

Leckagenfrüherkennung am offenen Versorgungsnetz

Angesichts der Alterung der Wasserversorgungsinfrastruktur gewinnt die Eindämmung von Wasserverlusten, die durch Leckagen im Rohrleitungsnetz verursacht werden, zunehmend an Bedeutung. Die IWA empfiehlt „Active Leakage Control“. Mit dem innovativen Monitoring-System *LeakControl* ist die effektive Überwachung von Netzbereichen möglich, ohne hydraulisch getrennte Zonen schaffen zu müssen.

Der Slogan, Energiesparen sei die beste Energiequelle, hat sich in Deutschland seit der Energiekrise des ausgehenden zweiten Jahrtausends fest als Volksweisheit etabliert. Tatsächlich ist die Einsicht, die Eindämmung von Verschwendung sei der Erschließung neuer Quellen äquivalent, viel älter. Sie geht zurück auf den im Wasserfach hochberühmten Sextus Julius Frontinus, seines Zeichens römischer *curator aquarum*, der folglich sein Streben darauf richtete, der Verschwendung der wertvollen Ressource Trinkwasser durch Missbrauch und baulichen Verfall Einhalt zu gebieten (Rodgers, 2004). Heute besteht ein allgemeines Bewusstsein für die Problematik, national wie international. Die „Water Loss Task Force“ der „International Water Association“ (IWA) erarbeitet Empfehlungen, wie den teilweise erschreckend hohen Verlustraten durch Active Leakage Control (ALC) zu begegnen ist. Nach dem deutschen Regelwerk (DVGW-Arbeitsblatt W 392, 2003) sind Trinkwasserrohrnetze aus hygienischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Gründen regelmäßig zu überwachen und zu überprüfen. Das Rohrnetz auf tatsächliche, echte Wasserverluste zu überprüfen und gegebenenfalls zu reparieren, steht unter den Maßnahmen, welche die Wasserversorgungsunternehmen zum Wassersparen und zur Wassernutzung beitragen können und sollen, an erster Stelle (Mutschmann & Stimmelmayer, 2007). Deutschlandweit wurden im Jahr 1998 noch 8,0 Prozent Wasserverluste angesetzt, dieser Wert konnte durch geeignete Maßnahmen im Jahr 2001 auf 7,3 Prozent und im Jahr 2004 bereits auf 6,8 Prozent abgesenkt werden (Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft, 2008).

Erkennen von Wasserverlusten

Schon für Frontinus lag der Schlüssel zur Aufdeckung der Wasserverluste in geeig-

