

Permanente Druckmessung in Wasserrohrnetzen

zur Leckageüberwachung und zur permanenten Kalibrierung von Rechenetzmodellen

Nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 392 erfolgt die **Bekämpfung von Wasserverlusten** in erster Linie aus hygienischen, versorgungstechnischen, sicherheitstechnischen sowie ökologischen Gründen. Bei mittleren und hohen Wasserverlusten sind neben den zuvor aufgezählten Gründen zusätzlich auch wirtschaftliche Aspekte von Bedeutung. Um Wasserverluste in einem Versorgungssystem zu reduzieren, müssen **geeignete Methoden und Technologien** eingesetzt werden, um Leckagen möglichst schnell erkennen und beheben zu können. Der Beitrag beschreibt ein firmeninternes Forschungsprojekt, bei dem eine alternative **Methodik zur Erkennung von Leckagen** im Praxiseinsatz erprobt wurde.

von: Dr.-Ing. Esad Osmanovic & B. Eng. Patrick Gaus (beide: RBS wave GmbH)

Die RBS wave GmbH bietet bei dem Thema Wasserverlustbekämpfung mit dem System „LeakControl“ die Möglichkeit, aufgetretene Leckagen anhand der Änderung in der gemessenen Fließmenge zu erkennen. Dafür werden Durchflussmessgeräte (Ultraschallmessgeräte) mit einer Messstellendichte von ca. einem Messgerät pro 10 km Netzlänge eingebaut. Wird ein erhöhter Durchfluss in Nachtzeiten gemessen, so lassen sich Rückschlüsse auf eine Leckage ziehen, welche aufgrund der positionierten Messgeräte dann einem bestimmten Gebiet zugesprochen werden kann.

Hintergrund

Für die Anpassung eines Rechenetzmodells an die Realität empfiehlt es sich, eine Vergleichsmessung durchzuführen; hier legt das DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 die Vorgaben für eine Vergleichsmessung fest. Damit eine Kalibrierung des Rechenetzmodells als erfolgreich angesehen werden kann, soll während der Druck- und Mengemessung ein Druckabfall von mindestens 20 Prozent des Ruhedrucks oder mindestens 1,5 bar erreicht werden.

In der Praxis werden Drucklogger an verschiedenen Stellen im Wasserrohrnetz installiert, anschließend wird über eine Kurzzeitentnahme der Druck abgesenkt oder die Drücke mit einer Langzeitmessung erfasst. Diese Druckabsenkung wird auch im Rechenetzmodell simuliert. Durch einen Vergleich der in der Praxis gemessenen und der am Computer gerechneten Werte wird das Rechenetzmodell an die Realität angepasst. Die Vorgehensweise der RBS wave GmbH ist es, eine Messstellendichte von ca. einem Drucklogger pro Kilometer Netzlänge zu erreichen, um eine hohe Genauigkeit in den Ergebnissen zu erzielen. In der Regel wird ein Rechenetzmodell in einem Zeitraum von etwa zehn Jahren neu kalibriert, um damit Änderungsprozesse im Wasserrohrnetz zu bestimmen.

Aufbau und Zielsetzung des Forschungsprojektes

Im Rahmen des hier beschriebenen Forschungsprojektes wurde die Möglichkeit zur Erkennung der Leckage und Kalibrierung eines Rechenetzmodells mittels permanenter Druckmessung

untersucht. Die Methodik basiert dabei auf der Erfassung und Auswertung von Druckmessdaten (Druckverlusten). Mathematisch sind Druck und Durchfluss über die nachfolgend aufgeführte Bernoulli-Gleichung verbunden:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} =$$

$$h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + \frac{\Delta p_{1-2}}{\rho \cdot g} =$$

$$h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_v$$

h_1 = bezogene Lageenergie (bezogene potenzielle Energie),

$\frac{p_1}{\rho \cdot g}$ = bezogene Druckenergie,

$\frac{v_1^2}{2 \cdot g}$ = bezogene Bewegungsenergie und

h_v = bezogener Reibungsverlust.

Eine Leckage führt sowohl zu einer Durchflussänderung als auch zu einer Änderung im Druck. Im Forschungsprojekt galt es daher zu überprüfen, ob die durch Leckage verursachten Durchflussänderungen im Wasser-

rohrnetz zu Druckveränderungen führen, die messtechnisch erfasst werden können und eine Lokalisation von Leckagen im Wasserrohrnetz sowie eine permanente Kalibrierung des Rechenetzmodells zulassen. Die Zielsetzung beinhaltet dabei die Betrachtungen, ob die Größenordnungen der durch Leckagen erzeugten Druckabfälle ausreichend für eine Lokalisierung der Leckage sind und welche minimale Messstellendichte von Druckloggern erforderlich ist, um eine ähnlich genaue Zuordnung von Leckagen zu erzielen wie über präzise Durchflussmessgeräte.

Die entsprechenden Messungen wurden im Wasserrohrnetz eines Versorgungsunternehmens durchgeführt, das das System LeakControl im Einsatz hat; dies stellt eine Vergleichbarkeit der Verfahren sicher. Zu diesem Zweck wurden im ersten Schritt Druckdatenlogger im Wasserrohrnetz eingebaut, um eine kontinuierliche Erfassung der Druckverhältnisse zu ermöglichen. Über einen Zeitraum von zwei bis drei Monaten konnten anschließend aus den erhobenen Messdaten Langzeitmittel der Versorgungsdrücke gebildet werden, welche für eine spätere Auswertung als Referenzwert verwendet werden sollten. Im nächsten Schritt simulierten die Projektpartner Leckagen durch eine künstliche Wasserentnahme im Wasserrohrnetz, um einen Vergleich der Druckverhältnisse bei Leckage und den gewonnenen Erfahrungswerten herstellen zu können. Die Drucklogger müssen dafür permanent im Wasserrohrnetz installiert sein und die gemessenen Daten automatisch übertragen. Permanent installierte Drucklogger können auch für eine laufende Kalibrierung des Rechenetzmodells verwendet werden.

