LECKAGESCHUTZ KONZEPTE

gegen Leitungswasserschäden in Gebäuden

Ein Praxisbeispiel

Leitungswasserschäden verursachen nicht nur immense Kosten und zerstören materielle Dinge, häufig stellen die immateriellen Schäden und organisatorischen Folgen eines Wasserschadens eine viel größere Belastung für die Betroffenen dar. Zerstörte Urlaubserinnerungen, laute Trocknungsgeräte, Hotelaufenthalte und Zeitaufwand für Neuanschaffungen und nicht zuletzt Folgeschäden, um nur einige zu nennen. Aufgrund möglicher Nichtnutzbarkeit der betroffenen Räume oder sogar des ganzen Gebäudes können auch Miet- oder Betriebsausfälle die Folge sein.

Eine Begrenzung der bestimmungswidrig ausgetretenen Wassermenge sowie eine Verkürzung der Einwirkzeit kann dazu beitragen, den Schaden und dessen Folgen gering zu halten. Zu diesem Zweck sind bereits diverse Leckageschutzsysteme unterschiedlicher Hersteller am Markt erhältlich. [1, 2] Das IFS hat in der Vergangenheit bereits mehrfach über verschiedene Systeme berichtet. Diese Systeme lassen sich, je nach Funktionsweise, in verschiedene Leckageschutzkonzepte einteilen.

Im Folgenden werden zunächst kurz diese verschiedenen zugrunde liegenden Konzepte beschrieben. Anschließend wird die Funktion und der Einbau eines Leckageschutzsystems „Wasserleck Protect“ des Herstellers Pipe Systems – hier am Beispiel einer Kindertagesstätte – erläutert.

Leckageschutzkonzepte

Mit einer fachgerecht geplanten und ausgeführten Trinkwasserinstallation unter Verwendung hochwertiger Komponenten lässt sich das Risiko eines Schadeneintritts zwar senken, aber nicht vollkommen ausschließen. Reduzieren lassen sich jedoch die Folgen eines möglichen Wasseraustritts. Hier setzen die Leckageschutzkonzepte an:

- **Die Reduzierung der Austrittsmenge**

Je mehr Wasser bestimmungswidrig austritt, desto größer (im Allgemeinen) der Schaden.

Wie aber die Austrittsmenge begrenzen? Es gilt: **Austrittsmenge = Austrittsrate x Austrittszeit**. Da man in der Regel keinen Einfluss darauf hat, wie groß die Leckage, also die Austrittsrate ist, bleibt nur die Verkürzung der Austrittszeit. Dies lässt sich auf unterschiedliche Weisen umsetzen:

Konzept 1:

Die Leitung ist nicht dauerhaft, sondern nur zu bestimmten Zeiten geöffnet. Damit wird der Austrittszeitraum, innerhalb dessen Wasser unbemerkt austreten kann, begrenzt.

- **Hier setzt das zweite Konzept zur Reduzierung der Austrittsdauer ein:**

Konzept 2:

Mittels Sensorik werden Leitungen und/oder Räume auf einen bestimmungswidrigen Leitungswasseraustritt hin überwacht. Sobald ein solcher erkannt wird, wird die Wasserzufuhr gestoppt. Damit kann – wie im oberen Fall bei abgesperrtem Ventil übrigens auch – nur noch die in den Leitungen bereits vorhandene Wassermenge austreten.

Auch diese üblicherweise relativ geringe Wassermenge kann bei Einwirkung über einen längeren Zeitraum erheblichen Schaden anrichten: Der Inhalt eines 200-l-Warmwasserspeichers in der Dachzentrale, der am ersten Tag eines dreiwöchigen Urlaubs undicht wird, kann auch bei Absperrung der Wasserzufuhr im Keller einen erheblichen Feuchteschaden (z. B. Schimmel) verursachen. Es hilft nur:

- **Die Reduzierung der Einwirkzeit**

Konzept 3:

Die Einwirkzeit lässt sich nur durch die Veranlassung von Gegenmaßnahmen reduzieren. Dies bedeutet, dass ein bestimmungswidriger Leitungswasseraustritt erkannt und gemeldet werden muss, damit z. B. die sofortige Trocknung beginnen kann. Die Erkennung eines bestimmungswidrigen Leitungswasseraustritts erfolgt durch dieselbe wie unter 2 aufgeführte Sensorik. Die Information wird jedoch nicht an ein Absperrorgan weitergeleitet, sondern an eine Zentrale, von der aus die organisatorischen Gegenmaßnahmen koordiniert werden.

