



## Frosteinwirkung auf wasserführende Leitungssysteme

### Ursache erkennen und schädliche Auswirkungen vermeiden

Im Winterhalbjahr verursachen frostbedingte Leitungswasserschäden jedes Jahr erhebliche Kosten. Auch wenn die Temperaturen Anfang 2007 deutlich über dem Gefrierpunkt liegen und inzwischen allgemein anerkannt wird, dass die globale Klimaerwärmung auch unsere Regionen betrifft, werden Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes weiterhin normal sein, und es muss mit Schäden an wasserführenden Leitungen durch Frosteinwirkung gerechnet werden.

#### Ursache von Frostschäden in wasserführenden Systemen

Frost ist im Ursachenschlüssel des GDV als eigene Schadenursache aufgeführt. Jedoch genügt Frost allein nicht, Leitungswasserschäden zu verursachen. Es müssen weitere Randbedingungen erfüllt sein, damit es zu einem Schaden kommen kann:

- ▶ Physikalisch ist die Eisbildung in Wasser bei Unterschreiten des Gefrierpunktes nicht zu vermeiden.
- ▶ Damit die Phasenumwandlung flüssig/fest, d. h. Wasser in Eis, stattfinden kann, muss dem Wasser Wärme entzogen werden.
- ▶ Weiterhin findet Eisbildung nicht unmittelbar nach Unterschreiten des Gefrierpunktes statt, sondern erfordert eine gewisse Unterkühlung. Je geringer die Unterkühlung, desto langsamer die Eisbildung.

▶ Fließendes Wasser verlangsamt die Eisbildung erheblich, wie im Winter sehr anschaulich auf Seen und Bächen festzustellen ist.

▶ Bei der Umwandlung von flüssig in fest nimmt das Volumen des Wassers zu. Eis hat ein um ca. 9 % größeres Volumen als die gleiche Menge Wasser in der Nähe des Gefrierpunktes. In einem wassergefüllten abgeschlossenen Volumen führt daher eine Eisbildung über die Volumenzunahme im festen Zustand zu einem Druckanstieg (Diagramm Druckzunahme durch Eis).

Dieser Druckanstieg ist für die Schädigung der wasserführenden Systeme verantwortlich, da die erreichten Drücke erheblich über den Werten liegen, die von den Bauteilen und Verbindungen ausgehalten werden.

#### Notwendige Randbedingungen für einen Leitungswasserschaden durch Frosteinwirkung:

1. Eine Frostperiode mit Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes.
2. Ein geschlossenes System wasserführender Leitungen – Heizung oder Trinkwasser.
3. Die Abkühlung einer wasserführenden Rohrleitung des Objektes unter den Gefrierpunkt mit Eisbildung. Dies setzt voraus: **a)** dass der Bereich nicht beheizt ist – z. B. Heizung aus-

geschaltet oder ausgefallen, **b)** oder dass der Wärmeabfluss in dem Bereich der Rohrleitung stärker ist als die Wärmezufuhr aus dem Gebäude – z. B. Rohrleitung in Außenwand oder Abseite.

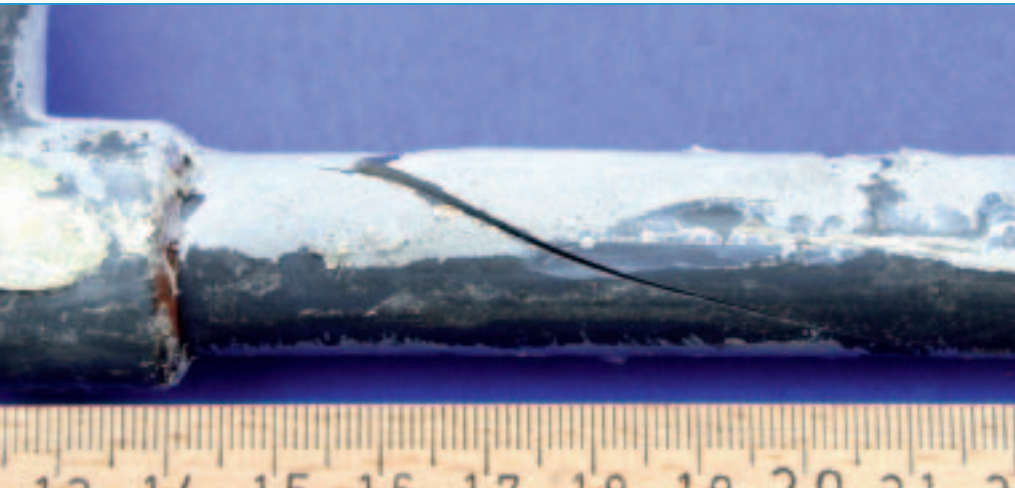
4. Stagnation – stillstehendes Wasser im System.
5. Ausreichend Zeit – das Auskühlen einer gedämmten Rohrleitung im Fußboden eines vollständig erwärmten Gebäudes dauert länger als das Auskühlen einer freiliegenden Rohrleitung in einem Zimmer mit offenen Fenstern.