Die Schwierigkeit bei dem beschriebenen Versuchsaufbau besteht darin, dass bei einer Kalibrierung mit einer Kurzzeitmessung ein großer Druckabfall erzeugt wird und dieser über die Druckmessgeräte auch hinreichend genug aufgezeichnet wird. Bei einer Dauermessung und einer kleinen Leckage erfolgt oft nur ein geringer

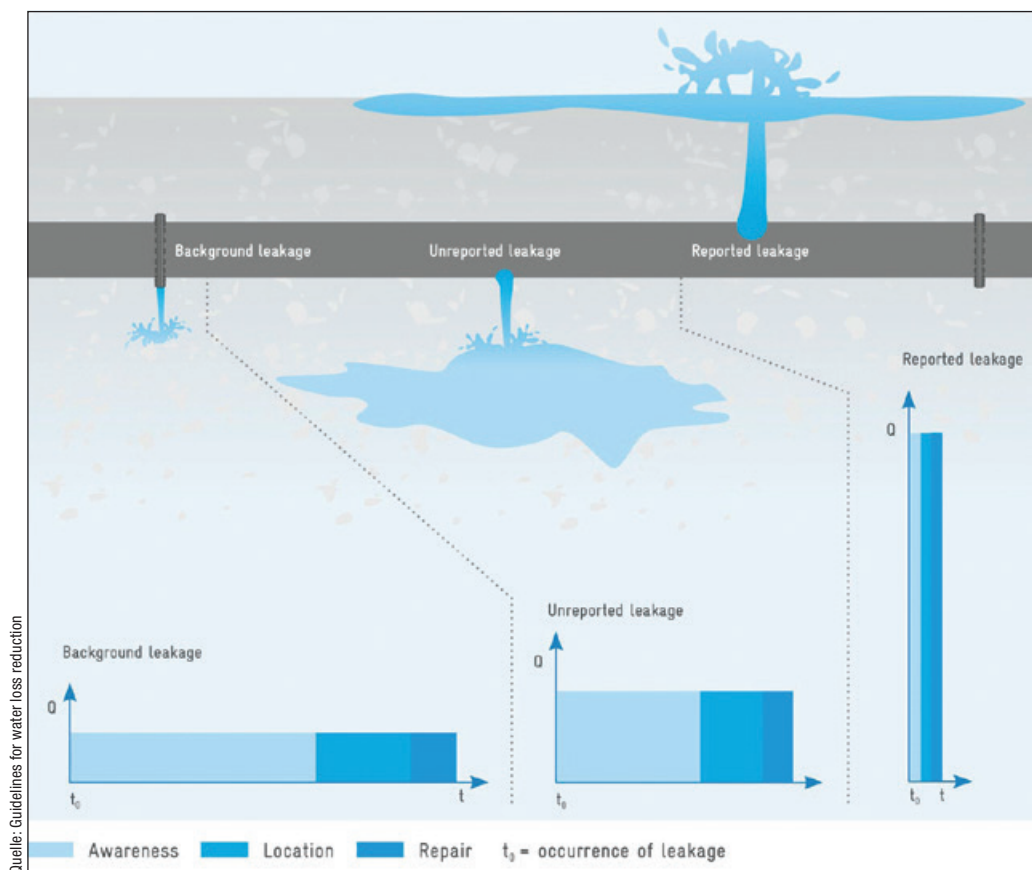


Abb. 1: Größe und Laufzeit der Leckagen

Druckabfall, welcher ggf. in der Praxis nicht in einem ähnlich hohen Auflösungsgrad gemessen werden kann.

Leckageortung

Hinsichtlich der Ortung von Leckagen führt das DVGW- Arbeitsblatt W 392 [1] Folgendes aus: „Für eine erfolgreiche Wasserverluststrategie ist das Orten, d. h. das Auffinden der Leckstellen, von entscheidender Bedeutung. Darunter sind Ortungsverfahren mit Geräten zu verstehen, die ein genaues Auffinden der Leckstelle erlauben. Sinnvollerweise werden Leckstellen zunächst auf Rohrnetzbezirke oder Rohrstränge durch die Verfahren der Zuflussmessung oder/und Vorortung eingegrenzt. Die eigentlichen Leckortungsverfahren sollen dann im zweiten Schritt die genaue Lokalisierung einzelner Leckstellen ermöglichen.“ Rohrleitungen werden oft weit über die technische Lebensdauer hinaus genutzt, wobei es durch die Alterungserscheinungen zu einer Zunahme der Leckagehäufigkeit kommen kann. Da in nicht wenigen

Fällen eine Erneuerung aus finanziellen und verkehrstechnischen Gründen nicht erfolgen kann, rücken Technologien und Methoden zur schnellen Detektion von unsichtbaren Leckagen zukünftig stärker in den Fokus (Abb. 1).

Im Zuge der voranschreitenden Entwicklung der IT-Infrastruktur erfolgte dabei in den vergangenen Jahren in zunehmendem Maße eine flächendeckende, proaktive Leckageortung durch permanent installierte Sensornetzwerke. Durch eine kontinuierliche Erfassung von Messdaten, welche über eine zugehörige IT-Infrastruktur zur Leitstelle übermittelt werden, kann über eine Auswertung der gewonnenen Parameter eine Prognose getroffen werden, wo die Schadensstelle liegt. Zu diesen intelligenten Verfahren der Leckageortung zählen das hydraulische Verfahren der Messung der Nachtdurchflüsse in verkleinerten, virtuellen Zonen sowie die akustischen Verfahren der Geräuschpegelmessung und der auf Anforderung bzw. automatisch korrelierenden Geräuschlogger [8]



Abb. 2: Zur Leckageortung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

(Abb. 2). Auf diesem Ansatz soll auch die zu überprüfende Methodik der Leckageermittlung durch Messung von Druckverhältnissen im Wasserrohrnetz basieren. Denkbar wäre hierbei eine regelmäßige Messung und Übermittlung von Druckdaten. Die durch die Leckage erzeugten Druckverluste im Rohrnetz führen zu einer Veränderung der üblichen Nachtdruckverhältnisse, was bei ausreichender Abweichung zur Leckageortung und permanenten Kalibrierung von Rechnernetzmodellen genutzt werden kann.

Methodik und Vorgehensweise

Die praktische Erprobung der Methode konnte im Wasserversorgungssystem der baden-württembergischen Stadt Rutesheim durchgeführt werden, welche zur Ortung von Leckagen seit meh-

reeren Jahren das Rohrnetzüberwachungssystem LeakControl nutzt. Dadurch ist ein direkter Vergleich zwischen der etablierten und der zu erprobenden Methode gegeben. Im Wasserrohrnetz der Stadt wurde ein Bilanzraum von ca. 10 km Rohrnetzlänge ausgewählt, in welchem die Installation von insgesamt 19 Drucklogger erfolgte und die Durchflüsse über drei LeakControl-Einheiten überwacht werden (Abb. 3).

Teil der Aufgabenstellung war es, bei einer positiven Erprobung die erforderliche Messstellendichte zu ermitteln. Aus diesem Grund wurde im überprüften Wasserrohrnetzabschnitt eine Abstufung der Einbaudichte der Druckdatenlogger vorgenommen. Bei Auswertung der Messstellen DL1 bis DL8 (rote Kreise in Abb. 3) ergibt sich

eine Einbaudichte von einem Drucklogger je Rohrnetzkilometer, bei Hinzunahme der Messstellen DL9 bis DL16 eine Messstellendichte von zwei Druckloggern je Rohrnetzkilometer (grüne Kreise in Abb. 3). Zusätzlich erfolgte, um die Druckverhältnisse im vorgelagerten Netzteil überprüfen zu können, die Installation von drei Kontrollmessstellen (KL1 bis KL3).