Rein formal lassen sich diese Konzepte alle ausschließlich organisatorisch abbilden. Der personelle Aufwand wäre allerdings erheblich. Praktisch werden diese Konzepte fast ausschließlich technisch umgesetzt.

Das Konzept 1 wird durch ein Absperrventil realisiert. Dieses kann im einfachsten Fall manuell bei Anwesenheit geöffnet und vor Abwesenheitszeiten geschlossen werden. Ist mehr Komfort gewünscht, so lassen sich elektrische Absperrventile auch über eine Zeitschaltuhr, eine Alarmanlage oder einen Schalter fernsteuern. Üblicherweise entspricht die Öffnungszeit der Betriebsphase des Gebäudes, z. B. einer Praxis, Kindertagesstätte oder eines Büros.

Eine weitere Umsetzung – und auch hier gibt es wieder unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten – sind Systeme mit Absperrventilen, die prinzipiell ständig geschlossen sind und den Wasserfluss nur bei konkretem Bedarf freigeben. Diese Systeme minimieren die Zeitfenster für einen schädigenden Wasseraustritt.

Für das Konzept 2, Schließen des Absperrventils nach dem Erkennen eines bestimmungswidrigen Leitungswasseraustritts, gibt es bereits zahlreiche verfügbare Realisierungen am Markt. Die Erkennung eines bestimmungswidrigen Leitungswasseraustritts erfolgt entweder über Wassermelder in den zu überwachenden und zu schützenden Räumlichkeiten oder durch Überwachung der Leitungen selbst. Im letzteren Fall ist zwischen druckbasierten und durchflussbasierten Systemen zu unterscheiden, die ungewöhnliche Verbräuche, z. B. sehr geringe, aber lang anhaltende oder dauerhafte Wasserentnahmen, als Leckage bewerten und über ein elektrisches Signal das entsprechende Ventil absperren. Diese Systeme erfordern eine Lernphase und konstante Nutzungsbedingungen, damit man z. B. nicht unter der Dusche plötzlich im Trockenen steht.

Das Konzept 3 zur Verringerung der Einwirkzeit ist zunächst mit derselben Sensorik wie Konzept 2 zu realisieren. Hier wird bei der Erkennung eines bestimmungswidrigen Leitungswasseraustritts nicht zwingend das Ventil geschlossen, sondern die Information an eine Stelle geleitet (per Telefon, SMS, E-Mail o. ä.), die weitere Maßnahmen ergreift. ▸

Austrittsmenge = Austrittsrate x Austrittszeit

Bild 1 | Die Positionierung der Sensoren sollte im Vorfeld genau geplant werden.

Bild 2 | Das Absperrventil wird in die Kaltwasserzuleitung zu dem Gebäude eingebaut. In diesem Fall befindet es sich in einem Kriechkeller.

Dies kann die Benachrichtigung des Nachbarn sein, der im Urlaub auf das Haus aufpasst, der Hausmeister einer Schule oder auch ein Wachunternehmen.

Die einzelnen Konzepte lassen sich für ein höheres Schutzziel auch miteinander kombinieren. Ein optimaler Schutz ist hiernach also gewährleistet, wenn das Ventil nur während tatsächlicher Bedarfsfälle geöffnet wäre und während eines hierbei festgestellten bestimmungswidrigen Wasseraustritts sofort wieder absperren würde. Zusätzlich muss gleichzeitig eine definierte Meldekette angestoßen werden, sodass der bis dahin entstandene Schaden umgehend behoben werden kann.

In der Praxis

Das IFS hat sich den Einbau des Systems „Wasserleck Protect“ von Pipe Systems [5] in einer Kindertagesstätte angesehen.