Schadenursächlich ist damit nicht nur der Frost, sondern auch der unzureichende Schutz der betroffenen Installation vor der schädigenden Auskühlung während einer Frostperiode.

Im Grunde sind daher alle frostbedingten Wasserschäden auf technische Mängel bzw. organisatorische Versäumnisse oder beides zurückzuführen. Im Schadenfall besteht seitens der Versicherer oft Klärungsbedarf, worin die eigentliche Ursache des Frostschadens zu suchen ist. ▶



**Bild 1:** Hartgelötetes Kupferrohr, unter Frosteinwirkung gedehnt und aufgerissen.



**Bild 2:** PVC-Rohr, durch Frosteinwirkung aufgerissen.

#### Schadenmerkmale von frostgeschädigten Rohren und Bauteilen

Die Erscheinungsform von frostgeschädigten Rohrleitungen wird üblicherweise mit geplatzten Rohren in Verbindung gebracht, die sichtbar ihre Form geändert haben und denen die Gewalteinwirkung von innen mit bloßem Auge anzusehen ist. Auf Rohre, die durch Löten oder Schweißen miteinander verbunden werden, trifft dies auch zu – beispielsweise hartgelötete Kupferrohre (**Bild 1**) oder geklebte PVC-Rohre (kaltverschweißt), (**Bild 2**), ebenso verschraubte Rohre bzw. Bauteile (Eckventile, Wasserzählergehäuse) (**Bild 3 u. 4**). In diesen Fällen führt der extrem hohe Innendruck an den schwächsten Stellen der

stofflich miteinander verbundenen Rohre und Fittings zum Versagen des Materials. Bei den Press- und Klemmverbindungen sind die Erscheinungsbilder anders. Unter hoher Druckeinwirkung platzen nicht die Rohre, sondern es trennen sich die kraftschlüssigen Verbindungen, wie Laborversuche mit einem Kupferpresssystem und einem Mehrschichtverbundrohrsystem beispielhaft zeigen (**Bild 5 u. 6**). Während der Versuche herrschten in dem Rohrstück zwischen dem Eispropf und dem Blindstopfen Drücke über 60 bar (Manometervollausschlag). Zu beachten ist, dass die Trennung der Verbindungen nicht im Bereich des Eispropfens erfolgte. Nur in dem flüssigen Bereich nimmt der Druck zu.

Die Erscheinungsform unter Frosteinwirkung getrennter Pressverbindungen und durch äußere Zugkräfte getrennter Verbindungen ist identisch! Ob die Verbindung durch extrem hohen Innendruck oder durch hohe äußere Kräfte getrennt worden ist, lässt sich an den Rohren und Presshülsen nicht mehr ablesen. Für die Differenzierung ist der Kontext – Temperaturen, Art der Befestigungen etc. – von entscheidender Bedeutung für die Ermittlung der Schadenursache.