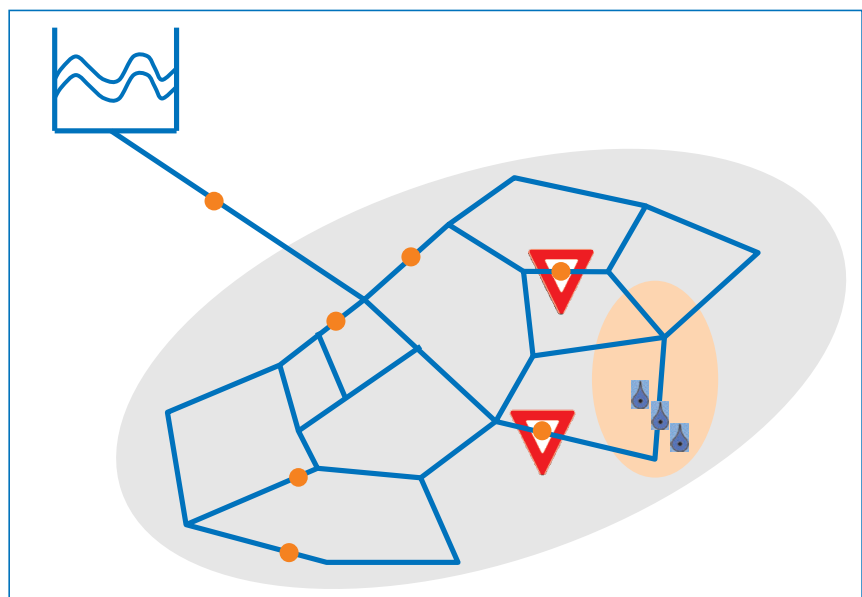


Abb. 1: Eingrenzung einer Leckage

Quelle: RBS wave GmbH

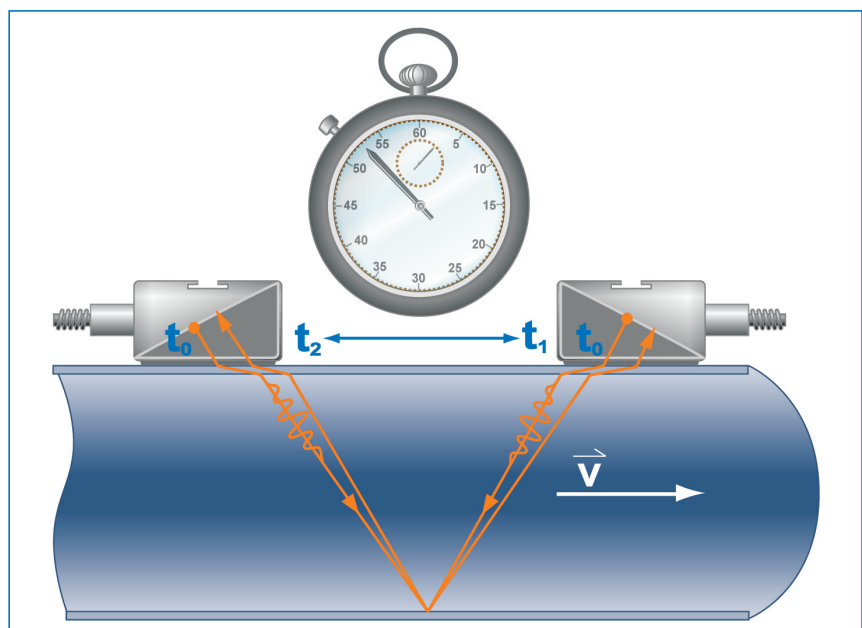


Abb. 2: Ultraschall-Durchflussmessung im Laufzeitdifferenz-Verfahren

Quelle: FLEXIM GmbH

neten Messungen und Berechnungen. Nach DVGW-Arbeitsblatt W 392 (2003) muss jeder Diskussion über Wasserverluste eine genaue Definition der Komponenten einer Wassermengenbilanz vorausgehen. Die genaue und umfassende Messung der in das Rohrnetz eingespeisten und aus dem Rohrnetz abgegebenen Wassermengen ist ein integraler Bestandteil der Wasserverlustermittlung. Hierfür sind sämtliche Einspeise- und Abgabemengen an die Kunden durch geeignete Messeinrichtungen zu ermitteln. Eine kontinuierliche Überwachung setzt dabei das kontinuierliche Erfassen der für den jeweiligen Rohrnetzbezirk relevanten Messwerte voraus, wie zum Beispiel die Durchflussmenge. Um reale Wasserverluste zeitnah erkennen zu können, müssen die Zuflüsse in ein Versorgungssystem permanent oder zumindest in den Nachtstunden überwacht werden. Auf diese Weise lassen sich durch Leckstellen verursachte Änderungen im Fließverhalten messtechnisch erfassen.

Gängige Überwachungsverfahren

Über die Erstellung einer Wasserbilanz für ein Gesamtnetz lassen sich generelle Änderungen erkennen. Da in Deutschland in der Regel der Verbrauch der Kunden nicht rund um die Uhr online verfügbar ist, sondern jährlich abgelesen wird, kann eine zuverlässige Wasserbilanz nur jährlich rückwirkend erstellt werden. Für eine detaillierte Betrachtung oder zur Erkennung von Schwachstellen im Netz ist eine Wasserbilanz für ein Versorgungssystem daher nur bedingt zielführend. Die jährlich erstellte Wasserbilanz zeigt immer nur den Zustand der Vergangenheit an, auf den erst zeitversetzt reagiert werden kann. Nur durch kontinuierliche Überwachung können Leckagen frühzeitig erkannt und ihre Laufzeit reduziert werden. Um Aussagen über den

Zustand eines Versorgungsnetzes machen zu können, werden im DVGW-Arbeitsblatt W 392 Richtwerte und Kennzahlen vorgegeben.