Das Funktionsprinzip des Systems „Wasserleck Protect“

Dieses System basiert auf einem elektronisch angesteuerten Absperrventil, welches sensorunterstützt nur für den kurzen Bedarfszeitraum öffnet. Es ist hiernach also dem **Konzept 1** unterzuordnen. Im Unterschied zu anderen am Markt erhältlichen Systemen erfolgt die Bedarfserkennung direkt an den Entnahmestellen, also an Wasserhähnen und Haushaltsgeräten wie Waschmaschinen oder Geschirrspülern. In Zeiten ohne Bedarf wird die abgesperrte Installation auf Druckverluste überwacht. Diese Funktionalität ist also dem **Konzept 2** zuzuordnen. Wird ein solcher Druckverlust vom System detektiert, so wird das Ventil auch im Bedarfsfall nicht mehr geöffnet. Zum Freischalten der Wasserentnahme sind entweder ein „Reset“ nach der Behebung der Leckage oder das manuelle Öffnen des Ventils erforderlich. Das System gibt einen optischen und akustischen Alarm, eine Meldung an eine externe Stelle erfolgt in der aktuellen Ausführung nicht. Eine durchgängige Meldekette, wie in **Konzept 3**, ist damit nicht gegeben. Da das Ventil somit von der Erkennung der Leckage geschlossen bleibt, kann nur das in den Leitungen vorhandene Wasser austreten und bis zur Feststellung einwirken.

Gebäude schützen – hier eine Kindertagesstätte

Das zu schützende Gebäude ist ein Teil einer Kinderbetreuungseinrichtung **(Bild 1)**. In diesem Gebäude sind insgesamt vier Gruppenräume und ein Bastelraum untergebracht. Im Eingangsbereich eines jeden dieser Räume befindet sich ein Waschbecken. Für die Kinder steht ein Wasch- und WC-Bereich mit der entsprechenden Sanitäreinrichtung zur Verfügung. Die Räumlichkeiten sind zwar gefliest, Bodenabläufe sind jedoch nicht vorhanden. In dem zentralen Flur, von dem die Gruppenräume wie auch die Sanitärräume abgehen, ist eine offene Küche mit Spültisch und zwei Geschirrspülmaschinen eingerichtet. In den Personalräumen sind für die Betreuer eine Dusche und ein WC vorhanden. Dort befinden sich in einer Nische auch übereinander eine Waschmaschine und ein Wäschetrockner.

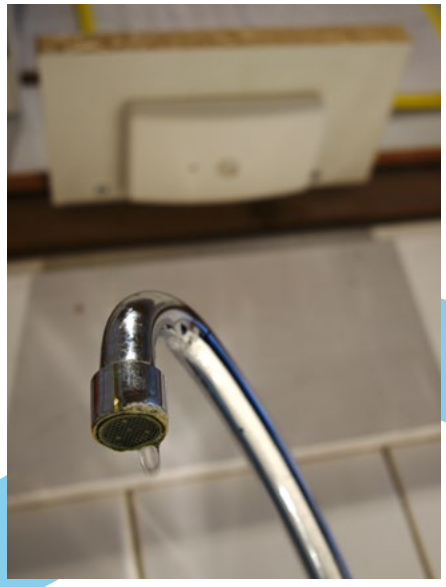

Bild 3 | Nach der Installation der Anlage sollten tropfende Wasserhähne der Vergangenheit angehören. Dies hängt jedoch im Wesentlichen davon ab, wie sensibel die Anlage eingestellt ist.

Bild 4 | Vor Wasser, welches durch defekte oder nicht vorhandene Fugenabdichtungen in das Bauwerk eindringt, schützt auch dieses System nicht.

Die Hauptwasserleitung kommt von einem der Nebengebäude und verläuft in einem Kriechkeller unterhalb des Eingangsbereichs. In einem Hauswirtschaftsraum, angrenzend zum Eingangsbereich, ist eine Zapfstelle für Reinigungskräfte installiert.

Das Rohrleitungssystem in dem Gebäude ist gemäß den vorliegenden Angaben aus Stahl und gelöteten Kupferrohren erstellt worden.

Die Warmwasserbereitung erfolgt in dem Gebäude über Durchlauferhitzer, die warmes Wasser zur Verfügung stellen. In den Gruppenräumen kommt ausschließlich kaltes Wasser aus dem Hahn.

Aufstellorte der Systemkomponenten in dem Gebäude

Der Einbau des Absperrventils erfolgt innerhalb der Kaltwasserzuleitung in dem Kriechkeller im Eingangsbereich **(Bild 2)**. Der Zugang ist über eine Revisions-Öffnung im Boden möglich. Die Zugänglichkeit ist an dieser Stelle stark eingeschränkt.

Neben der Installation des Ventils müssen noch die weiteren Komponenten, also die Sensoren, die einen Bedarf erkennen und damit das Ventil öffnen, eingebaut und in Betrieb genommen werden.

Zuerst werden die Bewegungsmelder mit passenden Nachlaufzeiten installiert.

