

H.V. Fuchs, W. Frommhold

Leckortung auf Fernwärmeleitungen

1. Einleitung

Der Aufwand für die Leckortung unterscheidet sich bei den verschiedenen Verlegesystemen für Fernwärmeleitungen beträchtlich. Ohne großen technischen Aufwand können Leckagen an Freileitungen oder an in Gebäuden verlegten Leitungen visuell erkannt und in der Regel genau lokalisiert werden. Ebenso unproblematisch gestaltet sich die Leckortung an solchen Fernwärmeleitungen, bei deren Neubau bereits ein Lecküberwachungssystem mitverlegt wurde, wie es z. B. heute beim Kunststoff-Mantelrohr-Verbundsystem Stand der Technik ist. Bei den übrigen erdverlegten Systemen und auch beim Kunststoff-Mantelrohr-Verbundsystem, wenn es (wie in der Anfangsphase üblich) ohne integriertes Lecküberwachungssystem verlegt wurde, ist die punktgenaue Ortung von Leckagen mit den heute zur Verfügung stehenden Methoden aber bekanntlich schwierig bis aussichtslos. Das bedeutet, daß bei rund 60 % der in der Bundesrepublik verlegten Fernwärmestrassen keine für alle Verlegeverfahren universell einsetzbare verlässliche Technik zur Leckerkennung und -ortung zur Verfügung steht. Vor diesem Hintergrund wurde die Methode der akustischen Korrelationsanalyse, die bereits bei der Lecksuche in Trinkwassernetzen erfolgreich in die betriebliche Praxis eingeführt werden konnte [1], auf ihre Anwendbarkeit für Fernwärmeleitungen untersucht.

2. Meßmethode

Von den bereits betrieblich genutzten Verfahren zur Leckerkennung und -ortung an Fernwärmeleitungen [2] versprechen nur solche Verfahren Erfolg, die den von Leckagestellen ausgehenden Körperschall zur Leckortung nutzen: Das instationäre Ausströmen regt in der Wassersäule selbst Pulsationen an, die sich unterhalb einer für den jeweiligen Rohrdurchmesser charakteristischen Grenzfrequenz über größere Entfernungen ausschließlich als ebene, longitudinale Wellen mit von der Frequenz unabhängiger Schallgeschwindigkeit zu beiden Seiten der Leckage auf klar definierte Weise ausbreiten. Unter günstigen Verhältnissen, wie sie manchmal bei Wasserleitungen vorkommen können, kann man bereits mit Hilfe eines analog arbeitenden einfachen Zeitbereich-Korrelators aus der Zeitverschiebung Δt , mit der die Leckgeräusche an zwei entfernt angebrachten Meßstellen ankommen, auf den Leckort x schließen [1]. Bei Fernwärmeleitungen sind allerdings, wegen der ganz anders eingebetteten Mediumrohre, die Anregungs- und Ausbreitungsbedingungen so ungünstig, daß man hier mit der einfachen Korrelationsfunktion

$$R_{BA}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T p_A(t) p_B(t + \tau) dt$$

mit τ = Verschiebung der Signale im Zeitbereich [1] nicht viel erreichen konnte. Die elektro-akustische Signalverarbeitung mit Hilfe eines einfachen Zeitbereich-Korrelators läßt sich zwar durch vorgeschaltete Filter mit zeitaufwendigem Probieren etwas verbessern. Auf diesem Wege ist jedoch keine durchgreifende Verbesserung der Genauigkeit der Leckortung zu erzielen. Im Gegensatz dazu bietet eine systematische Signalaufbereitung im Frequenzbereich nicht nur die erforderliche Information zur optimalen Filtereinstellung, sondern auch noch zusätzliche Möglichkeiten der Signaloptimierung [2].

Weitere Funktionen wie Kohärenz, Compfunktion und digitale Filter sind fest implementiert [2]. Die wichtigste Zusatzinformation liefert dabei die Kohärenz. Sie ermöglicht zusammen mit den digitalen Filtern das Ausschalten aller Störungen, welche nicht von der Leckagestelle selbst stammen. Die Compfunktion erhöht rechnerisch die Dynamik des Leckagesignals und unterdrückt sonstige Störungen wie Eigenschwingungen von geständerten Leitungen. Durch die Anwendung aller Funktionen von LOKAL kann in der Korrelationsfunktion noch ein eindeutiges Maximum erzeugt werden und der Rohrbruch punktgenau geortet werden, wo einfache Analog-Korrelatoren regelmäßig versagen. Diesen Neuerungen ist es zu verdanken, daß die akustische Leckortung auf Fernwärmeleitungen mit ihren erheblich komplizierteren Schallausbreitungsverhältnissen heute fast so zuverlässig und exakt funktioniert wie seit Jahren schon auf jeder Art von Trinkwasserleitungen [1].

