötvorgang das Spitzenende des Rohres in das Flussmittel zu tauchen, führt ebenfalls zur schädlichen Korrosionsbelastung des Innenrohres.

(Quelle: u. a. DIN 50 930 Teil 5 [2.93] Abs. 4.3, 6.5)



Dasselbe Rohr nach Entfernen der pastösen Flussmittelreste. Am Rande der Zunge liegen, wie auf einer Perlenschnur aneinandergereiht, eine Vielzahl von Lochkorrosionsstellen.

## 17. Spannungsrissskorrosion an Kupferrohr 28 x 1,5 mm, Werkstoffzustand "hart"

Das im Bild 1 gezeigte Kupferrohr, das durch Spannungsrissskorrosion nach kurzer Betriebszeit undicht geworden ist, war auf einer Rohbetondecke verlegt und mit einem Dämmschlauch umhüllt.

Zu den Werkstoffen, die in der Hausinstallation für Spannungsrissskorrosion anfällig sind, zählen neben Messing und Edelstahl auch harte Kupferrohre, wenn erstens kritische Angriffsmittel vorhanden sind, zweitens eine, wenn auch nur temporäre Feuchtigkeit vorliegt und drittens im Werkstoff hinreichende Werkstoffspannungen herrschen. Letzteres ist bei Kupferrohren im Zustand "hart" (> F 37) aufgrund des Fertigungsverfahrens gegeben. Angriffsmittel können bei Kupfer Ammoniak oder andere Stickstoffverbindungen (z. B. Nitrite) sein. Hier war es die Einwirkung vom Natriumnitrit als Bestandteil eines sog. Korrosionsinhibitors, der dem Dämmstoff für Rohrleitungen beigelegt war. Das Inhibitorpaket sollte sowohl Eisen (Fe), Kupfer (Cu), verzinkte (Zn) und Aluminium (Al)-rohre bei temporärer Durchfeuchtung des Dämmstoffes vor Außenkorrosion schützen. Dämmstoffe für die genannten Kupferrohre müssen frei sein von Ammoniakgehalten, Stickstoffverbindungen und Sulfiden.

(Quelle: u. a. DIN 50929 Teil 1 [9.85] Abs. 5,5.5.3; Teil 2 [9.85] Abs. 6.4; DIN 1988 Teil 7 [12.88] Abs. 5.3)





## 18. Erosionskorrosion an Kupferrohr 18 x 1 mm

Bild 1

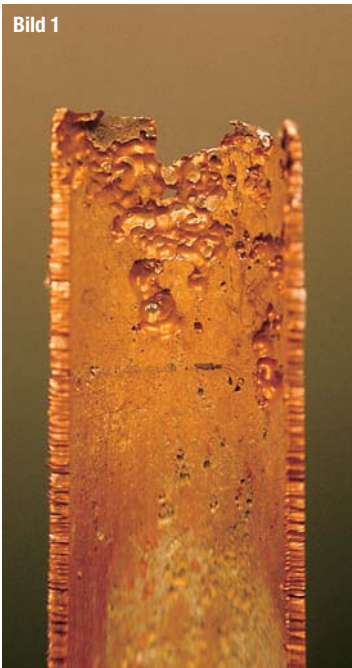


Bild 2



Das Rohr mit einem nicht entgrateten Rohrende stammt aus einer Warmwasserzirkulationsleitung. An den Korrosionsstellen sind keine Korrosionsprodukte feststellbar. Der nach innen gerichtete Grat des Rohres ist teilweise abgetragen. Das Aussehen und die Lage der Korrosionsangriffe zeigen die typische Form einer Erosionskorrosion. Bild 1 und 2.

Aufgrund der Querschnittverengung des Rohres im Innengratbereich steigt die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers an. Die Geometrie der Oberflächenverengung des Rohres – hier ein scharfer Grat – führt außerdem zu örtlich erhöhten turbulenten Wirbelbildungen mit örtlichen Strömungsgeschwindigkeiten, die zehnmals größer sein können als die rechnerischen. Erosionskorrosion entsteht bei örtlich zu hoher Strömungsgeschwindigkeit des fließenden Mediums, das die sich immer neu bildenden, schützenden Deckschichten beschleunigt abbaut. In diesem Fall ist es die sich zuerst bildende Kupfer(I)-oxidschicht.

In der Hausinstallation ist die Erosionskorrosion von Kupferleitungen nahezu ausschließlich in den Zirkulationsleitungen der Warmwasserversorgung anzutreffen. Bei Wasser sollte die rechnerische Strömungsgeschwindigkeit in der Zirkulationsleitung 0,5 m/s nicht überschreiten (DIN 1988 Teil 3). Grate und große Querschnittsveränderungen sind immer gefährdet. Hier ist Wirbelbildung an den nicht entgrateten Bereichen die Ursache des Korrosionsschadens.

Die Bilder 3 und 4 zeigen zwei aufgetrennte Muffenverbindungen aus einer anderen Warmwasserzirkulationsleitung, bei denen der schädliche Einfluss des Grates deutlich sichtbar wird.

(Quelle: u. a. DIN 50930 Teil 5 [2.93] Abs. 3.3, 5.4, 6.1)



Bild 3 • Rohr mit Grat



Bild 4 • Rohr ohne Grat

## 19. Übergangverschraubung DN 40 aus Messing

Spannungsrissskorrosion durch installationsbedingte Spannungen mit nachfolgender Erosion

Der im Bild gezeigte Schadensfall an der Messingmuffe der Verschraubung für den Übergang von einer Polyethylen (PE)-Trinkwasserleitung auf Metallrohr ist primär durch Spannungsrissskorrosion verursacht worden. Messing ist grundsätzlich für diese Korrosionsart anfällig, wenn ausreichend große Zugspannungen vorliegen und ein Angriffsmittel mit kritischen Bestandteilen einwirkt. Die Zugspannungen sind im vorliegenden Fall durch das Einschrauben des Reduzierstückes verursacht worden, das über das konische Außengewinde zwangsläufig zu einer Ausweitung des zylindrischen Innengewindes führt. Ausgelöst worden ist die Spannungsrissskorrosion an dem im Erdreich im Sandbett verlegten Teil durch Grundwasser, das vor allem in der Nähe landwirtschaftlich genutzter Gebiete häufig Ammoniak in den zur Auslösung von Spannungsrissskorrosion er-

forderlichen geringen Konzentrationen unter 1 mg/l enthält. Die Verbreiterung des offensichtlich über einen längeren Zeitraum nicht entdeckten Risses erfolgte durch Erosion durch das mit großer örtlicher Strömungsgeschwindigkeit ausströmende Wasser. Schäden der aufgetretenen Art können nur vermieden werden, wenn entweder ein Werkstoff verwendet wird, der nicht in gleicher Weise wie Messing zur Spannungsrissskorrosion neigt, oder wenn das Bauteil nach der Fertigung einer festigkeitsvermindernden Wärmebehandlung unterzogen wird. Wenn der Werkstoff ausreichend weich ist (entsprechend einer Härte HB 2,5/62,5 < 115), kann es beim Einschrauben des Teiles mit dem konischen Außengewinde zur Verformung des Bauteiles mit einer Verringerung der Zugspannung unter den Wert der zur Auslösung von Spannungsrissskorrosion kritischen Zugspannung kommen.

Zu den Werkstoffen mit erheblich geringerer Anfälligkeit für Spannungs-



rissskorrosion gehört Rotguss. Bei Verwendung von Messing ist darauf zu achten, dass die Teile im Herstellwerk nach der Fertigung weichgeglüht werden und der Hersteller die Einhaltung des maximalen Härtewertes bestätigt.

## 20. Warmwasserbereiter aus Stahl mit einer Innenbeschichtung aus Kunststoff

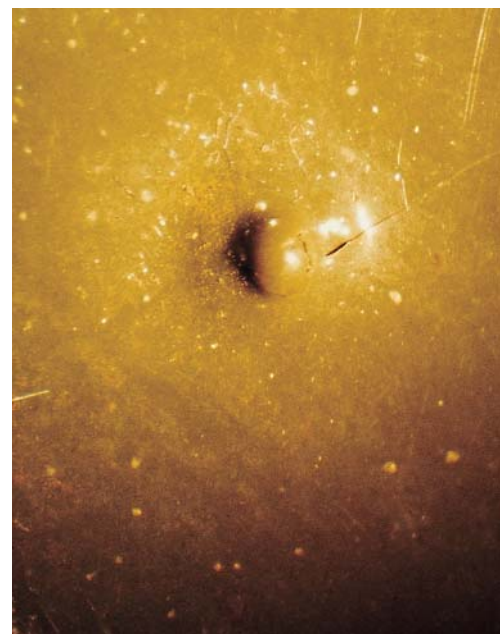
Wasserdampfpermeation der Kunststoffbeschichtung zur kälteren Behälterwandung aus Stahl führte zur Enthaftung, der die Ablösung und Aufwölbung der Kunststoffschicht – begünstigt durch den gegenüber Stahl wesentlich höheren Ausdehnungskoeffizienten – folgte, und die letztendlich durch Wasseransammlung in den sich bildenden Blasen ein Aufreißen letzterer bewirkte. An diesen Stellen wurde der Stahl durch Lochkorrosion geschädigt.

Nur durch eine ausreichend dicke und lückenlose Wärmedämmung des Behälters und gegebenenfalls eine Beschränkung der maximal zulässigen Wassertemperatur kann die Temperaturdifferenz zwischen Kunststoffoberfläche und Stahlwandung so gering gehalten werden, dass eine genügend lange Lebens-

dauer des Warmwasserbereiters erreicht werden kann. Eine Temperaturbeschränkung ist dem Benutzer des Warmwasserbereiters durch einen gut sichtbaren und dauerhaften Warnvermerk auf dem Warmwasserbereiter von Seiten des Herstellers anzuzeigen.

Der Bereich der durch die Dämmung führenden Rohranschlüsse ist wegen erhöhter Abkühlungsgefahr besonders sorgfältig zu dämmen. Darüber hinaus sind bei Kunststoffbeschichtungen Alterung, Versprödung, hygienische (u. a. Verkeimungsneigung, Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen) und toxische Eigenschaften der Beschichtungswerkstoffe vor ihrer Verwendung sorgfältig zu prüfen.

Die Bilder zeigen einen Ausschnitt der inneren Behälteroberfläche mit Bla-





## 21. Waschbeckensyphon aus Messing

Der Syphonkörper besteht aus tief gezogenem Messing. Er ist außen vernickelt und verchromt. Quer zur Rohrachse sind Risse zu erkennen, die zu Undichtheiten führten (Bild 1).

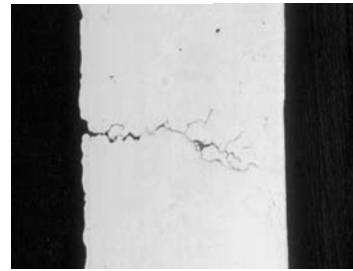
Die Untersuchung ergab als Ursache Spannungsrissskorrosion (SRK) durch Einwirkung von Ammoniak und fertigungsbedingt große Zugspannungen im Syphonkörper (Bild 2 und 3). Bei der Recherche zu den Einsatzrandbedingungen ergab sich, dass die in einem Hotel eingebauten Syphons nur in den Gästezimmern geschädigt werden, die nicht über ein eigenes WC verfügten. Das ließ auf eine zwar nicht bestimmungsgemäße Verwendung, wohl aber üblichen Gebrauch als Hilfsurinal, das heißt auf einen vorhersehbaren Missbrauch der Waschbecken schließen.

Zu den spannungsrissskorrosionsauslösenden Mitteln zählen: Ammoniak und ammoniakalische Verbindungen (zum Beispiel in Reinigungsmitteln, Urin, Salmiakgeist), Ammonium, Nitrit (zum Beispiel durch Reduktion von Nitrat im Trinkwasser zu Nitrit und Ammoniak durch Zink oder Mikroorganismen), Essigsäure (zum Beispiel in ökologisch abbaubaren Haushaltsreinigern), Sulfide, Sulfate, Fruchtsäfte, Desinfektionsmittel ohne

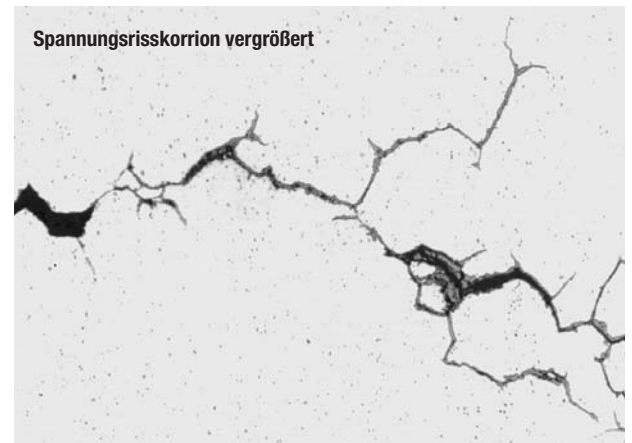
klare Deklaration der Inhaltsstoffe, Dichtmittel (zum Beispiel sauer oder alkalisch aushärtende Silikone als Fugendichtungen für Rohrdurchdringungen) und Dämmstoffe mit zuvor genannten Anreicherungen.

Gefährdet sind alle Messingqualitäten, auch Sonderlegierungen mit Arsen- und Siliziumanteilen, da die spannungsrissskorrosionskritischen Zugspannungen aufgrund der Herstellung, Verarbeitung, Montage und des Betriebs dieser Teile schnell erreicht sind. Nach Untersuchungen in Schweden sind Spannungen  $> 80 \text{ N/mm}^2$  bei Ms 59 bereits kritisch. Aber auch für feuchtfreie Einsatzbereiche sollten von Bauteilherstellern nur spannungsarm getemperte Fittings und sonstige Bauteile geliefert werden, um zum Beispiel beim Herstellen von Gewindeverbindungen nach DIN 2999 oder Pressverbindungen eine ausreichende Zähigkeit des Werkstoffs, das heißt Widerstand gegen Gewaltbruch, zu haben. Prüfungen auf Spannungsrissskorrosions-Empfindlichkeit können mit der Tüpfelprobe nach DIN 50 916, Teil 2, mit ammoniakalischer Lösung (Nessler-Reagenz) vorgenommen werden. (Quelle: u. a. DIN 50 929, Teil 1 [9/85], Abs. 5.5; 5.5.3; Teil 2 [9/85], Abs. 4; 5.3; 6.4)

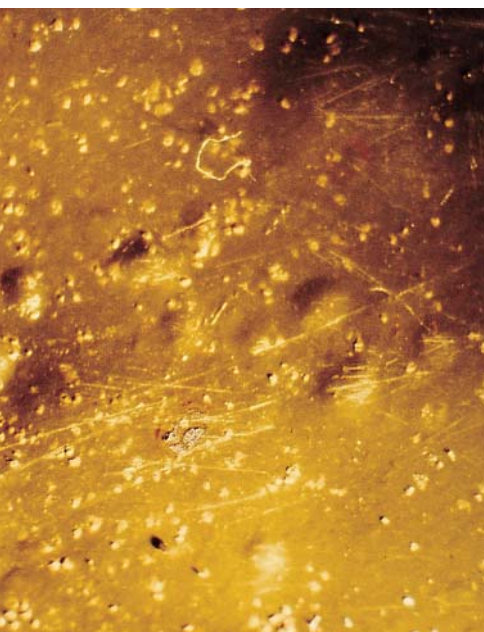
**Messingsyphon. Zerstörung durch Spannungsrissskorrosion infolge Ammoniakereinwirkung. In einem großen Hotel mussten sämtliche Syphons in den Zimmern ohne WC ausgetauscht werden.**



**Messingwandung mit Spannungsrissskorrosion von der Innenseite des Syphons ausgehend**



**Spannungsrissskorrosion vergrößert**



**Links • Kunststoffbeschichteter Warmwasserbereiter ... Blase mit Rissbildung**

**Rechts • Durch Permeation von Wasserdampf löst sich die Kunststoffschicht von der Behälterwandung aus Metall; der Enthftung folgen die Ablösung, Abwölbung und das Aufreißen des Kunststoffs.**

senbildung nach einer Betriebszeit von etwa sechs bis acht Jahren.

Quelle: W. Schwenk; Mannesmann-Forschungsberichte: Korrosion und Korrosionsschutz von Warmwasserbereitern, 1970.

J. Weidelt: Prüfverfahren zur Ermittlung der Lebensdauererwartung von organischen Beschichtungen von duktilen Gussrohren beim Kontakt mit wässrigen Medien; 3R-international, 23. Jhg., Heft 7/8, Juli/August 1984.

Dr. C. L. Kruse: Korrosion und Steinbildung bei der Wassererwärmung; gi Gesundheitsingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 110 (1989), Heft 1.

## 22. Kunststoffrohrleitung aus Polypropylen (PP-Typ 3) 50 x 8,4 mm



Diese Teilstücke stammen aus einer Trinkwasserleitungsanlage. Sie waren hinter dem Wassererwärmer in der Warmwasserverteilungsleitung angeordnet.

Die schiefrigen Kalkabscheidungen in diesen Leitungsstücken waren bis 5 cm lang, bis 2 cm breit und bis 3 mm dick. Sie behinderten die ordnungsgemäße Funktion von nachgeschalteten Ventilen und anderen Armaturen, lagerten sich in den Leitungen ab, verklemmten sich an den Rohrbögen und

-winkeln und blockierten nach ca. 2 Jahren endgültig einen ausreichenden Warmwasserdurchfluss. Produzent der Kalkschiefer war die PP-Leitung direkt hinter dem Warmwasserbereiter auf einer Länge von ca. 2 m. Ab einer max. Dicke von ca. 2 bis 3 mm platzten die gebildeten Kalkschichten aufgrund des unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Kunststoffrohr und Kalk von der Rohrwand ab. Die Strömung des Wassers transportierte sie dann in das nachgeschaltete Lei-

tungssystem. Nach Angaben des Installateurs wurde der Warmwasserbereiter mit Temperaturen von max. 60 °C betrieben. Eine Reduzierung der Warmwasserbereitertemperaturen auf 55 °C, 50 °C bzw. 45 °C beseitigte das Problem der Kalkproduktion nicht. Die Karbonathärte des Trinkwassers betrug ca. 15 °.

Wie der vorgestellte Fall zeigt, können also auch Kunststoffrohre in der Trinkwasserinstallation, die laut Werbung nicht inkrustieren, verkalken bzw. abgelagerungsfrei sind, Probleme bereiten. Zur Vermeidung von Kalkabscheidungen s. a. DIN 1988 Teil 7 (12.88) Abs. 4 und analog dazu die Anforderungen aus den Regeln für die Warmwasserbereiter in der VDI-Richtlinie 2035 Blatt 1 (9.94 bzw. 4.96) Abs. 4.





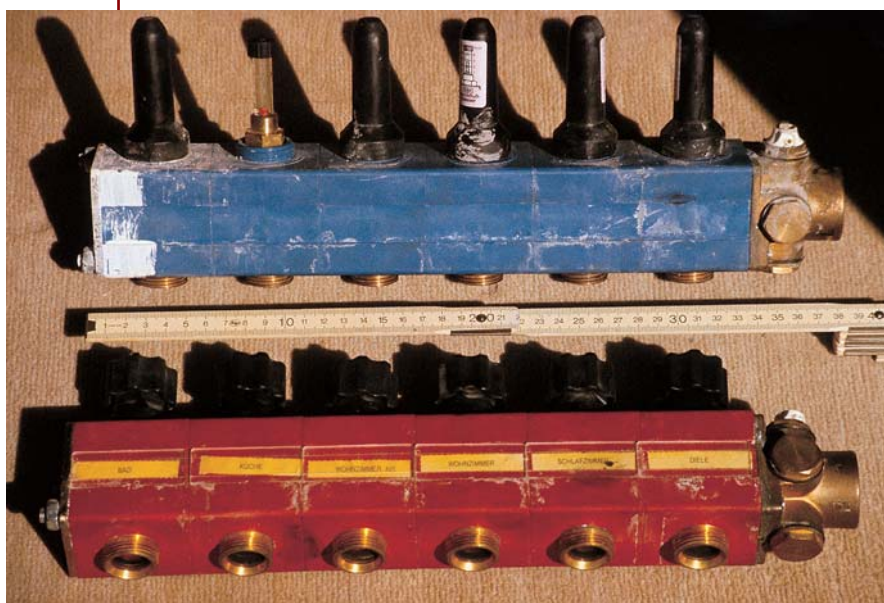
## 23. Kunststoff-Etagenverteiler für die Heizungsanlage zum Anschluss von Kunststoffleitungen

Diese beiden Verteiler, die aus einzelnen Kunststoffsegmenten zusammengesetzt sind, wurden bereits nach ca. einer Heizperiode undicht. Sowohl beim Vorlaufverteiler (rot) als auch beim Rücklaufverteiler (blau) tropfte aus den Segmentfugen Heizungswasser.

