

Inhaltsverzeichnis

1 Theoretische Grundlagen des Schallfeldes	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Schallfeldgrößen und Schallfelder.....	1
1.2.1 Lineares Wellenfeld	1
1.2.2 Ebenes Wellenfeld.....	5
1.2.3 Kugelwellenfeld	10
1.3 Geschwindigkeit der Schallausbreitung	12
1.3.1 Ausbreitung in Gasen	12
1.3.2 Ausbreitung in Flüssigkeiten.....	14
1.3.3 Ausbreitung in festen Körpern (Körperschall).....	16
1.4 Impedanz	21
1.4.1 Akustische Impedanz	21
1.4.2 Mechanische Impedanz	24
1.4.2.1 Mechanische Impedanzen idealisierter Bauteile.....	24
1.4.2.2 Mechanische Eingangsimpedanz realer Bauteile	33
1.4.2.3 Elastische Entkopplung, Schwingungs- und Körperschallisolierung	37
1.4.3 Übertragene mechanische Leistung.....	48
1.5 Energetische Größen des Schallfeldes.....	50
1.5.1 Ebenes Wellenfeld.....	51
1.5.2 Kugelwellenfeld	52
1.6 Zeitliche und spektrale Darstellung von Schallfeldgrößen.....	53
1.6.1 Periodischer Zeitverlauf	55
1.6.2 Regelloser, stochastischer Zeitverlauf, allgemeines Rauschen	57
1.6.3 Kurzzeitige Meßgrößenänderungen, Impulswirkung.....	63
1.6.4 Allgemeine Geräusche, Lärm.....	71
1.7 Schallpegelgrößen	72
1.7.1 Zusammenhang zwischen einer Schallintensitäts- bzw. Schalldruckänderung und einer Pegeländerung	74
1.7.2 Pegeladdition, Summenpegel	77
1.7.3 Störpegel.....	79
1.7.4 Mittelwertbildung von verschiedenen, zeitlich konstanten Pegeln	80
1.7.5 Mittelwertbildung zeitabhängiger Pegel.....	81
1.8 Literatur	85

2	Entstehung und Abstrahlung von Schall	87
2.1	Schallentstehung bei einfachen Schallsendern	88
2.1.1	Linienhafte Kontinua	88
2.1.1.1	Schwingende Saiten	88
2.1.1.2	Schwingende Stäbe, Zungen	88
2.1.1.3	Schwingende Ringe, Rohre	90
2.1.1.4	Schwingende Gassäulen (Flüssigkeitssäulen)	93
2.1.2	Flächenhafte Kontinua	95
2.1.2.1	Schwingende Membranen	95
2.1.2.2	Schwingende Platten	98
2.2	Abstrahlung von Körperschall, Abstrahlgrad	100
2.2.1	Kugelstrahler 0-ter Ordnung	104
2.2.2	Kugelstrahler 1. Ordnung	110
2.2.3	Kugelstrahler 2. Ordnung	116
2.2.4	Kolbenstrahler	118
2.2.5	Biegeelastische, unendlich große Platte bei Körperschallanregung ...	122
2.2.6	Koinzidenzeffekt	130
2.3	Literatur	136
3	Technische Geräusche und ihre Entstehung	137
3.1	Körperschall	137
3.1.1	Stoß- und Schlaganregung	139
3.1.2	Periodische Anregung	140
3.1.3	Stochastische Anregung	140
3.2	Fluidschall	141
3.2.1	Aeropulsive Geräusche	142
3.2.2	Geräuscentstehung infolge Wirbelbildung	143
3.2.3	Geräuscentstehung durch Freistrahlen	144
3.2.4	Geräuscentstehung in turbulenten Grenzschichten	146
3.3	Thermodynamische Geräusche	149
3.4	Resonanztöne	149
3.5	Fluidschall bei allgemeinen Gasen und Flüssigkeiten	150
3.6	Literatur	153
4	Physiologische Grundlagen des Hörens	155
4.1	Menschliches Gehör	155
4.2	Subjektive Lautstärke und Weber-Fechnersches Gesetz	158
4.3	Tonhöhenempfinden	163
4.4	Literatur	164

