

Digitale Verfahren

zur Reduzierung von Wasserverlusten im Rohrnetz

Die Digitalisierung ist im Alltag bereits allgegenwärtig und schlägt sich mittlerweile auch in den Geschäftsprozessen der Wasserversorgungswirtschaft nieder. So können mit digital generierten Messwerten beispielsweise Wasserverluste im Versorgungsnetz erkannt und lokalisiert werden – ein echter Mehrwert für die Branche. Der Beitrag gibt eine Übersicht über die verschiedenen Verfahren zur Lecksuche und stellt digitale Lösungen vor, um Wasserverluste im Rohrnetz zeitnah zu entdecken und zu lokalisieren.

von: Max Hammerer (Düsseldorf)

Die Höhe der Rohrnetzverluste ist abhängig von der Anzahl der Leckstellen, der Ausflussmenge und -zeit des Wassers aus den Leckstellen sowie dem Druck an der Austrittsstelle. Von all diesen Faktoren kann der Wasserversorger lediglich die „Auslaufzeit“ des Wassers durch entsprechende Maßnahmen aktiv beeinflussen. Dies gelingt durch ein permanentes Monitoring der Zuflussmengen in das Versorgungsgebiet oder – eingeschränkt für Leitungen aus metallischen Werkstoffen – durch ein permanentes Monitoring der Leckaustrittsgeräusche.

Im Fokus der Versorgungsunternehmen stehen die realen Rohrnetzverluste, einerseits der sich selbst zeigenden und andererseits der sich nicht selbst zeigenden Leckstellen, die den Weg in den Un-

tergrund finden und durch Lecksuche gesucht werden müssen. Die Gründe dafür liegen im örtlichen Untergrund bzw. der Bodenart (Durchlässigkeit), wie dies im DVGW-Merkblatt W 391 aufgezeigt ist. Aus der Praxis ist bekannt, dass die Mehrzahl der Leckstellen zunächst mit geringen Verlustmengen entstehen und sich im Laufe der Zeit vergrößern. Aufgabe der Rohrnetzüberwachung ist es in diesem Zusammenhang, Leckstellen frühzeitig zu erkennen, zu lokalisieren und eine Reparatur bzw. Beseitigung der Leckstelle einzuleiten.

Entscheidungshilfen zur Reduzierung der Rohrnetzverluste

Im Wesentlichen wird die Höhe der Verluste durch Schäden an Versorgungs- und Hausanschlussleitungen sowie an Verbindungsstellen bestimmt. Die Rohrnetzverluste lassen sich auf zwei verschiedene Arten reduzieren (Abb. 1): Einerseits durch eine verstärkte Lecksuche (mit anschließender Lokalisation und Reparatur) oder ein permanentes Monitoring, wodurch die Lecklaufzeit reduziert wird. Andererseits ist es auch möglich, die Leitungen systematisch zu erneuern, um Verluste durch alte und beschädigte Leitungen von Vorneherein zu verhindern. Die Grundlage für die Entscheidung, welcher der beiden genannten Wege eingeschlagen wird, ist erstens die Höhe der Rohrnetzverluste aufgrund der jährlichen Wasserbilanz (in m^3/a oder $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{km}$) und zweitens die Anzahl der Reparaturen mit Wasseraustritt.

Verfahren zur Auffindung und Lokalisation von Leckstellen

Die Auffindung der Leckstellen erfolgt in den beiden Schritten „Vorortung“ und „Lokalisation“. Bei der permanenten Vorortung unterscheidet man zwischen quantitativen und akustischen Verfahren; die Lokalisation hingegen erfolgt immer mit akustischen Verfahren.

Allgemein erfolgt die quantitative Vorortung durch das Zuspisemonitoring in ein Versorgungs- oder Messgebiet. Durch Hinweise auf vorhandene Verluste, meist das Nachtminimum, kann mittels der akustischen Leckortung die Leckstelle eingegrenzt und anschließend lokalisiert werden. Für die akustische Vorortung kommt in der Regel die Geräuschpegelmethode zum Einsatz, mit der – bevorzugt bei metallischen Leitungen – akustische Leckgeräusche erfasst werden können. Diese geben einen wichtigen Hinweis auf die Leckstelle. In der Folge werden die Messpunkte mit priorisierten Leckgeräuschen korreliert. Gleichwohl muss beachtet werden, dass nicht alle Leckstellen ein akustisches Geräusch erzeugen.