Schadensursächlich war die Abdichtung der Segmente untereinander. Das Material der O-Ringe war ungeeignet. Der Hersteller bzw. Lieferant der Verteiler übernahm die Kosten für den Austausch der Segmente bzw. Verteiler. Um evtl. Problemen beim Ab- und Wiederanklemmen der Heizkörperanschlussleitungen aus Kunststoffrohren vorzubeugen, wies der Verteilerhersteller in einem Schreiben auf folgenden Sachverhalt hin:

"Sollten die Anlagen mit Kunststoffrohr im Schutzrohr installiert sein, bitte darauf zu achten, dass die Heizkörper eine halbe Stunde vor dem Ausbau der Verteiler voll geöffnet sind und die Heizung auf höchster Leistung läuft, um die Rohre gut durchzuwärmen. Es kann sonst passieren, dass sich die Rohre durch das Abkühlen um ca. 15 cm verkürzen und ein Wiederanschießen sehr schwierig wird. Nach der Aufheizphase haben Sie eine halbe Stunde Zeit für den Austausch."

Hier zeigt sich die Problematik der Verlegung von Kunststoffrohren ohne ausreichende Längenausdehnungsmöglichkeit. Wenn bei Temperaturerhöhung die Volumenänderung des Kunststoffs durch Längenausdehnung behindert ist, verändert sich die Wanddicke des Rohres. Die dabei auftretenden Spannungen werden langsam abgebaut (relaxieren). Beim Abkühlvorgang versucht sich das inzwischen relaxierte Rohr wieder zu verkürzen. Dabei entstehen erhebliche Zugspannungen, die z. B. nicht ausreichend befestigte Verteiler aus ihrer Verankerung reißen können bzw. zu oben genannten Erscheinungen führen. Diese Spannungen können überlagert sein durch den Abbau von Spannungen aus dem Produktionsprozess der Rohre; PEX-Rohre dürfen z. B. nach DIN 16892 um max. 3% schrumpfen, d. h., das Rohr darf sich um 3% verkürzen. Die Druck-Zug-Wechselbeanspruchungen bei Temperaturwechseln können sich dann in den ausschließlichen Zugbereich verlagern. Klemm-/Pressverbinder und Verbindungen müssen in der Lage sein, diesen Zugbeanspruchungen auf Dauer zu widerstehen ohne sich zu lösen oder undicht zu werden.



## 24. Rohre aus Kunststoff (PVC-C), DN 12, PN 25

### Plastische Verformung aufgrund von Werkstoffüberhitzung unter Innendruckbeanspruchung

Die Rohre waren in einer Trinkwasserinstallation als Warmwasserleitung hinter einem elektrisch beheizten 80-Liter-Boiler eingebaut. Trotz erheblicher Rohraufweitungen hielten die Klebestellen an den Fittings der Beanspruchung stand. Das mittlere der drei

hier abgebildeten Rohre zeigt die Ausgangsdimension der eingesetzten Rohre. Zum Rohrbruch kam es erst an den Armaturenanschlüssen. Der Wasserschaden war erheblich.

Aussehen und Form des zerstörten Rohres lassen auf ein Überschreiten der für dieses Kunststoffrohr maximal zugelassenen Temperatur in Abhängigkeit vom jeweiligen Druck und der Zeitdauer dieser Beanspruchung

schließen. Recherchen ergaben, dass nach fast sechsjährigem Betrieb (1988 bis 1994) der Temperaturregler des Warmwasserbereiters defekt war. Die Abschalttemperatur des Sicherheitstemperaturbegrenzers lag bei 110 °C. Nach den dem Verfasser vorliegenden Unterlagen hat der Hersteller dieser Rohre in seinen Verlege- und Betriebsanleitungen von 1992 den Direktanschluss seiner Rohre an Therme, Durchlauferhitzer und Warmwasserbereiter dann gestattet, wenn die Sicherheitstemperatur von 85 °C nicht überschritten wird. Bei höheren Temperaturen werden metallene Anschlussleitungen von mindestens 50 cm vom Gerät gefordert. Dabei sind die Kunststoffleitungen so abzusichern, dass Wassertemperaturen von über 100 °C und Drücke über 4 bar vermieden werden.

Diese Forderung von 1992 war im Störfall nicht eingehalten.



## 25. Rohr aus hochvernetztem Kunststoff (PE-Xa), DN 15

### Plastische Verformung und Rohrbruch aufgrund Werkstoffüberhitzung unter Innendruckbeanspruchung

Das Rohr war in einer Trinkwasserinstallation als Warmwasserleitung hinter dem Wärmetauscher (hier einer gasbefeuerter Kesseltherme) eingebaut. Der Rohrbruch führte zu einem erheblichen Wasserschaden. Rohr und Wärmeerzeuger entsprachen, soweit feststellbar, den zur Zeit gültigen Prüfrichtlinien. Ein Montagefehler lag nicht vor.

Aussehen und Form des zerstörten Rohres lassen auf ein Überschreiten der für dieses Kunststoffrohr maximal zugelassenen Temperatur in Abhängigkeit vom jeweiligen Druck und der Zeitdauer dieser Beanspruchung schließen.

Schäden dieser Art sind sowohl aus Trinkwassererwärmungsanlagen als auch aus Heizungsanlagen bekannt. Nach VOB Teil C "Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Regelungen für Bauarbeiten jeder Art – DIN 18 299", Abs. 2.1.3 (Ausgabe 9/88 beziehungsweise 12/92) müssen Stoffe und Bauteile für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet und aufeinander abgestimmt sein. Es ist Aufgabe des Planers der Anlage, die Einsatzrandbedingungen der einzelnen Werkstoffe und Bauteile zu erkunden, sodass bei fachgerechtem Einbau und üblichem (nicht nur bestimmungsgemäßem) Betrieb die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit bei den während des Betriebes auftretenden mechanischen, thermischen und sonstigen Beanspruchungen auf angemessene Zeit sichergestellt ist. Im Baukörper, das heißt "unter Putz" oder auf dem Rohbeton verlegte "unzugängliche" Rohrleitungen sind in der Regel für eine Lebensdauer von mehr als 50 Jahren auszulegen.

Die Anlage muss in dieser Zeit zum "gewöhnlichen" Gebrauch ohne Missstände nutzbar sein. Irreparable be-

ziehungsweise umfangreiche, kosten-trächtige Schäden dürfen auch im Störfall nicht auftreten. Bei diesem Schadensfall wurden die vom Rohrwerkstoff maximal verkraftbaren Wassertemperaturen und Drücke vom vorgeschalteten Wärmeerzeuger überschritten, obwohl die Einstellung des Temperaturreglers unter der Beanspruchungsgrenze des Werkstoffes lag. Deshalb ist für den Einsatz temperatur- und druckempfindlicher Werkstoffe (zum Beispiel Rohre und Dichtungen aus Kunststoffen oder Elastomeren) bei der Herstellung von Apparaten (zum Beispiel Wärmeerzeugern) oder sonstigen Bauteilen (zum

beziehungsweise Warnvermerke von Seiten der Hersteller unabdingbar. Angaben über die normgerechte Ausrüstung von Wassererwärmern und Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser mit Regel- und Sicherheitseinrichtungen finden sich in der DIN 4753, Teil 1 (März 1988) unter Abs. 6.7; dabei ist besonders auf die Fußnote 14 zu verweisen, die besagt, dass bei Wassererwärmern, die als Einheit mit einem Sicherheitstemperaturbegrenzer ausgerüstet sind usw., Temperaturen von maximal 130 °C, bei Wasserinhalten von maximal 10 Litern sogar 140 °C zulässig sind. Weitere Quellen:



Beispiel Armaturen) zu recherchieren, welche maximalen Temperaturen im Störfall unter Umständen beim Ansprechen der "letzten Sicherheitseinrichtung" oder maximale Drücke (zum Beispiel Druckstöße bei fehlender oder defekter Schließdämpfung von Armaturen oder durch Ventilkonstruktionen, bei denen Ventilkegel oder Dichtungen "flattern" können) von ihren Erzeugnissen ausgehen können. Dabei bestimmen nicht die Prüfungen und Feststellungen im Neuzustand eines Bauteiles die Einsatzmöglichkeit, sondern die innerhalb der angenommenen Lebensdauer zu erwartenden beziehungsweise möglichen negativen Abweichungen vom Sollzustand. Diese Angaben sind vom Hersteller schriftlich zuzusichern. Bei Verschleißteilen beziehungsweise nicht eigensicheren, funktionswichtigen Bauteilen sind Instandhaltungshinweise

J. Weinhold, Kunststoffrohre in der Trinkwasserinstallation innerhalb von Gebäuden, 4. Teil, IKZ-Haustechnik, Heft 1, 1992, S. 30 ff.; Strobel-Verlag, 59806 Arnsberg.

Informationen Technik des Fachverbandes Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Bayern: Nr. 2/87; 2/91; 12/93; 5/94; 8/94; 4/99, 80687 München.

Karl J. Heinemann, Versorgungsleitungen der Hausinstallation – Werkstoffe, Verbindungen, Einsatz-Randbedingungen; Installation dkz, 3/95, S. 190 ff.; Georg Siemens Verlag, 12207 Berlin.



## 26. Rohr aus vernetztem Polyethylen (PE-X) 14 x 2 mm



Bild oben • Umlenkbogen  
(Hersteller-Werkbild)

Bild unten • Rissbildung von  
außen nach 3-5 Jahren Biege-  
wechselbeanspruchung  
(Bild: Kröplin, FVSHK-Bayern)

### Abgeknickte und durch Biegewechselbeanspruchung zerstörte Kunststoffleitung mit Sauerstoffpermeationsbremsschicht

Dieses Teilstück (Bild 1) ist einer Warmwasserheizungsanlage entnommen. Es befand sich in einer Heizkörperanschlussleitung, die als "Rohr-im-Rohr"-System (Rohr im Schutzrohr) verlegt war, im Bereich der Umlenkung von der waagerechten Verlegung auf dem Rohrbeton des Fußbodens zum senkrechten Durchgang durch die Fußbodenkonstruktion unterhalb des Heizkörpers. Das Rohr wurde an dieser Stelle über einen 90°-Rohrführungsbogen aus Kunststoff geführt. Die Schadensstelle zeigt einen Bruch der Rohrwandung und weitere Anrisse im Bruchbereich, die von außen nach innen gehen. Gleichartige Schadensfälle traten in verschiedenen Anlagen auf. Es vergingen nach Inbetriebnahme der Anlage bis zum Wasseraustritt i. d. R. 3 bis 5 Jahre.

Aussehen und Umfeld der Schadensstelle lassen vermuten, dass das Rohr aufgrund von temperaturwechselbedingten Ausdehnungs- und Kontraktionsbewegungen und den dabei auftretenden Spannungen innerhalb des Rohrführungsbogens wiederholt abgeknickt und letztlich durch diese andauernden Biegewechselbeanspruchungen zerstört wurde. Bei der Konstruktion von Rohrführungsbögen bzw. bei deren Montage ist darauf zu achten, dass das Gehäuse dem PE-X-Rohr keinen Spielraum lässt, dort abknicken zu können. Entsprechende Hinweise sollten den Planungs- und Montageunterlagen der Rohrhersteller bzw. Systemvertreiber zu entnehmen sein.

## 27. Rohr aus unlegiertem Stahl, verchromt, 15x1 mm

### Flächiger Außenkorrosionsangriff an einer Heizkörper-Winkelanschlussgarnitur mit einem Durchbruch von außen nach innen

Die Winkelanschlussgarnitur aus verchromtem, unlegiertem Stahl wurde zum "reitenden Anschluss" von Heizkörpern (Anschluss des Vor- und Rücklaufs von unten) in Verbindung mit PE-X-Rohren (17x2 mm) eingesetzt. Die Rohre waren in der Wärme- und Trittschalldämmung unter dem Estrich auf dem Rohfußboden verlegt. Die gute sichtbare Außenkorrosion (Bild 1) an der Garnitur liegt in dem Bereich, der sich in der Fußbodenkonstruktion befand, die aus Natursteinbelag, Zementestrich, PE-Folie und Dämmung auf dem durch Bitumendichtbahnen gegen Feuchtigkeit geschützten Rohfußboden bestand. Aber auch oberhalb der Fußbodenoberkante waren an der Garnitur Korrosions Spuren erkennbar. Die Lochkorrosionsstelle lag an einer Stelle unterhalb der Estrichoberfläche. Diese Undichtheit trat ca. 4 Jahre nach dem Bau der Heizungsanlage auf.

Bei Rohrdurchdringungen aus dem Fußboden muss in Nass- und Feuchtraumbereichen oder bei Fußböden mit harten oder glatten Belägen, die nass gereinigt werden können, üblicherweise immer mit der Gefahr des Eindringens von Feuchtigkeit durch die Fuge Fußbodenbelag/Rohr gerechnet werden. Auch fachgerecht erstellte "dauerelastische" Verfugungen sind hier nicht dauerhaft dicht (Wartungsfugen!). Wasserdichte Rohrdurchführungen, wie sie die DIN 18195 Teil 9 (Ausgabe 12.86) "Bauwerksabdichtungen – Durchdringungen, Übergänge, Abschlüsse" für diese Fälle fordert, werden für den vorgenannten Einsatzbereich nach meiner Kenntnis am Markt industriell gefertigt nicht angeboten.

Der Text der DIN im Abs. 3 "Anforderungen" lautet:

"Durchdringungen, Übergänge und Abschlüsse müssen, erforderlichenfalls mit Hilfe von Einbauteilen, so hergestellt sein, dass sie den verwendeten Abdichtungsmitteln und der jeweiligen Wasserbeanspruchung entsprechen. Sie dürfen auch bei zu erwartenden Bewegungen der Bauteile ihre Funktion nicht verlieren. Soweit erforderlich, sind dafür besondere Maßnahmen zu treffen, z. B. die Anordnung von Mantelrohrkonstruktionen mit Stopfbuchsen für Rohr- und Kabeldurchführungen. Durchdringungen, Übergänge und Abschlüsse müssen so angeordnet werden, dass die Bauwerksabdichtung fachgerecht abgeschlossen werden kann."

Die im Abs. 4.2 "Bei Abdichtungen gegen nicht drückendes Wasser" beispielhaft verlangte Klebeflansche usw. sind hier weder praktikabel noch wurden sie von Vertreibern dieser Heizungsverrohrungssysteme angeboten. Wenn also speziell für den Winkelanschluss aus dem Fußboden heraus solche Garnituren angeboten werden, die durch Feuchteinfluss geschädigt werden können, muss der Systemvertreiber Werkstoffe wählen, die für diesen Einsatzbereich auf Dauer geeignet sind. Ein Hinweis in den Planungsun-

terlagen "Heizkörper in Feuchträumen und Räumen mit wahrscheinlichem Feuchtigkeitsanfall (z. B. Badezimmer, Waschküche) sollten nach Möglichkeit aus der Wand angeschlossen werden" ist aufgrund der gewählten Formulierung "sollten nach Möglichkeit" nicht zwingend.

Inzwischen gibt es anstatt der damals angebotenen Garnituren aus verzinktem bzw. verchromtem Stahl solche aus nicht rostendem Stahl bzw. verchromtem Kupfer. Ungeachtet dessen ist der in Bild 2 (Werkbild eines Herstellers) zu sehende Heizkörperanschluss in "reitender Anordnung" ohne ausreichende Fixierung der Winkelanschlussgarnitur am Fußboden aus Sicht des Verfassers aufgrund mechanischer Belastungen durch die Ausdehnungsbewegungen des PE-X-Rohres im "Rohr-im-Rohr-System" und die durch die Estrichplatte samt Verkehrsbelastung aufgrund der zulässigen Zusammendrückbarkeit einer unter der Anschlussgarnitur liegenden Dämmung auf eine formstabile Garnitur wirkenden Kräfte zu vermeiden. Klemm- und Quetschverschraubungen am Heizkörper sind i. d. R. nicht in der Lage, diese Biegewechsel und/oder Zugbeanspruchungen schadlos auf Dauer zu überstehen.



Anschlussgarnitur aus verzinktem Stahlrohr (oben: Einbaubeispiel)

Rechts:

1. Außenkorrosion durch nicht dauerhaft abdichtbaren Rohranschluss am Fußbodenbelag, folglich Feuchtigkeit Zutrittsgefahr. (s. a. DIN 18195 Teil 9 Absatz 3)

2. Ablösung der Permeationssperre auf dem Kunststoffrohr nach ca. 1 Jahr Betrieb



## 28. Rohre aus vernetztem Polyäthylen (PE-X), DN 12 bis 20

**Undichte, durch plastische Verformungen zerstörte Rohre aus Trinkwasser- bzw. Heizungs-Hausinstallationen**

Bild 1 zeigt verschiedene Formen von Frostschäden. Sie sind i.d.R. an den "Weißbruch"-Verfärbungen im Randbereich der plastischen Verformungen erkennbar.

Bild 2 zeigt rechts zwei Rohre mit Frostschäden und links zwei Rohrteile aus Warmwasserleitungen von gasbeheizten Wandkesseln, die aufgrund zu hoher Drücke und Temperaturen geplatzt sind.

Bei der Betrachtung möglicherweise entstehender Drücke und Temperaturen sind alle bekannten und zu erwartenden - auch die nicht vorgesehenen - Betriebsverhältnisse zu

berücksichtigen, z.B. Fehlbedienung, Ausfall von Kühlwasser (bei thermischer Ablaufsicherung in Verbindung mit einem Festbrennstoffkessel und unterbrochener Trinkwasserzufuhr durch Frost oder absperrbare Zulaufleitung), Verstopfungen von Leitungen, Pumpenausfall, Störungen oder Veränderungen in der Temperaturregelstrecke, Druckanstieg bei Erwärmung des Wassers in der Leitung und fehlender Druckabsicherung (SIV), z.B. durch Begleitheizungen oder durch den Übergang exothermer Wärme aus dem Betonabbindeprozess in wassergefüllte Rohre von Fußbodenheizungen, die in diesem Beton verlegt sind (je nach Betonmasse und Wärmeabfluss nach außen sind Temperaturen bis 60° C und mehr erreichbar).



**Bild 1 •**

**Frostschäden**

**Bild 2 •**

**Rechts: Frostschäden**

**Links: durch Übertemperatur und Überdruck**





## 29. Kugelhahn aus Messing, DN 25



### Rissbildung durch Frosteinfluss trotz "Offenstellung" und geleerter Anlage

Der Kugelhahn wurde als Absperrarmatur an einem Etagenverteiler für Heizkörperanschlussleitungen eingesetzt. Nach der Wasserdruckprobe der Steigleitungen und der Verteiler wurde die Anlage wegen Frostgefahr entleert. Der Kugelhahn blieb geöffnet. Dennoch wurden dieser und noch weitere Hähne desselben Fabrikats in der Anlage durch Frosteinwirkung zerstört. Als konstruktionsbedingte Schadensursache kann sich bei diesem Kugelhahn bei der Einbaulage "waagrecht mit Betätigung von oben" trotz "Offenstellung" das zwischen Gehäuse und Kugel befindliche Wasser nicht entleeren.

Erst bei einem Schließwinkel von 30 bis 45° lässt die Kugel das Kammerwasser weitgehend austreten. Auch bei der Einbaulage "waagrecht mit Betätigung der Kugel von der Seite oder von unten" kann über eine in der Kugel befindliche Öffnung, in die der Betätigungsbolzen des Hahngriffs eingreift, das Kammerwasser teilweise auslaufen. Das konnte aber weder der Heizungsbauer noch der Anlagenbetreiber erkennen.

Ein Kugelhahn dieser Konstruktion ist folglich für den üblichen Einbau und Betrieb nicht geeignet, wenn der Einbauort zu irgendeinem Zeitpunkt frostgefährdet ist. Absperrarmaturen für die Wasserinstallation sind so zu konstruieren, dass sie in geöffnetem Zustand leer laufen können.

## 30. Stahlrohre, verz. DIN 2444, DN 20

### Axiale Rissbildung im Schweißnahtbereich durch Frosteinwirkung

Die Rohre waren in einer Trinkwasserinstallation in den Abseiten eines bewohnten Dachgeschosses verlegt und gegen die Einwirkung von Frost mit einer ca. 20 mm dicken Dämmung versehen. Trotzdem gefror das Wasser darin. Durch den hohen Überdruck (Volumenzunahme beim Gefrieren von Wasser ca. 9 %) barsten die Rohre jeweils an der Schweißnaht.

Wärmedämmung der Rohre kann ein Einfrieren nicht verhindern, allenfalls verzögern. Bei Rohren kleiner Nennweite bringt eine dickere Dämmung kaum Vorteile, da in dem kleinen Wasservolumen und dem Rohrwerkstoff nur geringe Wärmemengen gespeichert sind. Abseiten eines ansonsten bewohnten und beheizten Dachgeschosses sind immer dann frostgefährdet, wenn - wie i.d.R. - der Kniestock und das Dach in diesem Bereich nicht ausreichend wärmedämmend sind, Dach und Wandanschluss winddurchlässig sind oder die Wärmezufuhr über angrenzende, beheizte Wohnraumwände nicht ausreichend sicher bestimmbar ist.

In Bereichen von Kaltluftströmungen ist die Einfriergefahr besonders groß. Wenn sich eine Verlegung in frostgefährdeten Bereichen nicht vermeiden lässt, sollte dort als Frostschutz eine Begleitheizung vorgesehen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in Trinkwasserleitungsanlagen nach DIN 1988, soweit sie durch Sammelsicherungen abgesichert sind, für diese Leitungsabschnitte ein Sicherheitsventil vorzusehen ist oder auf andere Weise

eine unzulässige Druckerhöhung durch die Volumenzunahme des Wassers bei Temperaturerhöhung durch die Begleitheizung auszuschließen ist. Aufgrund kostenträchtiger Schadensfälle im zuletzt genannten Bereich hatte sich auch der Fachnormenausschuss "DIN 1988" mit diesem Thema befasst und eine entsprechende Ergänzung zur DIN 1988 beschlossen (FA W 5.01 v. 18.05.93; s.a. IKZ-Haustechnik, Heft 7/1994, S. 101; Strobel-Verlag, Arnberg).



