

16 (1989) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

H.V. Fuchs, R. Riehle *)

10 Jahre Erfahrung mit LOKAL**)

Projektlauf im IBP

Die Technischen Werke Stuttgart (TWS) konfrontierten 1979 das IBP mit der Problematik der Leckverluste an Wasserleitungen und regten die Entwicklung von Meßverfahren zur Lokalisierung von Undichtigkeiten an. Erfahrungen am IBP in der Analyse turbulenter Schallquellen führten zu der Idee, die Laufzeiten der von einer Leckstelle ausgehenden Wasserschallwellen an entfernten, speziellen Sensoren zugänglichen Punkten mit Hilfe der Korrelations-technik für die Leckerkennung und -ortung nutzbar zu machen. Erste Versuche im Wasserschall-Labor des IBP mit einem Analog-Korrelator bestätigten prinzipiell die Tauglichkeit dieses Ansatzes. Mit Sondermitteln der FhG wurde daraufhin ein LOKAL-Meßwagen unter anderem mit einem leistungsfähigen Digital-Korrelator (FFT-Analysator SD 375 der Scientific Atlanta) ausgerüstet, um das Verfahren vor Ort erproben und verfeinern zu können.

In einer Reihe von FuE-Projekten mit einem Gesamtvolumen von ca. 1 Mio. DM im Auftrag unter anderem der TWS, der Energieversorgung Oberhausen (EVO), der Industriellen Werke Basel sowie der ESSO AG, Hamburg, wurden die Möglichkeiten des neuen Verfahrens für die Leckortung auf Wasser-, Fernwärme-, Gas- und Erdölleitungen gründlich erforscht. Seit 1981 betreiben die TWS als erstes Wasserversorgungsunternehmen (WVU) routinemäßig die Leckortung mit LOKAL in einem eigens dafür ausgerüsteten Meßwagen (Bild 1). Kleinere WVU und Service-Unternehmen nahmen in schwierigen Leckagefällen bald LOKAL als Dienstleistungsangebot des IBP in Anspruch (bis 1985 in über 20 Fällen). Zwischen den ersten Piloteinsätzen [1] und der systematischen Überprüfung eines ganzen Wassernetzes (den Vorreiter machte in dieser Richtung die Stadt Deggendorf) vergingen kaum 5 Jahre [2].

TOU übernimmt Umsetzung in die Praxis

In 1985 wurde von Mitarbeitern des IBP die Firma FAST gegründet mit dem Ziel der kommerziellen Anwendung des Ortungsverfahrens. Die FAST konnte in den ersten 3 Jahren ihres Bestehens bereits über 100 LOKAL-Aufträge im Rahmen eines Lizenzvertrages mit der FhG abwickeln. Dabei wurden auf 2.800 km Leitungslänge mehr als 1.000 Leckagen sicher geortet. Einige WVU lassen inzwischen alljährlich ihre Netze systematisch mit LOKAL überprüfen, so daß man auch statistisch belegen kann, wie sich der Einsatz des neuen Verfahrens auswirkt, siehe Tabelle 1 [3].

Das zweite Ziel für die Durchsetzung auf dem Markt war aber noch wesentlicher: Mit Unterstützung durch das Land Baden-Württem-



Bild 1: Erster LOKAL-Meßwagen (Foto: TWS)

	Gesamteinspeisung [m ³ /a]	Verbrauch [m ³ /a]	Verluste [m ³ /a]	Verlustrate [%]	Spezifischer Verlust [m ³ /h·km]
1983	2 020 279	1 812 217	208 062	10,3	0,087
1984	2 011 370	1 853 527	157 842	7,8	0,066
1985	2 003 700	1 837 414	166 309	8,3	0,069
1986	1 881 284	1 799 155	82 169	4,4	0,034
1987	1 968 546	1 902 981	65 565	3,3	0,027

Tabelle 1: Auswirkungen von systematischen Netzüberprüfungen mit LOKAL [3]

berg im Rahmen seines TOU-Förderprogramms wurde, in Kooperation mit dem IBP, von der FAST ein kompaktes LOKAL-System entwickelt, das alle Komponenten und Funktionen von LOKAL in einem tragbaren Gerät integriert (siehe Bild 2) und nur noch etwa ein Viertel der ursprünglichen Ausrüstung kostet.

*) FAST (Ingenieurgesellschaft für angewandte Sensortechnik), Technologieorientierte Unternehmensgründung (TOU), 1985, Öhringen

***) LOKAL (Leckortung durch Korrelationsanalyse), Dienstleistungsmarke, eingetragen 1982 für FhG



Bild 2: Erstes serienmäßiges LOKAL-Kompaktgerät

Für Messungen an Leitungen aus Guß, Stahl und Asbestzement bis 300 m Länge sowie an Kunststoffleitungen bis ca. 100 m werden sehr robuste, extrem rauscharme piezoelektrische Körperschall-Sensoren (B&K Type 4378) hoher Empfindlichkeit (316 pC/g) eingesetzt. Bei längeren Meßabschnitten werden Wasserschall-Sensoren (B&K Type 8104) über spezielle Adapter an vorhandenen Zapfstellen zur Erhöhung der Empfindlichkeit direkt mit dem Fluid in Kontakt gebracht [1]. Beide Aufnehmer geben ihre Signale auf speziell für LOKAL entwickelte Ladungsverstärker mit einem Eingangswiderstand $> 1 \text{ M}\Omega$ und einer Dynamik von 65 dB. Mit einem ebenfalls in jeder Verstärkerbox integrierten Sinus-Generator kann die Funkstrecke zum LOKAL-Gerät getestet werden. Das Funk-Modul enthält einen 500 mW Sender mit linearer Übertragung zwischen 0 und 4000 Hz und einer Reichweite von 800 m in bebautem Gebiet.

