

10 (1982) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

H. V. Fuchs

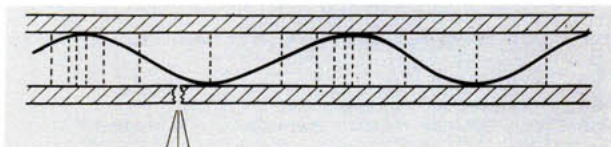
Verfahren zum Orten von Leckstellen an Rohrleitungen

In Versorgungsnetzen für Wasser, Fernwärme und Gas verursachen Leckagen an den Leitungen und Fittings nicht nur erhebliche Verluste. Bei einer je nach Zustand des Netzes auf 10 bis 40% geschätzten Leckrate entstehen dadurch allein bei der Wasserverteilung in der Bundesrepublik Deutschland Kosten von mehreren hundert Millionen DM pro Jahr. Die Verknappung der Quellen sowie die Verteuerung der Energie fordern zur Verbesserung und Rationalisierung der Leck-Erkennung und -Lokalisierung heraus. Leckstellen an der 33 km langen Treibstoff-Ringleitung unter dem Frankfurter Rhein-Main-Flughafen haben vermutlich mehrere Millionen Liter Kerosin ins Erdreich austreten lassen. Neben Verlusten und Umweltschäden kommen bei Rohrnetzen der chemischen und der Kraftwerksindustrie noch Sicherheitsaspekte hinzu.

Leitungen zum Transport der verschiedensten Fluide stehen entweder ständig unter Druck oder lassen sich zum Zwecke der Prüfung unter Druck setzen. Durch das Ausströmen des Fluids erzeugt jedes Leck ein Geräusch mit stochastischem Charakter. Die Schallwellen breiten sich in verschiedenen Richtungen i. a. als eindimensionale longitudinale Kompressionswellen in dem jeweiligen Fluid aus (Bild 1). An Inhomogenitäten des Leitungssystems werden diese Schallwellen in definierter Weise reflektiert. Dies sind günstige Voraussetzungen für eine Leckortung durch Korrelationsanalyse. Maximalwerte der Korrelationsfunktion bei bestimmten Verzögerungszeiten werden dabei als Laufzeit- und damit als Laufweg-Unterschiede in den analysierten Schallwellen gedeutet.

Das in zweijähriger Arbeit bis zur Einsatzreife entwickelte Verfahren zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Sensoren nehmen die sich im Fluid selbst fortpflanzenden Schallwellen direkt auf.



- Nicht die Sensoren werden in das Fluid im Innern der Leitung hineingebracht, sondern das Fluid wird an die äußerlich, bei z.B. erdverlegten Leitungen oberflächlich angebrachten Wechseldruckaufnehmer heran geführt.
- Dabei werden nur die ohnehin im Leitungssystem vorhandenen Anschlußmöglichkeiten, z.B. Hydranten, Entleerungs- und Entlüftungseinrichtungen benützt.
- Das Verfahren funktioniert bereits mit nur einer Meßstelle. Es ist also nicht nötig, Kabel- oder Funkverbindungen über größere Entfernungen herzustellen.
- Durchführung und Auswertung der Korrelationsanalyse können mit Hilfe eines Rechners weitgehend automatisiert werden.

Seit Anfang 1981 befindet sich **LOKAL** („Leckortung durch Korrelationsanalyse“) im praktischen Einsatz in Wasserrohrnetzen der Technischen Werke Stuttgart (TWS). Als Sensoren dienen in diesem Falle Hydrophone, die über standardisierte Adapter an allen im Leitungsnetz vorkommenden Anschlußstellen angebracht werden können (Bild 2).

Bild 2
Adapter mit
akustischem
Sensor



Bild 1 (links)
Schallwellen-
Ausbreitung
in einer
Rohrleitung

Stuttgart bezieht einen großen Teil seines Trinkwassers über Fernleitungen vom Bodensee. Das bereits aufbereitete Wasser wird zunächst in Hochbehältern gespeichert. Von einer 1,3 km langen Hauptleitung zwischen einem solchen Hochbehälter und einer ca. 50 m tiefer gelegenen Druckregelstation (Bild 3) war seit längerem bekannt, daß sie irgendwo leck sei. Die Leitung führt durch ein stellenweise unwegsames Waldgebiet und hat zwischen den beiden Behältern keinerlei Anschlüsse, Schieber oder Hydranten. Es wäre praktisch unmöglich gewesen, zwischen Anfang und Ende der zu überprüfenden Leitung abgeschirmte Kabel zu verlegen. Statt dessen wurde nur

