

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	4
1.2.3 Kugelwellenfeld	8
1.3 Geschwindigkeit der Schallausbreitung	9
1.3.1 Ausbreitung in Gasen	9
1.3.2 Ausbreitung in Flüssigkeiten	10
1.3.3 Ausbreitung in festen Körpern (Körperschall)	12
1.4 Impedanz	16
1.4.1 Akustische Impedanz	16
1.4.2 Mechanische Impedanz	17
1.4.3 Übertragene mechanische Leistung	26
1.5 Energetische Größen des Schallfeldes	27
1.5.1 Ebenes Wellenfeld	28
1.5.2 Kugelwellenfeld	29
1.6 Zeitliche und spektrale Darstellung von Schallfeldgrößen	30
1.6.1 Periodischer Zeitverlauf	31
1.6.2 Regeloser, stochastischer Zeitverlauf, allgemeines Rauschen	32
1.6.3 Kurzzeitige Meßgrößenänderungen, Impulswirkung	38
1.6.4 Allgemeine Geräusche, Lärm	44
1.7 Schallpegelgrößen	45
1.7.1 Zusammenhang zwischen einer Schallintensitäts- bzw. Schalldruckänderung und einer Pegeländerung	48
1.7.2 Pegeladdition, Summenpegel	49
1.7.3 Störpegel	52
1.7.4 Mittelwertbildung von verschiedenen, zeitlich konstanten Pegeln	53
1.7.5 Mittelwertbildung zeitabhängiger Pegel	54
2 Entstehung und Abstrahlung von Schall	59
2.1 Schallentstehung bei einfachen Schallsendern	60
2.1.1 Linienhafte Kontinua	60
2.1.1.1 Schwingende Saiten	60
2.1.1.2 Schwingende Stäbe, Zungen	60
2.1.1.3 Schwingende Ringe, Rohre	62
2.1.1.4 Schwingende Gassäulen (Flüssigkeitssäulen)	64
2.1.2 Flächenhafte Kontinua	65
2.1.2.1 Schwingende Membranen	65
2.1.2.2 Schwingende Platten	67

2.2	Abstrahlung von Körperschall, Abstrahlgrad	69
2.2.1	Kugelstrahler 0-ter Ordnung	71
2.2.2	Kugelstrahler 1. Ordnung	77
2.2.3	Kugelstrahler 2. Ordnung	81
2.2.4	Kolbenstrahler	84
2.2.5	Biegeelastische, unendlich große Platte bei Körperschallanregung	87
2.2.6	Koinzidenzeffekt	93
3	Technische Geräusche und ihre Entstehung	98
3.1	Körperschall	98
3.1.1	Stoß- und Schlaganregung	99
3.1.2	Periodische Anregung	100
3.1.3	Stochastische Anregung	101
3.2	Fluidschall	102
3.2.1	Aeropulsive Geräusche	102
3.2.2	Geräuschenstehung infolge Wirbelbildung	103
3.2.3	Geräuschenstehung durch Freistrahlen	104
3.2.4	Geräuschenstehung in turbulenten Grenzschichten	106
3.3	Thermodynamische Geräusche	107
3.4	Resonanztöne	107
3.5	Fluidschall bei allgemeinen Gasen und Flüssigkeiten	108
4	Physiologische Grundlagen des Hörens	110
4.1	Menschliches Gehör	110
4.2	Subjektive Lautstärke und Weber-Fechnersches Gesetz	113
4.3	Tonhöhenempfinden	117
5	Objektive Lautstärke	118
5.1	Frequenzbewerteter Schallpegel	118
5.2	Zeitbewerteter Schallpegel	121
5.3	Berechnung und Beurteilung der Lautstärke breitbandiger Geräusche	122
5.3.1	Verfahren nach E. Zwicker (Frequenzgruppenverfahren)	123
5.3.2	Verfahren von Stevens (Lautheitsbewertungsverfahren)	125
5.4	Beurteilung der Lästigkeit von Geräuschen	127
5.4.1	Lübecke-Verfahren	128
5.4.2	NR-Verfahren	128
5.4.3	Kryter-Verfahren	129
5.4.4	Beurteilungspegel	130
6	Schallausbreitung im Freien	136
6.1	Punktschallquelle	136
6.2	Linien- und Flächenschallquellen	140
6.3	Reflexionen bei der Schallausbreitung	148
6.4	Zusätzliche Pegelminderungen	149

6.4.1	Pegelminderung durch Dämpfungseffekte	149
6.4.2	Pegelminderung durch Abschirmung im Freien	150
6.5	Meteorologische Einflüsse	160
6.6	Zusammenfassung und Beispiele	160
7	Schallausbreitung in geschlossenen Räumen	170
7.1	Eigenwerte, geometrische Reflexion, diffuses Schallfeld	171
7.2	Energiebetrachtung bei der Schallreflexion, Anpassungsgesetz	175
7.3	Luftschalldämmung an ebenen Wänden endlicher Dicke, Massengesetz	179
7.4	Luftschalldämmung von Doppelwänden aus biegeweichen Schalen	197
7.5	Mittleres Schalldämmaß \bar{R} , bewertetes Schalldämmaß R_W	203
7.6	Luftschalldämpfung an ebenen Wänden, Poren- und Resonanzabsorbern	205
7.6.1	Porenabsorber	205
7.6.2	Resonanzabsorber	208
7.7	Gesamtabsorption eines Raumes	213
7.8	Schalldruckpegel des diffusen Schallfeldes	215
7.9	Hallradius	219
7.10	Nachhallzeit	220
7.11	Hörsamkeit eines Raumes	225
7.12	Schallabstrahlung eines diffusen Feldes	229
7.13	Semi-Diffusfeld, Bezugsschallquelle	236
7.14	Akustische Meßräume	241
7.14.1	Reflexionsarme Schallmeßräume	241
7.14.2	Hallräume	242
8	Schalleistung	244
8.1	Schalleistung, eine invariante Größe	244
8.2	Ermittlung des Schalleistungspiegels nach dem Hüllflächenverfahren	245
8.2.1	Messung unter Freifeldbedingungen	245
8.2.2	Messung in geschlossenen Räumen	250
8.3	Ermittlung des Schalleistungspiegels nach dem Hallraumverfahren	252
9	Rohrleitungsgeräusche	254
9.1	Einleitung	254
9.2	Mathematische Behandlung der Rohrströmung	255
9.3	Innere Schalleistung	260
9.4	Dämmung der Rohrwand	262
9.5	Schallweiterleitung in der Rohrleitung	267
9.5.1	Dämpfung in geraden Rohrstrecken	268
9.5.2	Dämpfung (Dämmung) an Formelementen	271
9.5.3	Dämpfung (Dämmung) an der Austrittsöffnung	273
9.5.4	Dämpfung (Aufteilung) an Rohrverzweigungen	276
9.6	Schallabstrahlung an der Rohrwand, äußere Schalleistung	279
9.7	Rechenbeispiel	281

Anhang	285
A1 Herleitung einiger Wellengeschwindigkeiten in festen Körpern	285
A2 Gruppengeschwindigkeit	285
Literaturverzeichnis	288
Verzeichnis der Formelgrößen	292
Sachwortverzeichnis	298