

LECKORTUNG UNTER DASYLAB S – LOW COST HIGHTECH

T. Klitz, L. Panzram, D. Previti,
D. Reinartz, F. Kameier
Fachhochschule Düsseldorf
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
Josef-Gockeln-Str. 9
40474 Düsseldorf
<http://ifs.muv.fh-duesseldorf.de>

ABSTRACT

The abandonment of a student project in the course “Flow Acoustics” at the University of Applied Sciences Duesseldorf was to detect leakages in a duct. For data acquisition and analysis they were used a standard computer equipped with an educational version of DASyLab 5.6. The two low cost miniature microphones were connected to a well performed but also low cost sound system. The acquired data were used for frequency analysis and for time domain based correlation analysis. This process is already used in sewer pipes and pipeline constructions for leak detection. Its advantage is obvious, neither the whole sewer has to be excavated nor an expensive search with a camera has to be done.

Figure 1 shows the basic experimental setup. In the investigated section of the pipe an overpressure is generated. The air leaks through the leakage and produces a specific sound. If the leakage is eccentric to the measurement positions of the two used microphones the sound will be recorded with a delay by them (shown in Fig. 1 position A and B for the microphones). This time delay Δt is determined by the help of the correlation analysis in the time domain of the recorded signals. To determine the position of the leakage equation 1 and 2 are used. DASyLab provides a special modul for doing the correlational calculation (K in Fig. 2). In the plotting of the correlational function a peak marks the delay time (Fig. 3). Averaging this function reduces the noise and simplifies the detection of the peaks (Fig. 3).

The importance of a suitable filtering of the acoustic signals was revealed after the first tests of leak detection. It was necessary to exclude certain frequency ranges that do not belong to the sound generated by the exhausting air before the correlation analysis was proceed. Finding the correct frequency of the leak induced noise needs extensive practical experience. With DASyLab quick and easy analysis of the complicated noise mixture is possible which is useful for good results of the experimental investigation.

The project was supervised by Prof. Dr.-Ing. F. Kameier and Dipl.-Ing. D. Reinartz.

EINLEITUNG

Im Rahmen der Lehrveranstaltung Strömungsakustik an der FH Düsseldorf war es Aufgabe eines Projekts mittels der Schulversion von DASyLab 5.6 und zwei preiswerten Miniaturmikrofonen, Lecks an einer Rohrleitung ($D_N = 106 \text{ mm}$) zu orten. Die Datenakquirierung erfolgte über eine geeignete Soundkarte des PC. Ausgewertet wurde im Zeit- und Frequenzbereich mittels Korrelationsanalyse. Anwendung findet dieses Verfahren im Kanal- und Rohrleitungsbau. Für die Lecksuche muss so nicht der gesamte Kanal freigelegt werden, noch ist eine aufwendige Suche per Kamera nötig, zumal das optische Verfahren bei sehr kleinen Lecks nicht geeignet ist.

Die Arbeit fand unter der Betreuung von Prof. Dr.-Ing. F. Kameier und Dipl.-Ing. D. Reinartz statt.

PRINZIP

In einer Rohrleitung (Abb. 1) wird ein geringer Überdruck (7 bis 25 mbar) erzeugt, wodurch an der Leckstelle durch die austretende Luft ein Geräusch entsteht. Sofern das Leck nicht mittig zwischen den Mikrofonen liegt wird das Geräusch zeitversetzt aufgenommen.

Die Ortung der Lecks erfolgt über die ermittelte Laufzeitdifferenz (Δt), die Rohrabschnittslänge (L) und die Schallgeschwindigkeit (a), die von den Stoffgrößen (κ , R) und der Temperatur (T) der Luft abhängt.