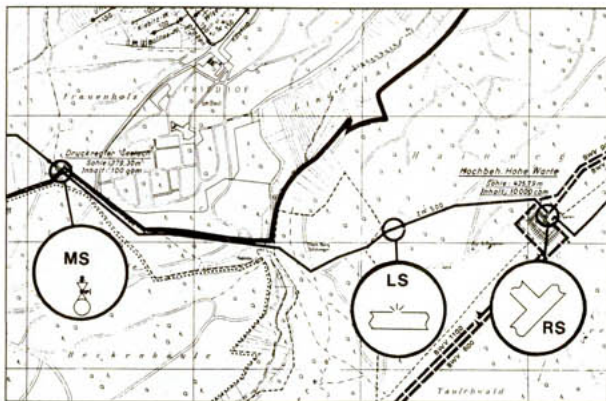


Bild 3
Wasserhauptleitung der TWS vom Hochbehälter Hohe Warte zum Druckregler Seelach, Rohrleitung aus Gußeisen, Nennweite 500 mm



Bild 5
Erprobung von **LOK/L**® auf dem Flughafen Frankfurt/Main

ein Sensor in der Nähe des Reduzierventils angebracht. Schallwellen von jenseits der Meßstelle (MS) passieren die Meßstrecke L , erreichen den Hochbehälter (RS), von wo sie reflektiert werden und die Strecke L ein zweites Mal zurücklegen. Das entsprechende Korrelationsmaximum bei $\tau_{m1} = t_2 - t_1 = 2.459$ s in Bild 4 ergibt zusammen mit der bekannten Länge $L = 1307$ m die für diese Leitung maßgebliche Schallgeschwindigkeit. Das zweite Maximum bei $\tau_{m2} = t_4 - t_3 = 0.686$ s führt zu einer auf wenige Meter genauen Lokalisierung einer Leckstelle $x = 942$ m von MS entfernt.

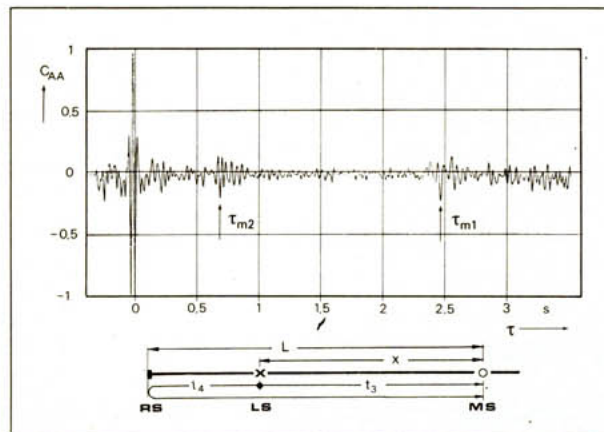


Bild 4
Autokorrelation des Signals an der Meßstelle MS (im Bild 3) bei geschlossenem Druckregler

Inzwischen wurde **LOK/L**® bei Einsätzen auf dem Vorfeld des Frankfurter Flughafens unter normalen Bedingungen erfolgreich getestet. Dazu wurde an einem ca. 280 m langen Abschnitt der Kerosinleitung ein Leck mit nur einem Fünzigstel der Größe eines Stecknadelkopfes (kleiner als 0.05 Quadratmillimeter!) simuliert (Bild 5). Die an beiden Enden des Leitungsabschnitts angebrachten hochempfindlichen Sensoren waren nicht nur in der Lage, dieses winzige Leck zu erkennen; die ausgeführten Korrelationsanalysen ließen darüber hinaus auch eine ganz eindeutige Lokalisierung des Leckortes auf der Rohrleitung zu. Die kleinste noch erkennbare Leckmenge beträgt ca. 6 l/h.

Das Angebot des IBP auf diesem neuen Arbeitsgebiet umfaßt:

1. Überprüfung von und Leckortung auf Leitungssystemen,
2. Ausrüstung mobiler Meßeinheiten und Installation von Leck-Warn-Systemen,
3. Zusammenarbeit in neuen Anwendungsbereichen.

[1] Laske, C.; Weimer, D.; Fuchs, H. V.: „Aussichtsreiche Versuche zur Leckortung mittels Korrelation.“ gwf-Wasser/Abwasser 122 (1981), 112 – 115
 [2] Fuchs, H. V.; Shaw, S.: „Leckerkennung durch akustische Korrelationsanalyse.“ FhG-Bericht 3 (1981), 26 – 31; auch erschienen (in holländischer Sprache): Procesteknik 5 (1982), 48 – 51.



Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
 7000 STUTTGART 80 (VAIHINGEN), Nobelstraße 12, Tel. (0711) 686800
 Außenstelle: 8150 HOLZKIRCHEN (OBB.), Postfach 1180, Tel. (08024) 1572