## 31. Rohr aus Polypropylen (PP-R[Typ3]), 16 x 2,7 mm, PN 20

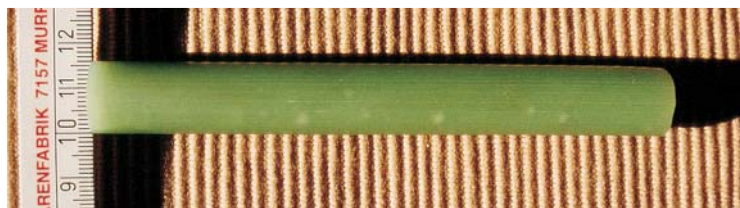


Bild 1 • PP-Rohr (PP-Typ 3), 16 x 2,7 mm; PN 20. WW-Zirkulationsleitung, total versprödet: helle Stellen = "Weißbruch". Montage: 1984, Schäden: 1998.  $t_{max}$  55/60 °C,  $P \sim 3$  bis 4 bar. WW-Bereiter: 300 l, Boilerladepumpe, Kessel mit Ölfeuerung 40 kW.

### Durch Versprödung der Innenoberfläche des Rohres geborstenes Rohr einer Trinkwasser-Hausinstallation

Das Teilstück (Bild 1) stammt aus dem Strang der Zirkulationsleitung der Warmwasserversorgung. Nach Auskunft der Installationsfirma brach die Leitung nach einer Betriebsdauer von ca. 15 Jahren. Sie war über die gesamte Länge versprödet und musste erneuert werden. Der Warmwasserbereiter mit einem Volumen von 300 l wird über eine Boilerladepumpe von einem daneben stehenden, ölbefeuerten Warmwasserkessel (Leistung: 40 kW) beheizt. Der WWB wurde nach Angaben des Betreibers mit ca. 60 °C bei einem Betriebsdruck von 3 bis 4 bar betrieben.

Die Schadensbilder zeigen eine Zerstörung der makromolekularen Struktur, vermutlich durch "Alterung" des Kunststoffrohres von innen nach außen. Die Innenoberfläche des Rohres ist durch eine Quer- und in Extrusionsrichtung des Rohres ausgerichtete Längsspalte aufgerissen (Bild 2). Das untersuchte Rohrstück zeigt bis zu einer Tiefe von ca. 50 % der Wanddicke diese Schädigung (Bild 6). An verschiedenen Stellen ist die gerissene Schicht erosionsartig abgetragen (Bild 3, 4 und 5). Auf Bild 4 und 5 ist zu erkennen, dass auch die tiefer gelegenen

Schichten angegriffen sind. Die hellen Flecken, die u.a. auf der Rohraußen-seite (Bild 1) zu sehen sind, deuten auf Inhomogenitäten im Kunststoff hin, die eine verstärkte Lichtstreuung bewirken (sog. Weißbruch). Von der Rohrinne-seite betrachtet (Bild 3), sind es die Stellen, bei denen durch Wanddickenschwächung die Dehnungsgrenzwerte des PP-Werkstoffs überschritten wurden und so irreversible Gefügeänderungen bewirkten. Der Systemvertreiber und Rohrhersteller geht nach einer Begutachtung in seinem Labor davon aus, dass die "Anlage unter Bedingungen betrieben worden ist, die für unser Rohrsystem unzulässig sind". Er verweist darauf, dass bei Einhaltung der in DIN 1988 vorgeschriebenen Betriebsbedingungen dieses Rohrlei-

tungssystem bedenkenlos verwendet werden kann. Nach DIN 1988 (12.'88) Teil 2 Abs. 2.2.3 Tabelle 1 sind im Warmwasserbereich (bei einer fiktiven Betriebsdauer von 50 Jahren) Dauertemperaturen bis 60 °C zulässig! Nur für DVGW-geprüfte und registrierte Rohre und Rohrverbindungen wurde diese Grenze auf 70 °C angehoben (Beschluss des Fachausschusses des DVGW FA W 5.02 Rohre in der Hausinstallation vom 30.11.88). Das hier verwendete Rohr der Rohrreihe 6 (PN 20) besitzt heute eine Registr.-Nr. des SKZ (Südd. Kunststoff-Zentrum), nicht jedoch des DVGW. Nach Aussagen des Herstellers (Planungsunterlagen) wird aber ungeachtet dessen von diesem Rohr eine Dauertemperatur von 70 °C bei einem Betriebsüberdruck von 8,5 bar bei einer fiktiven Lebensdauer von mind. 50 Jahren verkraftet (Bild 7). Dabei wurde ein Sicherheitsfaktor von 1,5 zugrunde gelegt. Selbst bei einer Dauertemperatur von 80 °C dürfte es bei einem maximalen Druck von 6,5 bar (Abblasetemperatur des Sicherheitsventils) und einem Sicherheitsfaktor von 1,0 aufgrund der errechneten Vergleichsspannung von 1,63 N/mm<sup>2</sup> nach einer Betriebszeit von nur 15 Jahren zu keiner solchen Werkstoffzerstörung



Bild 2+3 • PP-Typ 3, WW-Zirkulationsleitung 16 x 2,7 mm; PN 20. Zerstörung der makromolekularen Struktur durch Alterung. Aufreißen der Innenoberfläche durch Quer- und in Extrusionsrichtung des Rohres ausgerichtete Längsrisse.





| Temperatur   | Betriebsjahre | Rohrreihe |       |           | Stab-Verbund-Rohre - hohe Belastbarkeit bei geringeren Werten und größeren Durchflusswerten |
|--|---------------|-----------|-------|-----------|---|
|  |               | 4         | 6     | 8-Verbund |   |
|  |               | Nenndruck |       |           |   |
|  |               | PN 10     | PN 20 | PN 25     |   |
| zulässiger Betriebsüberdruck (Sicherheitsfaktor 1,5) |               |           |       |           |   |
| 20° C  | 1             | 15,1      | 30,1  | 37,7      |   |
|  | 5             | 14,0      | 28,0  | 35,0      |   |
|  | 10            | 13,5      | 27,1  | 33,8      |   |
|  | 25            | 13,2      | 26,4  | 33,0      |   |
|  | 50            | 12,9      | 25,9  | 32,3      |   |
| 30° C  | 1             | 12,8      |       |           |   |
|  | 5             | 12,0      | 24,0  | 30,0      |   |
|  | 10            | 11,7      |       |           |   |
|  | 25            | 11,3      | 22,7  | 28,3      |   |
|  | 50            | 11,1      |       |           |   |
| 40° C  | 1             | 11,1      | 22,1  | 27,7      |   |
|  | 5             | 10,4      |       |           |   |
|  | 10            | 10,1      | 20,3  | 25,3      |   |
|  | 25            | 9,7       |       |           |   |
|  | 50            | 9,2       | 18,4  | 23,0      |   |
| 50° C  | 1             | 9,5       |       |           |   |
|  | 5             | 8,9       | 17,9  | 22,3      |   |
|  | 10            | 8,7       |       |           |   |
|  | 25            | 8,0       | 16,0  | 20,0      |   |
|  | 50            | 7,3       |       |           |   |
| 60° C  | 1             | 8,3       | 16,5  | 20,7      |   |
|  | 5             | 7,6       |       |           |   |
|  | 10            | 7,2       | 14,4  | 18,0      |   |
|  | 25            | 6,1       |       |           |   |
|  | 50            | 5,5       | 10,9  | 13,7      |   |
| 65° C  | 1             | 7,5       | 14,9  |           |   |
|  | 5             | 6,7       | 13,5  | 16,8      |   |
|  | 10            | 6,2       | 12,6  |           |   |
|  | 25            | 5,3       | 10,7  | 13,3      |   |
|  | 50            | 4,9       | 10,2  |           |   |
| 70° C  | 1             | 6,7       | 13,3  | 16,7      |   |
|  | 5             | 6,0       | 12,0  |           |   |
|  | 10            | 5,3       | 10,7  | 13,3      |   |
|  | 25            | 4,5       | 9,1   |           |   |
|  | 50            | 4,4       | 8,8   | 11,0      |   |
| 75° C  | 1             | 6,2       | 12,3  | 15,5      |   |
|  | 5             | 5,3       | 10,7  | 13,4      |   |
|  | 10            | 4,6       | 9,3   | 11,6      |   |
|  | 25            | 3,7       | 7,5   | 9,3       |   |

Trinkwasser (kalt)    
  Trinkwasser (warm)    
 Gesamte Tabelle = Heizungsleitungen

Bild 7 • Zulässige Betriebsüberdrücke (Sicherheitsfaktor 1,5) Durchflussmedium Wasser

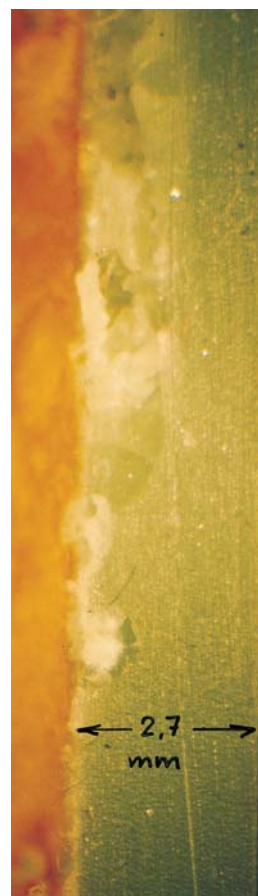


Bild 6 • PP-Typ 3, WW-Zirkulationsleitung. Bruch der Leitung durch Versprödung nach 15 Jahren (bei t ~ 50 bis 60 °C; P ~ 3 bis 4 bar) von innen nach außen; ca. 50 % der Rohrwand sind sichtbar betroffen.

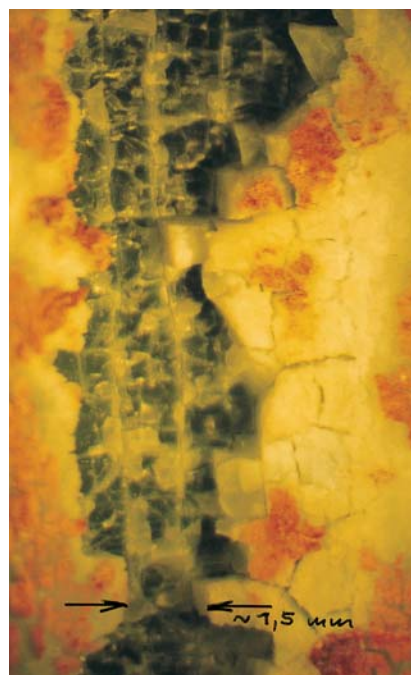
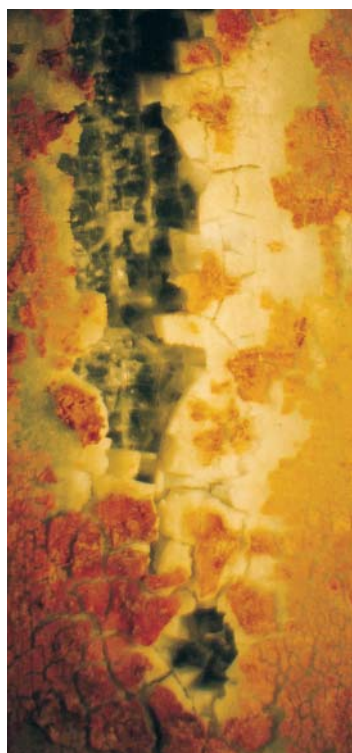


Bild 4+5 • Erosionsartiger Abtrag der gerissenen Schicht

mit Bruch der Leitung kommen (Bild 8). Zudem sind nach Angaben des Rohrherstellers Spitzentemperaturen von 100 °C durch kurzfristig auftretende Störungen unproblematisch. Der Granulathersteller spricht sogar von 110 °C.

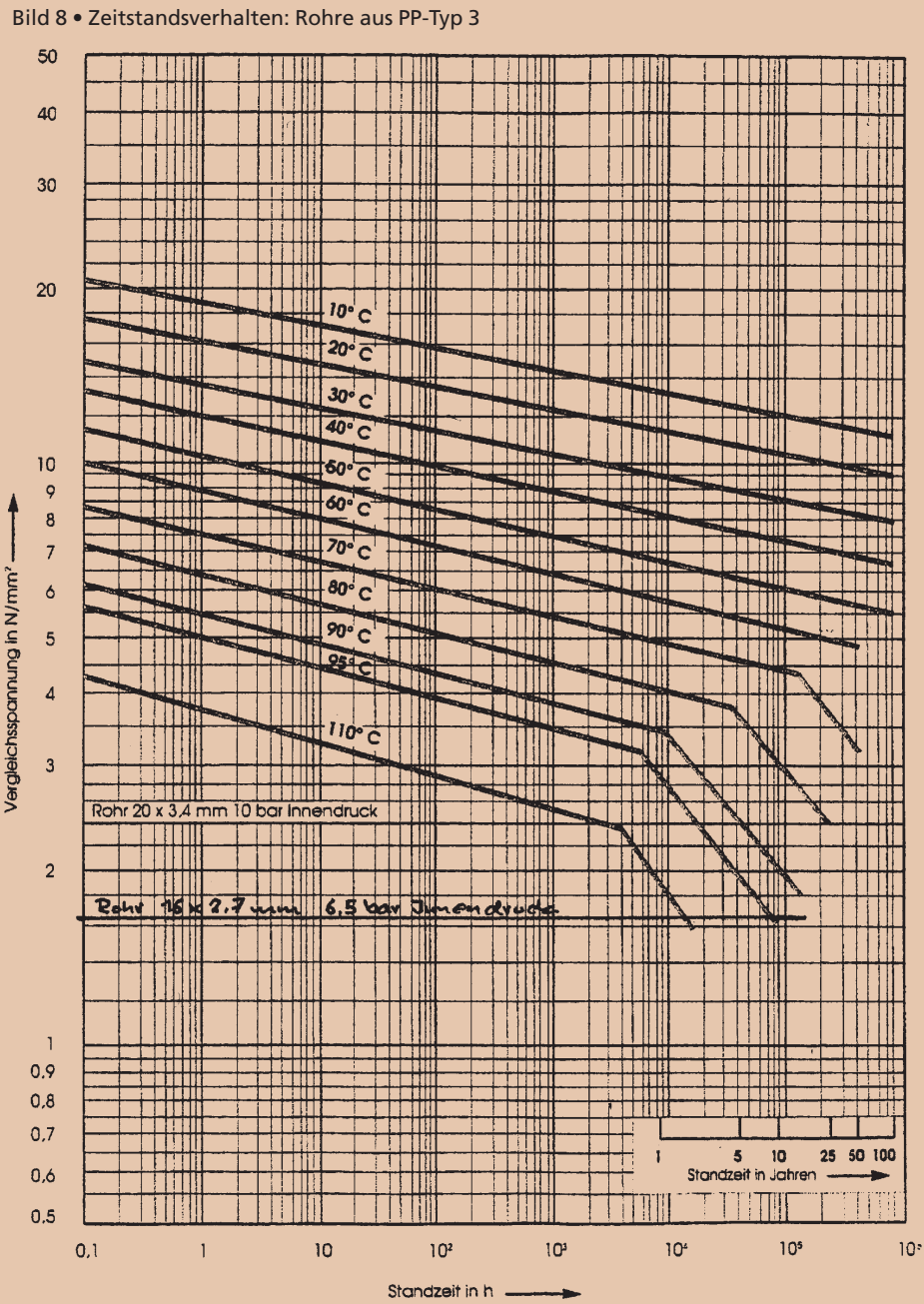
Die Einwirkung einer spannungsrissauslösenden oberflächenaktiven Substanz kann nach Aussagen der Installationsfirma mit an Sicherheit gren-

zender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Leitung der Warmwasserverteilung und der Steigleitung im Bereich der Zirkulationsleitung weisen zudem z. B. (noch) keine Brüche auf.

Eine UV-Schädigung der Rohre durch zu lange Freilagerungszeit scheidet aus, da die Rohre nicht von außen, sondern nur von innen angegriffen sind. Auch ein direkter Kontakt mit den Werk-

stoffen Kupfer oder Messing (bedenklich bei Temperaturen > 70 °C und pH-Werten ≤ 6,5) lag hier nicht vor.

Der Hersteller lehnte eine Schadensregulierung mit dem Hinweis auf das Alter der eingebauten Rohre (> 10 Jahre) ungeachtet der behaupteten Schadensursache (Verstoß gegen DIN 1988) ab. Eine Kulanzlösung wurde jedoch angeboten.





## 32. Rohre aus vernetztem Polyethylen (PE-X), 14 x 2 mm

### Undichte, durch Rissbildung zerstörte Rohre aus Heizungsinstallationen

Bild 1 zeigt zwei Rohrenden mit Messing-Klemmverbindern (Adaptern) für den Kunststoff-Rohranschluss an Heizkreis-Etagenverteiler. Die Rohrstücke stammen aus Heizungsanlagen und dienten der Einzelversorgung von Heizkörpern mit Warmwasser. Die Rohrleitungen waren nach dem Rohr-in-Rohr-System auf dem Rohfußboden verlegt.

Das rechte Rohr in Bild 1 zeigt neben einem klaffenden Querriss weitere Anrisse mit einer Länge bis zu 15 mm. Alle Risse beginnen an der äußeren Oberfläche des Rohres. Sie verlaufen parallel zueinander und sind nur auf der leicht nach innen gebogenen Seite des Rohres zu finden. Unter dem Mikroskop erkennbar, erstrecken sie sich auf der Rohroberfläche bis ca. 3 cm ab Klemmringrand (Bild 2).

Das ausgetretene Heizungswasser hat die Permeationsbremsschicht aus Ethylenvinylalkohol (EVOH) auf der Rohroberfläche braun verfärbt. Der Schaden trat nach einer Betriebsdauer der Heizungsanlage von ca. 5 Jahren auf.

Das linke Rohr im Bild 1 weist ebenfalls Querrisse auf, die sich strahlenförmig in Richtung Klemmring fortsetzen (Bild 3). Hier trat der Rohrbruch nach ca. 8-jährigem Betrieb der Anlage auf.

In beiden Fällen dürften die Ursachen der Rissbildung in Biege- und Zugspannungen zu suchen sein, die durch thermisch bedingte Ausdehnungs- und Kontraktionskräfte sowie zusätzlichen Längsschrumpf der Rohre entstanden. Bei PE-X ist z. B. nach DIN 16892 ein Längsschrumpf der Rohre bis max. 3 % zulässig. Bei "ungetemperten" Rohren wirkt sich diese Rohrverkürzung erst nach der Inbetriebnahme der Anlage aus. Bei "Rohr-in-



Bild 1 • Klemmverbinder aus Messing für den Anschluss von PE-X-Rohren an Heizkreisverteiler mit gerissenen PE-X-Rohren

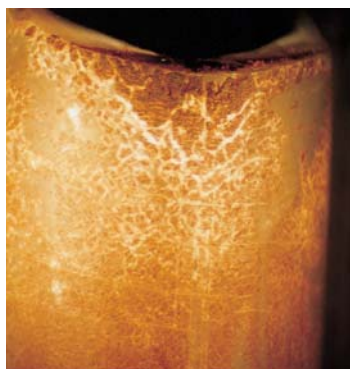


Bild 2 • Rissbildungen (klaffender Querriss und Anrisse bis 15 mm Länge) an PE-X 14 x 2 mm in der Nähe des Klemmringverbinders. Rissentfernung vom Klemmring ca. 7, 15 und 25 mm! Alle Risse einseitig auf der nach innen gebogenen Seite.



Rohr"-Installationen können sich diese Zugkräfte auf die "Festpunkte" Heizkörper bzw. Verteiler sowie ggf. auf Rohrmlenkungen und Verbindungen auswirken.

Wenn weder vom Systemvertreiber noch vom sonstigen Fachhandel geeignete, d. h. unter Baustellenbedingungen verwendbare Festpunktstrukturen angeboten werden, die diese Kräfte aufnehmen, können Beeinträchtigungen der Aufhängungen von Heizkörpern und Verteilern, aber auch der Rohrverbinder und der Rohre selbst nicht ausgeschlossen werden. Detaillierte Anweisungen über Auswahl und Anordnung müssen praxisorientiert und machbar den Planungs- und Montageunterlagen der Systemvertreiber zu entnehmen sein.

Schon die Forderung in solchen Unterlagen, dass diese Anschlussleitungen ohne Biege-, Zug- oder Verdrehspannungen zu montieren seien, lässt sich in der Praxis i. d. R. nicht verwirklichen. Da mir für den besprochenen Einsatzbereich keine a. R. der Technik bekannt sind, sollten Planer und Anlagenersteller die Herstellerunterlagen sorgfältig auf Durchführbarkeit der dort genannten Maßnahmen prüfen und diese Unterlagen zu den Auftragsunterlagen heften. Dabei ist darauf zu achten, dass aufgrund des raschen Fortschritts der Technik auf diesem Gebiet und der damit verbundenen häufigen Änderungen in den Herstelleranweisungen diese Unterlagen ein Ausgabedatum tragen.