Die eingebauten Drucklogger zeichnen mit einem Messtakt von fünf Sekunden Druckdaten auf, dadurch konnten die Projektbeteiligten eine kontinuierliche Aufzeichnung der Fließdrücke im Wasserrohrnetz am Einbauort sicherstellen. Durch das Aufzeichnen der Druckverhältnisse über einen Zeitraum von insgesamt 76 Tagen wurden rund 21.500.000 Druckwerte aufgezeichnet und ausgewertet. Aufgrund von großen Druckschwankungen infolge des unregelmäßigen Abnahmeverhaltens erfolgte eine Auswertung der Druckverhältnisse in den Nachtstunden zwischen 01.00 Uhr und 05.00 Uhr; diese ausgewerteten Fließdrücke in den Nachtstunden bilden die sogenannten Ruhedrucke bei „Nullverbrauch“ im Wasserrohrnetz. Für diese wurde mithilfe von Excel eine umfangreiche Datenbank von Messwerten für die verschiedenen Messstellen erstellt. Ziel dabei war es, aussagekräftige Referenzdrücke zu sammeln.

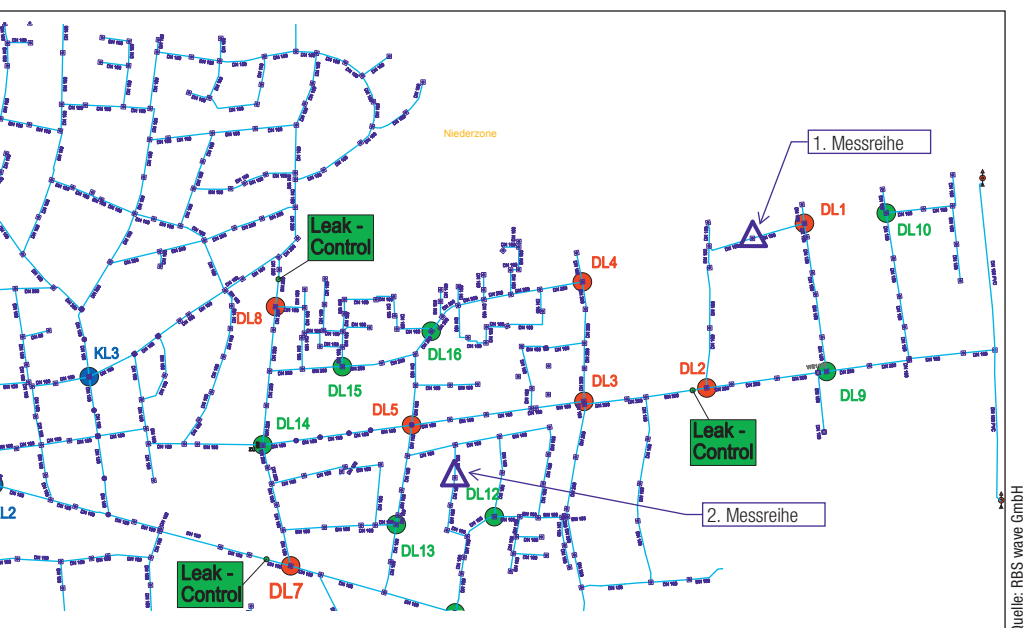


Abb. 3: Auszug aus dem Messplan des Wasserrohrnetzes der Stadt Rutesheim

Um den Einfluss einer schwankenden Behälterbewirtschaftung auf die Ruhedruckwerte weitestgehend zu eliminieren, bereinigten die Projektpartner die Höhenunterschiede des Wasserspiegels. Hierzu lagen vom Hochbehälter die Füllstandsmessungen im Betrachtungszeitraum vor, welche eine Speicherbewirtschaftung zwischen 1,93 mWs und 3,00 mWs über Behältersohle ergaben. Für die Bereinigung der aufgezeichneten Druckdaten war die Einführung eines Bezugswasserspiegels nötig, welcher mit 2,00 mWs über Behältersohle (absoluter Wasserspiegel = 488,30 m ü. NN) gewählt wurde. Im Anschluss erfolgte eine Normierung der gemessenen Druckwerte durch Addition bzw. Subtraktion der Höhendif-

ferenz zwischen zugehörigem Wasserspiegel im Behälter und Bezugswasserspiegel. Hierzu wurden die Behälterganglinien der betrachteten 76 Nächte durch polynomische Trendlinien nachgebildet (Abb. 4), mithilfe der zugehörigen Polynomfunktionen konnte zu jedem Messzeitpunkt (also alle fünf Sekunden) der zugehörige Behälterstand errechnet werden, womit die Höhendifferenz Δh zum Bezugswasserspiegel von 2,0 m ü. Sohle fortlaufend ermittelt werden konnte.

Der nächste Untersuchungsschritt sah vor, diese Referenzwerte (Ruhedrucke im Normalfall) mit den erfassten Druckverhältnissen bei Leckage im Rohrnetz in Relation zu setzen. Hierzu erfolgte in den Nachtstunden des 24. Oktober 2017 und des 7. Dezember 2018 jeweils zwischen 01.00 Uhr und 05.00 Uhr die Simulation von Leckagen durch die künstliche, kontrollierte Wasserentnahme über ein Standrohr mit entsprechendem Wasserzähler. Bei den Messreihen wurden Leckagemengen im Bereich der üblichen Größenordnung von Rohrbrüchen gewählt, wobei eine stufenweise Reduzierung der künstlichen Auslaufmengen von 4,8 l/s bis 0,4 l/s erfolgte (Abb. 5).

Um den Einfluss der Netzform auf das Messergebnis bewerten zu können, wurde an zwei verschiedenen Stellen im Netz eine Leckagesimulation durchgeführt. Während die erste Messreihe in einem Bereich des Wasserrohrnetzes erfolgte, der lediglich über eine Hauptversorgungsleitung versorgt wird, kennzeichnet sich der Rohrnetzbe- reich der zweiten Messreihe durch eine stärkere Vermaschung des Wasserrohrnetzes (Abb. 3).