Zonenmessung

Im DVGW-Arbeitsblatt W 392 ist die Errichtung von Überwachungsbezirken vorgesehen. Der Vorteil eines hydraulisch klar abgegrenzten Bereichs liegt darin, dass die in diese Zone fließenden Wassermengen an den Einspeisestellen mit Durchflussmessgeräten erfasst werden können. Durch die hydraulische Trennung von anderen Netzzonen-/bereichen bzw. über das Schließen von Schiebern ist die Netzeinspeisung klar definiert. Über Veränderungen des minimalen Durchflusses in Nachtstunden lässt sich die Entwicklung einer Leckage erkennen.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 392, 2003, schlägt für die Ermittlung von Wasserverlusten über die Zuflussmessung eine Anschlussdichte von 2.000 bis 40.000 Einwohnern vor und gibt diesbezüglich auch eine Restverbrauchs menge Q_{verbr} je 1.000 Einwohner an. Mit Hilfe dieser Größe kann aus der Differenz der eingespeisten nächtlichen Wassermenge und der Restverbrauchs menge der Wasserverlust bestimmt werden. Da der Richtwert in einem Schwankungsbereich von $0,4 \text{ m}^3/\text{h} \sim 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$ liegen kann, ist eine genauere Messung unumgänglich, um eine plausible Aussage über Wasserverluste treffen zu können.

Wesentlicher Nachteil der Zonenmessung kann die hydraulische Unterteilung des Netzes sein. Über ein vermaschtes Netz kann bei einem Rohrbruch die Versorgung in der Regel weiterhin sichergestellt werden, da das Wasser über die umliegenden Leitungen einen anderen Fließweg neh-

men kann. Dasselbe gilt für die Sicherstellung der Löschwasserversorgung. Zudem werden in den Randbereichen hydraulisch abgesperrter Zonen Stagnationsbereiche geschaffen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeiten und dadurch höheren Verweilzeiten zu Ablagerungen, Inkrustationen oder hygienischen Problemen führen können.

Geräuschpegelmessung

Bei der Geräuschpegelmessung werden Geräuschpegel ausgewertet, die von Leckstellen in Wasserrohrnetzen ausgehen. Der Einsatz von Geräuschpegelmessern oder Geräuschloggern erfolgt dabei durch permanent positionierte Logger oder temporäre Messungen in Teilzonen. Die Ausbreitung des austretenden Leckgeräuschs ist stark materialabhängig. In metallischen Netzen können die Radien zwischen den Geräten bis zu 200 Meter betragen, in nichtmetallischen Netzen werden mit Körperschallgeräten nur Messradien von ca. 80 bis 100 Meter erreicht (Heydenreich & Hoch, 2008). Der Vorteil dieser Messgeräte liegt darin, dass sie mit geringem Investitionsbedarf Teilnetze verlässlich überwachen. Vor allem bei metallischen Leitungen mit entsprechender Schallausbreitung bietet diese Methode wirtschaftliche Vorteile. Als Nachteil ist jedoch anzumerken, dass die Größe der Leckage nicht über das reine Austrittsgeräusch festgestellt werden kann. Somit werden auch Kleinstleckagen erkannt, deren umgehende Reparatur nachträglich nicht immer wirtschaftlich erscheint, sondern besser zusammen mit anderen geplanten Baumaßnahmen hätte repariert oder rehabilitiert werden können. Ein weiteres Problem dieser Technik ist die schlechte Schallwellenausbreitung bei nichtmetallischen Leitungen (auch bei Hausanschlüssen), die eine sehr hohe Stückzahl für eine effi- ►