Bild 3 • Rissbildung in PE-X-Leitung 14 x 2 mm nach achtjährigem Betrieb (1990 bis 1998) am MS-Klemmring der Verschraubung am Heizkreisverteiler

### 33. Mehrschichten-Verbundrohr DN 10

#### Enthaftungen zwischen Aluminiumzwischenrohr und Mediumrohr aus Kunststoff

Die Bilder zeigen den Rohrabschnitt einer Heizkörperanbindeleitung aus einer Warmwasserheizung. Das Wasserführende Innenrohr aus Kunststoff hatte sich auf einer Länge von ca. 60 cm vom Aluminiumzwischenrohr abgelöst. Nach ca. 4-jährigem Betrieb wurde der Schaden mit einer "Elektrikersonde", die zum Kabeleinziehen verwendet wird, geortet.

Die Heizleistung des Heizkörpers wurde durch die Innenrohrverformung mehr oder weniger stark beeinträchtigt. Heizwassertemperatur und die sich jeweils einstellende Konfiguration des Innenschlauches bestimmten den Wasserdurchgang. Dieser ungewollte Regeleffekt ließ anfangs vermuten, dass die Regelanlage des Heizkörpers bzw. der hydraulische Abgleich des Heizungssystems dafür ursächlich waren. Fehlersuche und Zusatzheizung zur Raumerwärmung gestalteten sich kostenträchtig.

Dieser "Verschluss" zeigt, dass eine dauerhafte Haftung dieser Schichten eines "Verbundrohres" während des Lebenszyklus der Heizungsanlage gegeben sein muss. Das gilt nicht nur für die geraden Rohrstrecken, sondern auch für Leitungsteile, die mehrfach – entsprechend den Rohrherstellernangaben – gebogen werden dürfen. Die gegenseitigen Verschiebungen der Schichten des Rohres beim Biegeprozess und die daraus resultierenden Kräfte müssen vom Haftvermittler (Kleber) auf Dauer verkraftet werden. Das gilt neben den Spannungen, die sich aus dem unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Metall und Kunststoff ergeben (Kunststoff dehnt sich ca. 10 x mehr als Metall), auch für ggf. auftretende Schrumpfspannungen bzw. so genannte Memorykräfte. Einmal enthaftete Bereiche können bei Temperaturwechselbeanspruchungen aufgrund des unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten Metall/Kunststoff und der zusätzlichen Kraftwirkung im Grenzbereich der enthafteten Schichten schnell zu einer Ausdehnung der enthafteten Zonen beitragen. Korrosions-



gefahr durch permeierenden und kondensierenden Wasserdampf zusammen mit anderen Gasen ist gegeben. Eine Beeinträchtigung der Haftung des Innenrohres auf dem Aluminiumrohr ist aufgrund der Alterung des Klebers, der Gaspermeation (u. a. "Wasserdampf"), durch das Kunststoffinnenrohr oder durch eine kritische Erweichung des Haftvermittlers (Klebers) bereits innerhalb üblicher bzw. möglicher Temperaturbelastung durch das Heizmedium denkbar.

Es ist deshalb bereits bei der Planung der Heizungsanlage darauf zu achten, dass hinsichtlich der letztgenannten Schadensmöglichkeit die maximal erreichbare Störfalltemperatur an keinem

Ort und zu keiner Zeit die maximal zulässigen – vom Rohrhersteller angegebenen – Temperaturen überschreitet; das bedeutet, dass die Hersteller von Wärmeerzeugern (schriftlich) zusichern, dass nicht nur im Neuzustand ihrer Geräte, sondern unter allen üblichen Betriebsbedingungen (z. B. Verschmutzung, Verschleiß, Verstopfung) diese Temperatur nicht überschritten wird. Soweit hier für diese Rohre und ihre Verbindungen unzulässige Drücke aufgebaut werden können, gilt das unabhängig von dem vorstehend betrachteten Temperaturlimit natürlich auch für die maximal verkraftbaren Drücke (nach Herstellerangaben können z. B. bei hydraulisch gesteuerten,

## 34. Mehrschichten-Verbundrohr DN 20

elektr. Durchlauferhitzern Drücke von über 27 bar bei Temperaturen bis 150 °C auftreten; auch bei Kesseln mit hohen Temperaturänderungsgeschwindigkeiten – kleiner Wasserinhalt und hohe Leistung – kann es im Betriebs- oder Störfall zu Temperaturüberschwingungen kommen, die nicht von allen Rohrwerkstoffen etc. hingenommen werden). Es empfiehlt sich, die für den Rohrwerkstoff, seine Verbinder und Verbindungen begrenzten Einsatzrandbedingungen dem Auftraggeber mitzuteilen und diese in den Bedienungsanleitungen der Anlage zu vermerken, damit das beim Austausch von Wärmeerzeugern oder einer Änderung der regelungstechnischen Parameter berücksichtigt werden kann.

Die Benachrichtigung des Auftraggebers erscheint mir im Rahmen der so genannten Aufklärungsrechtsprechung u. a. zur "risikobehafteten Planung" auch deshalb wichtig, weil es meines Erachtens bisher keine anerkannte Regel der Technik für die Auslegung der Mehrschichtenrohre gibt. Die Langzeitfestigkeit kann abhängig von den einzelnen Schichtdicken, Rohrdurchmessern, Werkstoffkombinationen, Kleberhaftung usw. nur empirisch ermittelt werden. Das Versagen einzelner Komponenten wirkt sich in der Regel negativ auf die zulässige Innendruckfestigkeit und Standfestigkeit der Rohre und Rohrverbindungen aus.

Quellen u. a.:

W. Langlouis, "Mehrschichtenrohre mit steigender Tendenz", SKZ-Forum, März '98, Würzburg;

W. Langlouis, "Mehrschichtenrohre, eine unterschätzte Alternative", sbz 8/1998, S. 52 ff., Gentner-Verlag, Stuttgart;

B. Genath u. a., SHT-Diskussion zu Verbundrohren, SHT 4/1997, S. 74 ff. und SHT 3/1997, S. 118 ff., Krammer-Verlag, Düsseldorf;

Dr. C. L. Kruse, "Anforderungen an Rohrleitungen in der Sanitär- und Heizungstechnik", IKZ-Haustechnik 13/1992, S. 51 ff.;

Karl-J. Heinemann, "Das könnte juristische Schwierigkeiten bereiten", SHT 3/1996, S. 115 ff., Krammer-Verlag, Düsseldorf.

### Enthaftungen zwischen Aluminiumzwischenrohr und Mediumrohr aus Kunststoff PE-X

Die Bilder zeigen den Rohrabschnitt eines Mehrschichten-Verbundrohres nach kegeliger Aufkelchung um ca. 10 %. Die Qualität der Schichtenhaftung und der Schweißnaht des Aluminiumrohres bestimmen bei diesem Rohr entscheidend die Langzeitfestigkeit des Verbundes und damit der Einsatzgrenzen des Rohres.

Beide Parameter sind deshalb kontinuierlich zu überprüfen, da es nach meinem Kenntnisstand bisher kein anerkanntes Berechnungsverfahren für die Auslegung der Rohre, ihres Schichtenaufbaus usw. gibt und deshalb empirisch aufgrund eines Tests von einem Jahr die Innendruck-Zeitstandfestigkeit auf 50 Jahre hochgerechnet wird.





## 35. Unterputzmischarmatur für Trinkwasser

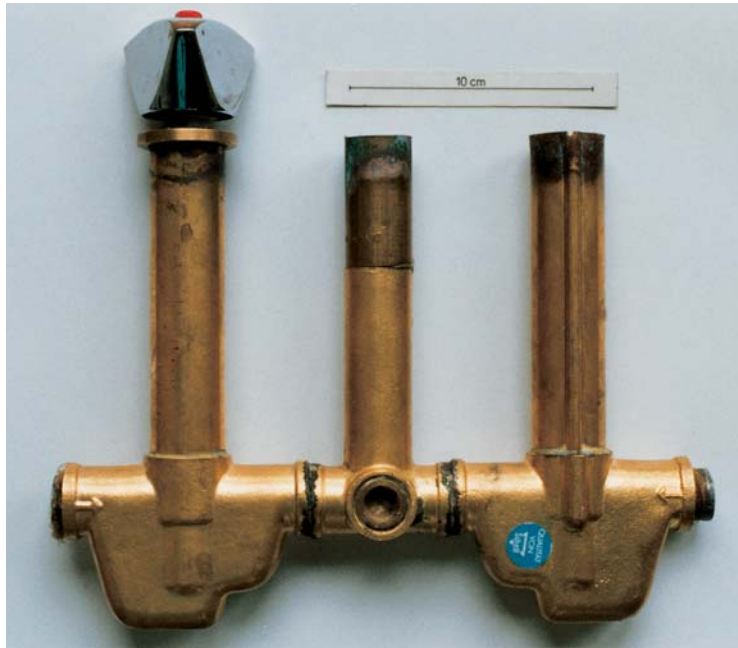


Bild 1 • Unterputzventil mit gerissenen Profilrohren, vermutlich Spannungsrisskorrosion, Gesamtansicht des Unterputzventils

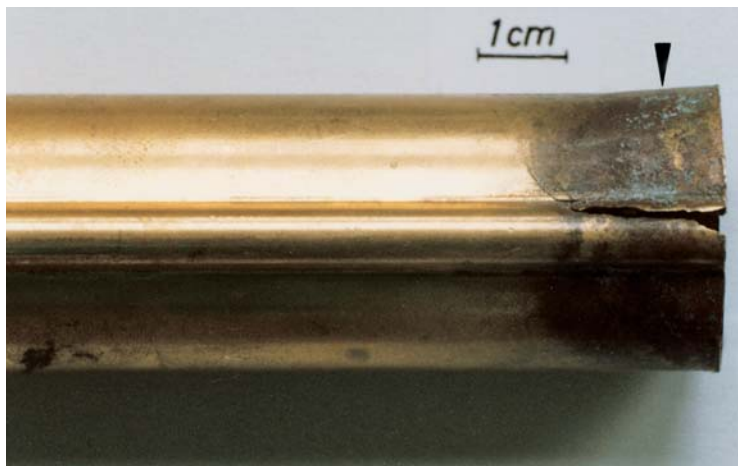


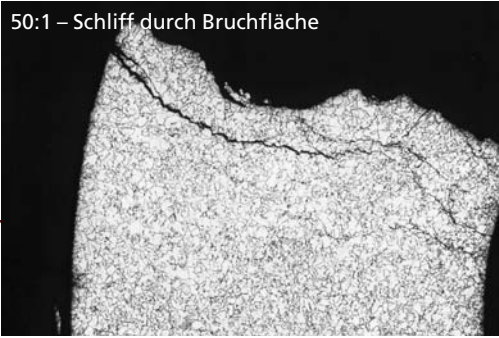
Bild 2 • Rechtes Profilrohr aus oberem Bild ; erster Riss in der Auswölbung, zweiter Riss um 90° versetzt (Pfeil)

### Spannungsrisskorrosion (SRK) an den aus Messing gezogenen Schutzrohren der Ventilspindeln

Die 20 bis 30 mm langen Spannungsrisse, die längs der Rohrachsen, ausgehend vom Rohrstück (siehe Bild 1), im Bereich der Fugenabdichtung zwischen Fliesen und Rohrdurchführung auftraten, wurden durch Zugspannungen im Werkstoff, verbunden mit immer wieder auftretender Feuchtigkeit von außen und dem gleichzeitigen Zutritt von Spannungsriss auslösenden Agenzien, verursacht. Aufgrund der zerstörten Nockenführung im aufgerissenen Nut der Messinghülse (siehe Bild 2) konnte die Armatur nicht mehr betätigt werden. Der Bereich um die Risse ist durch den korrosiven Angriff rötlich verfärbt; auch grünliche Korrosionsprodukte waren zu finden. Die Untersuchung auf SRK-Empfindlichkeit ergab, dass die Schutzrohre wohl thermisch entspannt waren. Im Bereich der in das Schutzrohr (nachträglich!?) eingepressten Führung für die Ventilverlängerungen sind jedoch die max. zulässigen Zugspannungen im Messingmaterial überschritten. Metallographische und REM-Untersuchungen bestätigen das (siehe Bild 3, 4, 5, 6 und 7). Die Hahnverlängerung nach DIN 3523 aus Messing (CuZn39Pb3 – MS 58 –) wies keine SRK-Angriffe auf, obwohl dieselben Betriebsbedingungen vorlagen; offenbar wurden die max. zulässigen Spannungen auch durch die Montage nicht überschritten.

Die alkalisch aushärtende Silicon-Fugenabdichtmasse könnte zusammen mit dem von den Fliesen beim Duschen oder beim Fliesenreinigen durch den Spalt der Wandrosetten bis zur un-

50:1 – Schliff durch Bruchfläche



50:1 – Detail von Bruchfläche mit Nebenrisen



Bild 3-5 • Verzweigter Nebenriss (ausgehend von der Rohrinne) mit transkristallinem und interkristallinem Verlauf



Bild 6 • Interkristalliner Bruch mit Spuren von Schwefel auf der Bruchoberfläche



Bild 7 • Detail der Bruchfläche: Die Partikel auf der Bruchfläche bestehen aus Aluminium

geschützten Messingoberfläche eindringenden Wasser den Korrosionsvorgang ausgelöst haben.

Zu den SRK-auslösenden Mitteln zählen:

Ammoniak und ammoniakalische Verbindungen (z. B. in Reinigungsmitteln, Urin; Salmiakgeist), Ammonium, Nitrit (z. B. durch Reduktion von Nitrat im Trinkwasser zu Nitrit und Ammoniak durch Zink oder Mikroorganismen), Essigsäure (z. B. in ökologisch abbaubaren Haushaltsreinigern), Sulfide, Sulfate, Fruchtsäfte, Desinfektionsmittel ohne klare Deklaration der Inhaltsstoffe, Dichtmittel (z. B. sauer oder alkalisch aushärtende Silikone als Fugendichtungen für die Rohrdurchdringungen) und Dämmstoffe mit zuvor genannten Anreicherungen.

Gefährdet sind alle Messingqualitäten – auch Sonderlegierungen mit Arsen- und Siliziumanteilen –, da die SRK-kritischen Zugspannungen aufgrund der Herstellung, Verarbeitung, Montage und des Betriebs dieser Teile schnell erreicht sind. Nach Untersuchungen in Schweden sind Spannungen  $> 80 \text{ N/mm}^2$  bei MS 58 bereits kritisch. Aber auch für feuchtfreie Einsatzbereiche sollten vom Bauteilhersteller nur spannungsarm getemperte Fittings geliefert werden, um beim Herstellen von Gewindeverbindungen nach DIN 2999 eine ausreichende Zähigkeit des Werkstoffs, d. h. Widerstand gegen Gewaltbruch, zu haben. Prüfungen auf SRK-Empfindlichkeit können mit der Tüpfelprobe nach DIN 50916, T.2, mit ammoniakalischer Lösung (Nessler-Reagenz.) vorgenommen werden.

(Quelle: u. a. DIN 50929, Teil 1 (9.85), Abs. 5.5, 5.5.3; Teil 2 (9.85), Abs. 4, 5.3, 6.4)





## 36. Press-Verbindungsbauteile aus Messing für die Rohrinstallation

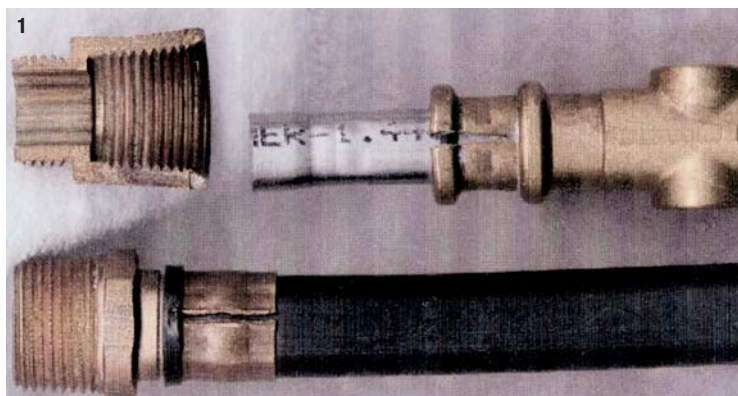
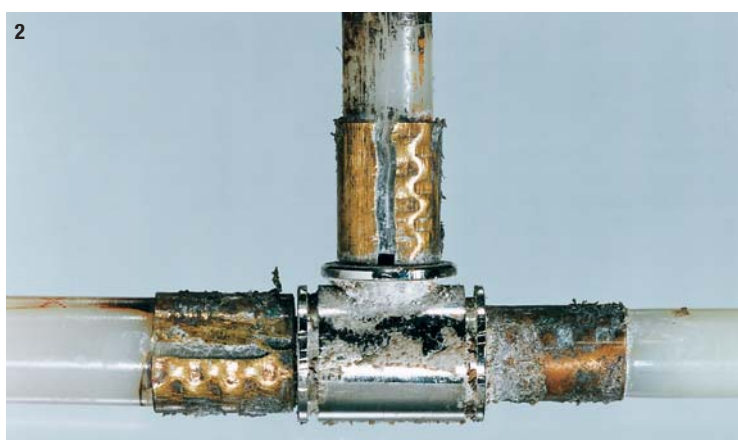


Bild 1 zeigt links oben eine Messingverlängerung 1/2", die durch übermäßiges "Aufhanfen" aufgeklüftet wurde. Die beiden ca. 10 mm langen radialen Risse, die am Innengewindeausgang beginnen, entstanden durch Spannungsrisskorrosion, ausgelöst durch eine regelwidrige Aufhanfung, die hier sogar zu einer starken Verfor-

Bild 1 zeigt rechts neben der Hahnverlängerung eine Messing-Pressverbindung in Verbindung mit einem Edelstahlrohr, die beim Verpressen durch Gewaltbruch zerstört wurde. Bei dieser Art der Verbindungstechnik wird der Werkstoff Messing einer hohen Verformung ausgesetzt. Er muss deshalb ausreichend getempert ("weich geglüht") sein, um die durch den Verformungsvorgang aufgebrachten Zug- und Biegespannungen klaglos verkraften zu können. Die verbleibenden Zugspannungen im Messingquerschnitt sollten unter 80 N/mm<sup>2</sup> liegen, um auch in einem spannungsrissgefährdeten Umfeld dauerhaft beständige Verbindungen zu gewährleisten. Bild 1 zeigt unten die Pressverbindungsstelle eines Mehrschichtenrohres. Sie ist axial über die gesamte Länge der Presshülse aufgeplatzt, da das Material Messing nicht ausreichend getempert oder dimensioniert war.

**Gewaltbrüche bzw. Spannungsrisskorrosionsversagen an Bauteilen von Rohrleitungsanlagen**

Bild 1 zeigt links oben eine Messingverlängerung 1/2", die durch übermäßiges "Aufhanfen" aufgeklüftet wurde. Die beiden ca. 10 mm langen radialen Risse, die am Innengewindeausgang beginnen, entstanden durch Spannungsrisskorrosion, ausgelöst durch eine regelwidrige Aufhanfung, die hier sogar zu einer starken Verfor-



**Bild 2 und 3 zeigen Messingpressverbindungen, die nach einer Spannungsrisskorrosionsbeanspruchung zerstört wurden**

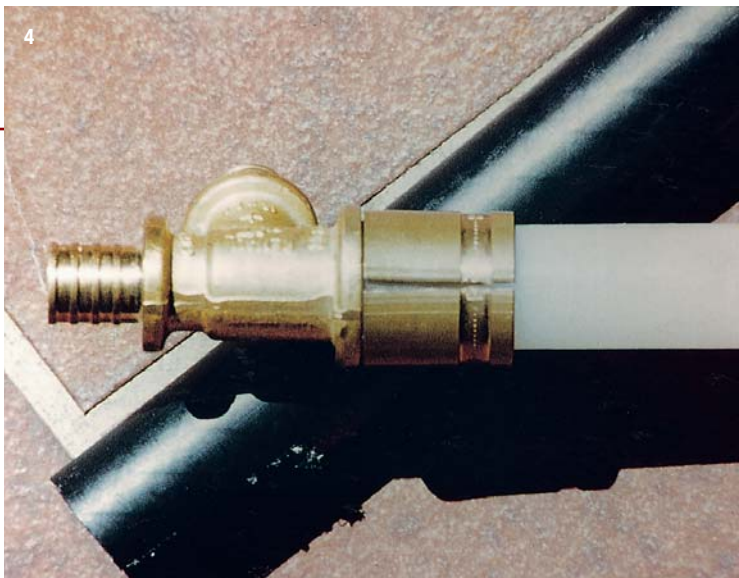


Bild 4 zeigt eine Schiebehülseverbindung, bei der die Schiebehülse aus Messing (CuZn39Pb3 F43 nach DIN 17671) nach dem Verpressen aufbriss. Das Material war unzureichend getempert. Bei derartigen Beanspruchungen ist eine Mindestbruchdehnung von mehr als 15 % erforderlich. Die Verbindung blieb dennoch dicht und zugfest, da das PEX-Rohr aufgrund des "Memory-Effektes" (Schrumpfspannungen) fest mit der Tülle verbunden war.

mung (mess- und sichtbare Aufkелchung) des Innengewindeanschlusses führte.