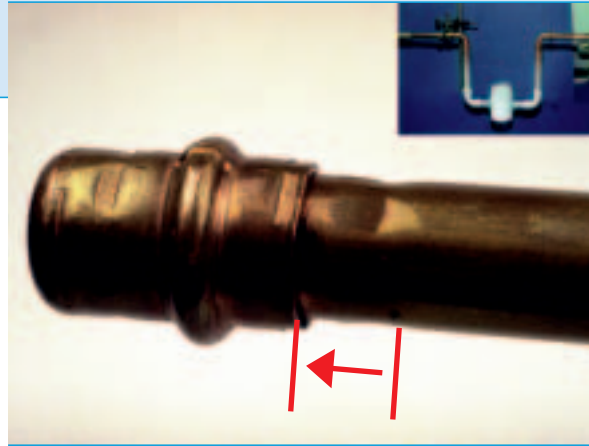
Wird ein Rohr links und rechts gleichzeitig eingefroren, dann platzt es in der erwarteten Art und Weise zwischen den Eispropfen.

Es bleibt festzuhalten, dass Mehrschichtverbundrohre sich an der Schweißnaht des Aluminiummantels aufwölben und aufreißen (**Bild 7**), während gelötete Kupferrohre sich zunächst umlaufend aufblähen und dann an einer Stelle aufreißen (**Bild 8**).

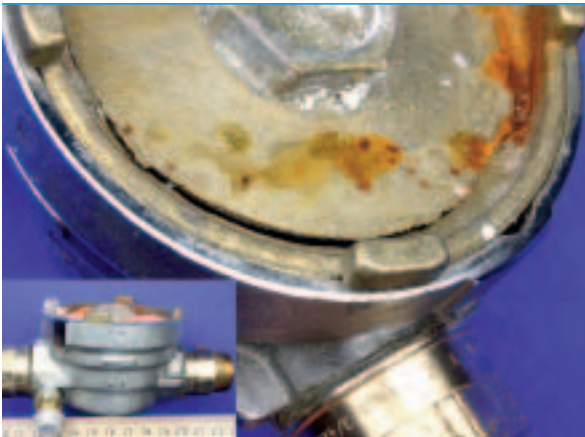
Die Erscheinungsform unter Frosteinwirkung und unter unzulässig hoher Temperatur geplatzter Mehrschichtverbundrohre ist in vielen Fällen nahezu identisch. Ob das Material bei niedriger Temperatur einem sehr hohen Druck oder bei sehr hoher Temperatur einem normalen Druck ausgesetzt worden ist, lässt sich auf den ersten Blick nicht zweifelsfrei bestimmen. Für die Differenzierung ist auch hier der Kontext – Umgebungs- und Betriebstemperaturen sowie der Zustand des Warmwassererzeugers (mögliche Fehlfunktion) – von entscheidender Bedeutung für die Ermittlung der Schadenursache.



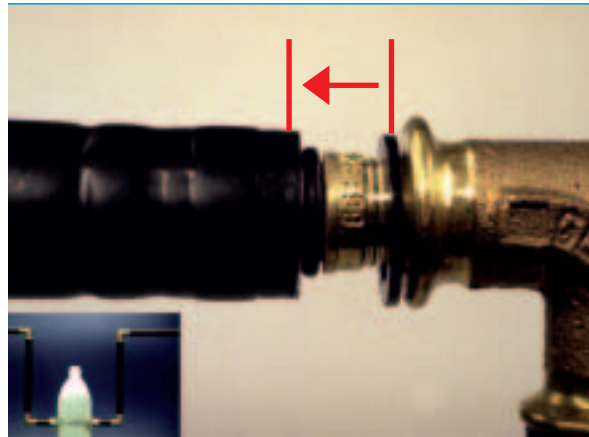
**Bild 3:** Eckventile, durch den hohen Druck bei Frost geplatzt. Die Schraubkappen aus verchromtem Kunststoff sind im Gewindeübergang abgerissen (Pfeile). Dadurch wurde der Ventileinsatz herausgedrückt und Wasser konnte austreten.



**Bild 5:** Laborversuch mit Pressfittingsystem aus Kupfer: Nach lokalem Einfrieren des wassergefüllten Rohres (kleines Bild) ist die Verbindung aus der ursprünglichen Lage bis über den O-Ring in dem Fitting vom Rohrende geschoben worden.