1/4 Anzeige



Abb. 3: Erdverlegter Einbau ohne Schachtbauwerk

Quelle: RBS wave GmbH



Abb. 4: Schaltschrank mit dem Messumformer für die Ultraschalldurchflussmessung und der Kommunikationstechnik für die kabellose Übertragung der Messwerte an eine zentrale Leitwarte

Quelle: RBS wave GmbH

ziente Überwachung erforderlich macht. Diese wiederum erhöht erheblich den Zeitaufwand und verringert dadurch den sich zunächst ergebenden wirtschaftlichen Vorteil. Da sie rasch installiert und bei entsprechender Stückzahl temporär eine gute Aussage über Leckagen liefern, bieten sich Geräuschlogger insbesondere für temporäre Teilzonenmessungen an, bei der es bereits um die Lokalisierung von Leckstellen geht.

Leak Control: Monitoring am offenen Netz

Für die zuverlässige und v. a. rasche Erkennung von Wasserverlusten in einem Versorgungssystem ist eine möglichst kontinuierliche Überwachung der Fließverhältnisse im Netz erforderlich. Das Monitoring-System *LeakControl* ermöglicht die Überwachung von Netzbereichen im offenen Netz, also ohne dass hydraulisch getrennte Zonen geschaffen werden müssen. Methodisch fußt es auf der Beobachtung von veränderten Durchflüssen gegenüber Referenzwerten. Eine Bilanzierung fix abgegrenzter Messzonen ist nicht erforderlich. Dadurch bleibt die bestehende Netzstruktur unverändert. Als Grundvoraussetzung für die Anwendbarkeit eines solchen Monitoring-Werkzeugs müssen die hydraulischen Verhältnisse im Versorgungsgebiet bekannt sein, um die Messgeräte optimal zu positionieren.

Das Monitoring-System besteht aus Ultraschall-Durchflussmessern und einer eigens zur intelligenten Leckagendetektion entwickelten Auswertesoftware. Die Durchflussmesser werden an hydraulisch relevanten Stellen im Versorgungsnetz positioniert. Je komplexer die Netzstruktur, umso wichtiger ist die optimale Positionierung der Durchflussmessstellen. Eine Rohrnetzberechnung kann für die Festlegung der Messstellen wertvolle Hinweise liefern.

Das System wertet dabei die Durchflüsse in den verbrauchsschwachen Nachtstunden aus, da hier Leckagemengen am besten erkennbar sind. Die aktuellen Nachtdurchflüsse werden mit einem Referenzwert verglichen. Wird ein über mehrere Tage andauernder Anstieg der Durchflussmenge beobachtet, lässt sich daraus auf eine Leckage schließen. Sind mehrere Sensoren in einem Netz installiert, so werden sie, je nach räumlicher Nähe, unterschiedlich auf eine Leckage reagieren. Dadurch lässt sich dann eine Grobeingrenzung vornehmen und der Aufwand für die Vorortung erheblich reduzieren (Abb. 1).

Um die aktuell gemessenen Durchflüsse mit Referenzwerten vergleichen zu können, werden die Messgeräte an geeigneten Stellen im Netz dauerhaft installiert. Auf Grund der Verteilung der Messgeräte über das gesamte Versorgungssystem lassen sich die Fließverhältnisse im Netz nachvollziehen und Abweichungen in den Nachtstunden erkennen, ohne abgegrenzte Messbereiche zu schaffen.

