Akustische Experimente und Signalanalyse für Studierende des Maschinenbaus in einer grafischen Programmierumgebung

Frank Kameier

Fachhochschule Düsseldorf, Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Fachgebiet Strömungstechnik und Akustik, Josef-Gockeln-Str. 9, 40474 Düsseldorf, Deutschland, Email: frank.kameier@fh-duesseldorf.de

Einleitung

Am Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Fachhochschule Düsseldorf beinhaltet der Studiengang Prozess-, Energie- und Umwelttechnik die Lehrveranstaltung Lärmschutz – zunächst 8 Jahre im 4. Semester konzipiert, durchgeführt und nun aus organisatorischen Gründen in das 6. Semester des Bachelorstudiengangs verschoben. Der Masterstudiengang Simulation und Experimentaltechnik hat als Pflichtfach das Modul Computerunterstütze Messdatenerfassung und –verarbeitung mit vertiefenden Lehrinhalten zur Signalanalyse und spektralen Datenverarbeitung. Im Folgenden wird eine Auswahl von Beispielen gezeigt, die mittels der grafischen Programmierumgebung DASYlab das Thema Akustik und Datenverarbeitung motivieren soll. Karrenberg [1] war der Ideengeber für den didaktischen Ansatz der Experimentierumgebung. In seinem Buch findet sich auch die Schulversion der Software, die an der FH Düsseldorf als sehr preiswerte Fachbereichslizenz angeschafft wurde.

Lärmschutz für Einsteiger

Im Praktikum Lärmschutz werden die Themen Mikrofonkalibrierung, Frequenzbereich, Abtastrate, Frequenzauflösung, Schallgeschwindigkeit, Nachhallzeit, Schwingungsanalyse und Dämpfung, Schalldruckpegel und Schallleistung, A-Bewertung sowie Terz- und Oktavspektrum behandelt. Eine Zusammenstellung der Inhalte aus Vorlesung und Praktikum muss als individuelle Hausarbeit (Lärrnschutzmappe) vorgelegt werden. Die Hausarbeit soll als Dokumentation dienen, um im späteren Berufsleben Geräuschbewertungen und Analysen durchführen, kontrollieren und bewerten zu können.

Bild 1 zeigt ein Schaltbild zur Messung eines Mikrofonsignals mit Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich. Um mit professioneller Messtechnik und klassifiziertem Mikrofon arbeiten zu können, wird eine USB-Soundkarte mit ICP-Stromversorgung dabei eingesetzt, Bild 2. Gearbeitet wird parallel in Zweierteams an bis zu 10 PC-Arbeitsplätzen gleichzeitig. Messungen werden im großen reflexionsarmen Raum, im Hallraum, im Freien und in der Versuchshalle des Strömungslabors durchgeführt, um die akustischen Messräume der Hochschule den Studierenden auch vorzuführen.

Zunächst lernen die Studierenden eine Mikrofonkalibrierung mit dem Ziel, eine Effektivwertberechnung, Clipping und die Schalldruckpegelberechnung zu verstehen, Bild 3. Abspeichern und Einlesen von Messdaten ist noch erforderlich - in DASYlab aber mit wenigen Mausklicks zu realisieren. Für die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit werden zwei Mikrofone in möglichst weitem Abstand in den Räumen aufgestellt. Mit einer Schreckschusspistole wird ein lautes Geräusch erzeugt, das nicht übersteuert aufgezeichnet werden soll. Die Auswertung von Schallgeschwindigkeit und Nachhallzeit zeigt Bild 4. Für die Schallgeschwindigkeit ist eine Zeitdifferenz bei hoher Abtastrate über die Cursorposition zu ermitteln. Für die Nachhallzeitbestimmung eines Mikrofonsignals wird blockweise ein Effektivwert über relativ kleine Zeiträume gebildet, um einen 60 dB Abfall nach Abzug der 5 dB für die Direktfeldkorrektur auswerten zu können.