Weitere Verfahren zur permanenten Verlustüberwachung erfordern die Installation zusätzlicher Messpunkte im Verteilnetz (ggf. mit Schacht und externer Elektronik), deren Ergebnisse in eine Netzberechnung eingebunden werden und Hinweise über Verlust-

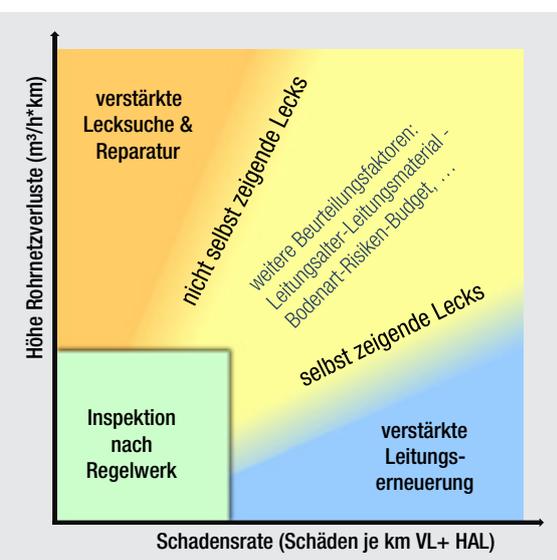


Abb. 1: Reduzierung und Vermeidung von Rohrnetzverlusten

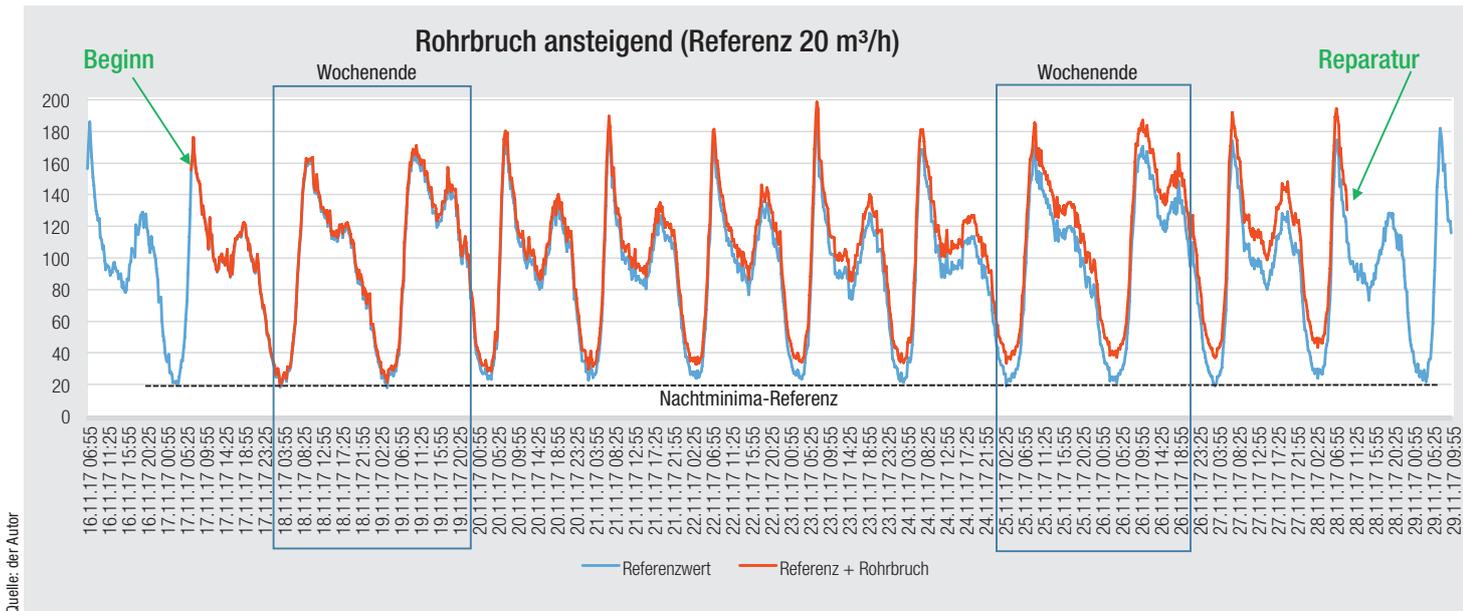


Abb. 2: Verlustmonitoring des Nachtminimums zum Referenzwert

mengen im Überwachungsbereich ergeben können. Folglich wird versucht, die Verluststellen in diesen Bereichen akustisch einzugrenzen. Ziel des Einsatzes von Vorortungs-Verfahren muss es sein, an möglichst kleinen Leitungsteilen mit minimalem Personaleinsatz die Entstehung von Leckmengen oder Leckstellen zu erkennen und diese der Lokalisation zuzuführen.

