

# Wasserverlustreduzierung in der Trinkwasserversorgung

## Effiziente Netzüberwachung mit neuem Monitoring-System

### Water loss reduction in distribution networks

Von Gerald Gangl und Ralf Dietz

*Um Wasserverluste in einem Verteilnetz messen zu können gibt es verschiedene Methoden, die abhängig von Material, Durchmesser und anderen Randbedingungen Vor- und Nachteile haben. Von der EnBW und RBS wave wurde ein Monitoring-System entwickelt, das für alle Materialien und Durchmesser geeignet ist und kostengünstig eine kontinuierliche Überwachung erlaubt. Mit der eingesetzten Messtechnik können Daten mit hoher Messgenauigkeit gewonnen werden, die zeitnah über ein Auswertetool den aktuellen Zustand im Netz beschreiben. Das Monitoring-System kommt dabei ohne starr abgegrenzte Messzonen aus. Da die Messgeräte direkt auf dem Rohr ohne teure Schachtbauwerke montiert werden und die Stromversorgung über das örtliche Straßenbeleuchtungsnetz oder mit Solarpaneelen erfolgen kann, bietet LeakControl somit wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren für eine effiziente Überwachung.*

*For metering water losses in a distribution system, several methods are possible. Their pros and cons are influenced by material, diameter and other side effects. A monitoring-system was developed by EnBW and RBS wave, which can be used for all materials and diameters for a cost-efficient and continuous monitoring. With the used flow meter, a high accuracy of the metered data is possible, and the evaluation of the actual condition of the network is realized with an on-time analysis-tool. To monitor the system no district metered areas with strict boundaries are necessary. As the flow meter can be installed with a clamp-on technique without the necessity of a manhole and the street lightening or a solar panel can be used for power supply, LeakControl has, compared to other conventional methods, essential advantages for an efficient monitoring.*

Global gesehen stellen Wasserverluste aus Wasserversorgungsnetzen eines der wesentlichsten Probleme zur Sicherstellung einer permanenten Versorgung dar. Aber auch in Ländern mit einer Wasserinfrastruktur in gutem Zustand, wie es in Deutschland, Österreich oder der Schweiz generell der Fall ist, nimmt die Bedeutung um das Wissen über Wasserverluste in Wasserversorgungsnetzen und deren Management zu. Insbesondere für eine effiziente Betriebs- und Instandhaltungsplanung ist eine genaue Kenntnis der Wasserverluste unerlässlich, da die Versorgungsleitungen nicht direkt inspiziert werden,

sondern deren Zustand beispielsweise über die Höhe von Wasserverlusten beschrieben werden kann.

Wasserverluste sind aus ökologischen, hygienischen, wirtschaftlichen sowie aus rechtlichen Gründen so gering wie möglich zu halten. Niedrige Wasserverluste sind ein maßgebender Indikator für einen guten Rohrnetzstatus und führen zu einem reduzierten Aufwand für die aktuelle Instandhaltung der Rohrnetze. Ein Wasserversorgungsnetz ist jedoch nie zu 100 % dicht. Zulässige Toleranzen bei der Verlegung, bei der Rohrbettung, bei den Ver-

bindungen, äußere Einflüsse im Betrieb sowie die Alterung der verwendeten Rohrmaterialien führen zu kleineren und größeren Leckagen. Um diese auftretenden Wasserverluste mengenmäßig einordnen zu können, um daraus Maßnahmen zur Reduzierung abzuleiten, bedarf es normativer Vorgaben für Richt- und Grenzwerte. Nationale und internationale Organisationen (IWA, DVGW) geben Kennzahlen und Richtwerte vor, die aus verschiedenen Eingangsgrößen berechnet werden. Die Ergebnisse sollen dem Unternehmen Auskunft geben, wie gut der Zustand des Versorgungsnetzes ist und ob Maßnahmen zur Reduktion von Wasserverlusten zu setzen sind.

### Erkennen von Wasserverlusten

Um Wasserverluste erkennen zu können gibt es dem Stand der Technik entsprechend unterschiedliche Möglichkeiten, die jeweils auf die eigene Netzsituation abgestimmt werden sollen. Hier sind vor allem die Versorgungsstruktur, die eingesetzten Materialien oder die verlegten Durchmesser zu berücksichtigen.

Die Water Loss Task Force WLTF der International Water Association befasst sich bereits seit einigen Jahren mit dem Thema der Verlusterkennung und Reduzierung. Als schrittweises Vorgehen schlägt die WLTF den Ansatz über „LLP – Localize, Locate, Pinpoint“ vor, also Eingrenzung der Region der Leckage, Vorortung und punktgenaue Ortung der Leckage [1].