Abbildung 6 zeigt schematisch die Methodik zur Überprüfung der Leckageüberwachung über eine permanente Druckmessung im Wasserrohrnetz. Die Idee zur Erkennung von Leckagen liegt hierbei im Vergleich von Nachtdrücken, da Leckagen durch dynamische Druckverluste zu einem veränderten, abgesenkten Druckniveau führen. Vor diesem Hintergrund galt es im Rah-

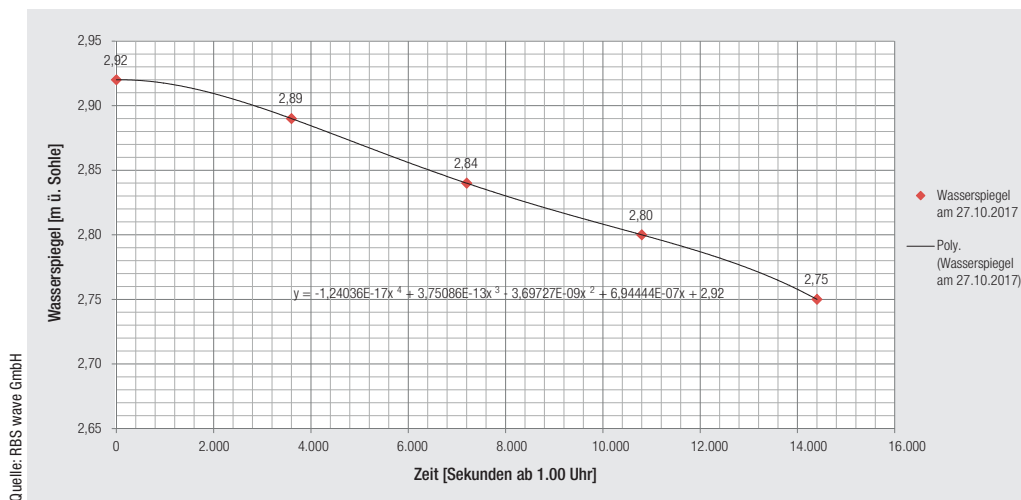


Abb. 4: Beispiel für die Nachbildung der Behälterganglinie

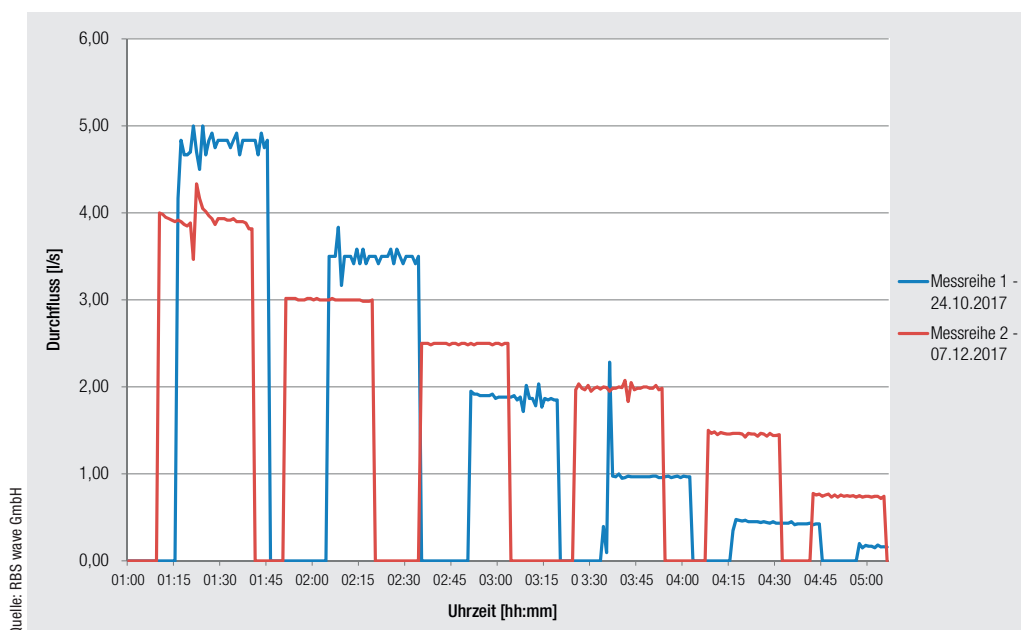


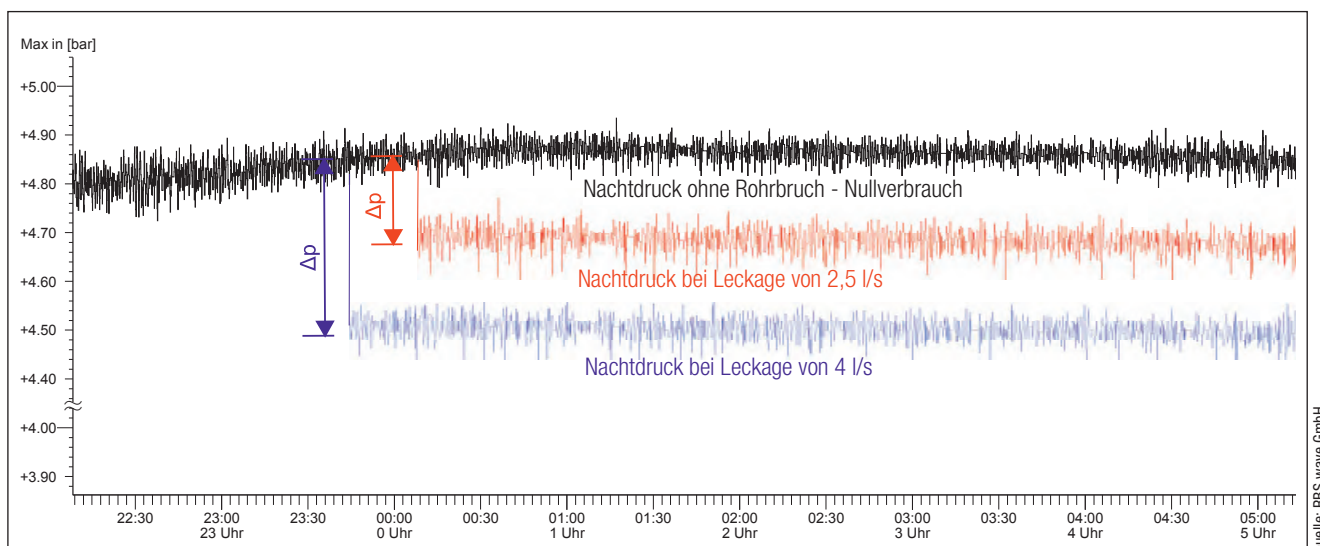
Abb. 5: Größenordnung der simulierten Leckagen

men des Forschungsprojektes zu klären, ob die Absenkung des Druckniveaus für verschiedene Leckagegrößen messtechnisch erfassbar ist.