Verlustmonitoring

Die übergeordnete Überwachung eines Netzgebietes erfolgt durch die permanente Messung der Zuspesung (bzw. Ausspeisung), aus der die gesamte Verbrauchsmenge ermittelt wird (gezählter Verbrauch, nicht gezählter Ver-

brauch, nicht messbarer Verbrauch, Leitungsverluste). Langjährige Auswertungen der Verlustmengen mit Verlustmonitoring zeigen, dass die Mehrheit der Leckstellen zunächst mit kleinen Austrittsmengen beginnt, dann aber rasch größer wird.

- Kleinere Netzgebiete bzw. Gebiete mit einer geringen Anzahl von Abnehmern liefern einen reproduzierbaren Nachtmindestverbrauch, der als Basis für die Ermittlung von Leitungsverlusten herangezogen werden kann. Aus einem langfristigen Nachtminimum als Referenzwert wird ein Anstieg als Verlustmenge bewertet. Nach der Reparatur muss der Zufluss wiederum den Referenzwert erreichen –

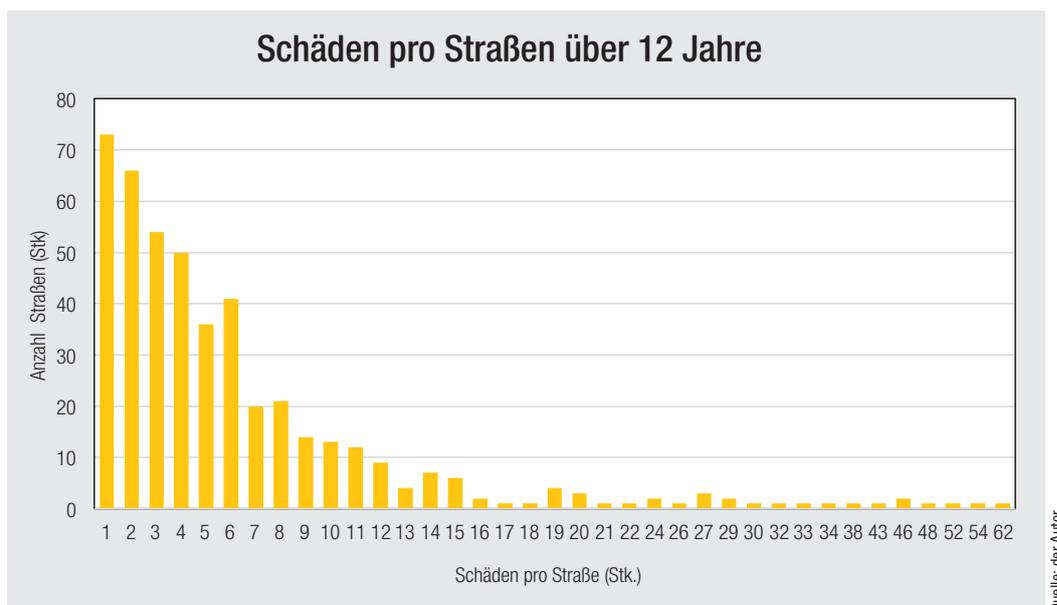
Ist dies nicht der Fall, ist eine weitere Lecksuche erforderlich.

- Große Netzgebiete, deren Zuflussmengen keinen reproduzierbaren Nachtmindestverbrauch erwarten lassen, werden zur Überwachung in kleinräumige Messgebiete unterteilt. Kriterien für die Einteilung sind die Zahl und Struktur der versorgten Abnehmer, die Anzahl der Messpunkte im mehr oder weniger vermaschten Netzbereich und die Schadensrate. Wirtschaftlich kann mit dieser Methode bis zu 60 Prozent des gesamten Netzbereiches für ein Verlustmonitoring abgedeckt werden.

Für diese Messungen werden häufig Messsonden eingesetzt, die eine nach- ▶

Gelsenwasser 1/4

Abb. 3: Leckstellenverteilung in den einzelnen Straßen in einem Versorgungsgebiet über zwölf Jahre



trägliche Installation im Leitungsrohr während des Betriebs erlauben. Neben dem Durchfluss werden dabei auch der Druck, die Temperatur und das Geräusch mittels Hydrophon gemessen. Anschließend werden die Daten gespeichert und zyklisch, in der Regel drahtlos, übertragen. Die Stromversorgung der Sonden erfolgt autark mittels Akkus oder Solarpaneel. Die Messsonden können im alternierenden Betrieb eingesetzt werden.

