

Effektive Fremdwassersanierungen auf der Grundlage von verteilten Temperaturmessungen in Entwässerungssystemen

H. Hoppe^{1*}, A. Giga¹, K. Fricke¹, U. Laschet² und R. Schilperoort³

¹ Dr. Pecher AG, Klinkerweg 5, 40699 Erkrath

² Wuppertaler Stadtwerke Energie & Wasser AG, Schützenstraße 34, 42281 Wuppertal

³ Royal HaskoningDHV, Barbarossastraat 35, 6522 DK Nijmegen

*Email: holger.hoppe@pecher.de

Kurzfassung Im Rahmen von Fremdwassersanierungskonzepten besteht nach der stadt- bzw. einzugsgebietsweiten Festlegung von Fremdwasserschwerpunktgebieten die Herausforderung Sanierungsmaßnahmen effizient und ressourcenschonend festzulegen. Grundlage hierfür ist eine möglichst exakte Lokalisierung der tatsächlichen Fremdwasserquellen. Herkömmliche Methoden zur Lokalisierung von Fremdwasserquellen erfordern einen hohen Aufwand und stoßen dabei - insbesondere bei temporären Zuflüssen schnell an Anwendungsgrenzen. Mittels verteilter Temperaturmessungen mit Glasfaserkabeln (DTS) ist es möglich, temporäre und kontinuierliche Fremdwasserquellen und Fehleinleitungen zuverlässig und exakt zu lokalisieren. Auf Grundlage dieser Informationen ist dann, neben weiteren Informationen u. a. aus Durchflussmessungen sowie aus Auswertungen von Schadensbildern eine ganzheitliche und zielgerichtete Sanierungsplanung möglich.

Schlagwörter: DTS-Messungen, Fremdwasser, Kanalisation, Sanierung

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

1.1 Fehlerhafte Einleitungen in Entwässerungssysteme

Neben planmäßigen Einleitungen in Entwässerungssysteme erfolgen immer wieder unterschiedlichste zu vermeidende Fehleinleitungen. Hierzu gehören insbesondere Fremdwassereinleitungen in Misch- und Schmutzwasserkanäle.

Allen Einleitungen ist gemeinsam, dass sie sowohl kontinuierlich als auch nur temporär auftreten und im Volumen sehr variabel sein können. Eine exakte Lokalisierung mit herkömmlichen Verfahren wie durch Kamerabefahrungen oder durch Benebelungen war in der Regel in der Vergangenheit nur sehr eingeschränkt und mit hohem Aufwand möglich.

1.2 Fremdwassersanierungskonzept Wuppertal

Die WSW Energie und Wasser AG (WSW) hat in den Jahren 2011 und 2012 die zweite Stufe eines stadtgebietsweiten Fremdwassersanierungskonzeptes erarbeitet (Laschet et al., 2013). Hierbei wurden in zwei Fremdwasserschwerpunktgebieten und 18 Einzugsgebieten von Schmutzwasserpumpwerken mit erhöhtem Fremdwasseranfall konkrete Sanierungsmaßnahmen geplant.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde ein Einzugsgebiet eines Schmutzwasserpumpwerks, für das erste Auswertungen der Pumpenlaufzeiten einen erhöhten Fremdwasseranfall ergaben, genauer untersucht. Mittels Kamerabefahrungen der Haltungen im Einzugsgebiet, Benebelungen und Ortsbegehungen, die auch in allen anderen Einzugsgebieten durchgeführt wurden, konnte in diesem Gebiet nur eine Fremdwasserquelle zuverlässig auffindig gemacht werden. Zur genauen Lokalisierung möglicher Drainageanschlüsse und weiterer temporärer Fremdwasserquellen hat die staatlich anerkannte Prüfstelle der Dr. Pecher AG (Erkrath) in Zusammenarbeit mit Royal Haskoning (Nijmegen) daher eine DTS-Messung im Einzugsgebiet der Schmutzwasserpumpstation durchgeführt (Hoppe et al., 2013; Schilperoort et al., 2013). Der vorliegende Beitrag fasst das Vorgehen und die Ergebnisse dieses Projektes zusammen.

2 METHODIK DER DTS-MESSUNG IN ENTWÄSSERUNGSSYSTEMEN

2.1 Allgemeine Grundlagen der DTS-Messung

Mit „Distributed Temperature Sensing“ (DTS) werden verteilte Temperaturmessungen mittels Glasfaserkabeln (faseroptische Temperaturmessungen) bezeichnet.