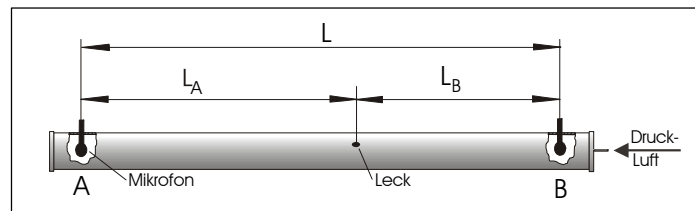


Abbildung 1: Prinzipskizze

Strecke L_A (Ort des Lecks):
$$L_A = \frac{\Delta t \cdot a + L}{2} \quad (1)$$

mit der Schallgeschwindigkeit
$$a = \sqrt{\kappa \cdot R \cdot T} \quad (2)$$

Kreuzkorrelationsfunktion (KKF)

Zur Ermittlung der Laufzeitdifferenz wird in DASyLab das Korrelationsmodul (K in Abb. 2) verwendet. Über die darin bestimmte KKF werden zwei Signale bezüglich ihrer Ähnlichkeit miteinander verglichen. Aus diesem Vergleich geht eine Zeitfunktion hervor, in der die Laufzeitdifferenz durch einen Peak markiert wird.

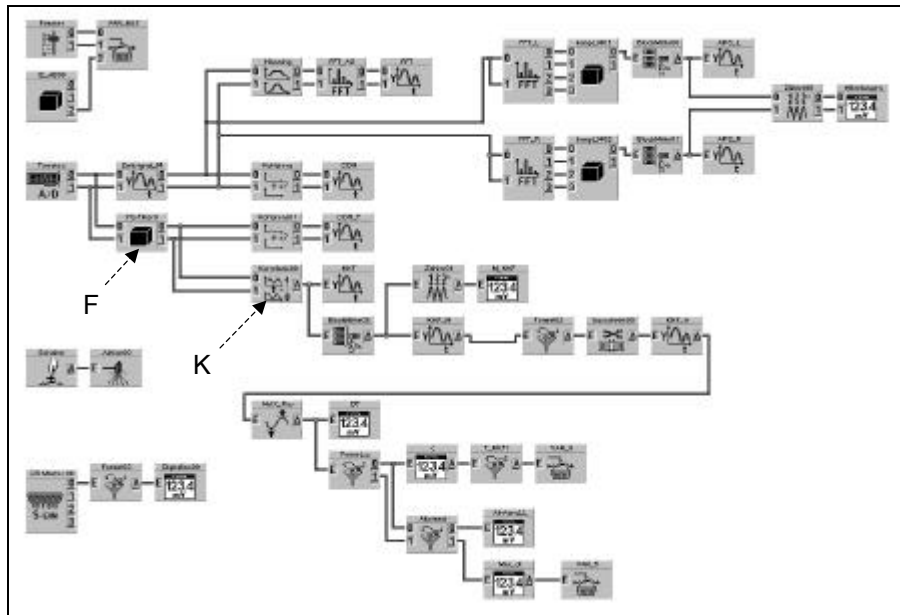


Abbildung 2: Schaltbild unter DASYLab S 5.6 (mit dem Korrelationsmodul (K) und der Filterblackbox (F))

Auswertung

Da die Peak-Erkennung durch Schwankungsanteile erheblich erschwert werden kann, wird die Kreuzkorrelationsfunktion einer Mittelung unterzogen (Abb. 3).