Schadensdaten

Im Zuge der Reparaturen wird eine Vielzahl von Daten erfasst, die Leckstellen beschreiben und mögliche Ursachen aufzeigen. Um eine langfristige Auswertung der Daten zu ermöglichen, sollten die Schadensdaten immer nach demselben Muster dokumentiert werden. Es muss auch zwischen selbst zeigenden und nicht selbst zeigenden Verluststellen unterschieden werden, da im Wesentlichen der Untergrund bzw. die Durchlässigkeit des Bodens im Falle eines Wasseraustrittes dafür verantwortlich ist.

Mit der Nullverbrauchsmethode wurde ermittelt, dass bei einem erheblichen Teil der Schäden die Wasseraustrittsmenge bei bis zu 3 m³/h liegt, bis die Leckstelle erkannt und beseitigt wird. Bedeutende Ergebnisse der Schadensdatei sind Aussagen über die spezifischen Schadensraten mit Wasseraustritten in den einzelnen Straßen, unterteilt in Versorgungs- und Anschlussleitungen. Darüber hinaus ist die Anzahl der Schäden im Versorgungsgebiet über lange Zeiträume ein Indikator für den Gesamtzustand des Versorgungssystems (Abb. 3). Die-

se Ergebnisse sind in Verbindung mit den Leitungsdaten aus dem Geoinformationssystem (GIS) eine wichtige Grundlage für die zustandsorientierte Erneuerung der Leitungen. Die einzelnen Schäden können auch im GIS als Symbol visualisiert werden.

Kennwerte über die Rohrnetzverluste und Qualität der Leitungsnetze

Da die Rohrnetzverluste durch eine Vielzahl von individuellen Faktoren beeinflusst werden, muss jedes Versorgungsunternehmen für sein Rohrnetz die Höhe der Rohrnetzverluste eigenständig bewerten. Faktoren können z. B. die Leitungslänge und das -material, das Alter, die Verlegequalität sowie die Anzahl der versorgten Abnehmer sein; auch weitere lokale Einflussfaktoren dürfen nicht außer Acht gelassen werden.

Die verschiedenen Einflüsse sind nicht mit anderen Rohrnetzen vergleichbar!

Zu berücksichtigen sind auch die Methoden und Rhythmen der Überprüfung bzw. die permanente Zufluss-Überwachung des Rohrnetzes. Aufgrund der angeführten Rahmenbedingungen sind Kennwerte zu ermitteln, die belastbare Aussagen über die Qualität der Leitungsnetze zulassen:

- Bewertung der Höhe der Rohrnetzverluste durch das Nachtminimum in das Versorgungsgebiet, bezogen auf die versorgten Einwohner und Leitungslängen.
- Bewertung der Grenzen zur Wasserverlust-Reduzierung aufgrund der Schadensraten

mit Wasseraustritt, Leitungsdaten aus dem GIS und lokalen Einflüssen.

- Bewertung der Höhe der Rohrnetzverluste und der Schadensrate von Schäden mit Wasseraustritt für die Entscheidung selektiver Überwachungsmaßnahmen oder Leitungserneuerung.

Grobe Kennwerte können nur für überschaubar große Netzbereiche ermittelt werden; Hinweise dafür finden sich z. B. im DVGW-Merkblatt W 390 (Nachtmindestverbrauch: 0,5 bis 2 l je Einwohner; nicht reduzierbare Leitungsverluste: 1,6 bis 5 l je Minute und km). Die groben Hinweise der Bewertungsgrenzen werden von lokalen Kriterien beeinflusst und aufgrund der Erfahrung für einen definierten Versorgungsbereich festgelegt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass in den Leitungslängen die Längen der Versorgungsleitungen und der Hausanschlüsse berücksichtigt werden, da es den Rohrnetzverlusten egal ist, ob eine Verlustmenge von einer Versorgungs- oder Hausanschlussleitung austritt.

Ist die Unterteilung in einzelne Netzbereiche und ein Zufluss-Monitoring nicht möglich, sind virtuelle Gebiete einzugrenzen, in denen die Schadensraten bei festgelegten Überprüfungsverfahren und -rhythmen die Grundlagen für Bewertungen sind.