**Bild 4:** Wasserzählergehäuse mit Blinddeckel, durch den hohen Innendruck bei Frost geborsten.



**Bild 6:** Laborversuch mit Pressfittingsystem für Mehrschichtverbundrohr: Nach lokalem Einfrieren ist das Rohr von der Stützhülse bis zum Dichtungsring geschoben worden.

Klemmringverschraubungen von flexiblen Anschlusschläuchen für Waschtischarmaturen verhalten sich unter Frosteinwirkung im System wie die Pressverbindungen – die Anschlussröhrchen werden aus den Verbindungen gedrückt (**Bild 9**). Dies erfolgt auch bei fachgerecht verschraubten Verbindungen. Sind die Eckventile geschlossen, dann „reißen“ die Eckventile durch den hohen Druck auf den Ventilteller auf (**Bild 3**).

#### Frostbegünstigte Gebäudeteile

Damit Wasserleitungen einfrieren können, müssen sie zunächst auskühlen. In Wohngebäuden, die in unseren Breiten

graden üblicherweise beheizt werden, sind somit Rohrleitungen von einer möglichen Frosteinwirkung am ehesten betroffen, die in Außenwänden (**Bild 10**), unbeheizten Dachabseiten (**Bild 11**) oder über Toreinfahrten liegen.

Handelt es sich zusätzlich um ältere Gebäude mit einer Wärmedämmung, die den heutigen Anforderungen nicht mehr genügt, dann steigt die Gefahr einer Frosteinwirkung auf die Rohrleitungen.

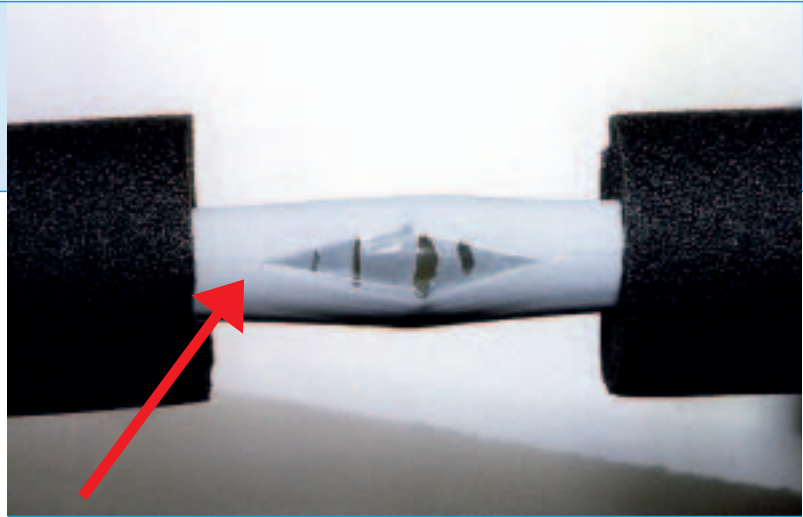
Diese Gefahr ist in den Zeiträumen einer intensiven Nutzung der Gebäude gering, da in Kälteperioden stark geheizt werden muss, um die Raumtemperaturen auf ein erträgliches oder

komfortables Niveau zu bringen. Über die hohen Wärmeverluste durch die Wände werden die darin installierten Rohre automatisch vor der Frosteinwirkung geschützt.

Bei Änderung des Nutzerverhaltens – zeitweiliger Leerstand im Winter wegen Urlaub im Süden oder Auszug der erwachsenen Kinder etc. – werden dann häufig aus Kostengründen die Räume weniger bzw. überhaupt nicht mehr beheizt und die Heizkörperthermostate auf Frostschutz-Stellung gebracht.

Diese minimale Wärmezufuhr reicht für die in den Wänden liegenden Rohre als Schutz vor einer Frosteinwirkung nicht aus. ▶

**Bild 7:** Laborversuch mit Mehrschichtverbindrohr: Bei Frosteinwirkung links und rechts von der abgebildeten Stelle platzt das Rohr immer an der Schweißnaht des Aluminiummantels.



