

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Themen im Überblick	1
1.2	Ebenen der akustischen Planung	2
<b>2</b>	<b>Psychoakustik</b>	<b>7</b>
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>	<b>49</b>
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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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	Überflugeräusch . . . . .	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	Überflugeräusch . . . . .	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 Eisenbahnlinie . . . . .	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