3. Erste Testeinsätze

Seit Mai 1989 steht das neue System für den praktischen Einsatz zur Verfügung. Nach ersten Vorversuchen wurde LOKAL gezielt dort eingesetzt, wo bereits mittels anderer Lecksuchmethoden ein dringender Verdacht auf eine Leckage bestand. Es stellte sich als wichtig heraus, fremde Geräuschquellen in Form z. B. von Umwälzpumpen und Regelantrieben in Kundenanlagen nach Möglichkeit durch Abschalten dieser Anlagenteile zu eliminieren. In einem ersten Schritt sollte dann zunächst eine möglichst große Strecke - z. B. entsprechend der vorangegangenen Druckmessung von Schacht zu Schacht - ausgewählt werden, um erste Anhaltswerte für den möglichen Leckageort zu erhalten. In weiteren Schritten werden

dann kürzere Leitungsabschnitte durch weitere Kontrollmessungen - z. B. von Hausanschluß zu Hausanschluß - überprüft. Eine wesentliche Voraussetzung für eine exakte Einmessung ist die möglichst genaue Eingabe der Meßstreckenlänge in den Rechner. Höhen- und Seitenversprünge sowie U-Bögen sind dabei so genau wie möglich zu berücksichtigen. Falls keine eindeutigen Signale im Rücklauf der Fernwärmeleitung zu messen sind, sollte der Druck durch Anstauen auf ca. 2 bis 3 bar gebracht werden.

Bei einem LOKAL-Einsatz benötigt die Meßmannschaft, bestehend aus 2 Personen, für die Vorbereitungen (Geräteaufbau, Setzen der Signalaufnehmer an den vorgesehenen Meßstellen, Inbetriebnahme der Funkübertragung, Aussteuerung der Signalübertragung, Kontrolle der Geräte, Eingabe der Längenmaße und Nennweiten) einschließlich Rüstzeiten und je nach Zugänglichkeit der Meßstellen ca. 1 bis 2 Stunden. Mit der Eingabe der Leitungslänge wird gleichzeitig systembedingt eine Tiefpaß-Funktion mit einer oberen Frequenzgrenze f_o aktiviert. Außerdem wird über ein analog arbeitendes Hochpaß-Filter eine untere Frequenzgrenze f_u von Hand eingestellt, und zwar zunächst auf 100 bis 200 Hz für Guß-, Stahl- und Asbestzementleitungen, die länger als 150 m sind, und auf 200 bis 400 Hz für Rohrleitungen mit Längen unter 150 m. Wenn eine Leckage innerhalb des untersuchten Meßabschnitts entdeckt wurde, wird f_u anschließend so weit als möglich zu höheren Frequenzen verschoben, um die Analyse auf einen aus der Kohärenzfunktion als besonders wichtig erkannten Frequenzbereich zu konzentrieren.

Nach dem Start der Messung erscheint auf dem LOKAL-Monitor als erstes Meßergebnis eine frequenzabhängige Kohärenzkurve. In Frequenzbereichen, in denen die Kohärenzfunktion Werte nahe 0 annimmt, ist der vom Leck herrührende Anteil in den Eingangssignalen $a(t)$ und $b(t)$ stark von Störsignalen überdeckt. Solche Bereiche werden mit entsprechenden Filtern bereits am Geräteeingang ausgeblendet. Mit Hilfe einer Rücktransformation wird schließlich die Kreuzkorrelationsfunktion im Zeitbereich erhalten. Im nächsten Schritt ermittelt der Rechner aus den Laufzeitunterschieden der Signale den Leckort und zeigt ihn optisch auf einem Monitor an. Dieses Ergebnis wird abgespeichert und mit dem Drucker ausgedruckt, so daß ein Protokoll jeder Messung erfolgt. Gegebenenfalls kann eine weitere Meßreihe in einem anderen ausgewählten Frequenzbereich, auch durch Änderung der Hochpaßfilter, als Kontrollmessung erfolgen.

Von den dokumentierten LOKAL-Fällen [2] soll hier nur einer im Detail diskutiert werden (Bild 1): Zwischen Schacht 477 und Schacht 478 betrug die Schallgeschwindigkeit 1335 m/s. Der Leckort wurde 136,1 m von Schacht 477 ermittelt; die Abweichung lag bei 0,7 m. In diesem Falle wurde der Meßabschnitt in Schritten weiter verkürzt. Für den 78,1 m langen Abschnitt ging die Abweichung praktisch auf Null zurück.