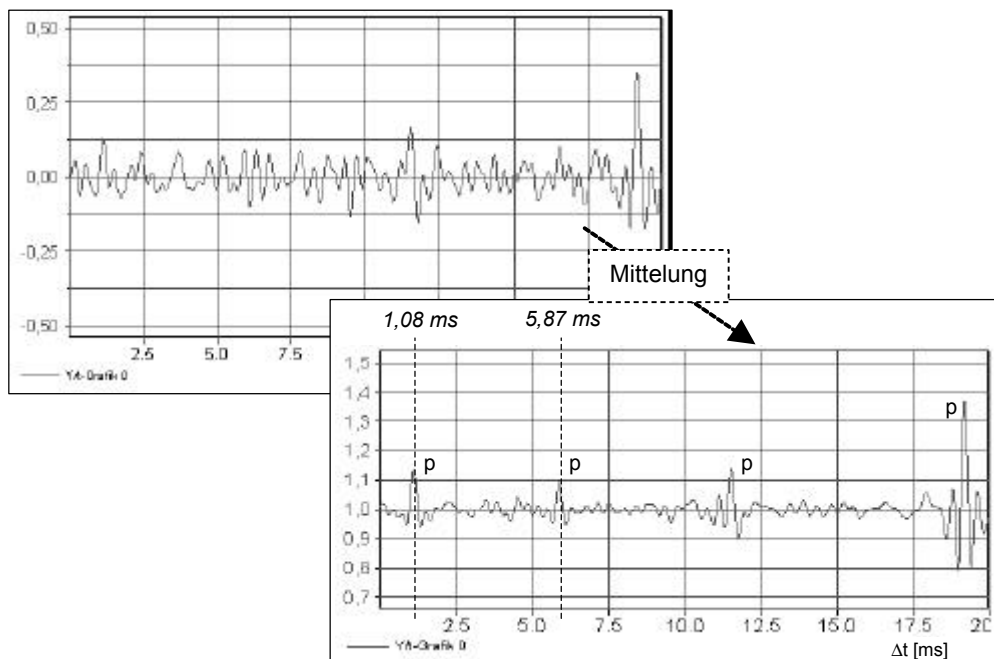


Abbildung 3: Wirkung der Mittelung der KKF

Damit der Peak für die Bestimmung der Laufzeitdifferenz Δt in der KKF deutlich zu erkennen ist, müssen die aufgenommenen Mikrofonsignale sinnvoll gefiltert werden. Aus dem Autopowerspektrum (APS) wird der relevante Frequenzbereich für die Filterung ermittelt. Der in DASYLab in einer Blackbox generierte Frequenzfilter (F in Abb. 2) ermöglicht es, drei Frequenzbänder getrennt von einander einzustellen. Damit ist es möglich, bestimmte Bereiche des Frequenzspektrums auszuschließen,

die nicht dem Ausströmgeräusch am Leck zugehören. Mit geeigneten Einstellungen ist es dann möglich, Löcher und Risse in der Rohrleitung zu orten.

Mit dem Modul „Statistische Werte“ ist es möglich, die Position der maximalen Ausschläge auf der Abszisse zu bestimmen. Diese kann dann als Δt an die Berechnung des Leckabstandes übergeben werden. Durch eine Mittelung der Kreuzkorrelationsfunktion, wie in Abb. 3 veranschaulicht, treten die entstehenden Peaks (p) deutlicher aus der Funktion hervor.

Die Ergebnisse zeigen, dass die beschriebene Leckortung mit einfachen Mitteln (Soundkarte und Mikrofone) aufgrund der hohen Funktionalität der objektorientierten DASYLab-Programmierung mit großer Genauigkeit möglich ist. Zu beachten ist, dass schon in geraden Stahlrohren unter Laborbedingungen die Ergebnisse extrem von den Einstellungen des Überdrucks in der Rohrleitung abhängen. Umfangreiche Erfahrungen sind notwendig, um die Signale sinnvoll vor der Korrelationsanalyse zu filtern.

Literatur

von Grünigen, D.Ch.: Digitale Signalverarbeitung, Aarau (CH), 1993.

Tschätsch, H.U.: Geräuschmessung entdeckt das Leck, VDI-Nachrichten, 17.04.1998.

Tschätsch, H.U.: Leckortung mit dem akustischen Korrelationsverfahren, KA-Betriebs-Info Nr. 2 (99), 1999.

Sewerin, P.: Das Leck des Monats, Folgen 1 bis 8, Energie Wasser Praxis, 9/98 bis 4/99.

Kameier, F., Reinartz, D.: Vorlesungsskript Strömungsakustik, 2002.

<ftp://ifs.muv.fh-duesseldorf.de/diplomstudiengaenge/stroemungsakustik/skript/>