Für die Anwendung des Verfahrens in Entwässerungssystemen wird ein Glasfaserkabel temporär, z. B. für einige Tage oder Wochen, in einen Abwasserkanal eingezogen. Ein eingestrahltes Lasersignal wird an den Unebenheiten der Glasfasern reflektiert und zurückgestrahlt. Zur Temperaturmessung wird sich der sogenannte Raman-Effekt zu Nutzen gemacht. Über eine Auswertung des reflektierten Lasersignals kann in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung die Temperatur entlang des Glasfaserkabels bestimmt werden (z. B. räumliche Auflösung < 1 m, zeitliche Auflösung 1 min). Die Genauigkeit der Messung liegt je nach Mess- und Auswerteverfahren bei etwa $\pm 0,1^\circ\text{K}$. Die Messung kann über mehrere Kilometer im Kanal erfolgen. Abbildung 1 zeigt ein Installationsbeispiel einer DTS-Messung in einem Abwasserkanal.

2.2 Anwendungsbereich der DTS-Messungen in Entwässerungssystemen

Alle Zuflüsse, die zu einer Temperaturveränderung des Abwasserstroms führen, wie z. B. Schmutzwasserzuflüsse ins Regenwassersystem oder Regenwasserzuflüsse ins Schmutzwassersystem, lassen sich mithilfe einer DTS-Messung zuverlässig detektieren. Dabei ist es irrelevant, ob die Zuflüsse kontinuierlich oder temporär auftreten. Es können z. B. punktuelle Fremdwasserzutritte über Schächte oder schadhafte Kanalabschnitte und Drainageeinleitungen lokalisiert werden.

Der große Vorteil der DTS-Messung, z. B. gegenüber einer Kamerabefahrung, besteht darin, dass eine zeitgleiche Erfassung vieler Haltungsabschnitte lückenlos über einen längeren Zeitraum (Tage bis Monate) kontinuierlich möglich ist. DTS-Messungen zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- kontinuierliche Messung über mehrere Kilometer,
- hohe zeitliche und räumliche Auflösung,
- zeitgleiche Erfassung eines größeren Einzugsgebiets,
- exakte Lokalisierung von Einleitungen,
- Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen und aggressiven Medien.

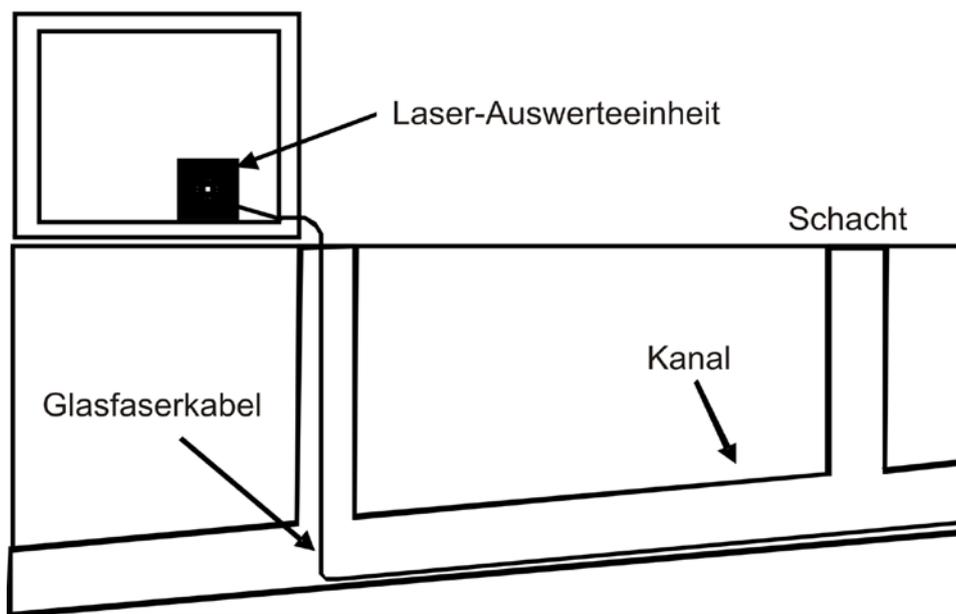


Abbildung 1: Installationsbeispiel einer DTS-Messung in Entwässerungssystemen nach (Hoppe et al., 2013)