Ultraschall-Durchflussmessung

Die Durchflussmessung erfolgt eingriffsfrei mit Ultraschall im Laufzeitdifferenz-Verfahren (Abb. 2). So genannte Clamp-On-Ultraschallsensoren werden außen auf der Rohrleitung angebracht, ohne Rohrarbeiten und ohne Versorgungsunterbrechungen. Die Ausbreitung des Ultraschalls im Rohr hängt vom Durchfluss ab: Ähnlich eines Schwimmers, der gegen den Strom schwimmt, bewegt sich ein Ultraschallsignal entgegen der Flussrichtung des Mediums langsamer als in Flussrichtung. Die Laufzeit (transit time) der Schallsignale, die das Medium in Flussrichtung durchlaufen, ist kürzer als die Laufzeit der Schallsignale, die es entgegen der Flussrichtung durchlaufen. Der gemessene Laufzeitunterschied Δt erlaubt die Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit. Der Volumenfluss ergibt sich rechnerisch aus der Strömungsgeschwindigkeit und den Rohrparametern.

Wegen ihrer hohen Messgenauigkeit auch bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten und geringen Durchflussmengen finden für das Monitoring-System Ultraschall-

Durchflussmesser FLUXUS® von FLEXIM Verwendung. Die Anbringung der kleinen Ultraschallsensoren erfolgt entweder über bereits bestehende Schächte oder einfach erdverlegt (Abb. 3). Als dritte Einbauvariante ermöglicht eine optional erhältliche Einbauschleuse die Zugänglichkeit zu den Sensorköpfen auch ohne erneutes Aufgraben. Der Messumformer und die Übertragungstechnik sind geschützt in einem Freiluftschrank in der Nähe des Messpunkts untergebracht (Abb. 4). Die Energieversorgung erfolgt in der Regel über einen Anschluss an die Straßenbeleuchtung. Alternativ kann die Stromversorgung über einen Netzanschluss oder Solarpanel realisiert werden. Die Messdaten werden über das Mobilfunknetz (GSM) oder via GPRS an eine Zentrale übermittelt und dort von einer speziell entwickelten Software automatisch ausgewertet.

Automatische Auswertung

Mit Hilfe der Auswertesoftware werden die aufgenommenen Durchflusswerte analysiert und grafisch dargestellt. Der aktuelle Ist-Zustand des Versorgungsnetzes bildet den Grundzustand. Bei auftretenden Leckagen ist ein Anstieg des Nachtdurchflusses gegenüber diesem Referenzwert zu beobachten. Durch optimale Positionierung der Ultraschall-Durchflusssensoren sind bei kleineren Netzbereichen auch dann Leckagen im Versorgungsnetz feststellbar, wenn der so genannte Basiswasserverlust (background leakage) räumlich stark differiert. Kommt es infolge Rehabilitationsmaßnahmen zu einer Reduzierung des minimalen Nachtdurchflusses, passt sich die Auswertesoftware des Systems

automatisch der verbesserten Situation an. Der Grenzwert für zulässige Fließänderungen wird verringert.

Mit einer eigens dafür entwickelten Interface-Software können die Daten aus dem Monitoring-System und Daten von bereits installierten Messeinrichtungen gemeinsam ausgewertet und auf einer separaten HMI-Einheit zur Anzeige gebracht sowie zur Darstellung, Alarmierung, Archivierung in ein bestehendes Prozessleitsystem integriert werden. Diese Datenverknüpfung ist vor allem in jenen Messzonen vorteilhaft, in denen auf Grund ihrer Größe eine Leckage trotz einer Einspeisemessung nicht sicher erkannt werden kann. Hier kann über den Einbau zusätzlicher Messstellen in Kombination mit den Daten der bestehenden Zonenzuflussmessung die Identifikation von aufgetretenen Leckagen deutlich erleichtert werden. Diese Kombination von *LeakControl* mit schon vorhandenen Messeinrichtungen wird beispielsweise bei der Stuttgarter Wasserversorgung in der bereits bestehenden Messzone Kanonenweg mit 95.500 Einwohnern und einer Netzlänge von 242 Kilometer praktiziert. Dabei werden die Messdaten der bereits installierten induktiven Durchflusssensoren um Durchflussdaten von zusätzlichen *LeakControl*-Messgeräten ergänzt, um eine noch zuverlässige Aussage auch über kleinere Wasserverluste treffen zu können.