5 Objektive Lautstärke	165
5.1 Frequenzbewerteter Schallpegel	165
5.2 Zeitbewerteter Schallpegel	168
5.3 Berechnung und Beurteilung der Lautstärke breitbandiger Geräusche	169
5.3.1 Verfahren nach E. Zwicker (Frequenzgruppenverfahren).....	171
5.3.2 Verfahren von Stevens (Lautheitsbewertungsverfahren)	173
5.4 Beurteilung der Lästigkeit von Geräuschen.....	175
5.4.1 NR-Verfahren	176
5.4.2 Perceived Noise Level.....	176
5.4.3 Beurteilungspegel.....	178
5.5 Literatur	185
 6 Schallausbreitung im Freien	 187
6.1 Punktschallquelle.....	187
6.2 Linien- und Flächenschallquellen.....	192
6.3 Reflexionen bei der Schallausbreitung	202
6.4 Zusätzliche Pegelminderungen	203
6.4.1 Pegelminderung durch Dämpfungseffekte	204
6.4.2 Pegelminderung durch Abschirmung im Freien.....	209
6.5 Zusammenfassung und Beispiele.....	220
6.6 Literatur	226
 7 Schallausbreitung in geschlossenen Räumen.....	 227
7.1 Eigenwerte, geometrische Reflexion, diffuses Schallfeld	228
7.2 Energiebetrachtung bei der Schallreflexion, Anpassungsgesetz	233
7.3 Luftschalldämmung an ebenen Wänden endlicher Dicke, Massengesetz	237
7.4 Luftschalldämmung von Doppelwänden aus biegeweichen Schalen	258
7.5 Mittleres Schalldämmmaß $\bar{R}$, bewertetes Schalldämm-Maß R_w	264
7.6 Luftschalldämmung an ebenen Wänden, Poren- und Resonanzabsorbern....	266
7.6.1 Porenabsorber.....	266
7.6.2 Resonanzabsorber.....	273
7.7 Gesamtabsorption eines Raumes	279
7.8 Schalldruckpegel des diffusen Schallfeldes.....	282
7.9 Hallradius.....	286
7.10 Nachhallzeit	287
7.11 Hörsamkeit eines Raumes.....	293
7.12 Schallabstrahlung eines diffusen Feldes.....	297
7.13 Semi-Diffusfeld, Bezugsschallquelle.....	305
7.14 Akustische Meßräume	310
7.14.1 Reflexionsarme Schallmeßräume	310
7.14.2 Hallräume	311
7.15 Literatur	313

8 Schalleistung	315
8.1 Schalleistung, eine invariante Größe	315
8.2 Ermittlung des Schalleistungspegels nach dem Hüllflächenverfahren	317
8.2.1 Messung unter Freifeldbedingungen	317
8.2.2 Messung in geschlossenen Räumen	323
8.3 Ermittlung des Schalleistungspegels nach dem Hallraumverfahren.....	326
8.4 Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz.....	328
8.5 Literatur	330
 9 Rohrleitungsgeräusche	333
9.1 Einleitung.....	333
9.2 Mathematische Behandlung der Rohrströmung.....	334
9.3 Innere Schalleistung	340
9.4 Dämmung der Rohrwand.....	342
9.5 Schallweiterleitung in der Rohrleitung	347
9.5.1 Dämpfung in geraden Rohrstrecken.....	348
9.5.2 Dämpfung (Dämmung) an Formelementen.....	352
9.5.3 Dämpfung (Dämmung) an der Austrittsöffnung	354
9.5.4 Dämpfung (Aufteilung) an Rohrverzweigungen.....	358
9.6 Schallabstrahlung an der Rohrwand, äußere Schalleistung	361
9.7 Rechenbeispiel.....	363
9.8 Literatur	368
 Anhang	371
A1 Herleitung einiger Wellengeschwindigkeiten in festen Körpern.....	371
A2 Gruppengeschwindigkeit.....	371
 Verzeichnis der Formelgrößen	375
 Sachwortverzeichnis	385