

Neue Vorlesungen zur Akustik an der TU Dresden

Peter Költzsch

Institut für Akustik und Sprachkommunikation
Technische Universität Dresden

Für die Fakultät Maschinenwesen (Konstruktiver Maschinenbau, Kraftfahrzeug- und Schienenfahrzeugtechnik) wird seit einigen Jahren eine Lehrveranstaltung (mit Rechenübungen und Praktika) zur **„Maschinenakustik“** gehalten. Diese beinhaltet die Grundlagen des Luft- und Körperschalls sowie umfangreiche Abschnitte über die durch (festkörper)mechanische und strömungsmechanische Vorgänge bedingten Schallerzeugungsmechanismen, deren Berechnungsverfahren sowie die zugeordneten Geräuschminderungsmaßnahmen für Maschinen und Anlagen.

Die Vorlesung „Maschinenakustik“ ist durch folgende Schwerpunktsetzungen und Aspekte gekennzeichnet:

- Die Vorlesung beinhaltet in zwei ausführlichen Abschnitten die Grundlagen des Luft- und des Körperschalls. Sie setzt damit, außer den allgemeinen ingenieurtechnischen Grundlagenfächern, keine besonderen Grundlagen der Akustik als Vorwissen voraus.
- Die Vorlesung enthält auch einen kleinen Abschnitt zu den „Werkzeugen“ der Akustik. Dieses Instrumentarium ist im Studienplan der Studenten der Elektrotechnik in zahlreichen Vorlesungen enthalten (z. B. Systemtheorie, Signalverarbeitung), so dass sich hier in diesem Vorwissen ein entscheidender Unterschied in der Lehre der Technischen Akustik für Maschinenbauer und Elektrotechniker zeigt. Dem Studenten des Maschinenbaus wird empfohlen, entsprechende Lehrveranstaltungen (ganz allgemein: Behandlung von Zeitfunktionen) in der Fakultät Maschinenwesen bzw. Elektrotechnik zusätzlich zu besuchen. (Für Studenten der Elektrotechnik, die die Grundlagen der technischen Akustik bereits gehört haben, bieten wir diese Vorlesung „Maschinenakustik“ ab Semestermitte an, so dass diese Studenten in die spezifischen maschinenakustischen Abschnitte zur mechanischen und strömungsmechanischen Geräuscherzeugung einsteigen können.)
- Die Hauptabschnitte der Vorlesung „Maschinenakustik“ behandeln in großer Ausführlichkeit die mechanische und die strömungsmechanische Geräuscherzeugung, und zwar sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Berechnungsmöglichkeiten bis hin zu Grundprinzipien der Gestaltung lärmarmer

Maschinen und Anlagen. In den Ausführungen zur mechanischen Geräuscherzeugung wurde in starkem Maße auf das ausgezeichnete Buch „Maschinenakustik“ von Prof. F. G. Kollmann von der TU Darmstadt (und auf zahlreiche Dissertationen seines Instituts) zurückgegriffen.

- Der Abschnitt zur strömungsmechanischen Geräuscherzeugung enthält nach einem Überblick zur Strömungsakustik (Schall durch Strömungen, Strömungen durch Schall, Wechselwirkungen zwischen Schall und Strömung) die physikalischen Grundlagen der Theorie der aerodynamischen Schallerzeugung, die Modellierung praktischer Strömungslärmquellen durch akustische Elementarstrahler, als Beispiele den Strahlärm und den Rotorärm (mit ingenieurtechnischen Abschätzungsmöglichkeiten) sowie 12 Grundprinzipien zur Geräuschminderung bei Strömungslärmquellen.

Für die Studenten wird ein Textskript mit zahlreichen Bildern (363 Seiten) bereitgestellt; das Skript enthält auch eine Aufgabensammlung sowie eine Formelsammlung zur Maschinenakustik. Die Vorlesung „Maschinenakustik“ wird von einer Rechenübung begleitet, in der mit 30 Aufgaben schwerpunktmäßig zu einigen Abschnitten der Vorlesung an praktischen Problemen der Maschinenakustik geübt wird.

In einer Vorlesung **„Ähnlichkeitstheorie und Modelltechnik“** (mit Rechenübungen und einem Praktikumversuch) werden, weit über das Gebiet der Akustik hinausgehend, die allgemeinen Grundlagen für die Begriffe „Ähnlichkeit“ und „Modell“ gelehrt, neben der experimentellen Modelltechnik insbesondere auch die nutzbringende Anwendung dimensionsloser Kennzahlen für die experimentelle Forschung und numerische Simulation.

- Im ersten Abschnitt wird, ausgehend vom Beispiel der experimentellen raumakustischen Modellierung, die Modellmethode als Bindeglied zwischen Theorie und Experiment behandelt. Das gegenständliche und ideelle Modell wird in homologen und analogen Realisierungen an zahlreichen Beispielen dargestellt, und zwar einerseits für die Schalldämpferauslegung und für aeroakustische Untersuchungen, andererseits in der Analogie zwischen einem elektrischen Netzwerk und einem hydraulischen Rohrnetz, in der Flachwasseranalogie

der Raumakustik und der Aeroakustik sowie in der elektromechanischen Analogie. In dieses Einführungskapitel ist auch ein umfangreicher Abschnitt über Größen, Einheiten, Gleichungen und das SI-System eingebaut worden.