3 VERFAHREN ZUR MESSTECHNISCHEN ERMITTLUNG VON FREMDWASSERQUELLEN

3.1 *Klassische Fremdwassermesskonzepte zur Festlegung von Schwerpunktgebieten*

Erste Anhaltspunkte zum Fremdwasseranfall können Auswertungen vorhandener Betriebsdaten liefern. Eine genauere Analyse der aktuellen Fremdwassersituation zur Festlegung von Schwerpunktgebieten innerhalb eines Stadtgebiets und zur Quantifizierung der daraus resultierenden Auswirkungen kann nur auf Grundlage von Niederschlags-Abflussmessungen erfolgen.

Durch einfachere Auswerteverfahren (z. B. Nachtminimummethode) lässt sich der Fremdwasseranfall in einem Einzugsgebiet nur abschätzen. Nach DWA-M 182 sollten daher hydrologische Modelle zur Ermittlung witterungsunabhängiger Kennzahlen genutzt werden. Niederschlags-Abflussmessungen eignen sich bei entsprechender Auswertung sehr gut, um Schwerpunktgebiete zu ermitteln.

3.2 *Exakte Lokalisierung von Fremdwasserquellen innerhalb von Schwerpunktgebieten*

Nach einer Festlegung von Fremdwasserschwerpunktgebieten ist zur effektiven und zielgerichteten Planung von Sanierungsmaßnahmen die Ermittlung der Ursachen und Lage der Fremdwasserzutritte erforderlich. Durchflussmessungen erlauben in den meisten Fällen keine exakte Lokalisierung einzelner Quellen. Mithilfe von Kamerabefahrungen lassen sich Fremdwasserzuflüsse ermitteln, wenn diese bei entsprechender Witterung und Wasserständen im Kanal durchgeführt werden können. Da Befahrungen im Rahmen der Selbstüberwachung i. d. R. aber bei Trockenwetter durchgeführt werden, haben diese nur eine beschränkte Aussagekraft bezüglich der niederschlagsbedingten Fremdwasserzutritte. Fehlanschlüsse lassen sich teilweise durch Benebelungen lokalisieren, jedoch nur wenn keine Rückstausicherungen oder vergleichbare Einrichtungen eingebaut sind.

Insbesondere diskontinuierliche Fremdwasserzuflüsse, z. B. temporäre Drainageeinleitungen, Regenwasserzuflüsse über Schächte oder gepumpte Zuflüsse, lassen sich mit diesen herkömmlichen Techniken daher nicht zuverlässig ermitteln. Eine exakte Lokalisierung dieser Punktquellen ist in vielen Fällen mittels einer verteilten Temperaturmessung (DTS) möglich.

4 PROJEKTBEISPIEL SCHMUTZWASSERNETZ WUPPERTAL

4.1 *Entwässerungstechnische Randbedingungen*

Im Rahmen der stadtgebietsweiten Fremdwasserkonzeption in Wuppertal wurde auch das Einzugsgebiet eines Schmutzwasserpumpwerks detaillierter betrachtet, da erste Auswertungen der Pumpenlaufzeiten einen erhöhten Fremdwasseranfall ergaben und Betriebsprobleme bei Niederschlag bekannt waren.

Zur genauen Lokalisierung möglicher Drainageanschlüsse und weiterer temporärer Fremdwasserquellen wurde eine DTS-Messung im Einzugsgebiet der Schmutzwasserpumpstation durchgeführt.

4.2 *Einzugsgebiet, Installation und Durchführung der DTS-Messungen*

Das Einzugsgebiet des Pumpwerks erstreckt sich über insgesamt drei Straßenzüge mit reiner Wohnbebauung. Vom Startpunkt am Pumpwerk wurden in jeden der drei Kanalstränge Glasfaserkabel mit einer Gesamtlänge von etwa 1.250 m in das Schmutzwassernetz eingezogen (Abbildung 2). Die Einzugsgebietsgröße beträgt 10,6 ha, die angeschlossene Einwohnerzahl liegt bei 336. Grundsätzlich ist die eingesetzte Messtechnik auch für den Einsatz in deutlich größeren Einzugsgebieten geeignet.