Bei der heute anerkannten Gewindeverbindungstechnik nach der DIN 2999 Teil 1 (zylindrisches Innen- und konisches Außengewinde – Steigung 1:16) wird bei maßhaltigem Gewinde und Verbindungsteil eine Dichtung Metall auf Metall erreicht, die absolute Dichtheit sicherstellt, sofern beim Zusammendrehen eine Verformung des Außengewindes vermieden wird. Vom Gleitmittelträger Hanf, der langfaserig und knotenfrei sein muss, darf nur so viel in die Gewindegänge des Außengewindes eingezogen sein, dass die Gewindespitzen noch herausragen. Nach dem Auftragen des nicht aushärtenden Gewindegleit(dicht)mittels ist sodann die Verbindung entsprechend den Anforderungen der DIN 2999 Teil 1 herzustellen. Das Gleit- Dichtmaterial soll also nur unvermeidliche Abweichungen vom theoretischen Gewindeprofil und Rauigkeiten der Oberflächen der Gewindeflanken ausfüllen (siehe auch R. Beccard, E. Szederjei – Das Gewinde für die Rohrinstallation, IKZ-Haus-

technik, Heft 5, 1994, S. 39 ff., Strobel-Verlag, 59821 Arnsberg).

Die Messingbauteile im Bereich der Gewindeverbindung müssen dabei so bemessen sein, dass die zum dichten Zusammenschrauben einer solchen Verbindung notwendigen Anzugsmomente zu keinem Überschreiten der max. zulässigen Zugspannungen, die eine Spannungsrisskorrosion auslösen könnten, führen. Untersuchungen haben gezeigt, dass z. B. für eine 1/2"-Verbindung ein Prüfanzugsmoment von 160 Nm zu fordern ist (siehe auch Karl-J. Heinemann, Wolfgang Prenntzell – Kommentar zu den DVGW-TRGI 1986 in der Fassung von 1996 – Abs. 3.2.5 und 3.2.6.1; Gentner Verlag, 70015 Stuttgart).

## 37. Mehrschichtenverbundrohr DN 10 (16 x 2,7 mm)

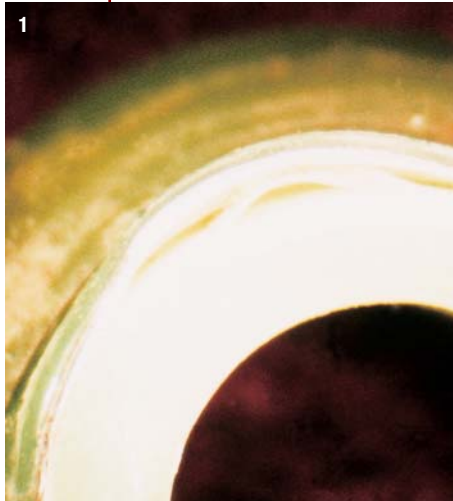


Bild 1 • Mehrschichtenrohr ohne Verbundhaftung

Bild 2 • Abrissstelle am Fitting

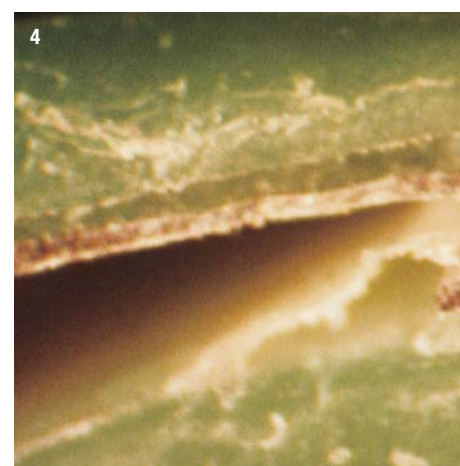
### Enthaftungen zwischen Aluminiumschicht sowie dem Medium- und Außenrohr aus Kunststoff Polypropylen PP-R

Die Bilder zeigen den Rohrabschnitt eines Mehrschichten-Verbundrohres nach ca. 4-jährigem Betrieb in einer Trink- Warmwasserleitung.

Die verschiedenen Schichten hatten sich voneinander gelöst (s. Bild 1); die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Aluminium und Kunststoff bewirkten den Abriss von Außenschicht und Aluminium am Fitting (s. Bild 2). Dort kam es zu Undichtheiten. Außerdem ging die – hinsichtlich der Längenausdehnung des Rohres - stabilisierende Wirkung des Aluminiums verloren. Die Längenausdehnung des Ursprungsrohres von ca. 0,024 mm/mK änderte sich durch die Enthaftung der Schichten auf ca. 0,15 mm/mK. Die geplanten Kompensationsmöglichkeiten für die maximal im Betrieb der Anlage auftretenden thermisch bedingten Längenänderungen der Rohre reichten nicht mehr aus, da die Leitungsausdehnung mit einem wesentlich kleineren Ausdehnungskoeffizienten geplant war. Das führt zu einer erheblichen Mehrbelastung der Rohrleitungsfestpunkte und zum Versagen des Rohrwerkstoffs bzw. seiner Verbinder oder Verbindungen.

Bild 3 oben zeigt rechts vom Fitting die faltenwurfartigen Schrumpfeffekte der Außenschicht aufgrund des unterschiedlichen Ausdehnungsverhaltens der voneinander gelösten Schichten. Bei mikroskopischer Betrachtung zeigte sich (s. Bild 4), dass das zum Rohr verformte Aluminiumband mit einer Dicke von ca. 0,15 mm beidseitig mit einer ca. 0,05 mm dicken Kunststoffschicht kaschiert war, die die Verklebung der Aluminiumenden sowie die dauerhafte Verbindung mit dem Kunststoffinnen- und -außenrohr bewirken sollte.

Die Qualität der Schichtenhaftung bestimmt bei den Mehrschichtenrohren entscheidend die Langzeitfestigkeit des Verbundes und damit die Einsatzgrenzen des Rohres. Beide Parameter sind deshalb kontinuierlich zu über-



prüfen, da es nach meinem Kenntnisstand bisher kein anerkanntes Berechnungsverfahren für die Auslegung der Rohre, ihres Schichtenaufbaus usw. gibt und deshalb empirisch aufgrund eines Tests von 1 Jahr die Innendruckzeitstandfestigkeit auf 50 Jahre hochgerechnet wird.

Dabei ist es unerheblich, ob das Aluminium

- ◆ als Festigkeitsträger des Rohres und seiner Verbindung oder
- ◆ als Permeationssperre oder
- ◆ als Längenausdehnungsverminderer oder
- ◆ als Hilfsmittel für die Verlegung (biegefreundlich/biegesteif) oder
- ◆ als Kombination der o. g. Funktionen

angeboten und eingesetzt wird: Ablösungserscheinungen gefährden die Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit der Anlage.



## 38. Mehrschichtenverbundrohr und Wandwinkel zum Anschluss von Auslaufarmaturen

### Wasserschaden aufgrund von Undichtheiten an den verpressten Rohranschlussstellen

Das Bild zeigt Wandwinkel, die in einer Trinkwasserinstallation eingesetzt waren. An den Verbindungsstellen der Mehrschichtenrohre mit dem Wandwinkel traten beim Betrieb der Anlage erhebliche Undichtheiten auf, die zu Wasserschäden führten. Vor Inbetriebnahme wurde die Leitungsanlage mit Wasser und einem Druck von 15 bar abgedrückt. Sie war dicht. Die Leckstellen traten erst bei den Betriebsdrücken zwischen 3,5 und 6 bar auf. Die direkt auf der Tülle (ohne Presshülse) verpressten Rohrenden wurden zur Untersuchung der Schadensursache im Labor aufgeschnitten. An den Dichtringen fand sich keine Verletzung. Die Tüllenoberfläche und ihre Geometrie entsprach vergleichbaren ungebrauchten Wandwinkeln desselben Systemanbieters. Güte der Oberfläche und Abmessungen der Tülle sind nicht überbetrieblich genormt. Aufgrund der Undichtheiten fanden sich Kalkablagerungen sowohl vor als auch hinter dem Dichtring. Andere Verschmutzungen, z. B. montagebedingt, waren nicht erkennbar (erfahrungsgemäß können z. B. nach dem Entgraten des Innenrohres nicht entfernte Kunststoffspäne, wenn sie im O-Ringbereich eingepresst werden, später zu Undichtheiten führen). Bei kleinen Rohrinnweiten, die dem Finger des Installateurs unzugänglich sind, müssen zur Säuberung der zu verpressenden Stelle andere Hilfsmittel eingesetzt werden. Das Bild der Wandwinkel zeigt weiterhin, dass der Gewindeanschluss angefräst wurde. Nach Auskunft der Installateurfirma geschah dies bei der Fertigmontage der Anlage, der Installation der Auslaufarmaturen. Eine Recherche zur Befestigung der Wandwinkel ergab, dass diese bei der Leitungsmontage "wie üblich eingegipst" wurden. Irgendwelche Schraubspuren waren demgemäß an den für



Bild 1 • Mehrschichtenverbundrohr und Wandwinkel

die Befestigung des Wandwinkels vorgesehenen drei Schraubenlöchern auch nicht feststellbar.

Als Ursache der Undichtheiten kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die beim Abfräsen des Gewindeanschlusses bzw. beim Eindrehen des aufgehängten Anschlussgewindes aufgebrauchten Biegemomente zu einer, wenn auch nur geringfügigen, Aufkantung des Mehrschichtenrohres geführt haben. Der Hersteller weist in seinen Montageunterlagen, aufgrund dieser biegemomentsensiblen Verbindungstechnik, ausdrücklich darauf hin, dass die Wandwinkel verdrehsicher zu befestigen sind, damit keine Biegemomente auf die Pressverbindung übertragen werden können. Bei dem Wandwinkel kann dies mit einer Dreipunkt-Befestigung, wie vom Hersteller vorgesehen, geschehen. Auch andere verpresste Verbindungsstellen, die bei der Montage oder bei späteren Instandhaltungsmaßnahmen durch Biegemomente beansprucht werden können, sind entsprechend zu fixieren.

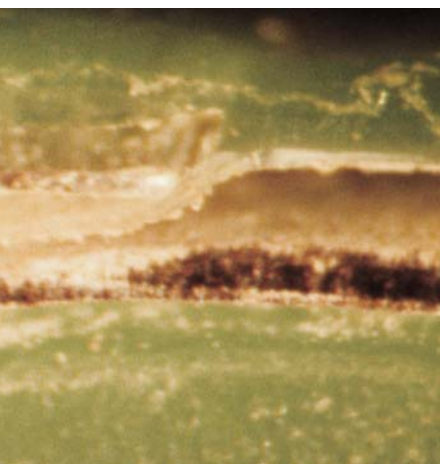
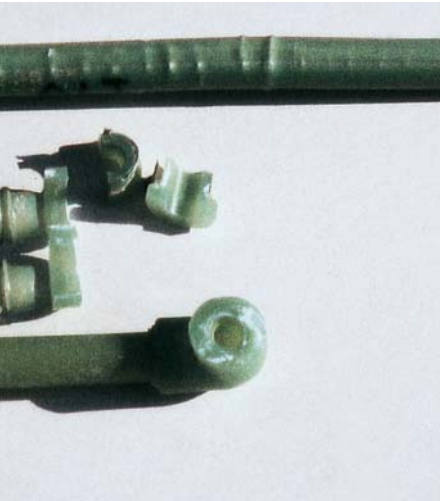


Bild 3 • strumpfhosenartige Faltung der vom Innenrohr gelösten Schichten

Bild 4 • Detail der überlappten Aluminiumenden mit dazwischen liegender, abgelöster Kunststoffklebeschicht

## 39. Rohr aus phosphordesoxydiertem Kupfer (SF-Cu), 28 x 1,5 mm



### Muldenfraß aufgrund von Erosionskorrosion hinter einem nicht entgrateten Rohrende einer Warmwasserleitung

Das Rohr stammt aus einer Warmwasserleitung. Neben den blanken, hufeisenförmigen Erosionsstellen zeigen sich auch inaktive, mit dunkelbraunen Kupfer(I)-Oxyden bedeckte Erosionsstellen. Dieser "Selbsteffekt" tritt bei dieser Korrosionsart überall da auf, wo sich die negativen Randbedingungen verbessert haben. Der erste Durchbruch der Rohrwandung trat erst nach ca. 15 Jahren hinter einem dieser Stelle vorgeschalteten Schrägsitzventil auf. Zum Zeitpunkt der Beweissicherung war das Ventil nur minimal geöffnet. Es hatte offensichtlich über längere Zeit als Drosselventil gearbeitet.

Erosionskorrosion entsteht bei örtlich zu hoher Strömungsgeschwindigkeit des fließenden Mediums, das aufgrund hoher Scherkräfte die sich immer neu bildenden, schützenden Deckschichten abbaut. Hier ist das die sich zuerst bildende Kupfer(I)-Oxydschicht. In sauerstofffreien Wässern existiert diese Form der Erosionskorrosion deshalb auch nicht. Dieser Prozess kann durch Dampfblasenbildung oder Entgasung, die unter der Sättigungsgrenze des jeweils zugehörigen Drucks entsteht, infolge Kavitation überlagert bzw. beschleunigt werden. Erosion entsteht im Verengungsbereich, Kavitation auf der Expansionsseite. Bei höheren Gehalten an gelöstem Kohlendioxid im Wasser erhöht sich der Materialabtrag. In strömenden Zweiphasengemischen (z. B. Sattdampfleitungen) kann es zu Erosionen durch Tropfenschlag kommen.

In der Hausinstallation ist die Erosion von Kupferleitungen nahezu ausschließlich in den Zirkulationsleitungen der Warmwasserversorgung anzutreffen.

Bei Wasser sollte die rechnerische Strömungsgeschwindigkeit in der Kaltwasserleitung

- ◆ bei intermittierendem Betrieb (durchschnittliche Zapfzeit unter 15 Minuten),
  - bei Anschlussleitungen 2 m/s,
  - bei Verbrauchsleitungen mit druckverlustarmen Durchgangsarmaturen ( $\zeta < 2,5$ ), z.B. Schrägsitzventile nach DIN 3502 (ab DN 20), 5 m/s sowie
  - bei Teilstrecken, die Durchgangsarmaturen mit höheren Verlustbeiwerten, z.B. Geradsitzventile nach DIN 3512, aufweisen, 2,5 m/s,
- ◆ bei darüber hinausgehenden Zapfzeiten ( $> 15$  Minuten) 2 m/s,
- ◆ bei Warmwasser- und Zirkulationsleitung bei Dauerbetrieb 0,5 m/s nicht überschreiten.

Bei Überschreiten dieser Strömungsgeschwindigkeiten besteht die Gefahr von

- ◆ Erosionen
- ◆ Druckstößen (deshalb die Begrenzung auf 2 m/s in Anschlussleitungen)
- ◆ Schallemissionen durch strömungünstige Armaturen ( $\zeta$ -Wert  $> 2,5$ ), z.B. Geradsitzventile nach DIN 3512.

Grate, scharfe Kanten und Umlenkungen sowie große Querschnittsveränderungen sind immer erosionsgefährdend.

Im vorliegenden Fall sind Wirbelbildung aufgrund der starken Querschnittsveränderung im gedrosselten Ventil und an dem nicht entgrateten Rohrende die Ursachen des Korrosionsschadens.

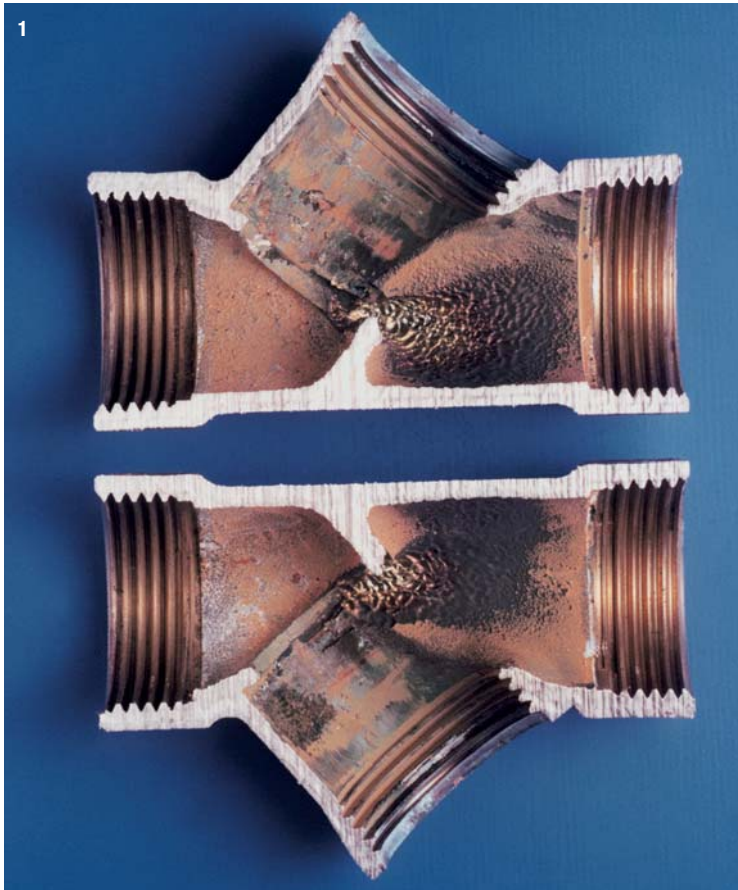
(Quellen: u.a. DIN 1988, Teil 3 (12.88), Abs. 8 u. 14; Teil 7, Abs. 3.1, vorletzter Absatz.

Boger, Heinzmann u.a.: Kommentar zur DIN 1988, Teile 1 bis 8, 1. Auflage 1989, S. 210, Beuth-Verlag, Berlin; Gentner-Verlag, Stuttgart.

DIN 50930, Teil 5 (2.93), Abs. 3.3; 5.4; 6.1.

E. Wendler-Kalsch, H. Gräfen: Korrosionsschadenkunde, Springer-Verlag, Berlin, 1998.)





## 40. Ventile aus Messing, DN 25

### Muldenfraß aufgrund von Erosionskorrosion in als Drosselventil betriebenen Ventilen

Das Schrägsitzventil und die Unterputzarmatur als Geradsitzventil nach DIN 3512 stammen aus Trinkwasserinstallationsanlagen.

Hinter den Ventilsitzen sind in Strömungsrichtung Erosionen erkennbar, die z.T. hufeisenförmiges Aussehen tragen (Bild 2 oben). Auffallend ist die örtliche Begrenzung und beim Schrägsitzventil (Bild 1) die blanke Oberfläche im Erosionsbereich. Das Geradsitzventil zeigt auf den erodierten Stellen aufgrund einer Änderung der Strömungsbedingungen eine bereits wieder geschlossene Oxidschicht; d.h., es tritt ein Selbstheilungseffekt ein, der einen Ventilaustausch entbehrlich macht, wenn Dichtheit und Funktion des Ventils noch nicht beeinträchtigt sind. Hier kam es jedoch (s. Bild 2 und 3: Pfeil)

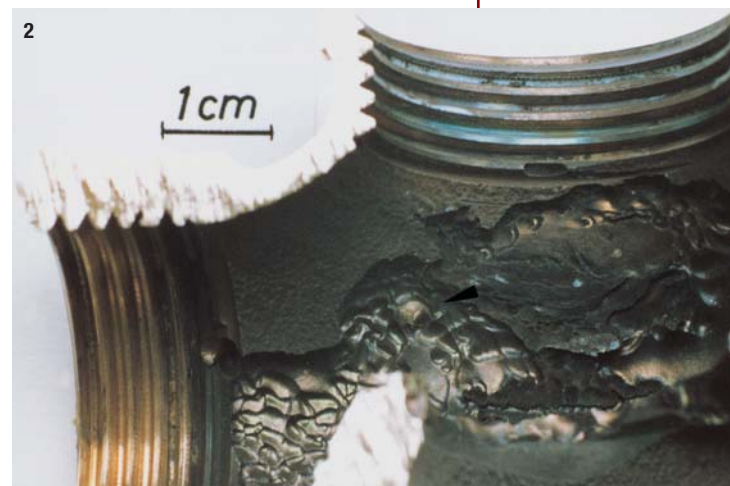
bereits zu einem Wanddurchbruch. Die Erosionen traten dort auf, wo durch starke Volumenstromdrosselung (Querschnittsverminderung und Umlenkung) an den Ventilsitzen die Strömungsgeschwindigkeit stark zunimmt. Überlagert durch örtliche Turbulenzen entstehen so große Scherkräfte an der Oberfläche des Werkstoffs, dass die dort gebildeten Oxidschichten immer wieder abgetragen werden; daher die meist metallblanke Oberfläche der erodierten Bauteilstelle. Konstruktions- oder fertigungsbedingte Kanten, Vorsprünge, Grate, scharfe Umlenkungen usw., die im Strömungsquerschnitt liegen, verstärken die örtliche Wirbelbildung und sind deshalb zu vermeiden. Die Ventile müssen über lange Zeit in fast geschlossenem Zustand (Drosselstellung) betrieben worden sein. Das Geradsitzventil wurde nach der Erosionskorrosion vermutlich wieder geöffnet.