Zusätzlich darf nicht vergessen werden, dass der Druckanstieg bei einer Frosteinwirkung nicht nur die Rohre in frostgefährdeten Bereichen betrifft, sondern das gesamte System. So kann eine Frosteinwirkung in der Zuleitung eines WC-Spülkastens, der an der Außenwand montiert ist, zu einem Rohrbruch im Inneren des Gebäudes führen (**Bild 9**).

#### Maßnahmen zur Vermeidung von Frostschäden

Die einfachste, aber wirkungsvollste Maßnahme zur Vermeidung von frostbedingten Leitungswasserschäden ist die ausreichende Beheizung aller Gebäudeteile mit wasserführenden Leitungen – auch bei Abwesenheit. Es hängt von der Lage der Rohre im Gebäude ab, was dabei als ausreichend zu bewerten ist. Um Rohre in Außenwänden vor einer Frosteinwirkung zu schützen, sind höhere Raumtemperaturen erforderlich als in Gebäuden mit ausschließlich innen liegenden Rohrleitungen. Die unterste Stellung der Thermostatventile reicht bei ungünstig liegenden Rohren dann nicht mehr aus!

In unbeheizten Gebäudeteilen können wasserführende Rohrleitungen über elektrische Rohrbegleitheizungen vor einer Frosteinwirkung geschützt werden (VDI 2069). In geschlossenen Heizungsanlagen kann das Einfrieren durch Zugabe von Frostschutzmitteln verhindert werden.

**ACHTUNG!** Moderne Thermen produzieren so wenig Abwärme, dass die



**Bild 8:** Gelöste Kupferrohre blähen sich unter gleichen Bedingungen zunächst umlaufend auf und reißen dann an einer Stelle auf.

Räume, in denen diese Anlagen stehen, auch durch Heizkörper vor einer Frosteinwirkung geschützt werden müssen.

Die häufig praktizierte Schutzmaßnahme der Entleerung von Teilen einer Trinkwasserinstallation im Winterhalbjahr – Wochenendhäuser, Außenwasserhähne etc. – kann aus hygienischen Gründen (VDI 6023, TrinkwV) als auch aus Korrosionsschutzgründen nicht mehr empfohlen werden.

In entleerten, nicht getrockneten metallischen Rohrleitungen steigt die Wahrscheinlichkeit für eine Schädigung durch lokale Korrosion. Nur nach Überprüfung der regionalen Umstände für die Korrosionsbegünstigung kann im Einzelfall auch weiterhin eine halbjährli-

che Entleerung ohne eine Erhöhung des Schadenrisikos für korrosionsbedingte Rohrbrüche durchgeführt werden.

Die Maßnahmen zur Erhaltung der Trinkwasserqualität in der Installation sind anschließend bei der Wiederinbetriebnahme in jedem Fall durchzuführen (Spülung, Kontrolluntersuchung).

Wenn im Winter die Installationen in zeitweilig nicht bewohnten Gebäuden mit Wasser befüllt bleiben, ist als Schutz vor Überflutung, aber auch aus Hygieneschutzgründen die Zuleitung am Wasserzähler abzusperrnen! Weiterhin muss das Gebäude regelmäßig auf die funktionierende Heizungsanlage überprüft werden. Dabei reicht es nicht aus, nur den Heizungsraum zu kontrollieren.



**Bild 9:** In dem unbeheizten Haus war die Trinkwasserinstallation nicht abgesperrt und nach einer Frostperiode wurde das Haus überflutet, weil aus dem herausgedrückten Klemmringanschluss der Waschtischarmatur lange Zeit Wasser austreten konnte. Zum Zeitpunkt der Schadenfeststellung war das Wasser im WC-Spülkasten noch mit einer Eisschicht bedeckt.



**Bild 10:** Die Zuleitungen des Waschtisches verlaufen in der Außenwand. Bei Frosteinwirkung wurde das Anschlussrohr zum Wasserhahn aus dem Eckventil gedrückt und Wasser trat aus.