- Der zweite Abschnitt umfasst die Theorie der physikalischen Ähnlichkeit, entwickelt die Verfahren zur Ermittlung der Ähnlichkeitskennzahlen (Dimensionsanalyse, Kräfteverhältnisse, Differentialgleichungen), führt diese an zahlreichen praktischen Beispielen vor und übt diese Verfahren in Rechenübungen. Als ein für die Lehre besonders günstiges Verfahren wird die Matrixmethode von BALOGH / SZÜCS (TU Budapest) verwendet, die alle, in einem technischen Problem enthaltenen, linear unabhängigen Ähnlichkeitsinvarianten vollständig und zwangsläufig ergibt. Eine umfangreiche Übersicht mit etwa 40 Ähnlichkeitsinvarianten für technische Probleme (von der ARCHIMEDES-Zahl über die HELMHOLTZ-Zahl und STROUHAL-Zahl bis zur WEBER-Zahl) wird bereitgestellt.
- Der dritte Abschnitt beinhaltet die Grundlagen der Modellierung und der Modelltechnik. An zahlreichen Beispielen und in Rechenübungen wird die Relation $\pi_j = \text{idem}$, d. h. $\pi_{jO} = \pi_{jM}$ (mit: O: Original, M: Modell; π : Ähnlichkeitsinvariante), untersucht; daraus werden die Ähnlichkeitsbeziehungen der physikalischen Größen zwischen Original und Modell abgeleitet. Die Auslegung von gegenständlichen Modellen und die Rückrechnung der im Modell ermittelten experimentellen Ergebnisse auf das Original werden geübt.
- In einem abschließenden Kapitel wird die HELMHOLTZ-Zahl der Akustik in ihren differenzierten Bedeutungen und vielfältigen Ableitungsmöglichkeiten dargestellt, als Längen-, Kraft- und Zeitverhältnis, als Kopplungsgröße für Wellenleiter, als Kriterium (Kräfteverhältnis, hydrodynamische Interpretation) für Schallabstrahlungs- und Schallausbreitungsvorgänge, als raumakustisches Kriterium der Modelltechnik.

Die Vorlesung enthält auch einige Überlegungen und Beispiele zum Problemfeld: Computermodellierung versus experimentelle Modelltechnik.

Schließlich ist im Hinblick darauf, dass ein umfassender Überblick zum Fachgebiet der Akustik und eine anwendungsorientierte Technische Akustik in einer Vorlesung des letzten Semesters besonders zweckmäßig sein könnte, eine Vorlesungsreihe **„Ausgewählte Kapitel der Akustik“** erprobt

worden. Darin werden in einigen Vorlesungen die klassischen technischen Lärmschutzmaßnahmen gelehrt, und zwar Auslegung, Berechnung, Gestaltung und praktische Beispiele für Kapseln, Schalldämpfer, Schirmwände, bauakustische Maßnahmen. Daran schließen sich Vorträge von Lärmschutzexperten aus Ingenieurbüros an, die über die Bearbeitung von Lärmschutzproblemen der Praxis berichten, also von der Problemfindung, über die Bearbeitungs- und Lösungsstrategien, über die Realisierung und Montage bis zur Nachmessung. Im zweiten Teil dieser Vorlesung wird von fachkompetenten Vertretern zu aktuellen Teilgebieten der Akustik vorgetragen, die im Rahmen des Studienplanes derzeit nicht in ausreichendem Umfang in der Lehre angeboten werden können, also z. B. Vorträge zur musikalischen Akustik, zum Ultraschall, zur Hörgeräteakustik und physiologischen Akustik, zum Fluglärm und zur modernen akustischen Messtechnik.

In diese Vorlesung ist auch ein Abschnitt zum Problemkreis „Akustik als Markt“ eingebettet. Dabei wird das Entwicklungspotential des Fachgebietes unter humanbezogenen und kommerziellen Aspekten behandelt, u. a. die Elektro- und Kommunikationsakustik, die Schaffung virtueller akustischer Welten, die Lärmbelastung der Bevölkerung, die Zunahme des Straßen- und Luftverkehrs, die Hörbehinderung und Hörschädigung. Dazu wird statistisches Material über Entwicklungstendenzen, Bevölkerungsbetroffenheit, Kosten und Kostenentwicklung u. a. m. einbezogen.

Literatur:

- [1] Költzsch, P.: Maschinenakustik. Skript zur Vorlesung, TU Dresden 1998
- [2] Kollmann, F. G.: Maschinenakustik. 2. Auflage. Berlin etc.: Springer-Verlag 2000
- [3] Szücs, E.: Similitude and modelling. Budapest: Akademiai Kiado 1980
- [4] Schuring, D. J.: Scale models in engineering. Oxford etc.: Pergamon Press 1977
- [5] Költzsch, P. und F. Walden: Ähnlichkeitstheorie und Modelltechnik. 2 Lehrbriefe (176 S.), TU Bergakademie Freiberg 1992/1994