- **Dazu wurden folgende Überlegungen für die einzelnen Bereiche und Entnahmestellen berücksichtigt:**

Bewegungsmelder für Entnahmestellen

Der Wasch- und WC-Bereich wird im Eingangsbereich von einem Bewegungsmelder überwacht. Eine Überwachung jedes Waschbeckens und WCs einzeln ist natürlich unwirtschaftlich. Werden also diese Räumlichkeiten betreten, so gibt der Bewegungsmelder unter der Decke das Wasser für 20 Minuten frei. Vom Hersteller werden Bewegungsmelder mit 10 und 30 Minuten Nachlaufzeit angeboten. 10 Minuten wurden für eine Kindertagesstätte als zu kurz und 30 Minuten als zu lang erachtet.

In diesem speziellen Fall wurde der Bewegungsmelder vom Hersteller auf 20 Minuten programmiert. Diese Anpassung der Nachlaufzeit steht dem „Standardnutzer“ aktuell nicht zur Verfügung. Der Bewegungsmelder unter der Decke ist für einen Batteriewechsel leicht zugänglich, aber im Normalfall vor unbefugtem Zugriff geschützt.

In den Gruppenräumen wird jeweils der Bereich des Waschbeckens überwacht. Aufgrund der Lage der Waschbecken in den Eingangsbereichen müssen die Bewegungsmelder so positioniert werden, dass nicht jeder Durchgang durch die Tür das Wasser freigibt, sondern nur eine Bewegung direkt im Bereich des Wasserhahns. Aus diesem Grund wurden oberhalb der Waschbecken kleine „Regale“ montiert, an deren Unterseite sich die Melder befinden. Das Sichtfeld dieser Melder ist durch einen Kunststoffkragen so eingeschränkt, dass nur der Waschbeckenbereich erfasst wird **(Bild 3)**. Die Nachlaufzeit dieser Melder beträgt 10 Minuten. Aufgrund des Installationsortes ist ein Batteriewechsel leicht möglich, allerdings auch die Beschädigung, gewollt oder ungewollt. ▸

In den Personalräumen wird ein Bewegungsmelder mit einer Nachlaufzeit von 30 Minuten an der Wand montiert. Insgesamt werden in dem Gebäude 9 Bewegungsmelder installiert.

- **Anmerkung zu Duschen:**

Egal, wie aufwendig und ausgefeilt die Leckagedetektion in einer Trinkwasserinstallation auch sein mag, sie kann vor einem Feuchtigkeits- und Wasserdurchtritt durch undichte Silikonfugen nicht schützen **(Bild 4)**. Das IFS weist auch an dieser Stelle darauf hin, dass es sich bei derartigen elastische Fugen um sogenannte „Wartungsfugen“ handelt, die regelmäßig gereinigt und gepflegt, kontrolliert sowie gegebenenfalls ersetzt werden müssen. [6]

Aquastopsensoren für Haushaltsgeräte

Die Geschirrspülmaschinen in der Küche sowie die Waschmaschine im Personalbereich sind jeweils herstellerseits mit elektronischen Aquastops ausgestattet. Diese geben während des Betriebs über ein Magnetventil am Ende des jeweiligen Zulaufschlauchs das Wasser zu dem Gerät frei. Da der Wasserbedarf in diesen Fällen nicht über einen Bewegungsmelder erkannt werden kann, werden an den Aquastops sogenannte Aquastopsensoren montiert, die das Magnetfeld des Ventils detektieren und somit über den Sender bei der Zentrale den Bedarf anmelden. Somit können diese Geräte auch bei Abwesenheit betrieben werden. Aufgrund der unzugänglichen Einbauposition der Aquastops ist die Montage der Sensoren etwas aufwendiger. Dafür sind die Sensoren gut vor unbefugtem Zugriff geschützt. Der Batteriewechsel ist aufwendig und erfordert einen Zugang zum Sensor.

- **Von diesem Typ werden 3 Aquastopsensoren montiert.**

Fernbedienung für spezielle Zapfstellen und Außenwasserhähne

Für den Wasserhahn in dem Hauswirtschaftsraum gibt die Fernbedienung, ähnlich der eines TVs, das Ventil für 10 oder 30 Minuten oder für 2 Stunden frei. Diese Lösung kann ebenfalls für Außenwasserhähne – in diesem Gebäude nicht vorhanden – genutzt werden. Die Möglichkeit für eine zweistündige Freigabe besteht, damit z. B. Gartengeräte wie Rasensprenger oder Hochdruckreiniger entsprechend länger am Stück betrieben werden können.