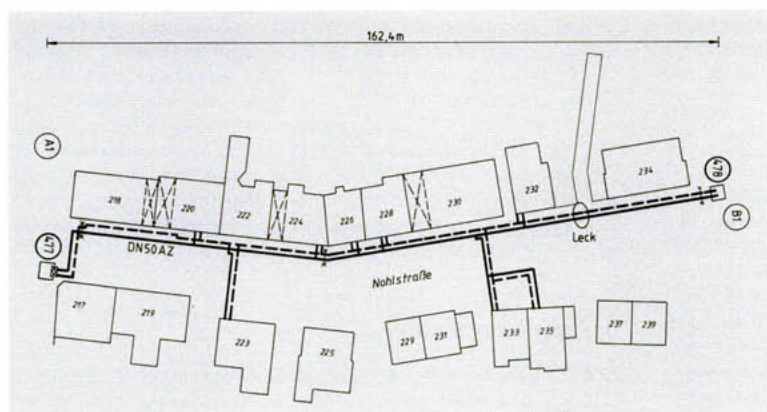


Bild 1: Lageplan des Meßbeispiels Nohlstraße im Fernwärmeleitungs-Netz

4. Beurteilung von LOKAL

Von 29 überprüften Verdachtsstrecken führten in 24 Fällen die Messungen zum erfolgreichen Abschluß mit Auffinden der Leckstelle. Bei 19 Schadenortungen konnte fast punktgenau, mit einer Abweichung unter 1 m, der Leckort gefunden werden. In diesen Fällen wurde die von der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) geforderte Meßgenauigkeit von ± 2 m gut eingehalten. Nur in fünf Fällen war die Abweichung größer und betrug maximal 6 m. Schäden wurden sowohl in Fernwärmeleitungen mit Leichtbeton-Isolierung als auch in Asbest-Zement-Mantelrohrverlegung sowie Gemischverlegung beider Verfahren gefunden. Durchmesseränderungen, Kompensatoren und Festpunkte schränkten die Meßgenauigkeit nicht ein. In einzelnen Fällen (siehe hierzu [2]) mußten Mehrfachmessungen auf einem Meßabschnitt durchgeführt werden, um ein eindeutiges Ergebnis zu erhalten. Konnte kein eindeutiges Ergebnis für den Leckort erzielt werden, dann wurde die Untersuchung abgebrochen. Dies war aber nur bei drei Meßabschnitten der Fall.

Die Wassereinsparungen je Leckage schwankten zwischen minimal 1,2 m³/Tag und maximal 85 m³/Tag, wobei die Drücke im Vorlauf bei 6 bis 7 bar und im Rücklauf zwischen 0,7 und 1,6 bar lagen. In einem Sonderfall mußte der Rücklaufdruck auf 3 bis 4 bar gesteigert werden, um zu einem verwertbaren Meßergebnis zu kommen. Als Meßstrecken wurden im allgemeinen Strecken von Schacht zu Schacht ausgewählt, die zwischen 30 und 260 m Länge aufwiesen.

Die zweite Phase des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Entwicklungsprojekts (Erprobung in der Praxis) war für den Projektpartner so vielversprechend, daß er Mitte 1990 ein Meßfahrzeug eigens für die Leckortung mit LOKAL neu ausgerüstet hat (Bild 2). Andere Fernwärme-Versorgungsunternehmen wollen diesem Beispiel folgen, wenn sich die positiven Erfahrungen auch im täglichen Routineeinsatz bestätigen.

Literatur

- [1] Fuchs, H.V., Riehle, R.: 10 Jahre Erfahrungen mit der Leckortung durch Korrelationsanalyse (LOKAL). Das Gas- und Wasserfach gwF 131 (1990), H. 6, S. 326-335.
- [2] Fuchs, H.V., Frommhold, W., Poggemann, R., Zenker, P.: Akustische Leckortung an Fernwärmeleitungen. Technische Überwachung Tü 31 (1990), H. 10, S. 434-444.

Dem Projektpartner, der Energieversorgung Oberhausen AG, sei für die Zusammenarbeit gedankt.



Bild 2: Fotografische Aufnahme (Innenansicht) eines Meßwagens, der für die Leckortung neu ausgerüstet wurde. (Foto: Energieversorgung Oberhausen AG)



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
 Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis
 7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel. (0711) 970-00
 8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024) 643-0

Herstellung und Druck:
 SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU
 der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart
 Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
 Fraunhofer-Instituts für Bauphysik