

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
1.1	Themen im Überblick .....	1
1.2	Ebenen der akustischen Planung .....	2
<b>2</b>	<b>Psychoakustik</b> .....	7
2.1	Übersicht .....	7
2.2	Ausgewählte methodische Aspekte der Psychoakustik .....	8
2.3	Hörphysiologie .....	17
2.4	Grundlagen der Lautheitswahrnehmung .....	22
2.5	Grundlagen der Tonhöhenwahrnehmung .....	32
2.6	Sprachverständlichkeit .....	36
2.7	Ausgewählte Aspekte des räumlichen Hörens .....	38
<b>3</b>	<b>Physikalische Grundlagen der Schallausbreitung</b> .....	49
3.1	Übersicht .....	49
3.2	Räumliche und zeitliche Schallausbreitung in Luft .....	49
3.3	Schall im Frequenzbereich .....	53
3.4	Energieübertragung im Schallfeld: Intensität, Impedanz, Druck und Schnelle .....	58
3.5	Das Dezibel .....	67
3.6	Pegelrechnung und geometrische Ausbreitungsdämpfung verschiedener Quellenformen .....	68
3.7	Ausgewählte Pegelmessgrößen der Praxis .....	74
3.8	Pegelrechnung .....	81
3.9	Energiedichte des Schallfelds .....	83
3.10	Überlagerung von Schallwellen und Wirkung von Hindernissen .....	84
3.11	Schallausbreitung in Festkörpern .....	92
3.12	Der Einmassenschwinger .....	95

---

<b>4 Schallausbreitung im Freien</b> . . . . .	101
4.1 Übersicht . . . . .	101
4.2 Segmentierung von Quellen und geometrische Ausbreitungsdämpfung . . . . .	102
4.3 Dämpfung aufgrund von Luftabsorption . . . . .	104
4.4 Bodeneffekt . . . . .	104
4.5 Abschirmung . . . . .	108
4.6 Meteorologische Effekte . . . . .	109
4.7 Dämpfung aufgrund von Bewuchs. . . . .	110
<b>5 Raumakustik</b> . . . . .	113
5.1 Übersicht . . . . .	113
5.2 Nachhalldauer und Nachhallzeit . . . . .	114
5.3 Schallabsorption. . . . .	117
5.4 Schallabsorber . . . . .	123
5.5 Stationärer Zustand: Diffusschall, äquivalente Absorptionsfläche und Hallradius . . . . .	133
5.6 Schallabstrahlung in den Außenraum . . . . .	138
5.7 Modelle für die Nachhallzeitprognose. . . . .	139
5.8 Weitere Methoden der Nachhallzeitberechnung . . . . .	154
5.9 Raummoden . . . . .	160
5.10 Streuung und Diffusion . . . . .	162
5.11 Elektronische Raumakustiksysteme. . . . .	165
5.12 Messung und Prognose der Sprachverständlichkeit. . . . .	167
5.13 Anforderungen an das Grundgeräusch. . . . .	177
<b>6 Praktische Aspekte verschiedener Nutzungsarten</b> . . . . .	183
6.1 Einleitende Bemerkungen . . . . .	183
6.2 Unterrichtsräume . . . . .	183
6.3 Büroräume . . . . .	188
6.4 Auditorien für Sprache und Mehrzwecksäle . . . . .	206
6.5 Aufführungsräume für sinfonische Musik und Kammermusik . . . . .	213
6.6 Aufführungsräume für Rock/Pop. . . . .	223
6.7 Probenräume für Musik . . . . .	224
6.8 Tonregieräume . . . . .	230
<b>7 Übungsaufgaben</b> . . . . .	235
7.1 Meereswellen . . . . .	235
7.2 Schallausbreitung in Wasser und Lokalisation . . . . .	235
7.3 Lautheit . . . . .	236
7.4 Intonation einer Orgel . . . . .	236
7.5 Moden zwischen parallelen Wänden im Freien . . . . .	236
7.6 Modenbildung in einem quaderförmigen Raum . . . . .	236