Weitere Sensoren

Auch wenn in der Kindertagesstätte nicht vorhanden, sollen folgende Komponenten des Systems nicht unerwähnt bleiben. Für Haushaltsgeräte, welche nicht über Aquastops verfügen, wie z. B. ältere Geräte oder Side-by-Side-Kühlschränke, muss die Bedarfserkennung innerhalb der Frischwasserzuleitung erkannt werden. Hierfür dienen Durchflussmesser mit Flügelrädchen. Damit ein geplatzter Schlauch nun aber nicht als „Bedarf“ interpretiert wird, sind mit diesen Sensoren ausgestattete Geräte zusätzlich mit Wassermeldern abzusichern. Wenn bestimmungswidrig ausgetretenes Wasser den Sensor erreicht, schlägt dieser bei der Zentrale Alarm und das Ventil wird wieder abgesperrt. Die Schutzwirkung ist in diesem Fall – wie bei anderen vergleichbaren Systemen – mit Wassermelder auch stark von der richtigen Positionierung des Melders abhängig.

Aufstellungsort der Zentrale

Für die Auswahl des Aufstellungsortes der Zentrale sind im Wesentlichen die folgenden Faktoren von Bedeutung: Erstens wird das Absperrventil direkt mit der Zentrale verkabelt. Es werden vom Hersteller zwar Verlängerungen angeboten, dennoch lassen sich nicht beliebige Distanzen überbrücken. Der Hersteller empfiehlt 2 bis maximal 5 Meter. Zweitens muss die Funkverbindung zwischen den Sensoren und der Zentrale sichergestellt werden. Hier sind natürlich auch die baulichen Gegebenheiten zu beachten. Nach Erfahrungen des IFS mit anderen Funksystemen, welche, wie das Wasserleck Protect System auch, auf dem 868-MHz-Protokoll basieren, ist die Reichweite etwa mit der eines handelsüblichen Funktelefons zu vergleichen. Als Drittes empfiehlt es sich, die Zentrale an einem für Unbefugte unzugänglichen Ort aufzustellen, um Manipulationen zu erschweren. Im konkreten Fall wurde die Zentrale in dem Hauswirtschaftsraum, welcher vom Eingangsbereich abgeht, aufgestellt. Die Zentrale wird über einen üblichen Stromanschluss versorgt. Dies bedeutet, dass bei Stromausfall kein Wasser entnommen werden kann, weil das Ventil nicht öffnet. Eine manuelle Öffnung ist in diesem Fall nötig.

Inbetriebnahme

Die Überprüfung der Funkreichweite der Komponenten sollte bereits vor dem Einbau in der Planungsphase durchgeführt werden. In der Kindertagesstätte ist eine ausreichende Funkverbindung zwischen Sensoren und Zentrale möglich. Im letzten Schritt der Inbetriebnahme wird die Dichtigkeit der gesamten Installation überprüft. Dazu wird der Druckverlauf am Drucksensor an der Ausgangsseite des Absperrventils im geschlossenen Zustand aufgezeichnet. Bleibt der Druck für mindestens eine Viertelstunde konstant, so wird die Installation als dicht bewertet. In der Kindertagesstätte war dies der Fall.

In der vorliegenden Version wird von dem System einen Druckabfall von 40 Prozent in 15 Minuten als „Leckage“ gewertet. Nach Angaben des Herstellers hat sich dies als zweckmäßig erwiesen. In der Kindertagesstätte wurde an einem Wasserhahn bei abgesperrtem Ventil eine Wassermenge von etwa 10 bis 20 ml in den 15 Minuten entnommen. Dies entspricht einer Leckrate von 40 – 80 ml/h. Dabei fiel der Druck in dem System von ca. 5,5 auf ca. 5 bar. Aufgrund der Inkompressibilität von Wasser wäre bereits bei geringen Wasserentnahmen ein deutlicherer Druckabfall zu erwarten gewe-

sen. Der tatsächliche Druckabfall hängt jedoch von den elastischen Eigenschaften des Systems ab, d. h. von dem verwendeten Rohrmaterial und der Leitungslänge.

In der Kindertagesstätte würde demnach ein Wasseraustritt von der oben genannten Menge innerhalb einer Viertelstunde nicht zur Leckagemeldung der Zentrale führen und bliebe somit zunächst unentdeckt. Strengere Grenzwerte würden aber nach Auskunft des Herstellers systembedingt zu häufigeren Fehlalarmen führen. Nach diesen Tests wurde das Leckageschutzsystem in der Kindertagesstätte in den Regelbetrieb versetzt.