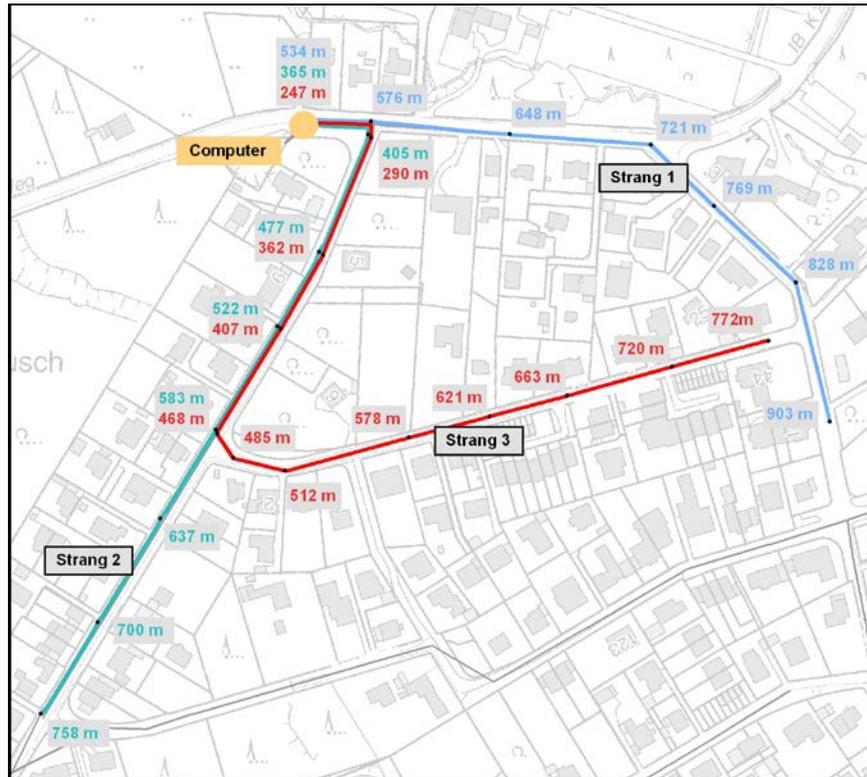


Abbildung 2: Projektgebiet des Schmutzwasserpumpwerks und Lage der drei Glasfaserkabel
(Bild: Dr. Pecher AG/WSW Energie und Wasser AG)

4.3 Beispiele der gewonnenen Ergebnisse, Sanierungsplanungen und Kostenaspekte

Da hohe Fremdwasserzuflüsse insbesondere bei stärkeren Niederschlägen beobachtet wurden, sind die Messungen im August und September 2011 durchgeführt worden. Zur Plausibilisierung und detaillierten Auswertung der gemessenen Temperaturwerte wurden die Daten eines nahegelegenen Niederschlagschreibers und die Pumpenlaufzeiten berücksichtigt. Zudem wurden die Ergebnisse mit den vorliegenden Informationen über die Hausanschlusstutzen und den Schadensdaten verschnitten.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Messergebnisse für den Strang 1 bei verschiedenen niederschlagsbedingten Zuflüssen in den Schmutzwasserkanal. Diese erfolgen über Schächte und Hausanschlüsse. Weitere Ergebnisse sind in Hoppe et al. (2013) beschrieben.

Die Ergebnisse der DTS-Messungen zeigen, dass für dieses Einzugsgebiet die maßgeblichen Fremdwasserquellen nicht den bekannten Schäden in den Haltungen zuzuordnen sind, die mittels Kamerabefahrung ermittelt wurden. Eine Sanierungsplanung alleine auf Basis der vorliegenden Schadensbewertung hätte daher in dem Einzugsgebiet keinen zufriedenstellenden Erfolg hinsichtlich der Fremdwasserreduktion gebracht. Die maßgeblichen Einleitungen (Drainagezuflüsse und Schachtzuflüsse) wären nicht behoben worden. Das Beispiel zeigt, dass die DTS-Messung ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist.

Die WSW plant eine stufenweise Umsetzung der Beseitigung der festgestellten Fremdwasserzuflüsse und eine kontinuierliche Erfolgskontrolle, so dass Aufwand und Nutzen bewertet und auf andere Einzugsgebiete übertragen werden können. DTS-Messungen in anderen Einzugsgebieten sind aufgrund der guten Erfahrungen geplant.