Zur Bewertung der Rohrnetze werden vordergründig die Netzverluste und die Anzahl der Reparaturen herangezogen. Weitere Kriterien erlauben vertiefende Informationen über den Zustand des Rohrnetzes, die in einem „qualitativen Wasserverlust-Kennwert“ ausgedrückt werden können. Aus den Ergebnissen lassen sich dann Maßnahmen zur aktiven Verlustüberwachung oder zu Leitungserneuerungen ableiten.

Digitale Verfahren zur Reduzierung der Rohrnetzverluste

Unter dem Stichwort „Wasser 4.0“ werden verschiedene digitale Verfahren zusammengefasst, mit denen sich Prozesse in der Wasserversorgung digital

steuern lassen. Dies erfordert zunächst zusätzliche Qualifikationen der Mitarbeiter im IT-Bereich, ermöglicht es den Unternehmen jedoch auch, Mehrwerte zu generieren. Der Begriff der Digitalisierung beschreibt allgemein die Zusammenführung von digitalen Daten in einem zentralen Datenpool, um daraus automatisierte Prozesse zu generieren, die eine technische oder wirtschaftliche Weiterentwicklung darstellen.

Für den Prozess „Digitalisierung zur Reduzierung der Rohrnetzverluste“ werden im GIS Messpunkte festgelegt, deren Messergebnisse regelmäßig auf den zentralen Server übertragen und in weiteren Prozessen auf Basis des GIS so verarbeitet werden, dass damit die genaue Verlustmenge bzw. der Leckort ermittelt und das Ergebnis im GIS visualisiert werden kann. Damit lässt sich die Laufzeit der aufgetretenen und erkannten Schäden wesentlich reduzieren, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Digitale Leckstellenerfassung durch korrelierende Geräuschlogger

Korrelierende Geräuschlogger sind insbesondere bei metallischen Leitungen ein probates System, um Leckgeräusche von Verluststellen unmittelbar zu erkennen und dadurch Folgeschäden abzuwenden. Die Logger werden dazu im Leitungsnetz an Kontaktstellen positioniert und im GIS dokumentiert. Die Geräuschdaten werden einmal täglich übertragen, den Positionen im GIS zugeordnet und die Ergebnisse nach Prioritäten der akustischen Leckwahrscheinlichkeit an den Messpunkten dargestellt. Der Techniker überprüft die Ergebnisse täglich am PC im Büro und führt „bei Bedarf“ sofort Korrelationen mit den Positionen der prioritären Leckgeräusche im GIS durch. Dabei werden die Leitungsdaten direkt aus dem GIS automatisch übernommen.

Bei positiver Korrelation werden der Leckortungsgruppe und der Reparaturgruppe mobilisiert, um die Leckstelle vor Ort zu präzisieren, einzumessen und zu reparieren. Die Auslaufzeit des ▶

Krohne 1/3

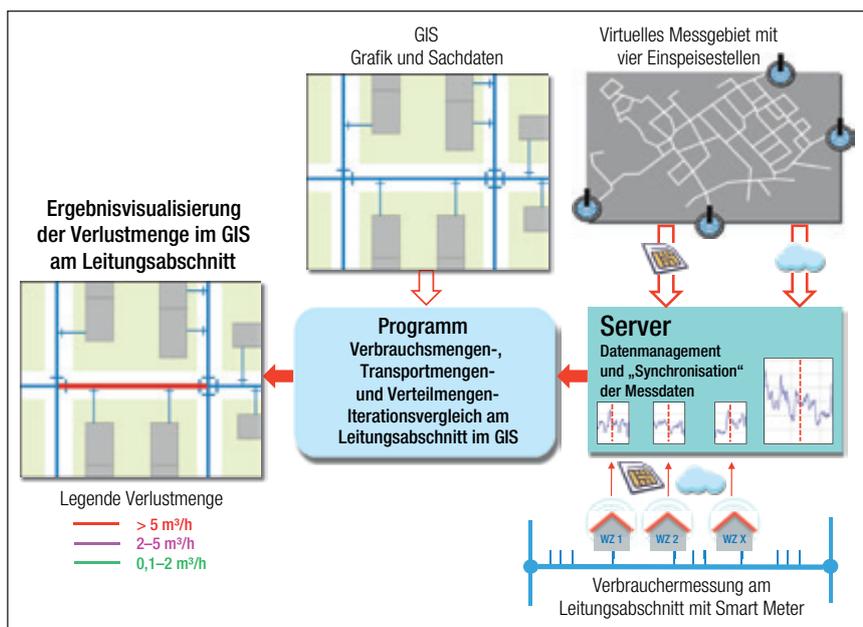


Abb. 4: Digitale Wasserverlustmengenenerfassung mittels der Software „Smart Meter Water Balance“

Wassers aus den Leckstellen wird dadurch drastisch reduziert und mögliche Folgeschäden weitgehend vermieden. Allerdings gilt es zu beachten, dass mit akustischen Verfahren keine „Verlustmenge“ festgestellt werden kann.