### Messmethoden

Tritt Wasser bei einer Leckstelle aus, so kann dieser Verlust im Netz prinzipiell über drei unterschiedliche Verfahren erkannt werden:

1. **Durchflussmessung:** Für die Messung des Durchflusses können unterschiedliche Verfahren angewendet werden. Neben mechanischen Zählern, die in der Regel für Kundenwasserzähler eingesetzt werden, kommen Ultraschall-Messgeräte oder magnetisch induktive Durchflusszähler zum Einsatz. Durch die aus der Leckage austretende Wassermenge ergibt sich eine Veränderung in der Fließgeschwindigkeit, wodurch im Vergleich zu einer Referenzmessung eine Leckage erkannt werden kann.
2. **Druckmessung:** Die Druckmessung kann über eine Membran erfolgen, bei der das vorbeifließende Medium einen bestimmten Druck auf die Membran erzeugt. Fließt kein Wasser, stellt sich der hydrostatische Wasserdruck ein, durch fließendes Wasser kommt es zu Druckänderungen. Tritt Wasser aus einer Leckage aus, senkt sich der Druck im Rohr, wodurch im Vergleich zu einer Referenzmessung eine Leckage erkannt werden kann.
3. **Geräuschkessung:** Bei Austritt von Flüssigkeiten an einer Schadensstelle entstehen Schallwellen (Schwingungen), die in der Wassersäule nach beiden Seiten

fortgetragen werden. Die dabei entstehenden Schwingungen (Wellen) können je nach Material und Rohrdurchmesser sehr niedrig oder auch sehr hoch liegen. Voraussetzung ist dabei, dass sich das Material zum Schwingen anregen lässt. Bei metallischen Rohren ist das unter normalen Umständen kein Problem, nichtmetallische Materialien verhalten sich dagegen sehr träge und übertragen das Signal kaum, sehr schlecht oder überhaupt nicht [2].

**Wasserbilanz**

Jeder Diskussion über Wasserverluste soll 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. Eine kontinuierliche Überwachung setzt das kontinuierliche Erfassen der für den jeweiligen Rohrnetzbezirk relevanten Messwerte voraus, wie z. B. Durchflussmenge, Druck und Behälterstand [3].

Für eine aussagekräftige Wassermengenbilanz ist die Messung der Rohrnetzeinspeisung sowie der Rohrnetzabgabe von großer Bedeutung. Ungenaue Messungen liefern ein ungenaues Ergebnis, wodurch ein Versorgungsunternehmen besser oder schlechter abgebildet wird. Für die Erstellung einer Wassermengenbilanz werden von Seiten der nationalen und internationalen Organisationen (IWA, DVGW) entsprechende Vorgaben gemacht, welche Komponenten berücksichtigt werden sollen und wie diese bei fehlenden Messwerten größenordnungsmäßig abgeschätzt werden können. Eine Wassermengenbilanz beruht dabei immer auf einer Gegenüberstellung von eingespeisten Wassermengen, weitergeleiteten Wassermengen sowie dem Wasserverbrauch von jeweils eindeutig abgegrenzten Messbereichen. Den Regelwerken zu Folge [3] soll zumindest jährlich eine Wassermengenbilanz erstellt werden.

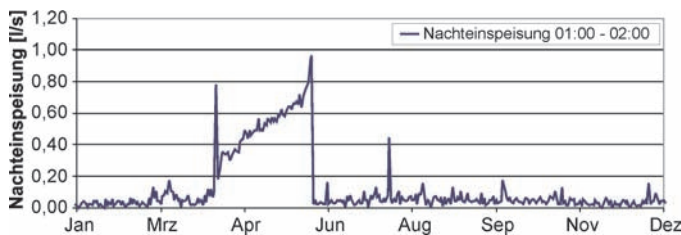
**Gängige Überwachungsverfahren**

Über die Erstellung einer Wasserbilanz für ein Gesamtnetz lassen sich generelle Änderungen erkennen, vor allem wenn hier die jährliche Einspeisung mit dem jährlichen Verbrauch verglichen wird. Für eine detaillierte Betrachtung, oder zur Erkennung von Schwachstellen im Netz, ist eine Wasserbilanz für ein Versorgungssystem nur bedingt zielführend. Die Erstellung einer jährlichen Wasserbilanz zeigt immer nur den Zustand der Vergangenheit an, auf den erst zeitversetzt reagiert werden kann. Nur durch eine kontinuierliche Überwachung können Leckagen frühzeitig erkannt und deren Laufzeit reduziert werden.