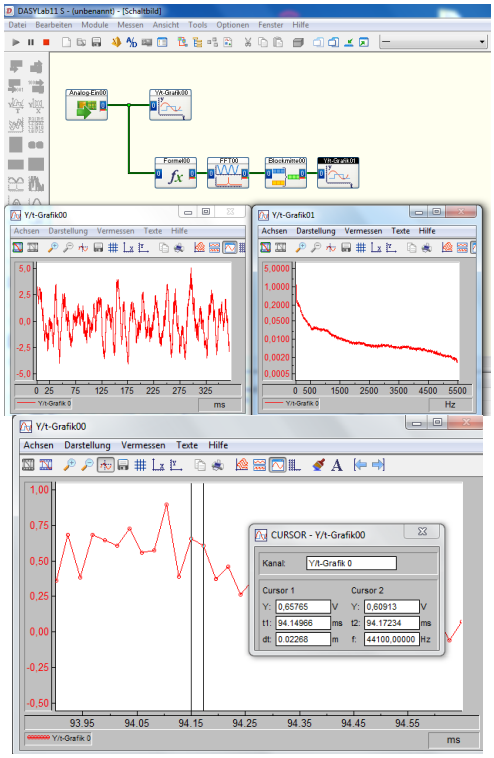

Abbildung 1: Abtastung und Spektrum.

Abbildung 2: USB-Soundkarte mit ICP Stromversorgung für das ¼“ Mikrofon und Kalibrator, 94dB, 1000 Hz.

- Sinus überprüfen
- Offset überprüfen
- 94 dB=1 Pa
- 1000 Hz wichtig für A-Bewertung

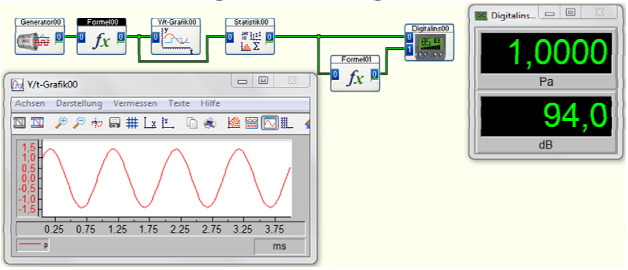

Abbildung 3: Mikrofonkalibrierung im Zeitbereich.

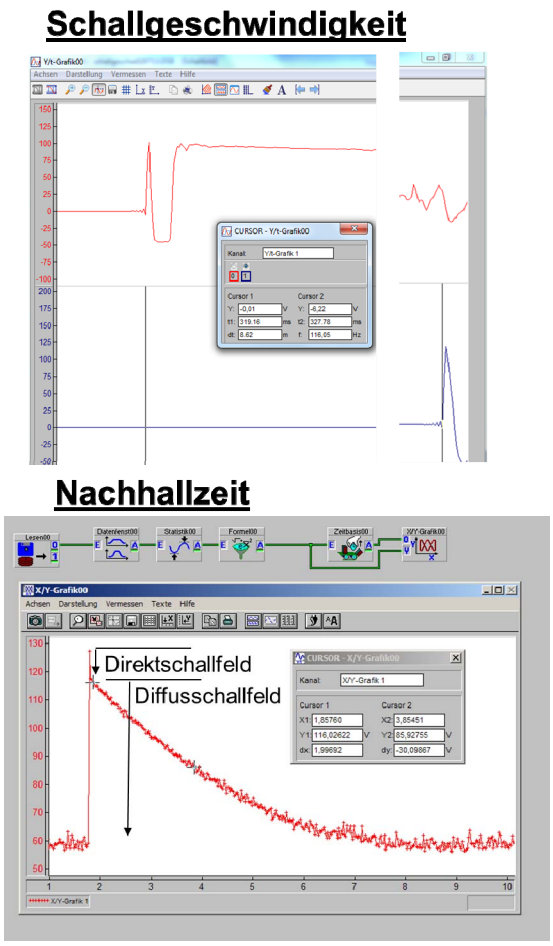

Abbildung 4: Auswertung von Schallgeschwindigkeit und Nachhallzeit.