Der Begriff „regelmäßig“ ist aus technischer Sicht auch hier nicht mit einer einzigen Zahl zu quantifizieren. Es hängt von dem Gebäude und der Frostintensität ab, ob bei Ausfall der Heizung bereits nach einem Tag mit frostbedingten Schädigungen zu rechnen ist oder nicht. Abhängig von der Beurteilung dieser Frage ist die Häufigkeit der Kontrollen zu wählen.

### Im Schadenfall: Technisches oder organisatorisches Versagen?

Tritt ein Frostschaden in einem bewohnten und normal genutzten Gebäude auf, wird man in aller Regel von technischen Gegebenheiten als Ursache ausgehen können.

In leer stehenden oder zeitweilig nicht bewohnten Gebäuden wird jedoch bei einem frostbedingten Leitungswasserschaden zu überprüfen sein, ob Versäumnisse der Eigentümer oder Nutzer den Schaden verursacht haben oder ob ein technischer Defekt vorliegt.

► Anhand der festgestellten Schadenmerkmale allein ist diese Einschätzung nicht möglich.

Die häufigste Ursache von frostbedingten Leitungswasserschäden in unbewohnten Gebäuden ist die fehlende oder unzureichende Beheizung.

Deshalb ist zu klären, weshalb die Beheizung nicht oder nur unzureichend erfolgte.

Bei einer funktionsfähigen Heizung kann ein technischer Defekt als Ursache bereits ausgeschlossen werden.

Es müsste dann untersucht werden, ob die Heizung betrieben wurde oder ob es trotz laufender Heizung zur Frosteinwirkung kommen konnte.

Bei einer nicht funktionsfähigen Heizung ist zu prüfen, ob die Funktionsstörung während der Frostperiode eintrat oder bereits seit längerer Zeit vorlag.

Aber auch bei einem Heizungsausfall können Frostschäden in aller Regel durch regelmäßige Kontrollen vermieden werden.

Treten sie dennoch auf, muss durch Vergleich der Wetterdaten, Zeitangaben über Kontrollen und Schadenbild die Plausibilität des Schadenhergangs geprüft werden.

In der Rechtsprechung wird mindestens eine halbwochentliche Kontrolle gefordert (OLG Frankfurt/M. v. 5.12.2002 – 3 U 165/01; OLG Stuttgart v. 4.3.2004 – 7 U 166/03).

### Schadenbeispiel: Obliegenheitsverletzung in einem unbewohnten, leer stehenden Gebäude

In einem leeren, unbewohnten schlossähnlichen Gebäude wurde zu Jahresbeginn ein Leitungswasserschaden in der Heizungsinstallation festgestellt. Laut Versicherungsvertrag war der Leitungswasserschaden nur dann versichert, wenn das Gebäude durchgehend ►



**Bild 11:** Unbeheizte Abseite mit wasserführenden Rohrleitungen, die Wärmedämmung zum Dach ist lückenhaft. Bei Frost konnten die Rohre einfrieren.

Der Ausdruck Frost bezeichnet das Auftreten von Temperaturen unterhalb 0 °C, dem Gefrierpunkt von Wasser. In den gemäßigten Breiten wird folgende subjektive Skala zur Beschreibung der Frosthärte benutzt:

- |  |   |
|--|---|
| ▶ Geringer Frost: 0 bis -2 Grad Celsius  | ▶ Strenger Frost: -10 bis -15 Grad Celsius    |
| ▶ Leichter Frost: -2 bis -5 Grad Celsius | ▶ Sehr strenger Frost: unter -15 Grad Celsius |
| ▶ Mäßiger Frost: -5 bis -10 Grad Celsius | Quelle: Wikipedia                             |

beheizt und kontrolliert wird. Zwei Tage vor der Schadenfeststellung soll die letzte Kontrolle stattgefunden haben. Dabei soll das Gebäude ohne Mängel mit laufender Heizung vorgefunden worden sein.

Im Rahmen eines Ortstermins wurde das Gebäude besichtigt. Die Heizungsrohre aus Kupfer sind im OG und DG an vielen Stellen durch Frosteinwirkung geplatzt bzw. Verbindungen sind auseinandergedrückt.

Die Bruchmerkmale zeigen deutlich, dass die Rohre an vielen Stellen komplett durchgefroren gewesen sind (**ähnlich Bild 1 und 8**).