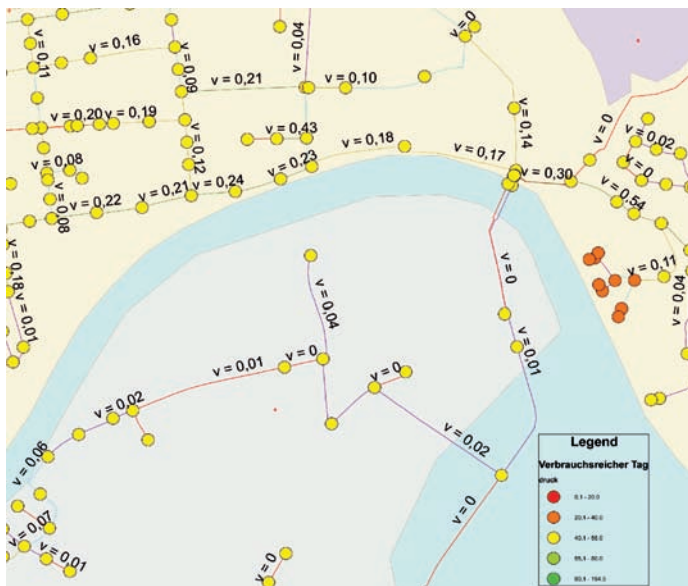
**Zonenmessung**

Als Stand der Technik beschreibt die IWA (International Water Association) die Einrichtung von Messzonen, sogenannten District Metered Areas (DMA). Unter einer Messzone versteht man einen hydraulisch klar abgegrenzten Bereich des Versorgungsnetzes bei dem die Durchflussverhältnisse gemessen werden. In der Regel werden hier die Einspeisemengen den Verbrauchsmengen während der Nachtzeiten gegenübergestellt, um Wasserverluste bestimmen zu können [4].

Der Vorteil eines hydraulisch klar abgegrenzten Bereichs liegt darin, dass über die definierten Einspeisestellen die in diese Zone fließenden Wassermengen einfach über Durchflussmessgeräte gemessen werden können. Durch die hydraulische Trennung von anderen Netzonen über Schließen von Schiebern kann die Netzeinspeisung an klar definierten Stellen einfach gemessen werden. Über Änderungen des minimalen Durchflusses in Nachtstunden lässt sich die Entwicklung einer Leckage erkennen (**Bild 1**).



**Bild 1:** Änderung der Nachtminimum-einspeisung einer Messzone (DMA)  
**Fig. 1:** Change in minimum night flow in a district metered area DMA



**Bild 2:** Hydraulische Trennung als DMA mit Stagnationszonen  
**Fig. 2:** Hydraulic boundary of a DMA with zones of stagnation

Die IWA schlägt dabei in den DMA Guidance Notes [4] eine Zonengröße von 500 bis 3000 Hausanschlüssen vor. In zu großen Zonen lassen sich Leckagebezogene Durchflussänderungen nur mehr schwer erkennen.

Als Nachteil dieser Methode ist die hydraulische Unterteilung des Netzes zu nennen. Bei einem Rohrgebrecchen kann über ein vermaschtes Netz eine Versorgung in der Regel weiterhin sichergestellt werden, da das Wasser das abgesperrte Rohr über die umliegenden Leitungen umfließen kann. Eine Löschwasserversorgung ist in der Regel in einem vermaschten Netz mit einer höheren Sicherheit möglich, da das Wasser über mehr als eine Leitung in Richtung des Hydranten fließen kann. Durch die Bildung von abgesperrten Zonen werden in Randbereichen Stagnationszonen geschaffen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeiten und dadurch höheren Verweilzeiten zu Ablagerungen, Inkrustationen oder hygienischen Problemen führen können. In **Bild 2** ist der Randbereich einer abgesperrten Messzonen dargestellt, die Fließgeschwindigkeiten sind für den Lastfall „verbrauchsreicher Tag“ sehr gering, aufgrund der Druckverhältnisse wäre eine Trennung nicht notwendig.