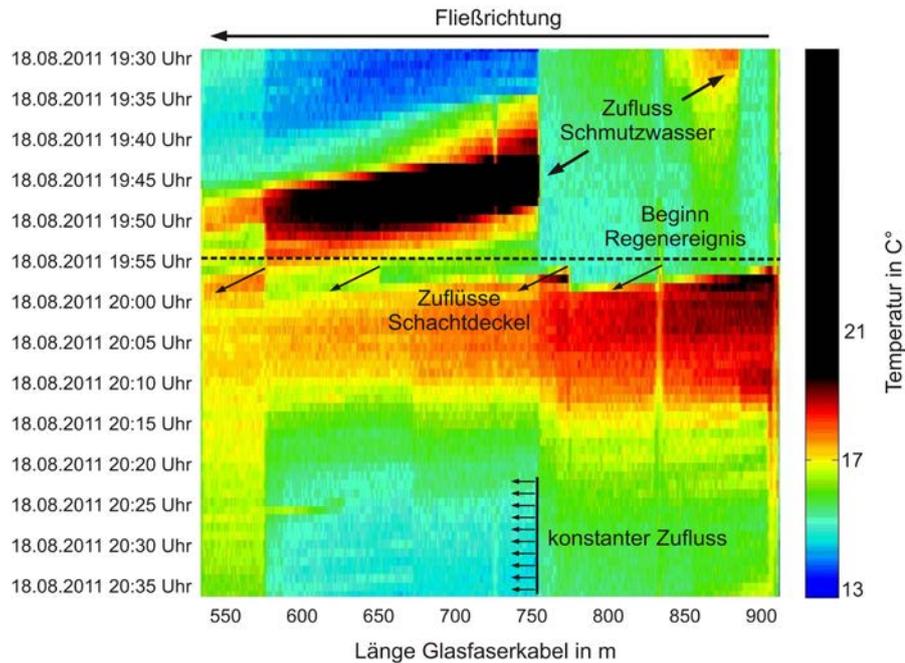


Abbildung 3: Verschiedene temporäre Fremdwassereinleitungen bei Niederschlag ins Schmutzwassernetz im Strang 1

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Erste Projekte zum Einsatz verteilter Temperaturmessungen in Entwässerungssystemen (DTS-Messungen) haben gezeigt, dass es sich um ein äußerst effizientes Messverfahren zur exakten Lokalisierung unterschiedlichster fehlerhafter und unerwünschter Einleitungen in Entwässerungssysteme handelt. Es erfordert jedoch entsprechende Erfahrung beim Messeinsatz in der Kanalumgebung, bei der Auswertung der umfangreichen Ergebnisdaten sowie bei der Konzeption von Sanierungsplanungen.

Herkömmliche Methoden zur Lokalisierung von Fremdwasserquellen erfordern einen hohen Aufwand (z. B. mehrmaliges Versetzen von Durchflussmessungen, Kamerabefahrungen bei Niederschlag) und stoßen dabei - insbesondere bei temporären Zuflüssen - an Anwendungsgrenzen.

Mittels der DTS-Messungen ist es möglich, temporäre und kontinuierliche Fremdwasserquellen genauso wie andere Arten von Fehleinleitungen zuverlässig und exakt zu lokalisieren. Im Vergleich zu einer rein schadensorientierten Sanierung können bei einer gezielten Sanierung der mittels DTS erkannten Fremdwasserzuflüsse nicht nur bessere Erfolge erzielt werden, sondern, wie das Beispiel in Wuppertal zeigt, auch Sanierungskosten in erheblicher Größenordnung eingespart werden.

6 REFERENZEN

- Schilperoort R., Hoppe H., de Haan C. und Langeveld J. (2013) Searching for storm water inflows in foul sewers using fibre-optic distributed temperature sensing. *Water Science and Technology* (accepted).
- Hoppe H., Pecher K.H., Laschet U. und Schilperoort R. (2013) Exakte Lokalisierung von Einleitungen in Entwässerungssysteme mittels verteilter Temperaturmessungen (DTS) - Grundlagenermittlung zur effizienten Sanierungsplanung. *KA Korrespondenz Abwasser Abfall - 2013* (60), Nr.5, S. 428 – 434.
- Laschet U., Ante J., Hoppe H. und Quirnbach M. (2013) Stadtgebietsweite Fremdwassersanierung in Wuppertal - vom Schwerpunktgebiet zur Sanierungsplanung. *KA Korrespondenz Abwasser Abfall – 2013* (60), Nr.4, S. 286 – 288.