

Einsatz der ITA-Toolbox in einem Grundlagenkurs zur Signalverarbeitung

Stephan Paul¹, Pascal Dietrich², Jéssica J.L. de Souza¹, Michael Vorländer²

¹ Lab. de Eng. Acústica, Univ. Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasilien, Email: stephan@eac.ufsm.br,

² Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen, Neustraße 50, 52056 Aachen

Einleitung

An der Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) haben im August 2009 die ersten Studenten im Studiengang Akustikingenieurwesen ihr Studium begonnen [1] und einige Studenten, die sich aktuell im 3. oder gar erst im 1. Semester befinden, sind schon in kleine Projektarbeiten des Lab. de Eng. Acústica eingebunden. Diese Arbeiten umfassen, z.B. die Messung raumakustischer Parameter, Geräuschaufzeichnungen in Fahrzeugen oder einfache Schallpegelauswertungen. Zur Durchführung dieser Projekte ist grundlegendes Verständnis der durchzuführenden Signalverarbeitung notwendig, welches bei der Nutzung von kommerziellen und industriell einsetzbaren Lösungen nicht erlangt werden kann. Erste Kenntnisse von MATLAB werden bereits durch eine andere Vorlesung zu Beginn des Studiums vermittelt. Daher liegt es nahe, direkt in dieser flexiblen und vielfältigen Umgebung Messungen durchzuführen und anhand selbst geschriebener Signalverarbeitungsroutinen auf einem abstrahierten Programmierniveau einzusteigen. Dabei kommt die entwickelte ITA-Toolbox [2] des Instituts für Technische Akustik der RWTH Aachen zum Einsatz¹. Basierend auf einheitlichen Daten-Objekten können Audiodaten importiert, aufgezeichnet oder weiterverarbeitet werden. Funktionen zur Berechnung von z.B. Schallpegeln oder Terzfiltern sind bereits in einfach anwendbaren Funktionen vorgeben und können vollständig eingesehen werden. In diesem Beitrag soll die praktische Herangehensweise an akustische Messaufgaben durch Verknüpfung von Basisfunktionen erklärt und der Lernerfolg bei den Studenten beschrieben werden.

Vorbereitung

Zur Vorbereitung auf den praxisorientierten Kurs mit der ITA-Toolbox ist ein eintägiger Basiskurs zur digitalen Signalverarbeitung mit den Themen Signal- und Systemidentifikation, Digital-Analog-Wandlung sowie Fouriertransformation abgehalten worden. Den Studenten der ersten Semester ist z.B. der Unterschied zwischen Energie- und Leistungssignalen oder das Lesen von elektrischen Ersatzschaltbildern noch nicht geläufig. Es wurden ebenfalls elektrische und mechanische Impedanzen, vor allem im Hinblick auf den elektrodynamischen Lautsprecher, eingehend behandelt. Elementare MATLAB Kenntnisse, z.B. über Datentypen, Matrizen, Operationen, wurden im Vorfeld vermittelt (Prof. A. R da Silva, EAC, UFSM).

¹Eine andere Toolbox für den akustischen Bereich – heute allerdings als JAVA-Programm – findet sich unter [3].

Kursablauf

Nachfolgend sollen kurz die Kursinhalte des ganztägigen Kurses und ggf. aufgetretene Schwierigkeiten und deren Lösungsmöglichkeiten beschrieben werden.

Einführung und Installation der ITA-Toolbox

Die ersten Schritte zur Verwendung der ITA-Toolbox sind eine konzeptionelle Einführung und die Installation derer bei vorinstalliertem MATLAB.

Einführung in Audio-Objekte Die objektorientierte Programmierung in MATLAB, die auch bei den `itaAudio`-Objekten zugrunde liegt, bietet eine Vielzahl von Vorteilen für den Nutzer. Meta-Daten (z.B. Abtastrate, Kanalnamen und Einheiten) können stets in diesen Objekten mitgeführt und konsistent gehalten werden. Es ist daher wichtig die Funktionalität von Objekten schon im MATLAB-Einführungskurs zu erklären. Der Zusammenhang zwischen Zeit- und Frequenzbereich wird demonstriert und kann durch die Studenten experimentell erfahren werden.

Überblick über die verfügbaren Funktionen

Das mitgelieferte Tutorial in Form eines PDFs und eines zugehörigen MATLAB m-Scripts in englischer Sprache wird von den Studenten sukzessive ausgeführt. Es werden nacheinander die zur Verfügung stehenden Objekte, deren Methoden in der Klasse und einige für den Akustiker-Alltag wichtigen Plotmöglichkeiten direkt vorgestellt. Diese Einführung entwickelt sich somit stetig weiter und kann auch für verschiedene Anwendergruppen angeboten werden, die unterschiedliche Vorkenntnisse oder Ausrichtungen haben.

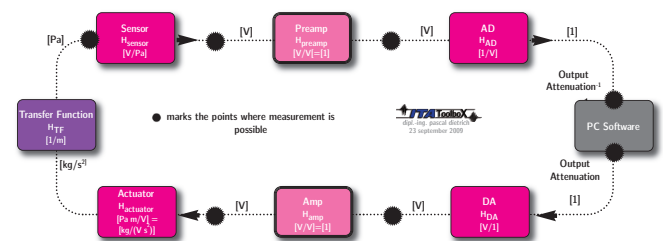


Abbildung 1: Grundsätzliche Messkette

Messkette Anhand einer Grafik (Abb. 1) wurde der allgemeine Aufbau einer Messkette und die Möglichkeiten der Kalibrierung erklärt. Aufgrund des modularen Konzeptes der ITA-Toolbox können hier Konzepte verdeutlicht und von den Studenten selbst nachvollzogen werden, die in kommerziellen

Software-Lösungen meist nicht sichtbar sind. Kalibrationsfaktoren für sämtliche Elemente der Messkette werden von den Studenten selbst bestimmt.