### Geräuschpegelmessung

Bei der Geräuschpegelmessung werden Geräuschpegel, die von Leckstellen in Wasserrohrnetzen ausgehen, ausgewertet. Der Einsatz von Geräuschpegelmessern oder Geräuschloggern erfolgt dabei durch permanent positionierte Logger oder temporäre Messungen in Teilzonen. Wie bereits erwähnt ist die Ausbreitung des austretenden Leckgeräuschs stark materialabhängig. In metallischen Netzen können die Radien zwischen den Geräten bis zu 200 m betragen, in nichtmetallischen Netzen werden mit Körperschallgeräten die Radien max. um 80 bis 100 m liegen [2].

Der Vorteil dieser Messgeräte liegt darin, dass sie mit geringem Personaleinsatz Teilnetze verlässlich überwachen. Über eine Fernauslesung mit einem vorbeifahrenden Fahrzeug können die Daten gesammelt und entsprechend analysiert werden. Vor allem bei metallischen Leitungen mit entsprechender Schallausbreitung bietet diese Methode wirtschaftliche Vorteile.

Als Nachteil ist hier anzumerken, dass über das reine Austrittsgeräusch die Größe der Leckage nicht festgestellt werden kann. Somit werden auch Kleinstleckagen erkannt, deren umgehende Reparatur nicht immer wirtschaftlich erscheint, sondern durch Zusammenlegung mit anderen zeitnah geplanten Baumaßnahmen repariert oder rehabilitiert werden könnten. Ein weiteres Problem ist die Anwendbarkeit der Technik bei nichtmetallischen Leitungen, wie im vo-

rigen Abschnitt bereits erwähnt. Aufgrund der allgemein benötigten höheren Stückzahl für eine effiziente Überwachung, verringert sich bei nichtmetallischen Leitungen der wirtschaftliche Vorteil.

Geräuschpegelmessgeräte stoßen speziell bei nichtmetallischen Hausanschlussleitungen an ihre Grenzen, da die Ausbreitung der Schallwellen aufgrund der Materialstruktur sehr stark gedämpft wird. Erfahrungen haben gezeigt, dass in diesen Fällen Leckagen oft nicht erkannt werden können.

Für eine temporäre Teilzonenmessung, bei der es bereits um die Lokalisierung von Leckstellen geht, bieten sich diese Geräte an, da sie rasch installiert und bei entsprechender Stückzahl temporär eine gute Aussage über Leckagen liefern.

### Monitoring mit LeakControl

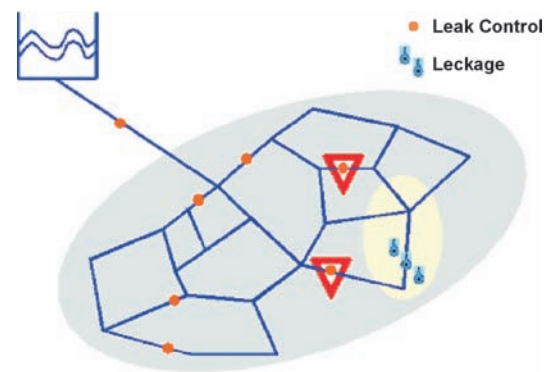
Bisherige Verfahren zum Monitoring von Trinkwassernetzen haben, wie oben beschrieben, Grenzen hinsichtlich Einsetzbarkeit und damit verbundenem Aufwand. Ziel der Ingenieure bei EnBW und deren Tochterunternehmen RBS wave war es daher ein modernes Monitoring-System zu entwickeln, das kontinuierlich arbeitet, Lecks frühzeitig erkennbar macht und auch eine räumliche Eingrenzung der Leckstelle ermöglicht. Damit wäre eine raschere Reaktion möglich und insbesondere der Aufwand für die eigentliche Vorortung könnte deutlich reduziert werden. Somit wären auch die von Seiten der IWA oder des DVGW geforderten Schritte in der Wasserverlustererkennung realisiert und unterstützt.

Um ein für sämtliche Materialien gleich einsetzbares Monitoringwerkzeug zu schaffen, wurde der Durchfluss als entscheidender Parameter für die Überwachung identifiziert. Die Messung von Fließgeschwindigkeiten und deren Änderung hat sich in der Praxis als sehr präzises aber auch robustes Messverfahren erwiesen.

Im Gegensatz zu DMA setzt LeakControl nicht auf eine Bilanzierung, sondern auf eine Veränderung der Fließverhältnisse im vermaschten System. Die bestehende Netzstruktur bleibt dadurch unverändert.

### Generelle Vorgehensweise

LeakControl zeigt auffällige Durchflussveränderungen umgehend an. Erweisen sich die Durchflussveränderungen über zwei bis drei Tage als stabil, so sind sie mit Sicherheit auf eine Leckage und nicht auf Verbrauchseinflüsse zurück zu führen. 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 (**Bild 3**).