Die analoge Datenerfassung an den zwei Eingängen des LOKAL-100-Gerätes (Bild 2) erfordert spezielle Tiefpaß-Filter mit hoher Flankensteilheit (54 dB/Oktave), linearem Phasengang und Butterworth-Charakteristik. Zur Vermeidung von Aliasing-Fehlern sind diese auf Eckfrequenzen zwischen 5 und 0.156 kHz einstellbar. Zur Beseitigung von tieffrequenten Störungen können zusätzlich analoge Hochpaß-Filter mit einer Steilheit von 60 dB/Oktave auf Frequenzen zwischen 0.025 und 3.2 kHz eingestellt werden. Damit die so optimal aufbereiteten Analog-Signale mit möglichst hoher Auflösung vom Analog-Digital-Converter (ADC) digitalisiert werden, heben Vorverstärker die Signale in vier Stufen zwischen 1 und 16 auf 5 V am Eingang der ADC an. Diese arbeiten mit einer programmierbaren Abtastrate von maximal 25 kHz bei einer Auflösung von 12 Bit, die durch ein spezielles Mittelungsverfahren noch auf effektive 16 Bit erhöht wird.

LOKAL 100 verfügt über ein 16-Bit-Bussystem für die ADC und ein weiteres für den Bit-Slice-Processor (BSP) mit ca. 5 Mio. Op./s, welcher die Datenerfassung, die FFT-Analyse sowie die Mittelungsprozesse organisiert. In einem dritten 16-Bit-Bussystem ist ein weiterer Processor integriert, der die Menüs und die grafische Ausgabe der Daten verwaltet. Das Gerät besitzt eine Speicherkapazität von insgesamt über 750 kB, wovon ca. 128 kB für die Datenerfassung, 200 kB für das eigentliche Meß- und Auswertprogramm sowie 180 kB für umfangreiche Nutzer-Informationen eingesetzt und der Rest anwenderspezifischen Programmweiterungen vorbehalten ist.

LOKAL leicht gemacht

Das ganze Betriebssystem von LOKAL 100 ist auf einer 3.5"-Diskette abgespeichert. Auf dieser kann die Programmgestaltung

nutzerspezifisch festgeschrieben, aber auch wieder geändert werden. Die in Maschinensprache geschriebenen Meß- und Auswert-routinen in Verbindung mit der hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit des BSP ermöglichen eine Echtzeit-Darstellung aller Ergebnisse. Durch eine kontinuierliche statistische Kontrolle der Zeitsignale können sporadisch auftretende Störungen, verursacht z.B. durch Fahrzeuge, Fußgänger, Verbraucher, Pumpen oder Druckminderer, vom Programm selbständig ausgeblendet werden. Die Eingabe der netzbezogenen Daten über eine Tastatur (Bild 3) wird dem Anwender durch die „Window“-Technik sehr einfach gemacht: Bei Bedienungsproblemen ersetzen nach Betätigen der „Help“-Taste ausführliche Informationen auf dem Bildschirm zum jeweiligen Menüteil das lästige Nachschlagen in einer Betriebsanleitung.

Die langjährige enge Zusammenarbeit mit fortschrittlichen WVU hat zu einer ganzen Reihe von Verbesserungen in der Korrelationstechnik geführt. Die diversen Manipulationen im Frequenzbereich wie z.B. das Setzen digitaler Filter entsprechend der Form des jeweiligen Kohärenz-Spektrums oder der Einführung von sogenannten Comp.- oder Dissipations-Funktionen [4] für komplizierte Fälle sind jetzt alle im LOKAL-Gerät von vornherein implementiert.

Alle Daten werden automatisch gespeichert; sollte sich z.B. eine eingegebene Leitungslänge später als falsch herausstellen, so können die Meßdaten von der Diskette herunter neu geladen und so der richtige Leckort ohne eine nochmalige Messung bestimmt werden. Zu jedem Ergebnis kann ein kurzes Protokoll im integrierten Textsystem geschrieben und über den Drucker zusammen mit allen Meßdaten dokumentiert werden. Das Kernstück von LOKAL 100 ist in ein 19"-Gehäuse eingebaut. Die Leistungsaufnahme von ca. 160 W (inkl. Farbmonitor und Drucker) ermöglicht problemlos den Betrieb für einen 8-Stunden-Tag an einer Auto-Batterie.



Bild 3: Eingabe der Netzdaten über die Tastatur (Foto: FAST)

- [1] Fuchs, H.V.; Shaw, S.: Leckererkennung durch akustische Korrelationsanalyse, FhG-Bericht 3 (1981), 26-31
- [2] Weindl, A.; Fuchs, H.V.; Riehle, R.: Wasserverluste gesenkt durch systematische Rohrnetz-Überprüfung mit LOKAL. Neue DELIWA-Zeitschr. 36 (1985), 322-325
- [3] Fuchs, H.V.: Senkung der Wasserverluste durch das LOKAL-System. Versorgungswirtschaft 7 (1989) 197-203
- [4] Frommhold, W.; Fuchs, H.V.; Schmidt-Schychowski, K. Verfahren zum Orten von Leckstellen auf Rohrleitungen DE 36 07 913, Erteil.: 13.08.1987



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