In der Literatur werden für Sondermessing bei Beanspruchung durch Seewasser max. zulässige Strömungsgeschwindigkeiten von 3 bis 4,5 m/s angegeben; für Rotguss 6 m/s.

Quellen u.a.:

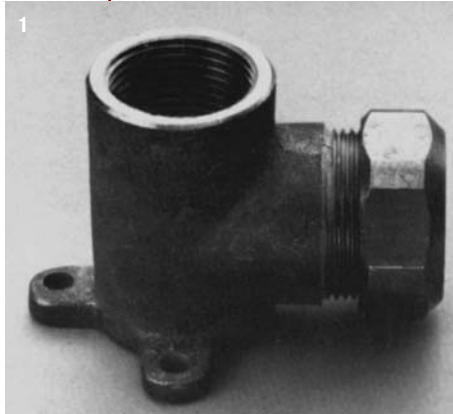
DIN 50930, Teil 5 (2.93) Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer - Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit von Kupfer und Kupferwerkstoffen -, Abs. 3.3; 5.4; 6.1. DKI-Sonderdruck, Dr. Hans Joachim Wallbaum; Deutsches Kupferinstitut, 40474 Düsseldorf.

E. Wendler-Kalsch, H. Gräfen: Korrosionsschadenkunde, Springer-Verlag, Berlin, 1998.





## 41. PVC-C-Rohr mit Klemmverschraubung



### Abriß des Rohres in der Verschraubung

Eine Wandscheibe (Bild 1) war in einer Trinkwasserhaushaltsinstallation im Kaltwasserbereich vor einer Auslaufarmatur montiert. Nach etwa dreijähriger Betriebszeit riss das PVC-Rohr am inneren Klemmringende (Bild 2). Es kam zu einem größeren Wasserschaden.

Die Bilder der Bruchzone (Bild 3,4,5) zeigen Dauerbruch-Rastlinien von außen nach innen gehend mit einem Gewaltbruch des Restquerschnitts.

Die Ursache des Dauerbruchs dürfte in der Kerbwirkung des inneren Klemmringendes (Pfeil in Bild 6) verbunden mit den konstruktiv und be-

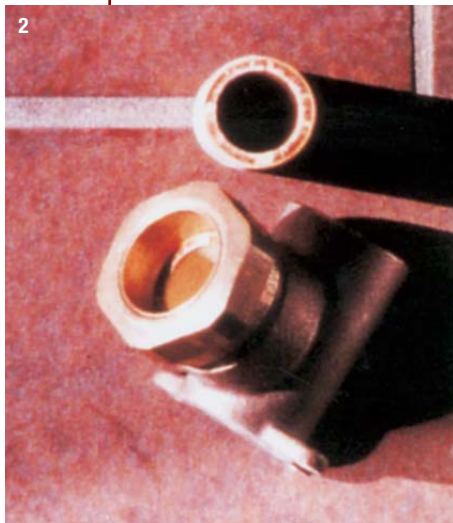


Bild 1 • Wandwinkel mit Klemmring und Klemmverschraubung zum Anschluss von PVC-C-Rohr. Material: Messing. Dauerbruch beziehungsweise Gewaltbruch des PVC-C-Rohres am inneren Klemmringende durch Kerbwirkung des MS-Klemmrings und Biegewechselbeanspruchung durch Druckstöße, die von der dort angeschlossenen schnell schließenden Armatur ausgingen.

Bild 2 • Wandwinkel mit Blick auf Bruchstelle des PVC-C-Rohres am inneren Klemmringende

trieblich unvermeidbaren Zugbeanspruchungen zu suchen sein. Bei Biegewechselbeanspruchungen als Ursache hätte das Rohr am äußeren Ende des Klemmrings brechen müssen. Auch in einer Reihe weiterer Fälle (zum Beispiel als Übergangverschraubungen an Schrägsitzventilen) traten trotz der Führung und Halterung des Rohres durch den Klemmring die Brüche immer an inneren Ende auf.

Aufgrund der Verbinderkonstruktion und der Hersteller-Montageleitung sind Installationsfehler praktisch unmöglich (Bild 7 und 8). In der Anleitung heißt es unter anderem: "Durch den Bund am Klemmring ist ein zu starkes Anziehen und eine Beschädigung des Rohres ausgeschlossen."

Die Konstruktion des Verbinders und der Verbindung wurde von DVGW nach dem Arbeitsblatt W 534 "Rohrverbinder und Rohrverbindungen" geprüft. In diesem Arbeitsblatt wird unter Absatz 8 "Maße" unter anderem gefordert, dass der Rohrverbinder und gegebenenfalls die Bauteile in ihren Maßen und Toleranzen so auf das zu verbindende Rohr einschließlich seiner zulässigen Toleranzen abzustimmen sind, dass sie unter den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen dauerhaft dicht sind.

Das war in den beobachteten Schadensfällen nicht gegeben.

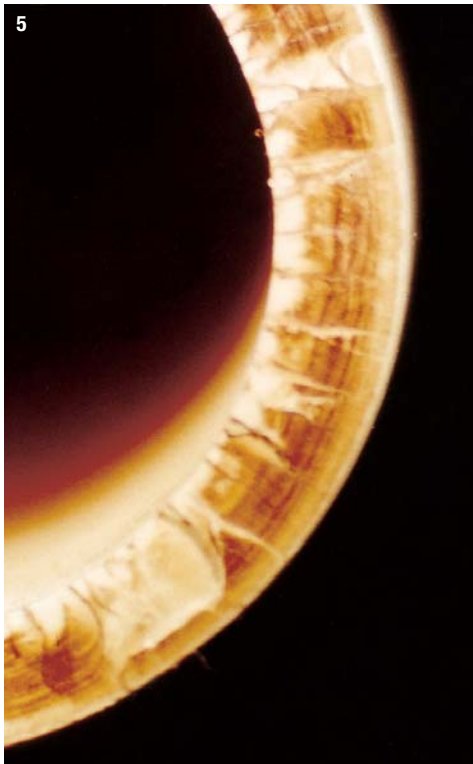
3



Bild 3 • Dauerbruch-Rastlinien an der PVC-C-Rohrbruchstelle

Bild 5 • Nach DVGW-Arbeitsblatt W 534/9.95) Abs. 8 "Maße" müssen Rohrverbinder beziehungsweise ihre Einzelteile (zum Beispiel der Klemmring und seine Anpressgeometrie) so beschaffen sein, dass keine Kerb- oder Torsionswirkungen entstehen, welche die Gebrauchstauglichkeit des Rohres beeinträchtigen.

5



4



Bild 4 • Dauerbruch-Rastlinien von außen nach innen aufgrund Kerbwirkung durch den "scharfen" Messing-Klemmring

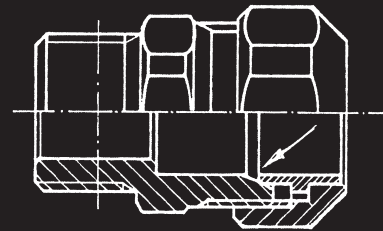


Bild 6 • Übergangsnippel nach der Montage

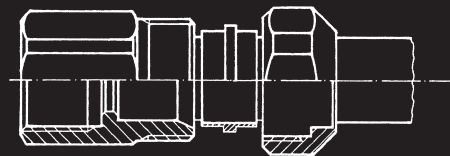


Bild 7 • Übergangsmuffe mit kombinierter Dicht- und Haltefunktion des Klemmrings vor der Montage

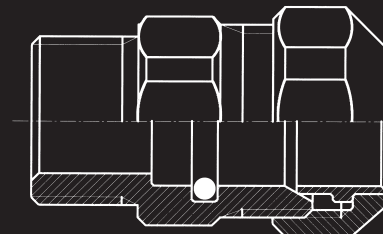


Bild 8 • Übergangverschraubung mit getrennter Dicht- und Haltefunktion (O-Ring und Klemmring)



## 42. Polypropylenrohr (PP-R (Typ 3)), DN 32 und T-Stück; Heizelement-Muffenschweißverbindung



Bild 1 • T-Stück mit Winkelabgang; undicht nach Schweißverbindung (Muffenschweißung). Spalt zwischen Muffe und Rohr. Bindefehler aufgrund nicht achsparallelen Einschubs beim Schweißvorgang und/oder unzureichender Schweißtemperatur, Anwärmzeit oder Verarbeitungszeit bei schwieriger Montagesituation.



Bild 2 • Kanalbildung aufgrund eines Bindefehlers durch ungenügende Stoffschlüssigkeit

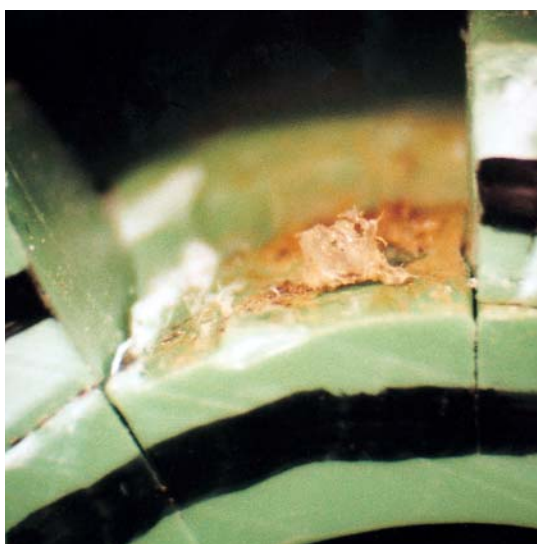


Bild 3 • Seitenansicht des undichten Rohr-/Muffenabschnitts. Braune Sedimente auf dem Spalt zwischen Rohr und Muffe am undichten Verbindungsabschnitt.

### Undichte Rohrverbindung durch mangelhafte Verschweißung

Das Teilstück (Bild 1) mit einem Winkelabgang stammt aus einer Trinkwasserhausinstallation. Es war an einer während der Montage schwer zugänglichen Stelle eingebaut. Die Undichtheit wurde erst längere Zeit nach der beanstandungsfreien Druckprüfung bemerkt, sodass es zu einem Wasserschaden kam.

Die aufgeschnittene defekte Verbindungsstelle zeigt zwei Spalten in Längsrichtung des Rohres (Bild 2, innerhalb der schwarzen Markierung). Diese Spalten erstrecken sich über die gesamte Länge der Muffe. Im geöffneten Zustand zeigt eine dieser Stellen braune Ablagerungen (Bild 3: Ansicht von der Seite); (Bild 4: Ansicht von oben). Ursache des Lecks ist die Spalte aufgrund von Bindefehlern der Polyfusionschweißung. Zu solchen Fehlern kann es kommen, wenn bei schwierigen Einbausituationen am Montageort geschweißt werden muss und die Regeln für diese Verbindungstechnik dort kaum einzuhalten sind. Unter anderen zählen dazu: Einhalten der Anwärm- und Verarbeitungszeiten sowie achsparalleles Einschieben des Rohres in den Fitting (ohne zu





Bild 4 •  
Ansicht  
des Spal-  
tes von  
oben

dreher) sofort nach dem Anwärmen und schnellen Abziehen von den Schweißwerkzeugen.

Ohne Markierung und Beachtung der Rohreinstecktiefe – auch bei schlechten Lichtverhältnissen am Einbauort – kann es zudem zu Teil- oder Totalverschlüssen des Rohrquerschnitts durch die Schmelze kommen (Bild 5).  
Quellen unter anderem: Merkblatt DVS 1905, Teil 2 (12.95), "Schweißen von Kunststoffen in der Hausinstallation – Rohre und Fittings, Schweißverfahren, Befund von Schweißverbindungen"; Richtlinie DVS 2207, Teil 11, "Heizelementschweißen von thermoplastischen Kunststoffen; Rohrleitungen aus Polypropylen (PP)", DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf.



Bild 5 • Einge-  
engter Rohr-  
querschnitt  
(Rohrverschluss)  
durch zu weiten  
Rohreinschub  
beim Ver-  
schweißen

## 43. Langgewindeverbindung für Rohrleitung aus Stahl;

### Lochkorrosion von außen im Bereich der Kontermutter dieser Verbindung

Der ständige Austritt von Wasser aus der Trinkwasserleitungsanlage an der fehlerhaft hergestellten Langgewindekonstruktion und der infolge dessen undichten Langgewindeabdichtung verursachte im Bereich der Konter-

mutter einen Durchbruch (siehe Bild 1, Pfeil unterhalb der Kontermutter) nach etwa fünf Jahren.

Bild 1 und die Vergrößerung des Dichtungsbereiches im Bild 2 zeigen eine im Gewindebereich umlaufende Kapillare, die im Betriebszustand der Wasserleitungsanlage bis zu der handwerklich aufgebrauchten Dichtung zwischen Muffe und Kontermutter mit

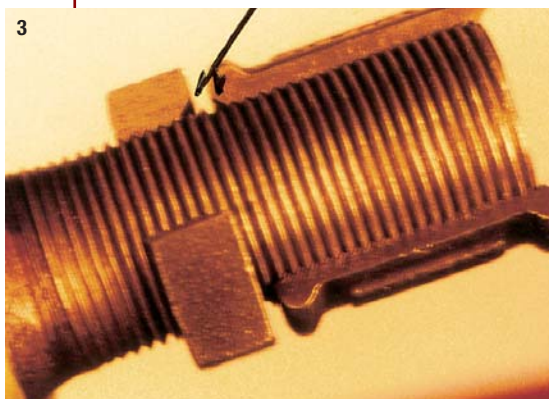
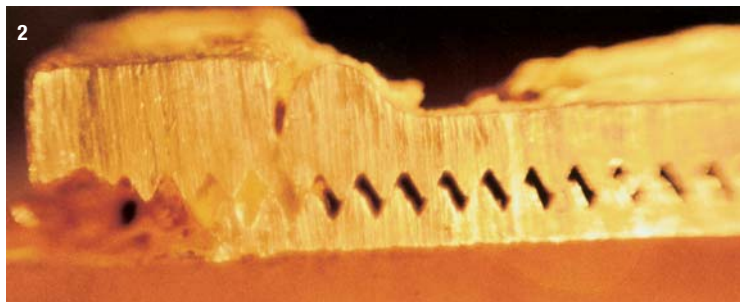
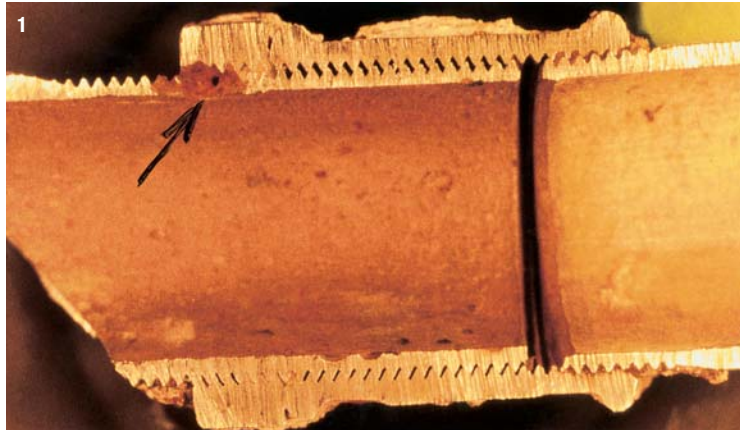


Bild 1 • Lochkorrosion von außen (Pfeil)

Bild 2 • Kontermutter und Muffe ohne Dichtkammer (keine Ansenkung)

Bild 3 • Normgerechtes Langgewinde mit Dichtkammer (Pfeil)

Wasser gefüllt ist. Bei einem zylindrisch/zylindrisch geschnittenen Gewinde ist das unvermeidbar. Umso wichtiger ist die handwerklich sorgfältige Abdichtung mit Hanf und Dichtmittel. Dazu müssen sowohl Kontermutter als auch Muffe normgerecht angesenkt werden (siehe Bild 3, Pfeil) und so eine Dichtungskammer bilden, in die der Dicht"strick" eingelegt werden kann. Ohne die Kammer (siehe Bild 2) wird diese Dichtung beim Anzug der Kontermutter zum Teil herausgedrückt. Eine sichere, dauerhafte Abdichtung ist nicht gegeben. Deshalb müssen Langgewinde der Norm DIN 2981 entsprechen. Die Muffe muss nach der Norm DIN 2986 für Langgewinde rechtwinklig zur Gewindeachse gedreht sein und das Innengewinde muss sowohl bei der Muffe als auch bei der Sechskantrohrmutter (Kontermutter) Form B nach der DIN 431 angesenkt sein. Nur in dieser Ausführung ergibt die Paarung der Kontermutter mit der Muffe in Verbindung mit dem Außengewindeteil nach der Norm 259 die erforderliche Dichtkammer, in der das nichtaushärtende Dichtmittel nach der Norm DIN 30 660 zusammen mit Hanf oder Flachs beim Anzug der Fügeteile die Dichtheit bewirkende Pressung erfährt. Zulässige Abweichungen für Maße und für die Lage der Gewindeachse zur Fittingsachse sind in der DIN 2980 festgelegt.

Früher wurden diese Langgewinde von den Installationsunternehmen oftmals selbst hergestellt. Seit der Umstellung auf das konische Außengewinde ist Gewindeschneiden eines Langgewindes mit dem heutigen Schneidwerkzeug nicht mehr möglich. An Langgewinden festzustellende Undichtheiten sind zumeist auf unsachgemäßes Einlegen des Hanfstricks zwischen Muffe und Kontermutter zurückzuführen.

Quelle u. a.: Karl-J. Heinemann, Wolfgang Prenntzell, Kommentar zu den DVGW-TRGI 1986 in der Fassung von 1996, Gentner-Verlag, Stuttgart, S. 40.

## 44. Quetschverschraubung, 8 mm Durchmesser, für den Kupferrohranschluss eines Untertisch-Warmwasserspeichers (drucklos) an das Eckventil des Kaltwasserzulaufs

Mit dieser Quetschverschraubung (siehe Schnittbild), bestehend aus einer verchromten/vernickelten Überwurfmutter (1), einer Messingscheibe (2) und einer Elastomer-Halsdichtung (3), wurde ein Kupferrohr an einem Eckventil (4) mit der Trinkwasserhausinstallation dicht und zugfest verbunden. Nach etwa einem Jahr Betrieb rutschte das Rohr aus dem Eckventil. Es entstand ein kostenträchtiger Wasserschaden.

Diese lösbare Verschraubung zählt, bei einer Vielzahl unterschiedlichster Konstruktionen am Markt, zu den preiswertesten. Zudem lässt sich die Verbindung mit dem Rohr schnell und einfach herstellen. Die Montageanleitung des Lieferanten dieses Bauteils enthält keine Anforderungen an Anzugsmomente für die Überwurfmutter oder die Verwendung eines Spezialwerkzeugs (Drehmomentschlüssel). Auch sonstige Angaben, zum Beispiel zum dauerhaften Schutz der Verbindung gegen Auszugskräfte (Fixieren der Verbindung), sind dort nicht zu finden.

Die hier gelieferte und eingesetzte Rohrverbindung zählt zu den so genannten reibschlüssigen Verbindungen (im Gegensatz zu stoff- oder formschlüssigen Verbindungen). Im vorliegenden Fall wird durch das "Anziehen" der Überwurfmutter das in die Quetschverschraubung eingeführte Kupferrohr auf maximal 4 mm Länge durch eine minimale Formänderung der Elastomer-Halsdichtung abdichtet und gegen Auszug durch die auftretende Wandreibung zwischen Rohr und Elastomerring gesichert.

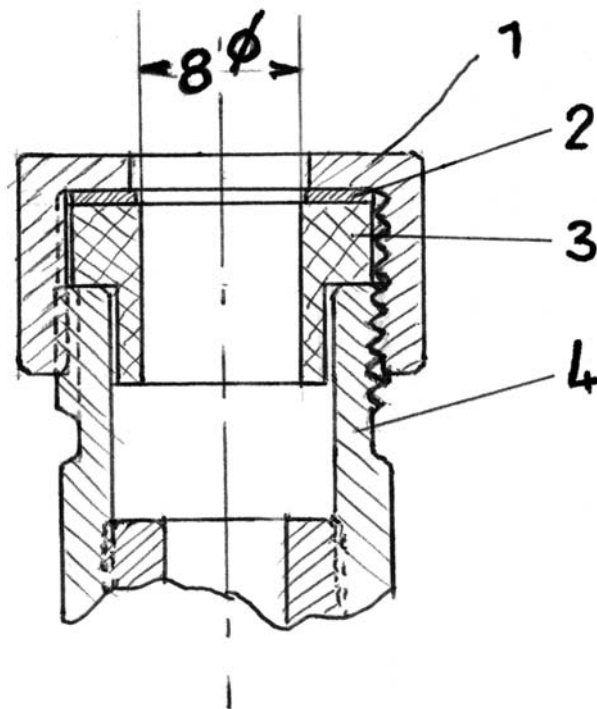
Bei ausreichendem Anzug der Überwurfmutter oder formstabiler Halterung von Rohr und Eckventil übersteht diese Verbindung die Druck- und Dichtheitsprüfung nach DIN 1988 ohne Beanstandung.