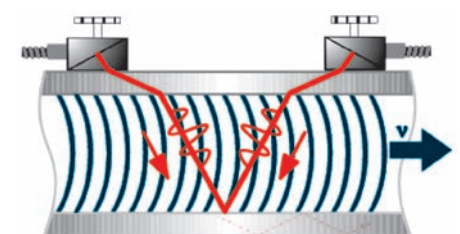
**Bild 3:** Eingrenzung einer Leckage mit LeakControl

**Fig. 3:** Localization of a leak with LeakControl

Das EnBW-Monitoring-System wertet dabei nur die Durchflüsse in den verbrauchsschwachen Nachtstunden aus, da hier Leckagemengen am besten erkennbar sind. Die Messung erfolgt mittels präziser Ultraschalldurchflussmesser. Die untere Messgrenze dieses Verfahrens liegt bei ca. 1 cm/s und erlaubt damit die Erfassung geringster Strömungsgeschwindigkeiten. Selbst kleinste Leckagen können damit identifiziert werden.

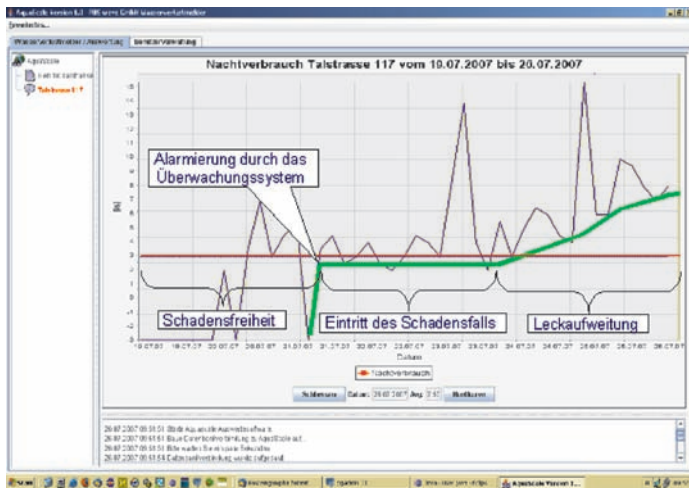
### Messverfahren

Für die Durchflussmessung wird Ultraschall benutzt, um mit Hilfe des Laufzeitverfahrens den Durchfluss eines Mediums durch eine Rohrleitung zu messen. Ultraschallsignale werden von einem Sensor ausgesandt der auf der Rohrleitung installiert ist. Dieser wird auf der gegenüberliegenden Seite des Rohres reflektiert und schließlich von einem zweiten Sensor wieder empfangen. Die Signale werden abwechselnd in Flussrichtung und ihr entgegengesetzt gesendet. Da das Medium, in dem sich der Ultraschall ausbreitet, fließt, ist die Laufzeit der Schallsignale, die das Medium in Flussrichtung durchlau-



**Bild 4:** Schematische Darstellung des Messprinzips

**Fig. 4:** Scheme of metering principle



**Bild 5:** Auswertung der Messdaten  
**Fig. 5:** Analysis of metered data

fen, kürzer als die Laufzeit der Signale, die es entgegen der Flussrichtung durchlaufen (**Bild 4**).

Der Laufzeitunterschied  $\Delta t$  wird gemessen und erlaubt die Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit auf dem vom Schall durchlaufenen Pfad. Durch eine Profilkorrektur kann das Flächenmittel der Strömungsgeschwindigkeit errechnet werden, das zum Volumenfluss proportional ist. Mittels einer speziellen Elektronik werden die ankommenden Ultraschallsignale auf ihre Verwendbarkeit für die Messung überprüft und die Verlässlichkeit der Messwerte bewertet. Der integrierte Mikroprozessor steuert den gesamten Messablauf und eliminiert Störsignale durch statistische Signalverarbeitung.

Über die Überprüfung der Qualität der ankommenden Ultraschallsignale kann die Positionierung der beiden Sensoren optimiert und Einflüsse durch Ablagerungen und Inkrustationen erkannt und minimiert werden.

**Installierung**

Um eine kostengünstige Installation eines Monitoring-Systems zu realisieren, wurde die Entscheidung getroffen, ein auf die bestehende Leitung montierbares Ultraschall-Messgerät zu verwenden. Somit muss die Leitung in keiner Phase der Montage außer Betrieb genommen oder angebohrt werden. Die Messsensoren lassen sich erdverlegt beziehungsweise in vorhandenen Schächten positionieren oder werden über eine spezielle Einbauvorrichtung völlig ohne Schachtbauwerk montiert. Die gesamte Mess- und Übertragungstechnik sitzt geschützt in einem Freiluftschrank in der Nähe des Messpunkts.