An zahlreichen Stellen in den Bädern sind die Trinkwasserleitungen ebenfalls undicht. Im Keller wird die Heizung mit nagelneuem, ungebrauchtem Ölfilter in nicht betriebsfähigem Zustand und einem Resttankinhalt von weniger als 15 % in den 5 Einzeltanks vorgefunden.

Die Auswertung der Temperaturdaten aus der Region zeigt eine Woche vor der Schadenfeststellung eine Frostpe-

riode mit Tageshöchst- und -tiefsttemperaturen zwischen -5 °C und -10 °C, die 2 Tage vor dem Schadenfeststellungszeitpunkt endete. In den letzten beiden Tagen lagen die Tagestemperaturen über 0 °C.

Die Temperaturdaten belegen, dass die Heizungsanlage in dem leer stehenden Gebäude nicht innerhalb der letzten beiden Tage vor der Schadenfeststellung eingefroren sein kann.

Die vorgefundenen, massiven Folgen einer Frosteinwirkung müssen in der Zeit vorher eingetreten sein. Darüber hinaus sind die Auswirkungen der Frosteinwirkung auf die Heizungsrohre stärker gewesen, als es nach Ausfall der Heizung innerhalb von zwei Tagen in einem vorher beheizten Gebäude möglich gewesen wäre.

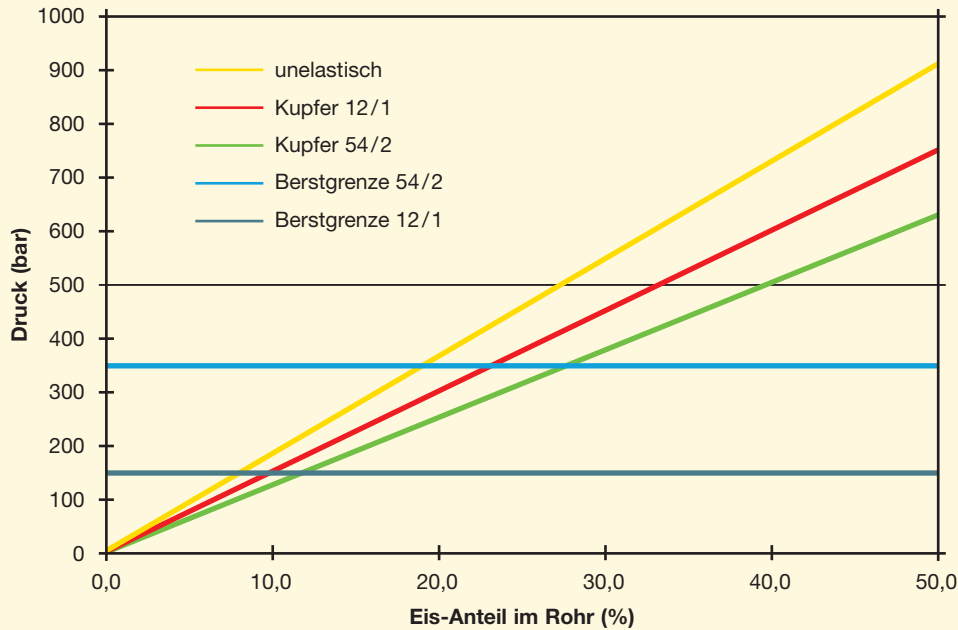
Das Gebäude kann daher nicht – wie in der Schadenmeldung ausgeführt – zwei Tage vorher im beheizten Zustand kontrolliert worden sein.

Zweifelsfrei lag eine Obliegenheitsverletzung vor.

#### **Schadenbeispiel: Frosteinwirkung durch Planungs- und Ausführungsfehler in genutztem Gebäude**

Schadenursächlich für einen großen Leitungswasserschaden im März 2005 in einem bewohnten, älteren Wohngebäude war eine geplatzte Kaltwasserleitung im ausgebauten Dachgeschoss.