Digitale Wasserverlustmengen-Erfassung am Leitungsabschnitt

Das System basiert auf dem topologischen GIS, synchronen Messwertensern aus digitalen elektronischen Verbrauchswasser-Zählern und dem Zuspisemengen-Zähler in das Netzgebiet. Die Messpunkte sind im GIS den Leitungsabschnitten zugeordnet; die generierten Messdaten werden z. B. durch NB-IoT an den Server übertragen und verwaltet. Mithilfe spezieller Software-Programme werden die Messdaten dann mit den Messpunkten zusammengeführt und eine integrierte Lastfluss-, Verbrauchs- und Verteilnetz-Iteration im Netzgebiet durchgeführt (Abb. 4). Die Netzdaten für die Verteilnetz-Iteration werden direkt aus dem GIS übernommen.

Die entsprechenden Programme laufen während des Betriebes im Hintergrund und ermitteln Abweichungen der Transport- von den Verbrauchsmengen am Leitungsabschnitt. Damit werden der Entstehungszeitpunkt, die

Entwicklung und die momentane Höhe der Verlustmenge entsprechend den Berechnungsschritten am Leitungsabschnitt, oder zwischen zwei Abnahmepunkten, ermittelt und in Folge im GIS visuell angezeigt. Danach erfolgt die akustische Leckortung am definierten Leitungsteil im GIS oder im Feld. Hauptsächliche Ergebnisse der digitalen Verlustmengenenerfassung sind:

- Die Verlustmengen-Ermittlung ist unabhängig vom Leitungsmaterial
- Klare Mengenabgrenzungen zur Erstellung der Wasserbilanz
- Ermittlung der Leitungsabschnitte mit geringem Durchfluss
- Überwachung der Gebäudeinstallation als Kundenservice
- Überwachung des Gesamtverbrauches im Netzbereich
- Erkennen von Schaltmaßnahmen im Netzbereich
- Erkennen von nicht gemessenen Abnahmen

Zusammenfassung

Rohrnetzverluste sind ein wesentlicher Parameter, um die Versorgungsqualität in Hinblick auf die Anzahl der Schäden und die damit einhergehende Versorgungs- und Verkehrsbeeinträchtigung zu bewerten.

Aufgrund des Klimawandels und dessen Einfluss auf die Wassertemperatur erhält dieses Thema zusätzliche Aktualität, wenn die Ressourcen knapper werden und damit das Image gegenüber der Bevölkerung als sicherer Versorger von Trinkwasser nicht mehr gegeben ist.

Zur Reduzierung der Rohrnetzverluste sind die Laufzeiten der entstandenen Leckstellen frühestmöglich durch ein permanentes Monitoring zu erkennen und einer Beseitigung zuzuführen. Die erforderliche Ersatzerneuerung von Leitungen ist ein Langfristprojekt!

Kennwerte über Rohrnetzverluste müssen für jedes Versorgungsnetz eigenständig ermittelt und bewertet werden, da die wesentlichen Einflussparameter hinsichtlich Bestand und Zustand der Leitungsnetze, Überwachungsmethoden sowie deren Vorgehensweisen nicht vergleichbar sind.

Mithilfe der Digitalisierung können Systeme eingeführt werden, die Leckstellen nahezu unmittelbar nach der Entstehung erkennen und auch deren Verlustmenge ausweisen. Dies erfordert in vielen Fällen eine neue Unternehmenskultur im Bereich der IT-Investitionen und bedeutet gleichzeitig für die Mitarbeiter eine kontinuierliche Weiterbildung im Bereich der IT. ■

Der Autor

Max Hammerer ist Inhaber des Technischen Büros hammerer-systemmesstechnik und befasst sich mit der Reduzierung von Rohrnetzverlusten und Schadensanalysen zur Zustandsbeurteilung von Wasser- und Gasnetzen auf Basis von GIS-Daten.

Kontakt:
 Max Hammerer
 Charlottenstr. 41
 40210 Düsseldorf
 Tel.: 0211 350128
 E-Mail: max@hammerer.cc