Die Energieversorgung erfolgt in der Regel über einen Anschluss an die Straßenbeleuchtung. Alternativ kann die Stromversorgung

über einen Netzanschluss oder Solarpaneel realisiert werden. Die Messdaten werden über das Mobilfunknetz (GSM) an eine Zentrale übermittelt und dort von einer speziell entwickelten Software automatisch ausgewertet.

**Auswertung**

Mit Hilfe der Auswertesoftware werden die gemessenen Daten analysiert und grafisch dargestellt. Der aktuelle Zustand des Versorgungsnetzes wird als Grundzustand herangezogen, von dem aus der Anstieg des Durchflusses als Referenzwert herangezogen wird. Bei kleineren Netzbereichen ist durch eine optimale Positionierung der Messgeräte auch über die Nachtdurchflussmessung ein Handlungsschwerpunkt im Netz feststellbar, wenn der sogenannte Basiswasserverlust (background leakage) räumlich stark differenziert (**Bild 5**).

Kommt es infolge Rehabilitationsmaßnahmen zu einer Reduzierung des minimalen Nachtdurchflusses, stellt sich das Gerät der aktuell verbesserten Situation automatisch ein. Der Grenzwert für zulässige Fließänderungen wird verringert.

Die Software erlaubt es auch, sofern dies von der Anordnung der Sensoren im Netz sinnvoll ist, Ganglinien zu überlagern und zu bilanzieren.

**Zusammenfassung**

Um Wasserverluste in einem Verteilnetz messen zu können gibt es verschiedene Methoden, die abhängig von Material, Durchmesser und anderen Randbedingungen ihre Vor- und Nachteile haben. Ein Wasserversorgungsunternehmen sollte sich daher vorab entscheiden, welches Verfahren für das eigene System das optimale ist.

Durch die jahrelange Praxiserfahrung der EnBW und RBS wave im eigenen Netz und infolge Dienstleistungen in fremden Netzen, wurde ein Monitoring-System entwickelt, das für alle Materialien und Durchmesser geeignet ist und kostengünstig eine kontinuierliche Überwachung erlaubt. Dank der eingesetzten Messtechnik können Daten mit einer hohen Messgenauigkeit gewonnen werden, die zeitnah über ein Auswertetool den aktuellen Zustand im Netz beschreiben.

Die Überlegungen, ohne starr abgegrenzte Messzonen auszukommen, die Messgeräte direkt auf das Rohr auch ohne teure Schachtbauwerke einbauen zu können, sowie die Stromversorgung über das örtliche Straßenbeleuchtungsnetz oder mit Solarpaneelen zu realisieren, bieten für jeden Wasserversorger die Möglichkeit, dieses Monitoring-System auf sein Leitungsnetz optimal abzustimmen und bietet somit wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren. Dadurch lässt sich eine effiziente Überwachung des Versorgungsnetzes sicherstellen.

Das hier vorgestellte Monitoring-System wurde bereits bei fünf deutschen Wasserversorgern im Raum Baden-Württemberg umgesetzt, die Umsetzung bei fünf weiteren Versorgern ist bereits in Planung.

**Literatur:**

- [1] Hamilton, S.: acoustic leak detection (2007) [www.iwaom.org/wlft](http://www.iwaom.org/wlft)
- [2] Heydenreich, M.; Hoch, W.: Praxis der Wasserverlustreduzierung (2008) DVGW, Bonn, ISBN 978-3-89554-171-1
- [3] DVGW W 392 „Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen“ (2003)
- [4] Morrison, J.; Tooms, S.; Rogers, D.: District Metered Areas Guidance Notes, Draft 2/2007 - Version 1, [www.iwaom.org/wlft](http://www.iwaom.org/wlft)

**Autoren:**

**Dr.-Ing. Gerald Gangl**  
RBS wave GmbH, Stuttgart



Tel. +49 711-289-51342  
E-Mail: [g.gangl@rbs-wave.de](mailto:g.gangl@rbs-wave.de)

**Dipl.-Ing. Ralf Dietz**  
EnBW Regional AG, Stuttgart



Tel. +49 711-289-51349  
E-Mail: [r.dietz@enbw.com](mailto:r.dietz@enbw.com)