Signalverarbeitung im Master-Studiengang

Im Masterstudiengang wird umfangreich theoretischer Hintergrund zur Spektralanalyse und zur Korrelationsmesstechnik im Zeit- und Frequenzbereich gegeben [2]. Verglichen werden Analysen unter Matlab, DASYlab und dem Prüfstand-Akustik-System PAK der Müller-BBM VibroAkustikSysteme, um für unterschiedliche Anwendungsfälle in Forschung und Entwicklung das richtige Werkzeug kennen zu lernen.

Bild 5 zeigt Kohärenz, Amplitude des Kreuzspektrums und den Phasenverlauf des Kreuzspektrums bei einem Rauschsignal, das für den zweiten Kanal einfach um eine Anzahl von Sampels verzögert wird. Die Anwendung dieser Analysemethode ist die Laufzeitmessung mit zwei Messaufnehmern (Mikrofone, Schwingungsaufnehmer, Hitzdrahtsonden), wie sie zur Lokalisierung von Geräuschquellen oder bei der Transferpfadanalyse oder in der Strömungsakustik zur Bestimmung von Ausbreitungsgeschwindigkeiten Anwendung findet. Weitere einfache Beispiele wurden zur Korrelation im Zeitbereich zusammengestellt. Bei der Autokorrelation ist die Anwendung, die Bestimmung der Frequenzbreite von weißem Rauschen. Die Autokorrelation eines Signals mit weniger hohen Frequenzanteilen fällt schneller auf null. Bei der Kreuzkorrelation steht die Laufzeitanalyse bei Pulssignalen als Anwendung zur Seite. Darüber hinaus werden die Details zur Fensterung oder zur Gesamtpegelberechnung als Grundlage für Terz- und Oktavspektren behandelt.

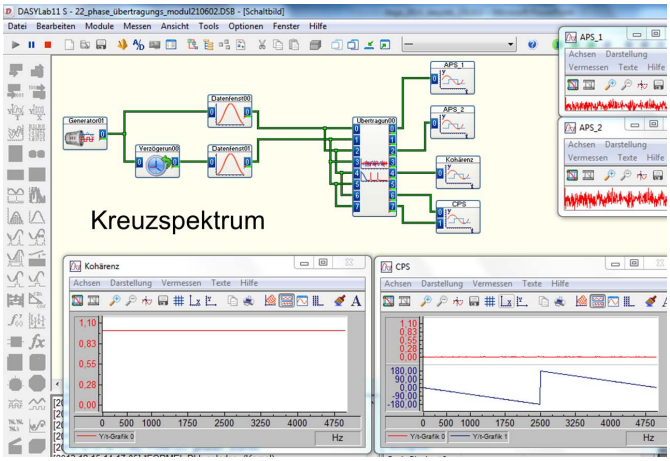

Abbildung 3: CAE Verfahren zur geräuschoptimierten Auslegung von Radialventilatoren.

Zusammenfassung

Mittels grafischer Programmierung in einer Lernumgebung wie sie die professionelle Software DASYlab neben der Industrieanwendung auch bietet, lassen sich einfache Anwendungen aus dem Bereich der technischen Akustik und zur Datenverarbeiten motivierend für Studierende des Maschinenbaus in Bachelor-Studiengängen darstellen. Möglich ist es aber auch, die komplexen Zusammenhänge der gesamten Korrelationsmesstechnik synthetisch am PC zu demonstrieren und anwendungsorientiert für Master-Studierende zu behandeln. Das hier beschriebene Konzept wird seit über 10 Jahren praktiziert.

Seit 2013 ist es gar möglich mit einer Vollversion von DASYlab in einem Editor mittels Python eigene Module für die grafische Programmierung zu erstellen. DASYlab eignet sich aufgrund seiner einfachen Bedienung erheblich besser als didaktisches Werkzeug als z.B. LABview vom selben Software-Hersteller.

Literatur

[1] Karrenberg, U.: Signale-Prozesse-Systeme, Berlin 2012.

[2] Kameier, F.., Reinartz, D.: Strömungsakustik, Vorlesungsskript FH Düsseldorf, 1999

http://mv.fh-duesseldorf.de/d_pers/Kameier_Frank/d_lehre/b_stroemungsakustik