Da Elastomere die Eigenschaft haben, schon bei geringen Belastungen die Form zu verändern, muss dies vom Bauteilhersteller bei Werkstoffwahl, Konstruktion und Zuordnung der einzelnen Bauelemente berücksichtigt und dem vorherbestimmten Verwendungszweck und den voraussichtlichen Montage- und Betriebsbedingungen angepasst werden. Besonders bei ungenormten Bauteilen müssen

Planungs-, Montage- und Betriebsanleitungen die Eigenheiten der jeweiligen Produkte unmissverständlich hervorheben.

Im vorliegenden Fall können Bereiche des Elastomerrings (zeit-, temperatur- und druckabhängig) in die Gewindegänge der Überwurfmutter und in den Spalt zwischen Rohr, Dichtung und Eckventilanschluss kriechen. Durch diese Formverschiebung vermindern sich die Reibungskräfte, die eventuellen Zugkräften am Rohr entgegenwirken.

Das Rohr kann aus der Verbindung herausrutschen. Das ist hier nach etwa einem Jahr geschehen.



Schnitt durch die Quetschverschraubung mit Gummi-Halsdichtung



## 45. Mehrschichten-Verbundrohr DN 10 u. 15

Bild 1 • Ablösung des Innenrohres aus PE-X vom Aluminiumrohr und Faltenbildung mit Querschnittverengung des Rohres



Bild 2 • Blasenförmige Aufwölbung des Kunststoffinnenrohres



Bild 3 • Blick in ein durchflussquerschnitt-vermindertes Rohrstück



Bild 4 • Schichtenverschiebung des Mehrschichtenrohres am Pressanschluss; der Inliner haftet noch voll auf der Tülle des Fittings, Presshülse und Restrohr heben sich vom Inliner „verabschiedet“



### Enthaltungen zwischen Aluminiumzwischenrohr und Mediumrohr aus Kunststoff

Die Bilder zeigen Rohrabschnitte, Verbinder und Pressverbindungen aus einer Verteilung einer Warmwasserheizung.

Nach der Störabschaltung des Wärmeerzeugers durch den vom Hersteller eingebauten Sicherheits-Temperaturbegrenzer war die Rohrleitungsanlage an verschiedenen Pressverbindungen undicht.

Der Wärmeerzeuger, ein gasbetriebener Kombiwasserheizer mit einer Wärmeleistung von 24 kW, war DVGW-geprüft und trug eine CE-Identnummer.

Das Mehrschichtenverbundrohr besteht nach Angaben des Herstellers aus hochwertigem Kunststoff (vernetztes PE-HD) mit einem dazwischenliegenden soliden, stumpfverschweißten Alurohr. Als Fittings wurden Hersteller- wie auch Werkstoff-Systembauteile verwendet.

Die Herstellerangaben zu den erreichbaren bzw. zulässigen Betriebstemperaturen lauteten:

■ Für den Wärmeerzeuger: Vorlauftemperatur bis ca. 90 °C (bei einer dort genannten zulässigen Fühlertemperatur von 95 °C (kurzzeitig bis 120 °C))

■ Für das Rohr: Betriebstemperatur: 0 - 95 °C; kurzzeitige Spitzentemperatur: 110 °C.

Nach Inaugenscheinnahme sind neben den Undichtheiten an den Pressverbindern folgende Veränderungen bzw. Schäden an den Rohren und Verbindungen feststellbar:

1. Das Wasser führende Innenrohr aus Kunststoff hat sich an verschiedenen Stellen blasenförmig vom Aluminiumzwischenrohr gelöst (Bild 1, 2 und 3).
2. An einzelnen Verbindern haben sich die Schichten des Rohres untereinander verschoben; das Aluminiumrohr und die PE-X-Außenschicht sind zusammen mit der Presshülse von der Stützhülse des Fittings geglitten (Bild 4).
3. Kleber (Haftvermittler) ist an den Rohrenden zwischen den Schichten ausgetreten (Bild 5).

4. Korrosionskontaktscheiben aus Kunststoff sind angeschmolzen bzw. zerbröselt (Bild 6).

**Fazit:**

Die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit der vorhandenen Rohrleitungsanlage ist nicht mehr gegeben; sie muss ausgetauscht werden.

Beim Austausch der defekten Temperaturregler und -wächterkombination sowie der Überprüfung und dem Austausch des Sicherheitstemperaturbegrenzers (STB) am Kombiwasserheizer durch den Kundendienst des Wärmeerzeugerherstellers konnte der ebenfalls herbeigeeilte und aufmerksame Heizungsanlagenbauer feststellen, dass auf dem Typenschild des nicht verstellbaren Sicherheitstemperaturbegrenzers eine Abschalttemperatur von 130 °C (!) angegeben war. Auf Anfrage bestätigte der Hersteller des Wärmeerzeugers, dass diese Geräte nach den gültigen DIN-Normen geprüft und für STB mit einer maximalen Abschalttemperatur von 130 °C zugelassen sind.

Im Testbericht der DVGW-Prüfstelle zur Erlangung der EG-Baumusterprüfbescheinigung für diese Geräte heißt es dazu:

"Für das Wärmeträgermedium Wasser ist durch einen Temperaturbegrenzer sichergestellt, dass durch das Abschalten der Gaszufuhr die Temperatur des Wassers von 105 °C nicht überschritten wird ..."

Da der Wasserinhalt des Heizwärmetauschers nach Herstellerangabe nur 0,5l betrug und die Zeitkonstante des heizungsseitigen Temperaturfühlers mit 100 sek. beziffert wurde, dürfte die bei diesem Störfall aufgetretene Wassertemperatur noch um etliche K über der STB-Abschalttemperatur von 130 °C gelegen haben. Die in der Sanitär- und Heizungstechnik eingesetzten Kunststoffrohre und ihre Verbindungen sind i. d. R. nicht geeignet, solche Temperaturspitzen schadlos zu überstehen.

Der Hersteller bestätigte dennoch, dass aufgrund des Sicherheitskonzeptes seiner Gasthermen eine Eignung für Kunststoffrohre gegeben sei. Die Geräte seien zusätzlich zum Sicherheitstemperaturbegrenzer mit einem Tem-

# Tafel 1 WERKSTOFFAUSWAHL

## Temperaturdefinitionen bei Kunststoffrohrsystemen

(siehe z.B. DIN EN 12318 - 1 (E. 5.96), Abs. 3.1.2.3 ff.)  
"Vernetztes Polyethylen (PE-X)"

### 1. Betriebstemperatur (T<sub>oper</sub>):

Eine Temperatur oder eine Kombination von Temperaturen des transportierten Wassers bezogen auf die Bedingungen, für welche das System ausgelegt wurde.

### 2. Maximale Betriebstemperatur (T<sub>max</sub>):

Die höchste Betriebstemperatur, welche nur für kurze Zeit auftritt.

### 3. Störfalltemperatur (T<sub>mal</sub>):

Die höchste Temperatur, welche bei Überschreiten der Regalgrenzen auftreten kann (max. 100 h in 50 Jahren)

Siehe dazu Tabelle 1: Klassifizierung von Betriebsbedingungen

| Anwendungs-klasse <sup>1)</sup> | T <sub>oper</sub><br>°C        | Zeit bei T <sub>oper</sub><br>Jahre | T <sub>max</sub><br>°C | Zeit bei T <sub>max</sub><br>Jahre | T <sub>mal</sub><br>°C | Zeit bei T <sub>mal</sub><br>h | Typisches Anwendungsgebiet                       |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|--|
| 1 <sup>2)</sup>                 | 60                             | 49                                  | 80                     | 1                                  | 95                     | 100                            | Warmwasserversorgung (60°C)                      |
| 2 <sup>2)</sup>                 | 70                             | 49                                  | 80                     | 1                                  | 95                     | 100                            | Warmwasserversorgung (70°C)                      |
| 4 <sup>2)</sup>                 | 40<br>plus<br>60 <sup>4)</sup> | 20<br>25                            | 70                     | 2,5                                | 100                    | 100                            | Bodenheizung, Niedertemperatur-Radiatorenheizung |
| 5 <sup>2)</sup>                 | 60<br>plus<br>80 <sup>5)</sup> | 25<br>10                            | 90                     | 1                                  | 100                    | 100                            | Hochtemperatur-Radiatorenheizung                 |

<sup>1)</sup> Jede Anwendungs-kategorie ist - je nach dem - mit einem Betriebsdruck p<sub>oper</sub> von 4 bar, 6 bar oder 10 bar zu kombinieren.  
<sup>2)</sup> Systeme werden nicht immer kontinuierlich während ihrer Nutzungsdauer von 50 Jahren betrieben. Während der Zeitdifferenz zwischen dieser Nutzungsdauer und der in der Tabelle angegebenen Betriebsdauer soll die Temperatur 20°C betragen.  
<sup>3)</sup> Ein Land kann entweder Anwendungs-kategorie 1 oder Anwendungs-kategorie 2 zur Anpassung an seine nationalen Vorschriften wählen.  
<sup>4)</sup> Zum Betrieb von Anwendungs-kategorie 4 gehören während einer Nutzungsdauer von 50 Jahren 20 Jahre Betrieb bei 40°C plus kumulativ 25 Jahre Betrieb bei 60°C.  
<sup>5)</sup> Zum Betrieb von Anwendungs-kategorie 5 gehören während einer Nutzungsdauer von 50 Jahren 25 Jahre Betrieb bei 60°C plus kumulativ 10 Jahre Betrieb bei 80°C.

**ANMERKUNG 1:** Bei geschlossenen Systemen ist diese Norm nur in jenen Fällen anwendbar, bei welchen keine höheren Werte von T<sub>oper</sub>, T<sub>max</sub> und T<sub>mal</sub> (siehe 3.1.2 dieser Norm) auftreten, als entsprechend den in Tabelle 1 genannten.



## FOLGE 20

peraturwächter und Strömungswächter ausgerüstet; deshalb würden diese hohen Temperaturen nicht in den Rohrleitungen, sondern maximal an der Heizwasser-Wärmetauscheroberfläche erreicht. Somit sei unter normalen Umständen keine Gefahr für die Rohrleitungen gegeben.

Nach Angaben des Heizungsbauers waren die vorgenannten Veränderungen und Schäden an den Rohren noch in einem Abstand von 12 m vom Wärmeerzeuger feststellbar.

Es ist deshalb bereits bei der Planung der Heizungsanlage darauf zu achten, dass hinsichtlich dieser Schadensmöglichkeit die maximal erreichbare Wassertemperatur des Wärmeerzeugers an keinem Ort und zu keiner Zeit die maximal zulässige – vom Rohrersteller angegebene – Temperatur überschreitet; das bedeutet, dass die Hersteller von Wärmeerzeugern (schriftlich) zusichern, dass nicht nur im Neuzustand ihrer Geräte, sondern unter allen üblichen Betriebsbedingungen (z. B. Verschmutzung, Verschleiß, Verstopfung von Bauteilen, Ausfall des Temperaturreglers und – wächters) sowie auch im Störfall diese Temperatur nicht überschritten wird. Soweit hier für diese Rohre und ihre Verbinder und Verbindungen unzulässige Drücke aufgebaut werden können, gilt das, unabhängig von



Bild 5 oben • Antritt des Schichtenklebers (Haftvermittler) zwischen Aluminiumschicht und Exliner.

Bild 6 unten • Durch Übertemperatur zerstörte Antikorrosionskontaktscheiben.



dem vorstehend betrachteten Temperaturlimit, natürlich auch für die maximal verkraftbaren Drücke (nach Herstellerangaben können z. B. bei hydraulisch gesteuerten, elektrischen Durchlauferhitzern Drücke von über 27 bar bei Temperaturen bis 150 °C auftreten; auch bei Kesseln mit hohen Temperaturänderungsgeschwindigkeiten (z. B., wie hier geschildert: kleiner Wasserinhalt und hohe Heizleistung) oder unregelmäßig bzw. nur mit großer Zeitverzögerung regelbarer Energiezufuhr (z. B. bei Festbrennstoffkesseln) kann es im Betriebs- oder Störfall zu Temperaturüberschwingungen kommen, die, wie im vorliegenden Fall, nicht von allen Rohrwerkstoffen, ihren Verbindern und Verbindungen klaglos verkraftet werden.

Bei Rohrleitungssystemen, die selbst bei Warmwasserheizungsanlagen an ihr Temperaturlimit stoßen, empfiehlt es sich darüber hinaus dringend, die begrenzten Einsatzrandbedingungen der in der Anlage eingesetzten Rohrwerkstoffe, ihrer Verbinder oder Verbindungen dem Auftraggeber mitzuteilen und diese Beschränkungen in der Betriebs- und Bedienungsanleitung der Anlage zu vermerken, damit auch bei späteren Instandhaltungsmaßnahmen, z. B. dem Austausch des Wärmeerzeugers oder einer Änderung der regelungstechnischen Parameter,

Vorsorge gegen eine evtl. unzulässige Temperatur- oder Druckbelastung getroffen werden kann.

Einer besonders sorgfältigen Absicherung gegen eine Überlastung des Rohrleitungssystems bedürfen aus meiner Sicht Heizungsanlagen, die mit Wärmeerzeugern für Festbrennstoffe ausgerüstet sind, die an Blockheizwerke angeschlossen sind, die ihre Wärme "direkt" in diese Rohrsysteme einspeisen, die in Solaranlagenkreisläufe eingebunden sind und die, wie im oben erwähnten Fall, mit Hochleistungskesseln geringen Wasserinhalts bestückt sind. Die Benachrichtigung des Auftraggebers erscheint mir im Rahmen der so genannten Aufklärungsrechtsprechung u. a. zur "risikobehafteten Planung" auch deshalb wichtig, weil es meines Wissens für diese Einsatzkonstellationen bisher keine anerkannte Regel der Technik für die Auslegung und Abstimmung dieser Systembauteile aus Kunststoffen oder mit Kunststoffen (z. B. Mehrschichtenrohre) auf "üblicherweise" zu erwartende Anlagenbetriebszustände gibt.

So sind nach DIN EN 12318 - 1 (E.5.96), Abs. 3.1.2.3 ff. für Rohre aus vernetztem Polyäthylen bei Planung und Betrieb der Anlage die Temperaturdefinitionen von Tafel 1 und die Betriebsbedingungen von Tabelle 1 zu beachten und einzuhalten!

Auch bei den in dieser Anlage einge-

setzten Mehrschichtenrohren kann z. B. die Langzeitfestigkeit, abhängig von den einzelnen Schichtdicken, Rohrdurchmessern, Werkstoffkombinationen, Kleberhaftung usw. meines Wissens bisher nur empirisch ermittelt werden. Das Versagen einzelner Komponenten wirkt sich i. d. R. negativ auf die zulässige Innendruckfestigkeit und Standfestigkeit (Dicht- und Haltefunktion) der Rohrverbindungen aus.

Da bei einem Versagen der Regelungsfunktionen am Wärmeerzeuger, selbst im Gewährleistungsfall des Kesselherstellers (z. B. bei Konstruktions- oder Fabrikationsfehlern), in aller Regel (aufgrund der "Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen") neben dem kostenlosen Ersatz oder der Reparatur der Regelung keine Ersatzansprüche für weitergehende Schäden (z. B. die Kosten für den Austausch des gesamten defekten Rohrleitungssystems inklusive Nebenkosten) übernommen werden, verbleiben in oben genannten Fällen erhebliche Kostenrisiken beim Planer, Ersteller oder Betreiber der Anlage. ■

## 46. Mehrschichten-Verbundrohr DN 15 u. 20

**Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen von Trinkwasser durch Migration von Füll- oder sonstigen Hilfsstoffen, die aus der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen zu Leitungsrohren stammen, in das Wasser.**

**B**ei der Sanierung eines Wohnhauses wurde auch die vorhandene Trinkwasserleitungsanlage erneuert. Es wurden Mehrschichten-Verbundrohre (20 x 2,8 mm – Rollenmaterial – und 32 x 4,4 mm – Stangenware) mit einem Innenrohr aus silanvernetztem Polyethylen, das aluminiumummantelt ist und mit einer äußeren Kunststoffumhüllung versehen wurde (PE-Xb/Al/PE), verwendet. Nach der Inbetriebnahme der Anlage kam es, besonders aus dem Warmwassernetz, zu unangenehmen Geruchsbelästigungen. Die Suche nach der Ursache gestaltete sich schwierig. Aufgrund einer Überprüfung des Wassers am Auslaufhahn nach dem Wasserzähler war das Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung als Quelle der Beeinträchtigung auszuschließen. Der Warmwasserspeicher, die Armaturen, Fittings und die sonstigen wasserberührten Bauteile der Anlage mussten in die Untersuchung mit einbezogen werden. Eine Wasserspülung der Anlage mit 65 °C bis 75 °C warmem Wasser über einen Zeitraum von 48 Stunden (Wasserverbrauch ca. 70 m<sup>3</sup>) brachte lediglich eine Besserung, aber keine ausreichende Beseitigung der Geruchsbeeinträchtigung.

Endgültige Klarheit über die Ursache der Beanstandung brachte eine Untersuchung des Innenrohrmaterials der auf der Baustelle eingesetzten Rohre auf Stoffe, die in das Wasser migrierten. Eine vergleichende gaschromatografische Untersuchung der Substanzen aus den Wasserproben der beanstandeten Anlage mit den im Labor

festgestellten Migrationsubstanzen aus dem Rohrmaterial ergab eine Übereinstimmung bei verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Einer dieser in beiden Proben nachgewiesenen organischen Stoffe ist besonders geschmacks- und geruchsintensiv. Eine Überprüfung der Geruchsschwellenwerte nach der Trinkwasserverordnung zeigte auch nach der Sanierungsspülung eine Überschreitung des zulässigen Wertes um über das 10fache.

Eine Vorhersage, wann keine Geruchskomponenten aus den Rohren mehr an das Trinkwasser abgegeben werden, konnte von der Prüfstelle nicht gegeben werden. Der Systemvertreiber hat sich dazu nicht geäußert. Er veranlasste jedoch eine quantitative Untersuchung auf diesen Stoff bei einem anderen Untersuchungslabor. Sie ergab, dass dieser Stoff quantitativ weder vor noch nach der Sanierungsspülung nachweisbar war. Mit dem Verweis auf eine von ihm danach dennoch vorgenommene, mit großem Aufwand durchgeführte Sanierungsspülung geht er vielmehr jetzt davon aus, dass keine Beeinträchtigung durch sein Rohrsystem mehr gegeben ist.

Trotz des qualitativen und organoleptischen Nachweises (Geruchsschwellenwertüberschreitung) durch eine neutrale und anerkannte Prüfstelle und der vom Betreiber zu Recht bemängelten, weil vorhandenen Geruchsbeeinträchtigung, betrachtet der Systemvertreiber deshalb den Fall damit als abgeschlossen.

Für den betroffenen Sanitärinstallateur dürfte der Fall daher nicht abgeschlossen sein, denn er schuldet sei-

nem Auftraggeber ein Werk, das u. a. den einschlägigen Rechtsvorschriften und den anerkannten Regeln der Technik entspricht sowie darüber hinaus für den gewöhnlichen (üblichen) Gebrauch ohne Missstände (verschuldensunabhängige Erfolgshaftung) nutzbar ist. Die Trinkwasserverordnung vom 12.12.1990 (BGBl. I, S. 2613 ff.) verlangt im § 3 u. a., dass zur Sicherstellung einer einwandfreien Beschaffenheit des Trinkwassers die in der Anlage 4 festgesetzten Grenzwerte nicht überschritten werden dürfen. Dort wird u. a. unter den sensorischen Kenngrößen ein Geruchsschwellenwert von 3 als Grenzwert bei 25 °C angegeben.

Die DIN 2000 "Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen – Technische Regel des DVGW" (Ausgabe Oktober 2000) fordert unter Abs. 5.1, dass Trinkwasser .... geruchlich und geschmacklich einwandfrei sein muss.

Die bisher gültige Ausgabe dieser DIN-Norm von November 1973 verlangt unter Abs. 3.3, dass Trinkwasser .... geruchlos und geschmacklich einwandfrei sein muss; sie führt unter Abs. 3.3.5 weiterhin aus, dass Geruch und fremdartiger Geschmack die Güte und die Appetitlichkeit eines Trinkwassers beeinträchtigen und darüber hinaus gesundheitsschädlich sein können; sie folgert daraus, dass geruchs- und geschmacksbildende Stoffe beseitigt werden müssen. Nach DIN 1988 Teil 2 Abs. 2.2 (Ausgabe Dezember 1988) müssen Bauteile, Apparate und Werkstoffe u. a. den KTW (Kunststoffe im Trinkwasser)-Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes entsprechen.

In Anlehnung an diese "Empfehlun-

gen" verlangt das DVGW-Arbeitsblatt W 542 (4/97) "Verbundrohre in der Trinkwasserinstallation; Anforderungen und Prüfungen" unter Abs. 3.1 "Allgemeine Anforderungen" u. a., dass die Trinkwasserqualität von den verwendeten Inlinerstoffen nicht nachteilig beeinflusst werden darf; weiterhin wird unter Abs. 3.1.2 "Hygienische Anforderungen" ausgeführt, dass das Mediumrohr des Verbundrohres in hygienischer und toxikologischer Hinsicht den KTW-Empfehlungen entsprechen muss; das heißt, dass bei einer organoleptischen Prüfung – in Anlehnung an die KTW-Empfehlungen – keine Geruchs- oder Geschmacksbeeinträchtigung gegeben sein dürfen. Für die Verbinder von Verbundrohren wird im DVGW-Arbeitsblatt W 534 (9/95) "Rohrverbinder und Rohrverbindungen für Rohre in der Trinkwasserinstallation; Anforderungen und Prüfung" im Teil 2 "Anforderungen und Prüfung" unter Abs. 2 und Abs. 6.2.2, B) dasselbe gefordert. Damit dürfte, soweit das verwendete Rohr eine gültige DVGW-Zulassung besitzt oder speziell für den Einsatz in der Trinkwasserinstallation angeboten wurde, der Fall auch für den Rohrhersteller und seinen Systemvertreiber noch nicht abgeschlossen sein. Nach der Verordnung über die "Allgemeinen Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV)" dürfen nach § 12 Abs. 4 in der Trinkwasserinstallation nur Materialien (Bauteile und Werkstoffe) und Geräte verwendet werden, die entsprechend den

anerkannten Regeln der Technik (a. R. d. T.) beschaffen sind.