---

7.7	Lautsprecher über schallhartem Boden . . . . .	237
7.8	Überfluggeräusch . . . . .	238
7.9	Schwebungen an einer Lüftungsanlage . . . . .	238
7.10	Neuer Rückkühler in einer bestehenden Produktionsanlage . . . . .	240
7.11	A- und C-bewerteter Pegel zweier Musiksignale . . . . .	240
7.12	Immissionen eines Open-Air-Konzerts . . . . .	241
7.13	Wirkung einer Lärmschutzwand . . . . .	242
7.14	Mach-Kegel . . . . .	243
7.15	Mittelungspegel einer Eisenbahnlinie . . . . .	243
7.16	Messfehler durch das Grundgeräusch während einer Messung . . . . .	244
7.17	Schallleistungsmessung im Hüllflächenverfahren . . . . .	245
7.18	Schallübertragungswege aus einem Technikraum . . . . .	245
7.19	Beschallung der Lounge für einen Club . . . . .	246
7.20	Elastische Lagerung einer Wärmepumpe . . . . .	247
7.21	Resonanzfrequenz von zwei Trittschalldämmungen . . . . .	247
7.22	Messung im Hallraum . . . . .	247
7.23	Grundgeräusch einer Lüftung in Abhängigkeit der Nachhallzeit . . . . .	248
7.24	Tieftonabsorber in zwei Varianten . . . . .	248
7.25	Schalldruckpegel einer STIPA-Quelle . . . . .	248
7.26	Sprachverständlichkeitsmessung bei verschiedenen Sprachpegeln . . . . .	249
7.27	Sprachverständlichkeitsprognose . . . . .	250
7.28	Sprachverständlichkeitsmessung im Grundgeräusch . . . . .	250
7.29	Messgrößen für die raumakustische Untersuchung eines Hörsaals . . . . .	250
7.30	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen: Raumakustik . . . . .	251
7.31	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen: Sprachverständlichkeit . . . . .	254
7.32	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen: Die Feier des Kantonsrats . . . . .	255
7.33	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen/Anhang: akustische Daten . . . . .	257
<b>8</b>	<b>Lösungen zu den Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>261</b>
8.1	Meereswellen . . . . .	261
8.2	Schallausbreitung in Wasser . . . . .	261
8.3	Lautheit . . . . .	262
8.4	Intonation einer Orgel . . . . .	262
8.5	Moden zwischen parallelen Wänden im Freien . . . . .	263
8.6	Modenbildung in einem quaderförmigen Raum . . . . .	263
8.7	Lautsprecher über schallhartem Boden . . . . .	263
8.8	Überfluggeräusch . . . . .	265
8.9	Schwebungen an einer Lüftungsanlage . . . . .	266
8.10	Neuer Rückkühler in einer bestehenden Produktionsanlage . . . . .	267
8.11	A- und C-bewerteter Pegel zweier Musiksignale . . . . .	267
8.12	Immissionen eines Open-Air-Konzerts . . . . .	267
8.13	Wirkung einer Lärmschutzwand . . . . .	270

---

8.14	Mach-Kegel .....	270
8.15	Mittelungspegel einer Eisenbahmlinie .....	271
8.16	Messfehler durch das Grundgeräusch während einer Messung.....	272
8.17	Schallleistungsmessung im Hüllflächenverfahren .....	273
8.18	Schallübertragungswege aus einem Technikraum.....	273
8.19	Beschallung der Lounge für einen Club .....	274
8.20	Elastische Lagerung einer Wärmepumpe .....	277
8.21	Resonanzfrequenz von zwei Trittschalldämmungen .....	277
8.22	Messung im Hallraum .....	278
8.23	Grundgeräusch einer Lüftung in Abhängigkeit der Nachhallzeit .....	279
8.24	Tieftonabsorber in zwei Varianten .....	279
8.25	Schalldruckpegel einer STIPA-Quelle.....	280
8.26	Sprachverständlichkeitsmessung .....	281
8.27	Sprachverständlichkeitsprognose.....	281
8.28	Sprachverständlichkeitsmessung im Grundgeräusch.....	282
8.29	Messgrößen für die raumakustische Untersuchung eines Hörsaals.....	283
8.30	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen: Raumakustik .....	283
8.31	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen: Sprachverständlichkeit .....	292
8.32	Der Mehrzwecksaal von Klanghausen: Die Feier des Kantonsrats.....	296
<b>Literatur.....</b>		299
<b>Stichwortverzeichnis.....</b>		309