Messung der Lautsprecherübertragungsfunktion

Diese Messung in einem normalen Raum bietet die Möglichkeit kurz auf Eigenschaften der Impulsantworten von Räumen einzugehen. Der Lautsprecher wird als Testobjekt (DUT, siehe Abb. 2) gesehen, das sich allerdings in einem Raum befindet, der wiederum die Übertragungsfunktion modifiziert. Durch die Anwendung von Zeitfenstern kann spielerisch untersucht werden, inwiefern die Information von Lautsprecher und Raum im Zeitbereich getrennt voneinander auftreten [4].

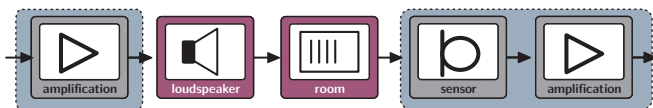


Abbildung 2: Vereinfachtes Blockschaltbild der Messung einer Lautsprecherübertragungsfunktion unter nicht idealen Bedingungen (im Raum).



Abbildung 3: Messsystem mit ITA-Toolbox. Mikrofon vereinfachend dicht vor dem Lautsprecher platziert.

Messung der Lautsprecherimpedanz Es kommt ein fernsteuerbarer Spezialverstärker (ROBO-frontend von *four-audio*) zur Messung von Spannung und Strom an den Lautsprecherklemmen zum Einsatz um daraus die Impedanz zu bestimmen. Diese Messung wurde mit dem theoretischen Ergebnis aus dem vereinfachten Ersatzschaltbild des Lautsprechers verglichen.

Filter Die zur Verfügung stehenden Filterfunktionen (A, C, Oktaven, Terzen, Bandpass, Hoch- und Tiefpass) sind sehr einfach auf die *itaAudio*-Objekte anwendbar. Sie sind außerdem geeignet um in der Lehre, z.B. bei der Einführung von Bewertungskurven, die Unterschiede anhand von *on the fly* Signalmodifizierungen zu zeigen. Aufgenommene und gefilterte Signale können nicht nur geplottet, sondern auch direkt wieder abgespielt werden, um einen besseren auditiven Bezug zu den Bearbeitungsschritten zu vermitteln.

Allgemeine Kommentare

Was die ITA-Toolbox betrifft, wurden unter anderem die folgenden allgemeinen Aspekte als positiv bewertet: (1) GUI, (2) offene Funktionen ermöglichen ein Verständnis der zugrundeliegenden Signalverarbeitung, (3) einfache Import- und Exportfunktionen unter Nutzung der Audio-Objekte und (4) sehr hilfreiche Kurzbefehle zum Modifizieren der Plots.

Als Negativpunkte wurden die dem Anfänger unklaren MATLAB-Fehlermeldungen und die Fehleranfälligkeit der MATLAB-eigenen JAVA-Plot-Engine gefunden. Es handelt sich hierbei, wie bereits erwähnt, um eine Umgebung für den universitären Bereich.

Zusammenfassung

Aufgrund der Erfahrungen aus dem Kurs mit Studenten ohne ausgiebige Vorkenntnisse konnten einige Verbesserungen an der Art der Heranführung an die ITA-Toolbox für Neulinge und am Tutorial vorgenommen werden. Außerdem wurde die Entwicklung eines einfachen elektrischen Schaltkreises (Abb. 4) angeregt, der direkt an Onboard-Soundkarten angeschlossen werden kann, um am eigenen PC schnell und ohne aufwendige Messgeräte, erste Messungen zu vollziehen. Es zeigte sich, dass nach kurzer Einarbeitung in die zur Verfügung gestellte Funktionalität der Toolbox schnell Lernergebnisse ersichtlich wurden. Die Studenten zeigten zunehmend mehr Verständnis an der Signalverarbeitung und deren Bedeutung für die akustische Messtechnik.

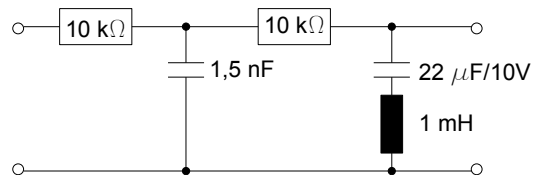


Abbildung 4: Schaltkreis zum Anschluss an die Soundkarte des Computers

Danksagung

Die Autoren danken den Entwicklern der ITA-Toolbox, den Studenten und Nutzern für deren konstruktives Feedback und Bruno Masiero für die Unterstützung bei der Umsetzung. Für die Sound-Anbindung in MATLAB wurde *Playrec* (www.playrec.co.uk) and *PortAudio* (www.portaudio.com) genutzt, deren Entwicklern an dieser Stelle ebenfalls gedankt sei.

Literatur

- [1] S. Paul, A. R. da Silva, E. F. Vergara, and D. X. da Paixao, "Brazil's first undergraduate course in acoustical engineering," in *J. Acous. Soc. America*, vol. 128 (4, Pt. 2), 2010, pp. 2308–2309.
- [2] P. Dietrich, B. Masiero, M. Müller-Trapet, M. Pollow, and R. Scharer, "MATLAB-Toolbox zum Verständnis digitaler Messtechnik und Signalverarbeitung – MATLAB Toolbox for the Comprehension of Acoustic Measurement and Signal Processing," in *Fortschritte der Akustik – DAGA*, 2010.
- [3] L. Ueda, F. Kon, and F. Iazzetta, "An open-source platform for musical room acoustics research," in *Proceedings of the 2005 International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, 2005.
- [4] S. Müller and P. Massarani, "Transfer-function measurement with sweeps," *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 49, pp. 443–471, 2001.