Ergebnisse des Forschungsprojektes

An dieser Stelle soll zunächst auf die Größenordnung der Druckabfälle eingegangen werden, die die Projektverantwortlichen mit den simulierten Leckagen erzeugten. Die entsprechenden Ergebnisse sind in **Abbildung 7** dargestellt; in der linken Bildhälfte die Ergebnisse der Messreihe 1, in der rechten Bildhälfte die Druckabfälle der Messreihe 2.

Die Messreihe 1 liefert dabei das zu erwartende Ergebnis: Bei der simulierten Leckage steigen die Druckverluste mit zunehmender Entnahmemenge, und die Druckverluste nehmen auf dem Strömungsweg zu, wodurch es theoretisch möglich ist, die Leckagestelle zu lokalisieren. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass sich der ausgewählte Wasserrohrnetzabschnitt sehr gut für die Erfassung der Druckverluste eignet, da das Wasser über eine Hauptversorgungsleitung zuströmt und das Wasserrohrnetz im Bereich der Entnahmestelle wenig vermascht ist. Als Ergebnis an dieser Stelle lässt sich feststellen, dass bei Leckagegrößen von $< 2,0$ l/s die Druckverluste – unabhängig von der Entfernung der Mess-



Quelle: RBS wave GmbH

Abb. 6: Schematische Darstellung der Absenkung des Druckniveaus bei unterschiedlichen Leckagen

zur Leckagestelle – im Bereich der Messfehlergrenzen der eingesetzten Drucklogger von 0,009 bar liegen.

Bei der Messreihe 2 wiederum, die im Bereich eines stärker vermaschten Wasserrohrnetzabschnittes durchgeführt wurde, ergibt sich weder eine klare Abhängigkeit zwischen den gemessenen Druckverlusten und der simulierten Leckagegröße noch zwischen den Druckverlusten und der Position der Messstelle. Hier kann als Ergebnis festgehalten werden, dass

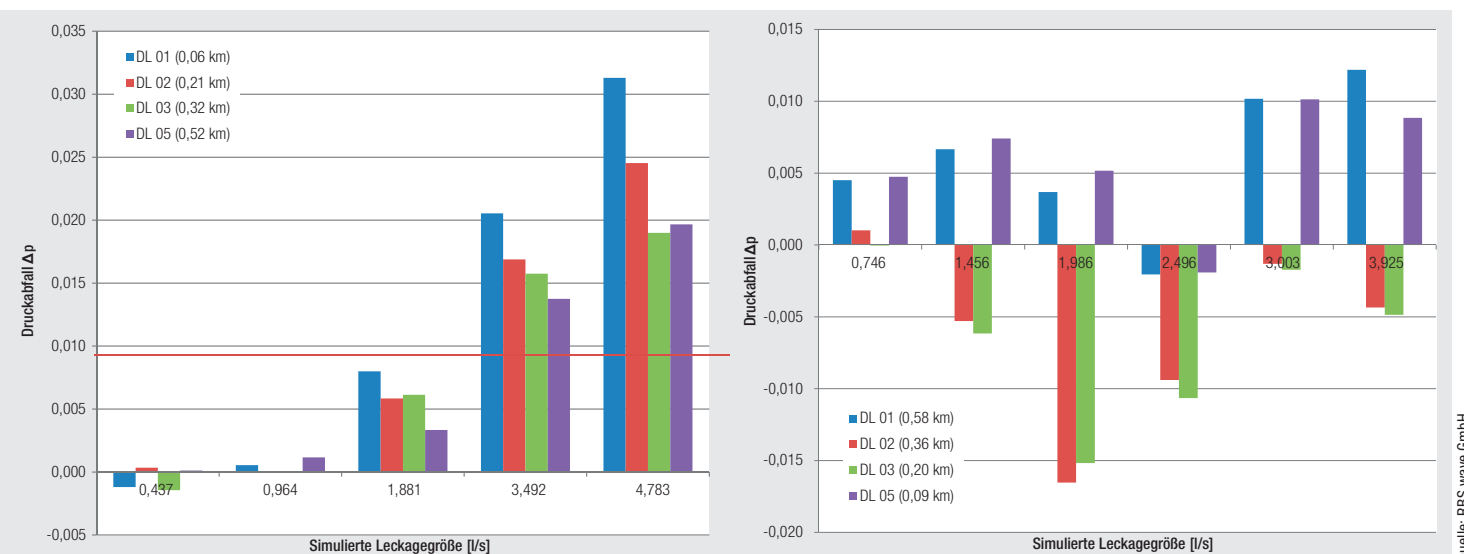
- einige Messstellen ein unerwartetes Ergebnis liefern, da das Druckniveau bei einer simulierten Leckage über

dem Ruhedruckniveau (vor Beginn der künstlichen Entnahme) liegt. Es können somit keine Druckverluste durch die Simulation von kleinen Leckagen festgestellt werden;

- die Druckverluste im Bereich des stärker vermaschten Wasserrohrnetzes im Allgemeinen sehr klein ausfallen und
- die entstehenden Druckverluste durch die kleinen Leckagen nicht groß genug sind, um die natürlichen Schwankungen der einzelnen Nachtmittelwerte und Messfehler zu überlagern.

Aufgrund der kleinen und unregelmäßigen Druckabfälle stellt sich die Erfassung und Lokalisierung von Leckagen

im vermaschten Wasserrohrnetz sehr viel schwieriger dar. Um die hier aufgezählten Unstimmigkeiten der Messreihe 2 erklären zu können, wurden die Druck- und Strömungsverhältnisse bei simulierten Leckagen im Wasserrohrnetz näher betrachtet. Mithilfe des vorliegenden, kalibrierten Rechnernetzmodells des Wasserrohrnetzes konnte ein digitales Abbild der Druck- und Fließverhältnisse im Leckagefall geschaffen werden. Für die Rohrnetzberechnung wird hierfür die Berechnungssoftware STANET verwendet, ein Programm zur stationären und dynamischen Simulation von Ver- und Entsorgungsnetzen. Mithilfe der Ergebnisse der Rohrnetzberechnung wurden