Diese hartgelötete Kupferrohrleitung war aufgrund einer Frosteinwirkung mit den charakteristischen Schadenmerkmalen aufgerissen (**ähnlich Bild 1**). Da sich die Eigentümer des Hauses zum Schadenzeitpunkt im Urlaub befanden, blieb der Schaden für längere Zeit unbemerkt, sodass eine erhebliche Wassermenge austreten konnte. Die Wohnung im Dachgeschoss war beheizt und wurde in unregelmäßigen Abständen von einem Verwandten der Eigentümerin genutzt. Die Wasserleitungen im Dachgeschoss waren erst ca. 1 Jahr vor dem Schaden, im April 2004, installiert worden. Sie verlaufen dort innerhalb der Abseite unter der Dachschräge. Die Wärmedämmung der Dachfläche zur Abseite ist nur unvollständig gegeben (**Bild 11**).



### Druckzunahme in Wasserleitung durch Eisbildung

Druckzunahme in einer abgesperrten wassergefüllten Leitung bei „Umwandlung“ von Wasser in Eis. Die gelbe Linie beschreibt den Druckverlauf ohne Berücksichtigung der elastischen Eigenschaften des Rohrmaterials. Wird das elastische Verhalten berücksichtigt, so ist der Druckanstieg etwas geringer als am Beispiel für zwei unterschiedliche Kupferrohrabmessungen berechnet. Die ebenfalls eingezeichneten Berstdrücke sind aus den Materialkennwerten für Kupfer berechnet.

Den Angaben der Eigentümer zufolge waren die Räume auch während ihrer Abwesenheit beheizt. Ein Schaden der Heizungsanlage liegt nicht vor. Auch zum Zeitpunkt der Schadenfeststellung, unmittelbar bei der Rückkehr aus dem Urlaub, war das Gebäude nicht ausgekühlt und die Heizung in Funktion.

Die Heizungsanlage verfügt über eine automatische Nachfüllfunktion. Nach Angaben der ausführenden Installationsfirma kann die Trinkwasserinstallation daher nicht abgestellt werden, weil sonst der Druck in der Heizungsanlage nicht mehr gewährleistet wäre und dies zu Störungen im Betrieb führen würde. Der für die Schadenentstehung wesentliche Installationsfehler ist die Verlegung der Rohrleitungen in einem frostgefährdeten Bereich ohne entsprechende Schutzmaßnahmen.

Aufgrund der baulichen Bedingungen ist eine Frosteinwirkung bei entsprechenden Außentemperaturen im Bereich der Abseite nicht zu vermeiden, auch wenn die angrenzenden Räume beheizt werden. Die Dämmung der Rohrleitungen selbst bietet dabei auch keinen ausreichenden Frostschutz.

In der DIN 1988-2 heißt es dazu im Abschnitt 10.2.1:

„Liegen Rohrleitungen in frostgefährdeten Bereichen, so kann bei Stillstandszeiten auch eine Dämmung keinen Schutz vor Einfrieren bieten. Sie müssen entleert oder anderweitig (z. B. durch Begleitheizung) geschützt werden.“

Die Empfehlung der Entleerung ist dabei aus den bereits erwähnten Gründen mit Vorbehalt zu betrachten.

Im vorliegenden Fall wäre die Verlegung der Rohre auf der Innenseite der Abseite im beheizten Bereich zum Schutz vor Frosteinwirkung ausreichend gewesen. Alternativ hätte auch die Abseite in den beheizten Bereich einbezogen werden können. Dann wäre die vollständige Dämmung des Daches zusätzlich notwendig geworden.

Planung und Ausführung der Leitungssysteme lagen in der Hand eines Fachbetriebes und damit auch die Verantwortung für die mangelhafte Frostsicherheit sowie die daraus resultierende Schadenentstehung. ■

Dr.-Ing. Thorsten Pfullmann  
Institut für Schadenverhütung  
und Schadenforschung

### Literatur:

1. Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001), 5/2001
2. VDI 2069, Verhindern des Einfrierens von wasserführenden Leitungen, VDI-Richtlinien, 5/2006
3. VDI 6023, Hygiene in Trinkwasser-Installationen – Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung, VDI-Richtlinien, 6/2006