Messungen in der Praxis

Die Effizienz des Monitoring-Systems am offenen Netz ohne Messzonen soll nun anhand des Praxisbeispiels einer Gemeinde in Oberschwaben mit einer Netzlänge ►

1/3 Anzeige

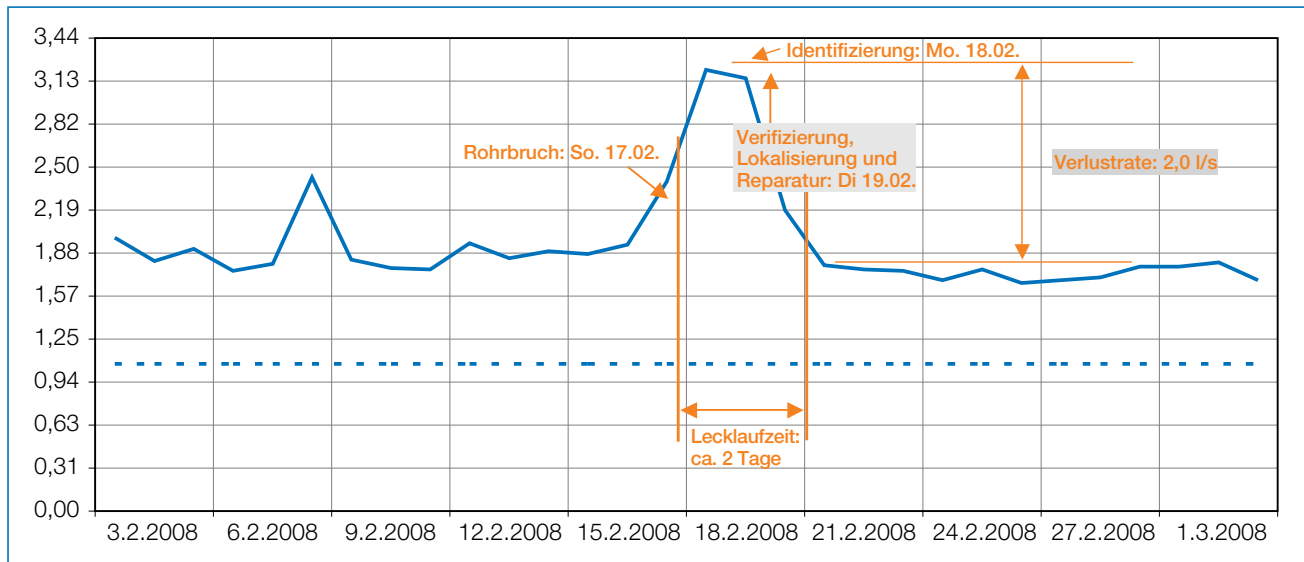


Abb. 5: Erkennen eines Rohrbruchs auf Grund von Durchflussänderungen

Quelle: FLEXIM GmbH

von rund 40 Kilometer und sechs installierten Messgeräten demonstriert werden. Das System wurde hier im Jahr 2004 installiert. Vor der Installierung eines kontinuierlichen Überwachungssystems lag der spezifische Wasserverlust in diesem Versorgungsnetz in einem Bereich von hohen Wasserverlusten nach DVGW-Arbeitsblatt W 392, 2003.

Um Wasserverluste im Netz zu senken, spielt vor allem die Reduzierung der Laufzeit von Leckagen eine große Rolle. Nach Heydenreich und Hoch (2008) ist hier im Mittel mit einer Laufzeit von 100 ~ 115 Tagen zu rechnen. Große Rohrbrüche sind in der Regel relativ rasch erkennbar und werden umgehend repariert, bei kleineren Leckagen, die nicht sofort an die Oberfläche gelangen und erkannt werden, ist die Laufzeit oft erheblich länger, wodurch der Wasserverlust häufig höher als bei Großrohrbrüchen ist.