Quelle: RBS wave GmbH

Abb. 7: Übersicht über die Druckabfälle durch simulierte Leckagen

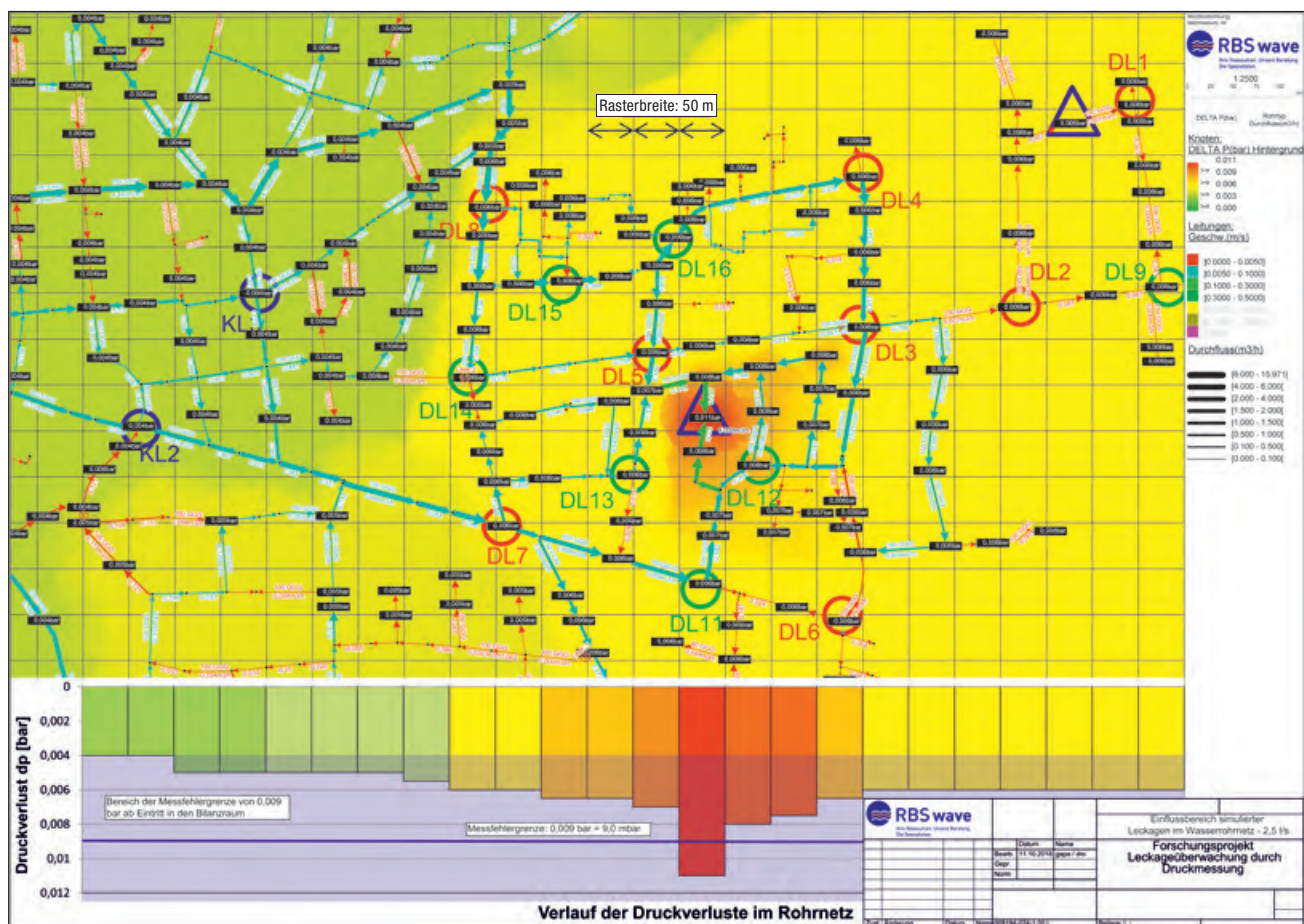


Abb. 8: Einflussbereich von Leckagen auf die Druckverhältnisse (Leckagegröße 2,5 l/s bzw. 216 m³/d)

Abbildungen erstellt, welche den Einflussbereich der Leckage auf die Druckverhältnisse visualisieren (Abb. 8).

Die rechnerische Überprüfung der Druck- und Strömungsverhältnisse bestätigt, dass die durch die Simulation von Leckagen verursachten Druckabfälle sehr gering ausfallen und erst im unmittelbaren Umfeld der Leckagestelle merklich zunehmen. Die Druckverluste überschreiten die Messfehlergrenze von 0,009 bar erst in naher Umgebung der Leckagestelle.

Eine Auswertung von Druckabfällen bei Eintritt der Leckage (z. B. beim Bruch der Rohrleitung) kann nur bei einer plötzlichen Änderung des Druckniveaus erfolgen. Die besagte Änderung des Druckniveaus durch eine auftretende Leckage ist am Tage nicht sichtbar, da sie in der Regel von natürlichen Druckschwankungen überlagert wird. Um eine kontinuierliche Leckageüberwachung zu ermög-

lichen, ist es deshalb erforderlich, einen Vergleich zwischen dem Druckniveau bei Leckage und dem Langzeitgemittelten Ruhedruckniveau in den Nachtstunden durchzuführen (Abb. 9). Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Leckagen in einer Größenordnung von < 2 l/s sind nicht durch die Abweichungen zwischen dem Druckniveau bei einer Leckage und dem Langzeitnachtsmittel erkennbar.
- Bei größeren Leckagen ist eine räumliche Abhängigkeit der erfassten Druckabweichungen und der Entfernung zur simulierten Leckage erkennbar, wodurch eine Ortung der Leckage über den Verlauf der Druckabfälle prinzipiell möglich ist.
- Insgesamt fallen die Abweichungen vom Langzeitnachtsmittel selbst bei größeren Leckagen (mit beispielsweise rund 12–20 mbar für eine Entnahmemenge von 4,9 l/s bzw. 7–11 mbar für 3,5 l/s) relativ gering aus.

Vergleich zur bestehenden Lösung „LeakControl“

Die Leckageerkennung und -ortung mit dem System „LeakControl“ der RBS wave GmbH beruht auf der Überwachung der Fließverhältnisse im Wasserrohrnetz an vereinzelten hydraulisch relevanten Leitungsabschnitten und der Erkennung von auffälligen Durchflussveränderungen in verbrauchsarmen Nachtzeiten im Vergleich zu Erfahrungswerten. **Abbildung 10** zeigt exemplarisch die Messergebnisse der Durchflussmessgeräte des etablierten Systems LeakControl bei simulierten Leckagen. Die in den Abbildungen durch eine Farbfläche gekennzeichneten Erfahrungswerte des mittleren Nachtdurchflusses der ausgewählten LeakControl-Einheiten stellen die Basis für eine Bewertung von Leckagen dar. Im Zeitraum vom 21. September bis zum 7. Dezember 2017 konnten folgende mittleren Nachtdurchflüsse für die betrachteten Messstellen ermittelt werden:

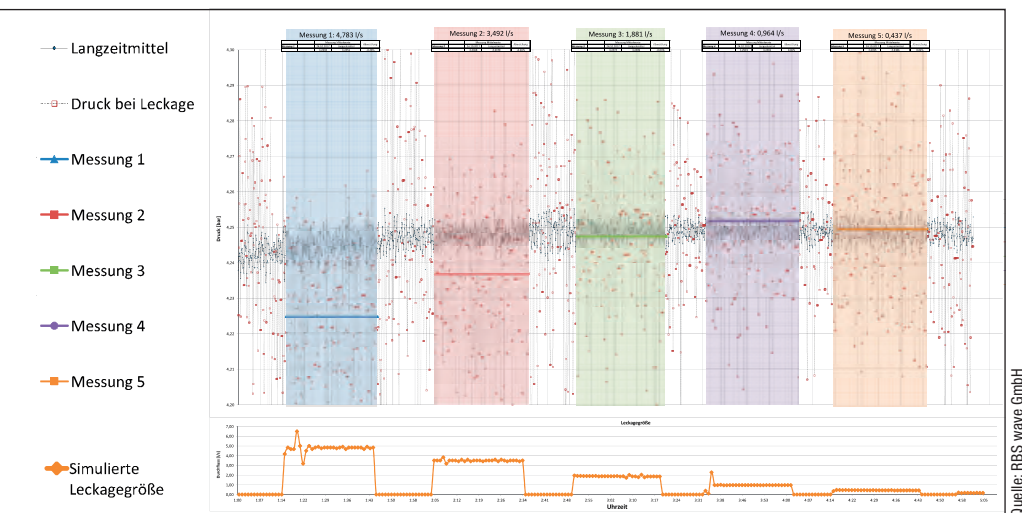


Abb. 9: Vergleich der Druckniveaus bei Leckage und im Langzeitnachtsmittel (DL 1 – Messreihe 1)

- Leonberger Straße: 0,59 l/s
- Gebersheimer Straße: 0,47 l/s
- Industriegebiet Ost: 0,03 l/s

Bei einem Vergleich der Messwerte bei simulierten Leckagen mit den Erfahrungswerten wird deutlich, dass die Durchflüsse bei Messreihe 1 für alle Leckagegrößen deutlich über dem mittleren Durchfluss liegen und somit sicher auf eine Leckage geschlossen werden kann. Insbesondere die Messstelle „Industriegebiet Ost“ zeigt einen deutlich erhöhten Durchfluss gegenüber dem Erfahrungswert des Nacht-durchflusses von 0,03 l/s, was durch die

Position der simulierten Leckagestelle im nachgelagerten Wasserrohrnetz der Messstelle zu erklären ist. Die Auswertung der LeakControl-Einheiten für die Messreihe 2 liefert dasselbe Ergebnis, indem die erfassten Druckflusswerte ebenfalls deutlich über den Erfahrungswerten liegen.

Zusammenfassende Bewertung

Abschließend lässt sich somit feststellen, dass die Erkennung und Lokalisierung von kleinen Leckagen (< 2,5 l/s) und die Kalibrierung von Rechen-netzmodellen durch die permanente

Auswertung von Druckmessdaten wirtschaftlich nicht realisierbar ist (Abb. 11). Das erprobte Verfahren kann allerdings für einige Sonderfälle Anwendung finden, z. B. in Wasserrohrnetzen mit sehr gestreckter Netzform, welche sich durch lange Verbindungsleitungen und kleinen Vermaschungsgrad kennzeichnen, sowie zur Überwachung von abgelegenen Versorgungsbereichen, wie z. B. an das Wasserrohrnetz angrenzende Weiler.

Als Grundproblematik konnten durch die Simulation von Leckagen in der Größenordnung von 0,5–5,0 l/s sehr geringe Druckverluste erfasst werden. Im Allgemeinen lässt sich feststellen, dass bei Leckagegrößen von < 2,0 l/s die Druckverluste – unabhängig von der Entfernung der Mess- zur Leckagestelle – im Bereich der Messfehlergrenzen der eingesetzten Drucklogger von 0,009 bar liegen. Mit zunehmender Entfernung der Messstellen zur Leckagestelle und mit zunehmendem Vermaschungsgrad des Netzes können lediglich marginale Druckabfälle registriert werden.

Durch das Forschungsprojekt konnte festgestellt werden, dass eine Leckage nur in einem sehr geringen Einflussbereich Auswirkungen auf die Druckverhältnisse hat. Bis in den Nahbereich der Leckagestellen ergeben sich nahezu keine Druckverluste, diese fallen in unmittelbarer Nähe (50–150 m) zur Leckagestelle an.

Obwohl im beschriebenen Projekt Druckdatenlogger mit einer verbesserten Genauigkeit (Premium-Serie) von $\pm 0,09$ Prozent vom Endwert ($\approx 0,009$ bar) zum Einsatz kamen, sind die Messfehler für die notwendige Auswertung zur Erfassung der Abweichungen bei Leckage als zu groß einzustufen. Die direkte Erfassung von Druckabfällen bei einer eintretenden Leckage (vergleichbar mit dem schlagartigen Öffnen einer Entnahmearmatur) ist durch die kontinuierlichen Druckschwankungen im Tagesverlauf nicht bzw. nur nachts feststellbar. Aus diesem Grund ist ein Vergleich zwischen

