

Skript zur Vorlesung Strömungsakustik I

Technische Universität Berlin

(WS 02/03)

Klaus Ehrenfried

30. September 2002

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1. Beispiele aus dem Bereich der Strömungsakustik	5
1.2. Allgemeine Eigenschaften von Schall	7
1.3. Quantitative Beschreibung von Schall	9
1.4. Darstellung mit komplexen Zahlen	10
1.5. Mathematisches Hilfsmittel: δ -Funktion	15
1.6. Spektrale Zerlegung	24
2. Die Wellengleichung der linearen Akustik	29
2.1. Herleitung der Wellengleichung	29
2.2. Einfache Lösungen	33
2.3. Die Schallgeschwindigkeit	37
2.4. Einfluß der Schwerkraft	39
3. Ebene Wellen	41
3.1. Eindimensionale Schallwellen im Rohr	41
3.2. Energie in ebenen Wellen	47
3.3. Stehende Welle und Resonanz	56
3.4. Komplexe Wandimpedanz	61
3.5. Reflexion und Transmission an Mediengrenzen	68
3.6. Anfangswertproblem mit einer Unstetigkeit	71
4. Schallausbreitung in zweidimensionalen Kanälen	80
4.1. Moden im Kanal mit festen Wänden	80
4.2. Dispersion, Phasen- und Gruppengeschwindigkeit	90
4.3. Schallausbreitung bei Strömung	94
4.4. Kanal mit schallweichen Wänden	103
5. Einfache dreidimensionale Schallfelder	107
5.1. Das Geschwindigkeitspotential	107
5.2. Das Schallfeld einer atmenden Kugel	110
5.3. Kausalität und Sommerfeld's Ausstrahlbedingung	119
5.4. Energie und Intensität	121
5.5. Schallfeld einer vibrierenden Kugel	127

Inhaltsverzeichnis

6. Schallquellen	140
6.1. Monopol	140
6.2. Kontinuierliche Quellverteilung	148
6.3. Schallquellen durch Störung	153
6.4. Dipol und Quadrupol	161
6.5. Kompakte Quelle und Fernfeldapproximation	167
6.6. Zweidimensionale Schallquellen	179
7. Schallerzeugung durch Strömungen	193
7.1. Lighthills akustische Analogie	193
7.2. Freistrahllärm	202
7.3. Wirbelschall	209
A. Mathematische Hilfsmittel	215
A.1. Fourier-Analyse	215
A.2. Divergenz- und Laplace-Operator	218
A.3. Rechenregel mit δ -Funktion	220
B. Herleitungen	223
B.1. Zur Wellenausbreitung in Strömungskanälen	223
B.2. Zum Erhaltungssatz der akustischen Energie	226
B.3. Inhomogene Wellengleichung mit Ableitung im Quellterm	227
Sachverzeichnis	231