Soweit keine a. R. d. T. bestehen (z. B. bei neuen Werkstoffen, Bauteilen, Rohren, Verbindern und Verbindungstechniken, für die noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen), muss der Auftraggeber durch den Fachplaner oder, soweit der Anlagenersteller plant, durch den Installateur nach entsprechenden Recherchen bei neutralen Instituten und Prüfstellen (Durcharbeitung der Hersteller-Planungs-, -Montage- und -Betriebsanweisungen genügt nicht) umfassend über die Randbedingungen und Risiken der geplanten Werkstoffe etc. aufgeklärt werden. Der Auftraggeber muss in Kenntnis dieser Sachlage deren Einsatz (aus Beweisgründen "schriftlich") zustimmen; ansonsten droht im Problem- oder Schadensfall dem Planer bzw. Installateur eine 30-jährige Haftung.

Bei Kunststoffen können Füll- oder sonstige Hilfsstoffe aus der Kunststoffverarbeitung (z. B. Desoxydantien, Stabilisatoren [Phenole oder aromatische Amine bei PP]), Vernetzungsmittel (Silane, Peroxide), sonstige Stoffreste, Verunreinigungen sowie Reaktions- und Abbauprodukte aus dem Herstellungs-, Verarbeitungs- und Alterungsprozess trinkwasserschädlich migrieren. Das macht sich z. T. bemerkbar durch Geruchs- oder Geschmacksbeeinträchtigungen.

Prüfzeugnisse von Granulatproben oder von Bauteilmustern haben nur für die jeweils geprüfte Werkstoffrezeptur bzw. für die bei der Herstellung gewählten Randbedingungen Gültigkeit. Bereits geringe Abweichungen bei Werkstoffzusammensetzung (Mischung), bei Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren können zu erheblichen Beeinträchtigungen des Trinkwassers führen.

Darauf ist es wohl auch zurückzuführen, dass der DVGW bereits vor ca. acht Jahren aufmerksam machte, dass

es bei der Untersuchung von Rohren und Formstücken aus Polypropylen – wie bereits bei Polyethylen zehn Jahre zuvor – in erheblichem Umfang zu negativen Ergebnissen bei der geruchlichen und geschmacklichen Beurteilung gekommen sei.

Auch das Bundesgesundheitsblatt 7/98 befasst sich auf den S. 285 ff. mit der offenbar immer noch unbefriedigend gelösten Situation. Ein Exzerpt davon befindet sich in der Fachzeitschrift "Sanitär- und Heizungstechnik" 9/98, S. 109 ff.

### Weitere Literatur und Quellen

"Trinkwasser im Kontakt mit Rohrwerkstoffen", Dokumentation zum 11. Mülheimer Wassertechnischen Seminar vom 27./28. Januar 1997 – Berichte aus dem Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH, Band 18 - Eigenverlag (ISSN 0941-0961)

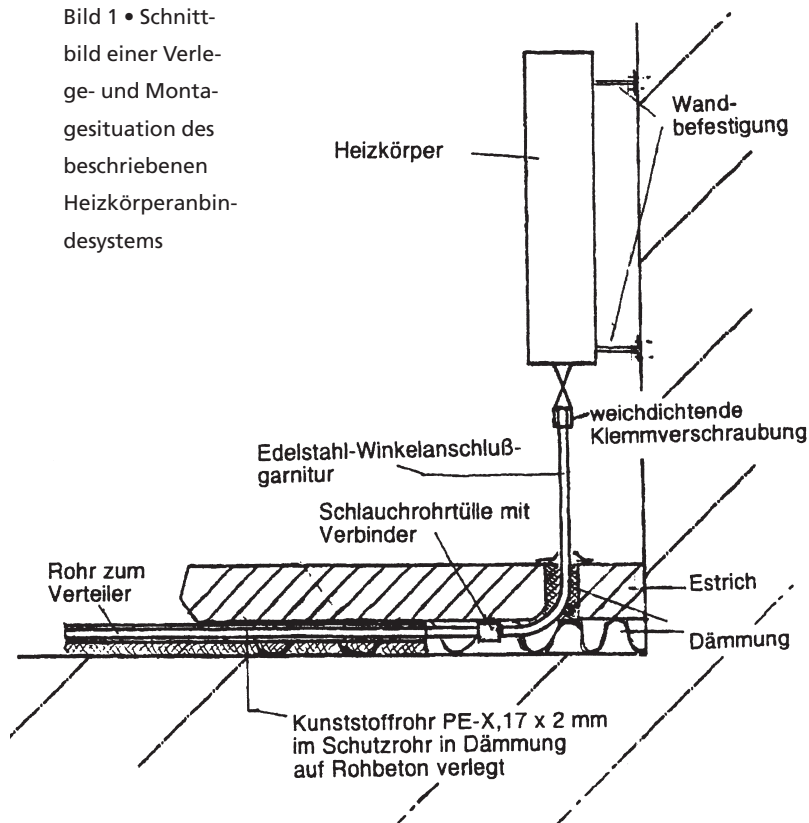
K. Aurand, U. Häßelbarth u. a., "Die Trinkwasserverordnung, Einführung und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden", 3. Auflage 1991, Erich Schmidt Verlag

W. Langlouis, "Mehrschichtenrohre mit steigender Tendenz", SKZ-Forum Würzburg, März 1998



## 47. Weichdichtende Klemmringverschraubung als Verbinder von Edelstahlrohr mit dem Heizkörper

Bild 1 • Schnittbild einer Verlege- und Montage-situation des beschriebenen Heizkörperanbindensystems



### Undichtheiten an Heizkörper-Winkelanschlußgarnituren bei HK-Anschlüssen aus dem Boden und im Fußboden verlegten PE-X-Kunststoffrohren

Im vorliegenden Fall wurden die Heizkörper einer Warmwasser-Heizungsanlage, bei horizontaler Verlegung der Kunststoffrohre auf der Decke, vom Boden her mittels eines so genannten Heizkörperanschlusssystem mit diesen Rohren verbunden. Das Heizkörper-Anschlusssystem bestand aus einem 90-Grad-Edelstahl-Rohrbogen 15 x 1 mm und einer weichdichtenden Klemmverschraubung als Verbinder zum Verbinden des Rohrbogens mit dem Heizkörperventil. Die Rohre lagen frei beweglich in Schutzrohren in der Dämmung des Fußbodens (Bild 1). Zur Aufnahme von Dehn-, Kontraktions- und Schrumpfkraften der Kunststoffrohre sowie dadurch hervorgerufenen Rohrbewegungen waren keine Rohrfixpunkte vorgesehen; Fixpunkte waren die Verschraubungen am Etagenverteiler und den Heiz-

körpern. Besondere Maßnahmen zur Fixierung der Winkelanschlüsse oder der Aufnahme von Dehnbewegungen waren nicht vorgesehen.

Nach ca. einjährigem Betrieb traten an den Verbindern Undichtheiten auf. Wasserschäden an Decken, Wänden, Teppichen usw. in mehreren Wohnungen wurden reklamiert. Ein Austausch aller Verbinder gegen ein anderes Fabrikat mit anderer Konstruktion brachte keine Abhilfe: Nach etwa zweijährigem, weiterem Betrieb der Anlage kam es auch hier zu Undichtheiten. Nochmals mussten vorsorglich alle Anschlüsse saniert werden; dabei wurden mit einem vom Hersteller beigestellten Spezialwerkzeug die Edelstahl-Rohranschlüsse von 15 auf ca. 17 mm aufgeweitet (Bild 2).

Die geschilderten Probleme traten an mehreren Anlagen dieser Heizungs-firma und auch bei vielen anderen Heizungsfachfirmen auf, die dieses Verbindungssystem eingesetzt hatten. Die vom Systemvertreiber angebotene, propagierte beziehungsweise akzeptierte Verlege- und Verbindungstechnik war offensichtlich mit Schwachstellen behaftet, die den üblichen Praxisbedingungen nicht standhielten.

Erst als nach Jahren vom Systemvertreiber geeignete Spezialwerkzeuge zum Aufbördeln der Edelstahl-Winkelanschlußgarnituren und weiterhin geeignete Festpunktelemente für diese Garnituren angeboten beziehungsweise ihr Einsatz vorgeschrieben wurde, sowie für die Verlegung von „längeren“ Leitungen vor den Heizkörpern Biegeschenkel oder Bögen zur Dehnungsaufnahme verlangt wurden (Bild 3), sind dem Verfasser aus Anlagen mit dieser verbesserten Technik keine solchen Problemfälle mehr bekannt geworden.

Die Regressforderungen der betroffenen Heizungsfirmen an den Systemvertreiber wurden von diesem zurückgewiesen:

Es lägen Montagefehler vor:

- Die Verschraubung sei nicht ausreichend genug angezogen (Mindestdrehmoment 40 Nm)
- Es seien keine Drehmomentschlüssel eingesetzt worden
- Die Einstecktiefe des Edelstahlrohres in die Verschraubung sei zu gering gewesen
- Anschlussteile der Verschraubung hätten sich mitgedreht, weil nicht „gegegenghalten“ wurde; dadurch seien höhere Drehmomente, als wirklich vorlagen, suggeriert worden.

Es lägen Planungsfehler vor:

Nach VOB-C DIN 18380 „Heizungs- und Brauchwassererwärmungsanlagen“ seien die Rohre so zu verlegen, dass sie sich, ohne Schäden zu verursachen, ausdehnen können (Abs. 3.2.7):

Biegewechselbeanspruchungen der Anschlussgarnituren durch thermisch bedingte Längenänderungen der Rohre seien verletechnisch durch Dehnungsschleifen vor dem HK-Anschluss oder entsprechende Fixierungen zu

verhindern. Ohne Fixierung sind Heizkörper mit den Anschlussleitungen nicht gerade anzufahren.

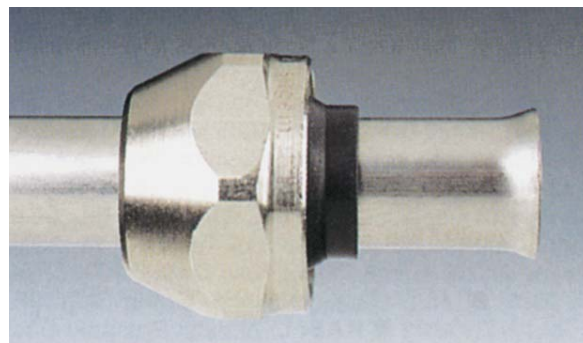
Die Schäden aufgrund der damals geltenden Planungs- und Montageanleitungen des Systemvertriebers zeigen, dass er die Einsatzrandbedingungen der Bauteile seines Systems untereinander und mit den baulichen und betrieblichen Praxisanforderungen nicht erkannt beziehungsweise ausreichend erprobt hatte.

Welchen Beanspruchungen eine nicht ausreichend fixierte HK-Anschlussgarnitur ausgesetzt ist, zeigt Bild 4. Weichdichtende Klemmverbindungen, deren Bauteile untereinander keinen ausreichenden, dauerhaften Formschluss ermöglichen, sind diesen Beanspruchungen nur gewachsen, wenn sie durch ausreichend dimensionierte Festpunkte gesichert sind. Das zu erkennen ist Aufgabe des Systemvertriebers. Er hatte als Hersteller und Vertrieber von Heizkörperanbindeleitungen aus PE-X und einer Vielzahl von zugehörigen Systembauteilen, zum Teil „Fremdprodukten“, in seinen Firmenunterlagen die Planung und Montage des gesamten Heizkörperanschlusssystems beschrieben. Er hat sich in diesem Zusammenhang auch über Details der Verbindungstechnik und über die Schnittstellen mit den übrigen Gewerken am Bau ausführlich geäußert. Aufgrund der ihm zur Verfügung stehenden Unterlagen, Kenntnisse und Erfahrungen hätte er nach dem Stand der Technik die aufgetretenen Schwachstellen erkennen müssen und durch geeignete Maßnahmen verhindern können. Das geschah erst Jahre später.

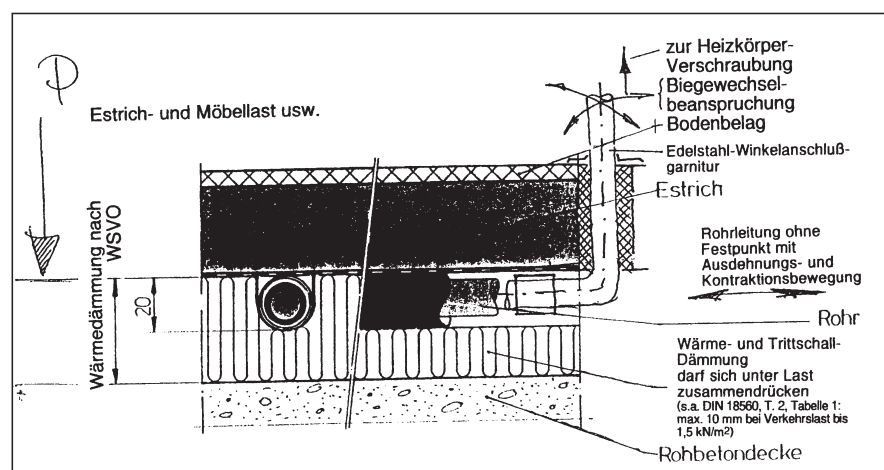
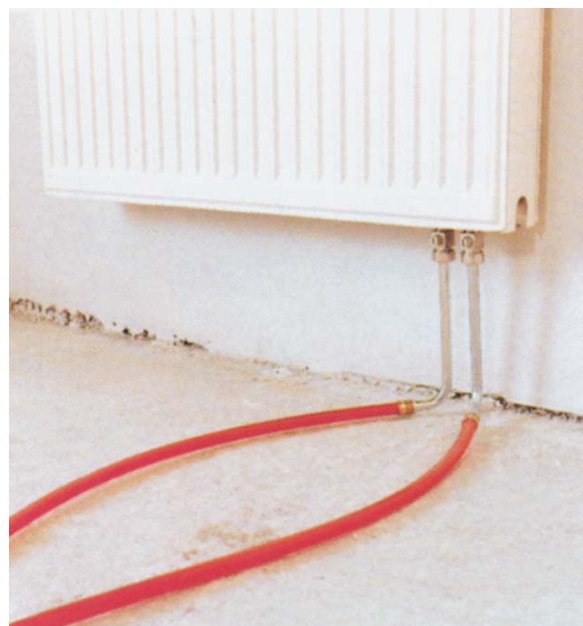
So war in früheren „Praxisgerechten Technischen Informationen“ weder ein „bogenförmiges“ Anfahren der Heizkörper noch eine „Schenkelverlegung“ der Rohre vor dem HK gefordert. Bild 5 zeigt zum Beispiel aus einer solchen Information das geradlinige Anfahren der HK vom Verteiler aus.

Festpunkte wurden weder gefordert noch geeignete schallgedämmte Bauteile dafür angeboten. Ganz im Ge-

**Bild 2 • Aufgebördeltes Edelstahlrohrende verhindert Herausrutschen des Rohres aus der Verschraubung und vermindert Kriechvorgänge des EPDM-Dichtelements; damit wird die Dicht- und Haltefunktion der Verbindung gesichert.**



**Bild 3 • Werkbild eines Rohrbogens, der die temperaturbedingte Dehnung und Kontraktion der Rohrleitung aus Kunststoff ausgleichen soll**



**Bild 4 • Mechanische Beanspruchung einer Heizkörperverschraubung durch eine nicht fixierte Winkelanschlussgarnitur gegebenenfalls auf Zug durch die auflastende Estrichplatte und auf Biegewechsel durch Ausdehnungs- und Kontraktionsbewegungen des Kunststoffrohres der Heizkörperanbindeleitung**



genteil wurde festgestellt und akzeptiert, dass die Anschlussgarnituren nach unten hin nicht befestigt wurden, da die Anforderungen an den Trittschallschutz durch PST-Platten eingehalten werden mussten und die Rohre darauf verlegt wurden.

Auch dass es unvermeidlich ist, dass durch das Relaxieren der EPDM-Dichtung in diesen weichdichtenden Klemmverschraubungen die Reibschlusskräfte und damit die Haltekraft gegen ein Herausrutschen des Edelstahlrohres mit glattem Ende im Laufe der Betriebszeit merklich sinken und darüber hinaus temperaturbedingt – und durch die in Bild 4 gezeigten Biegewechselbeanspruchungen – Kriechvorgänge des Elastomermaterials in die konstruktionsbedingt verbleibenden Hohlräume (Bild 6: hier mit einem Kupferrohr) mit der Folge von Undichtheiten ausgelöst werden können, hätte den Kunststofffachleuten des Systemvertreibers nicht verborgen bleiben dürfen. Warum also größere Drehmomente bei der Montage Schäden der geschilderten Art vermieden hätten, ist für den Verfasser nicht nachvollziehbar.

Wenn nach der VOB-C DIN 18299 Abs. 2.1.3 (Ausgabe 9.88 und 12.92) Stoffe und Bauteile (in baulichen Anlagen) für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet und aufeinander abgestimmt sein müssen, darf auch von einem Systemvertreiber erwartet werden, dass er die von ihm angebotenen oder akzeptierten Werkstoffe, Konstruktionen, Bauteile, Planungs-, Montage-, Betriebs- und Instandhaltungsanleitungen danach ausrichtet; als Gewährleistungspartner des Zentralverbandes Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik hat er sich dazu sogar verpflichtet. ■

## FOLGE 22



Bild 5 • Kunststoffrohrleitungsverlegung ohne Ausdehnungsbögen oder Biegeschenkel vor den Heizkörpern, wie sie in einer früheren „Praxisgerechten Technischen Information“ des Systemanbieters zu finden war. Schrumpf-, Kontraktions- und Ausdehnungskräfte beanspruchten die angrenzenden Bauteile, zum Beispiel Verschraubungen.

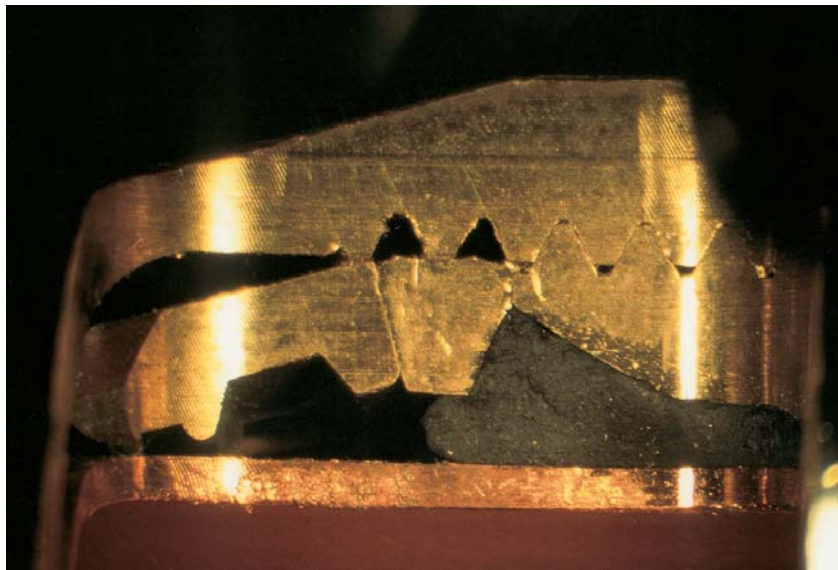


Bild 6 • Schnitt durch eine weichdichtende Klemmringverschraubung mit einem Kupferrohr. Durch Relaxation und Kriechen des EPDM-Dichtelements vermindern sich die durch Reibschluss aufgebrachten Haltekkräfte, die ein Herausgleiten des Rohrendes verhindern sollen. Bei weichen Rohrwerkstoffen (zum Beispiel Kupfer) lassen sich bei ausreichendem Anzugsmoment der Verschraubung und konstruktiv getrennt aufgebrachten Kräften für die Haltekonstruktion des Klemmrings eine Einschnürung des Rohres und damit ein dauerhafter Formschluss der Verbindung erreichen.





**Herausgeber: Initiative Kupfer**

**Informationsbüro Haustechnik**

**Postfach 10 30 42, 40021 Düsseldorf**

**Tel. 0800/1587337, Fax 0211/4788065**

**Internet: [www.kupfer.de](http://www.kupfer.de)**

**E-Mail: [mail@kupfer.de](mailto:mail@kupfer.de)**

Gefördert von: International Copper Association –  
International Wrought Copper Council – European  
Fittings Manufacturers Association