Im laufenden Betrieb:

Batterielaufzeiten:

Nach Herstellerangabe (Bedienungsanleitung) halten die Batterien der Sensoren (AAA) ca. 2 Jahre. Aus Gründen der Betriebssicherheit wird jedoch der Tausch nach einem Jahr empfohlen. Bei leerer Batterie gibt der jeweilige Sensor kein Wasser mehr frei, d. h. die überwachte Entnahmestelle – Wasserhahn oder Gerät – funktionieren dann nicht.

Verhalten im Alarmfall:

Bei einem Alarm kann die Zentrale zurückgesetzt werden. Tritt der Alarm wieder auf, weil z. B. die Leckage nicht behoben worden ist, so kann das Ventil manuell geöffnet werden. Spätestens bei der wiederholten Meldung ist die Anlage (Wasserleitungen und Leckageschutz) durch einen Fachmann zu überprüfen.

Lebenserwartung der Komponenten:

Die Sensoren und Ventile werden im regulären Betrieb sehr häufig „schalten“. Über die Versagenssicherheit der elektrischen Bauteile sowie Lebensdauer des Kugelventils liegen dem IFS keine Informationen vor.

Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Es existieren mehrere Konzepte zur Schadenminderung bei bestimmungswidrigen Leitungswasseraustritten, die die wesentlichen Faktoren – Austrittsmenge und Einwirkzeit – minimieren.

- Bei dem hier beschriebenen System des Herstellers Pipe Systems, dessen Einbau in einer Kindertagesstätte mitverfolgt wurde, steht die Verringerung der Austrittsmenge bei einer möglichen Rohrleitungsschädigung im Vordergrund: Im Gegensatz zu anderen Lösungen am Markt gibt dieses System die Trinkwasserleitung nur bei Entnahme an der jeweiligen Zapfstelle frei. Dadurch kann nur in diesen freigegebenen Zeitfenstern Wasser bestimmungswidrig austreten.

Der dafür erforderliche apparative Aufwand ist hoch und steigt mit der Zahl der Entnahmestellen.
Die Kommunikation der Anlagenzentrale mit den Sensoren im Bereich der Entnahmesteller erfolgt über Funk.

- Die Funkreichweite der batteriebetriebenen Sensoren begrenzt die Größe des zu schützenden Objekts.
- Der jährlich empfohlene Batteriewechsel der Sensoren erfordert eine Zugänglichkeit der Sensoren.
- Über die Lebenserwartung der elektrischen und elektromechanischen Bauteile liegen dem IFS bisher keine Erkenntnisse aus der Praxis vor.

Die minimal detektierbare Leckrate variiert mit der Anlagengröße und dem Rohrleitungsmaterial. In der Kindertagesstätte werden Austrittsraten von ca. 40 – 80 ml/h nicht als Leckage gewertet. Geringere Leckagen als diese können also unbemerkt bleiben und zu Allmählichkeitsschäden führen.

Bei detektierten Leckagen bleibt das Ventil geschlossen, ohne dass aktuell eine externe Alarmierung stattfindet. Das Feststellen des Alarms ist eine „Holpflicht“ des Betreibers.

Auch drei Monate nach der Installation läuft der Betrieb in der Kindertagesstätte störungsfrei. Zur Sicherung des zukünftig reibungslosen Betriebs wurde ein Wartungsvertrag mit der Installationsfirma abgeschlossen. ■

LITERATURVERWEISE

[1] „Ableitung und Bewertung von Gebäudeautomations-Lösungen zur Reduktion von Leitungswasserschäden anhand von konkreten Schadenfällen in kommunalen Gebäudekomplexen.“, Thomas Stiebler, Bachelorarbeit, Hochschule Rosenheim, 05/2015
[2] „Marktübersicht – Leckageschutz für Leitungswasserinstallationen“, Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung, https://www.ifs-ev.org/archiv/literatur/marktuebersicht_leckageschutz.pdf, 08/2016
[3] Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV), Stand: 11.12.2014
[4] „Fußboden an Zentrale: „Wasser!“, Dr. Sven Bornholdt, schadenprisma, 03/2018
[5] Pipe Systems GmbH, www.pipesystems.eu
[6] „Aus den Fugen“, Dr. Sven Bornholdt, schadenprisma, 02/2017

Dr. Sven Bornholdt und
Dr.-Ing. Thorsten Pfullmann,
Institut für Schadenverhütung
und Schadenforschung der
öffentlichen Versicherer e. V., Kiel