Nach der Implementierung des Monitoring-Systems konnte die spezifische Wasserverlustrate von 0,178 m³/(km · h) im Ausgangsjahr 2004 auf 0,091 m³/(km · h) im Jahr 2007 reduziert, also ungefähr halbiert werden. Bei der vorliegenden ländlichen Versorgungsstruktur entspricht dies einem mittleren Wasserverlust nach DVGW-Arbeitsblatt W 392, 2003. Ein großer Anteil an der Verringerung der Wasserverluste wurde dabei durch die Reduzierung der Laufzeit von Leckagen erzielt (Abb. 5).

Seit der Einrichtung des Systems wurden 15 Rohrbrüche eindeutig identifiziert. Auf Grund der hydraulisch optimalen Positionierung der Messstellen im Versorgungs-

netz konnte auch der Zeitaufwand zur Ortung der Leckagen drastisch verringert werden. Im Zuge der Überwachung der Strömungsverhältnisse konnten zusätzlich auch falsche Schieberstellungen aufgedeckt und somit die Leistungsfähigkeit des Versorgungsnetzes verbessert werden.

Auf Grund des schlechten Anlagenzustandes und der Überalterung des Rohrnetzes sind weitere Maßnahmen hinsichtlich der Rehabilitation notwendig, um die spezifische Wasserverlustrate in einen Bereich von geringen Wasserverlusten abzusenken und die wertvolle Ressource Trinkwasser nicht zu verschwenden.

Zusammenfassung

Die Überwachung von Versorgungsnetzen zur Reduzierung von Wasserverlusten wird auch in Deutschland eine immer wichtigere Aufgabe. Die Vorgaben des DVGW-Regelwerks hinsichtlich einer Überwachung und Überprüfung auf Dichtheit sollten erfüllt werden. Das hier vorgestellte System ist für alle Materialien und Durchmesser geeignet und erlaubt eine kontinuierliche Überwachung. Auf Grund der eingesetzten Messtechnik können Daten mit einer hohen Messgenauigkeit gewonnen werden, die zeitnah über ein Auswertetool den aktuellen Zustand im Netz beschreiben.

LeakControl setzt keine festen Zonengrenzen voraus, sondern kann im offenen Leitungsnetz verwendet werden. Durch eine strategische Verteilung der Messpunkte lässt sich das Monitoring-System optimal an jede bestehende Versorgungsstruktur anpassen. Auch die Anwendung in Ergänzung zu bestehenden Messnetzen ist möglich.

Literatur:

- Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft (2008) wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbh, Bonn, www.wvgw.de.
- DVGW-Arbeitsblatt W 392: Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen (2003) DVGW, Bonn, www.dvgw.de.
- Rodgers, R. H. (Hrsg.): Frontinus: De aquaeductu urbis Romae (2004) Cambridge.
- Heydenreich, M., Hoch, W.: Praxis der Wasserverlustreduzierung (2008) DVGW, Bonn, ISBN 978-3-89554-171-1, www.dvgw.de.
- Morrison, J., Tooms, S., Rogers, D.: District Metered Areas Guidance Notes, Draft 2/2007 – Version 1, www.iwaom.org/wlwf.
- Mutschmann, J., Stimmelmayer, F.: Taschenbuch der Wasserversorgung, 14. Aufl., bearb. von Werner Knaus (2007) Wiesbaden.

Autoren:

Dr.-Ing. Gerald Gangl
RBS wave GmbH
Lautenschlagerstr. 21
70173 Stuttgart
Tel.: 0711 289-
Fax: 0711 289-
E-Mail: g.gangl@rbs-wave.de
Internet: www.rbs-wave.de

Ralf Dietz
Energie Baden-Württemberg Regional AG
Lautenschlagerstr. 21
Tel.:
Fax:
70173 Stuttgart
E-Mail: r.dietz@enbw.com
Internet: www.enbw.com

Jörg Sacher
FLEXIM GmbH
Wolfener Str. 36
12681 Berlin
Tel.: 030 936676-955
Fax: 030 936676-80
E-Mail: jsacher@flexim.de
Internet: www.flexim.de