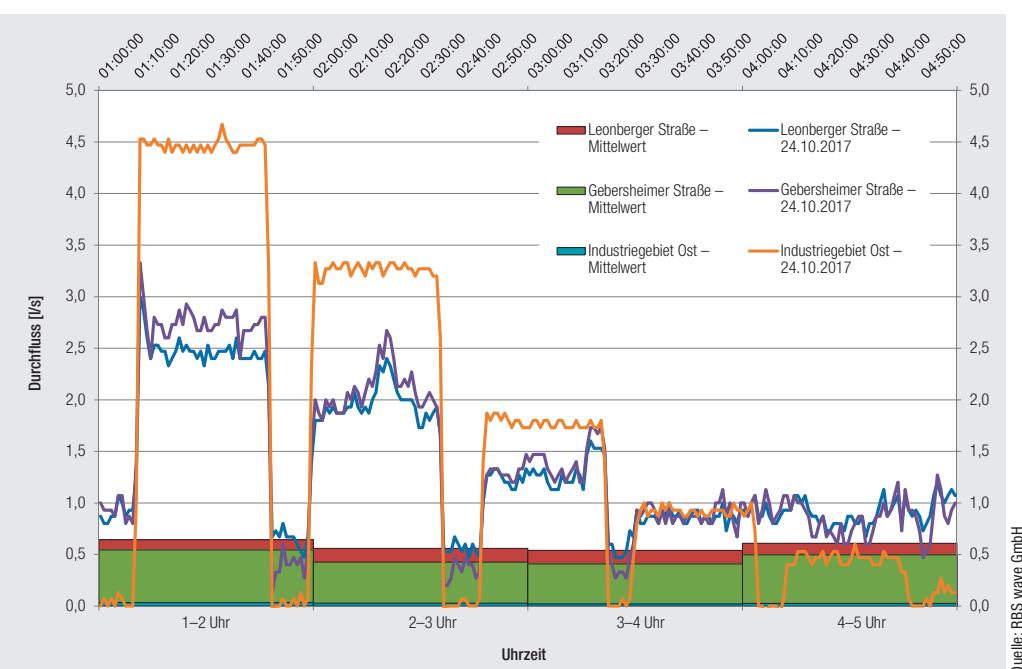


Abb. 10: Messergebnisse der vorhandenen LeakControl-Einheiten

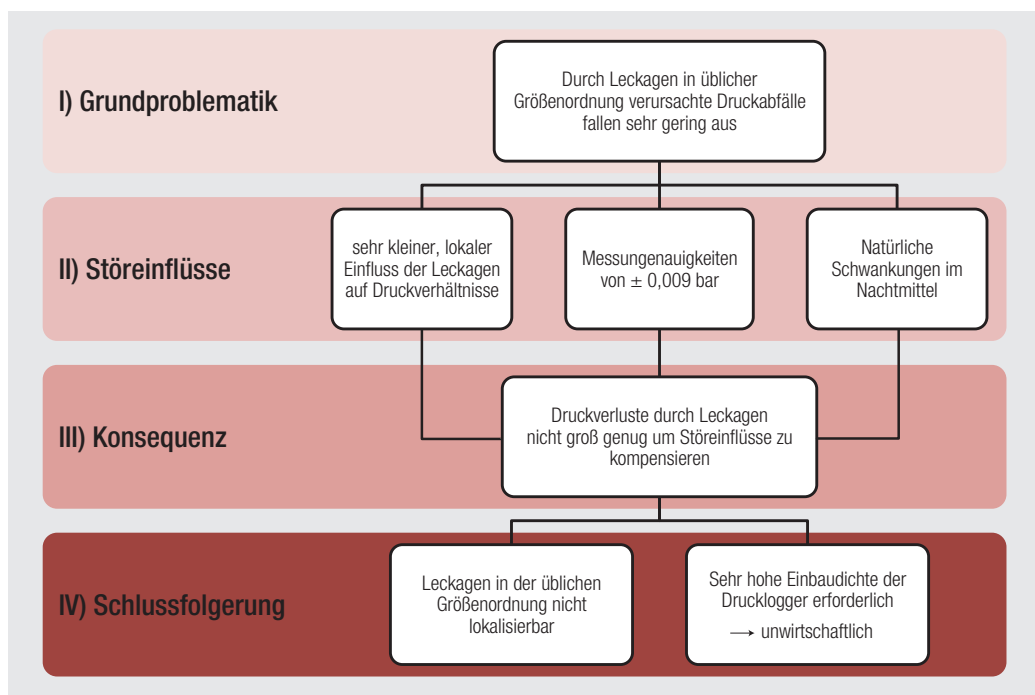


Abb. 11: Übersicht über die Ergebnisse des Forschungsprojektes

Quelle: RBS wave GmbH

dem Druckniveau bei einer Leckage und dem Langzeitnachtmittel erforderlich. Bei der Aufbereitung der Nachtdrücke konnten Standardabweichungen der mittleren Nachtdrücke von 0,006–0,008 bar um den Mittelwert festgestellt werden, was in der Größenordnung der durch eine Leckage erzeugten Druckabfälle liegt.

Als Konsequenz liegen die durch eine Leckage erzeugten Druckabfälle nicht in einer Größenordnung, die sich deutlich über den vorhandenen Störeinflüssen befinden. Zwischen den Messwerten der einzelnen Messstellen wurden teilweise sehr große Abweichungen festgestellt; für einige Messstellen lag das Druckniveau bei simulierter Leckage sogar über dem Ruhedruckniveau ($\triangleq$ Druckgewinn). Leckagen in den üblichen Größenordnungen von $< 2,5 \text{ l/s}$ ($\approx 220 \text{ m}^3/\text{d}$) sind mit der überprüften Methode nicht wirtschaftlich lokalisierbar. Soll eine Lokalisation von Leckagen über eine permanente Druckmessung im Wasserrohrnetz erfolgen, bedarf es einer sehr hohen Einbaudichte an Druckdatenloggern im Wasserrohrnetz. Der begrenzte Einflussbereich der Leckagen ergibt in diesem Zusammenhang eine Einbaudichte von rund zehn Messstellen je Rohrnetzkilometer. Für den betrachteten Bilanzraum mit seiner Rohrnetzlänge von 10,0 km, wären für eine flächendeckende Bestückung folglich ca. 100 Druckdatenlogger erforderlich. ■

- [2] Osmanovic, E.: Wasserverlustbekämpfung in der Praxis, 3R international, Heft 8–10/2010
- [3] Grombach, P.: Handbuch der Wasserversorgungstechnik, München 2000.
- [4] DVGW-Landesgruppe Baden-Württemberg: Übungstag 21. „Aus der Praxis: Neue Technologien der Lecksuche und Bewertung von Wasserverlusten/Begehung Schutzgebiete/Überwachung von Rohrleitungsbaustellen“, Stuttgart, 2017.
- [5] Hermann Sewerin GmbH: Kombination von Ortungsverfahren für die Wasserlecksuche, online unter www.sewerin.com/cms/de/infothek/downloads/publikationen/kombination-von-ortungsverfahren-fuer-die-wasserlecksuche.html, abgerufen am 7. Oktober 2018.
- [6] Baader, J., Rienmüller, A.: Leckageortung für sichere Wasserversorgungsnetze und Armaturen, online unter www.vag-group.com/Resources/Common/Publications/vag_industriearmaturen_leak-monitoring.pdf, abgerufen am 7. Oktober 2018.
- [7] Tieber, M.: Verfahren und Massnahmen zur Überwachung und Reduzierung von realen Wasserverlusten, online unter www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/SWW/3_Unterseite_Lehre/4_Masterarbeiten/DA_Tieber.pdf, abgerufen am 7. Oktober 2018.
- [8] https://en.gutermann-water.com/wp-content/uploads/2018/03/Leckortung_im_intelligenten_Trinkwassernetz_-_3R.pdf

Die Autoren

Dr.-Ing. Esad Osmanovic ist Lehrbeauftragter an der Hochschule Rottenburg am Neckar und Teamleiter Netzmanagement bei der RBS wave GmbH in Stuttgart.

B. Eng. Patrick Gaus ist Projektleiter bei der RBS wave GmbH in Stuttgart.

Kontakt:

Dr.-Ing. Esad Osmanovic
RBS wave GmbH
Mittlerer Pfad 2, 70499 Stuttgart
Tel.: 0711 18571-520
E-Mail: e.osmanovic@rbs-wave.de
Internet: www.rbs-wave.de

Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 392: Wasserverlust in Rohrnetzen; Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung.