

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	1
	Literatur.....	3
2	Problemschwerpunkt tiefe Frequenzen.....	5
	Literatur.....	13
3	Schallabsorption für den Lärmschutz und die raumakustische Gestaltung.....	15
3.1	Verhinderung schädlicher Reflexionen.....	17
3.2	Raumakustische Gestaltung	18
3.3	Pegelsenkung im Raum.....	19
3.4	Vermeidung des <i>Lombard</i> -Effektes	20
3.5	Herstellung akustischer Transparenz	21
3.6	Konditionierung akustischer Messräume	21
3.7	Schutz gegenüber Außenlärm	23
3.8	Schalldämpfer in Strömungskanälen.....	25
3.9	Kapselung von Maschinen und Anlagen.....	26
3.10	Dämpfung von Körperschall	27
3.11	Abschirmung ruhiger gegen laute Bereiche	28
	Literatur.....	30
4	Passive Absorber	31
4.1	Faserige Materialien.....	34
4.2	Offenporige Schaumstoffe	37
4.3	Geblähte Baustoffe.....	39
	Literatur.....	42
5	Platten-Resonatoren.....	43
5.1	Folien-Absorber	44
5.2	Platten-Schwinger	49

5.3	Verbundplatten-Resonatoren.....	51
	Literatur.....	61
6	Helmholtz-Resonatoren	63
6.1	Lochflächen-Absorber	63
6.2	Schlitz-Absorber	66
6.3	Membran-Absorber.....	72
	Literatur.....	76
7	Interferenz-Dämpfer	79
7.1	$\lambda/4$ -Resonatoren	80
7.2	$\lambda/2$ -Resonatoren	83
7.3	Rohr-Schalldämpfer	83
	Literatur.....	87
8	Absorber mit aktiven Komponenten	89
8.1	Masse-Feder-Systeme	90
8.2	Abzweig-Resonatoren	95
8.3	Moden-Dämpfer.....	98
	Literatur.....	100
9	Mikroperforierte Absorber	101
9.1	MPA-Platten	106
9.2	MPA-Folien	112
9.3	MPA-Flächengebilde	115
	Literatur.....	120
10	Integrierte und integrierende Schallabsorber	123
10.1	Schallabsorber als konstruktive Bauteile	125
10.2	Breitband-KompaktabSORBER	126
10.3	Schall absorbierende Möbel	129
10.4	Thermisch aktivierte Akustikelemente.....	133
10.5	Reflexionsarme Raumauskleidungen.....	136
10.6	Dämpfende Schornstein-Innenzüge	139
10.7	Beton-Verbundabsorber in Lärmschutzwänden.....	142
	Literatur.....	143
11	Schallabsorber in der Raumakustik	145
11.1	Zur Wahrnehmung von Akustik.....	146
11.2	Objektive Kriterien für die Hörsamkeit von Räumen	148
11.2.1	Größe des Raumes.....	149
11.2.2	Grobstruktur des Raumes	151
11.2.3	Feinstruktur des Raumes	153
11.2.4	Frühe Reflexionen	153

11.2.5	Nachhall im Raum.....	154
11.2.6	Bassverhältnis.....	157
11.2.7	Störpegel im Raum.....	157
11.2.8	Pegelverteilung im Raum	160
11.2.9	Impulsantwort des Raumes.....	161
11.2.10	Klarheits-Maß.....	163
11.2.11	Deutlichkeits-Maß	163
11.2.12	Schwerpunkts-Zeit.....	164
11.2.13	Seitenschall-Maß.....	164
11.2.14	Artikulationsverlust.....	165
11.3	Sprachverständlichkeit.....	166
11.3.1	Späte Reflexionen.....	169
11.3.2	Nachhall	170
11.3.3	Störabstand	172
11.3.4	Frequenzbegrenzung	173
11.4	Verdeckung hoher durch tiefe Frequenzanteile.....	174
11.5	Lärmentstehung in Kommunikationsräumen	179
11.6	Aktuelle Trends in der Architektur	185
11.7	Raumakustische Anforderungen nach DIN 18 041	186
11.8	Raum-Akustik für sprachliche Kommunikation	191
	a) Akustische Transparenz erzeugen!	196
	b) Raum-Moden bedämpfen!	197
	c) Nachhallzeit gleichmäßig senken!	198
11.9	Raum-Akustik für offene Bürolandschaften	200
11.10	Raum-Akustik für Unterricht und Schulung	208
11.11	Raum-Akustik für Musiker-Arbeitsplätze.....	210
11.11.1	Schallbelastungen bei Musikern.....	211
11.11.2	Die EU-Richtlinie 2003/10/EG	214
11.11.3	Maßnahmen zur Pegelminderung.....	215
11.11.4	Minderung der Emissionen durch raumakustische Maßnahmen	218
11.12	Raum-Akustik für Darbietung, Aufnahme und Wiedergabe von Sprache und Musik.....	223
11.12.1	Raumakustische Mindestanforderungen.....	224
11.12.2	Bass-Fundament und Nachhallzeit	226
11.13	Kirchen als (zufällige?) Musterfälle.....	232
11.13.1	Neubau mit akustischen Risiken.....	234
11.13.2	Exzellente Akustik als unerwartetes Ergebnis.....	236
11.13.3	Nachhall, der die Höhen betont	237
11.13.4	Akustische Aufwertung von Kirchenräumen	241
11.14	Amphitheater als (antike) Vorbilder	243
11.14.1	Wertschätzungen antiker Theater	244
11.14.2	Akustische Eigenschaften halboffener Räume	245
11.14.3	Folgerungen für die moderne Architektur	247

11.15 Ausführungsbeispiele innovativer Raum-Akustik	248
11.15.1 Anspruchsvolle Versammlungsstätten	250
a) Speisesäle.....	250
b) Plenarsäle.....	253
c) „Forum“ im Office Innovation Center.....	255
d) „Schlüterhof“ im Deutschen Historischen Museum ..	257
e) Tagungsräume im Wirtschaftsministerium.....	259
f) Mehrzweckräume in der neuen Akademie der Künste.....	262
11.15.2 Sport- und Freizeithallen	266
a) „Vicemoos“ Sporthalle	266
b) Erlebnisbad „Die Welle“	269
11.15.3 Konferenz- und Mehrzweckräume	274
a) Besprechungszimmer.....	275
b) „Medienraum“ im Office Innovation Center	277
c) Glaskabinen	277
d) Mehrzwecksäle	280
e) Schulungszentrum in ehemaliger Fabrikhalle.....	285
11.15.4 Offene Bürolandschaften.....	286
a) Hochleistungs-Absorber-Module.....	287
b) In Wandsysteme integrierte Hochleistungs-Absorber	288
c) Vergleich mit konventionellen raumakustischen Maßnahmen.....	291
d) Offene Bürolandschaft mit abgehängter Akustik-Decke	295
e) Offene Bürolandschaft mit konventionellen Akustik-Stellwänden.....	296
f) Offene Bürolandschaft ohne konventionelle Maßnahmen.....	298
g) Aktuelle Fachdiskussionen zum Thema	300
11.15.5 Musiker-Arbeitsräume.....	302
a) Schlagzeug-Unterrichtsraum der Musikschule Waldenbuch.....	302
b) Schlagzeug-Konzert im Musiksaal der Akademie des Schlosses Solitude Stuttgart.....	303
c) Orchestergräben.....	305
d) Orchester-Probensäle.....	314
e) Andere Probenräume	322
11.15.6 Großes Haus des Staatstheaters Mainz.....	323
a) Das akustische Konzept	323
b) Notwendige Grobanpassungen	325
c) Schall lenkende Maßnahmen	327
d) Schall absorbierende Maßnahmen	331

e)	Konzertnutzung.....	335
f)	Ergebnisse und Beurteilung	336
11.15.7	Tonstudios	340
a)	Mehrkanal-Vorführraum auf der Tonmeistertagung 1992	342
b)	Aufnahme- und Übertragungswagen	344
c)	Mehrkanal-Abhörraum	345
d)	Hörraum im Büroformat	351
e)	Tonbearbeitungsräume.....	355
f)	Produktionsstudios.....	357
11.15.8	Maschinen-, Produktions- und Bahnhofshallen.....	361
a)	Einhäusung einer Steinsäge	362
b)	Regionalbahnhof unter dem Potsdamer Platz	363
11.15.9	Akustische Messräume.....	365
Literatur.....		372
12	Schallabsorber und -dämpfer in Akustik-Prüfständen.....	379
12.1	Stand der Technik bei reflexionsarmen Räumen	381
12.2	Quellen des Lärms von Kraftfahrzeugen	383
12.3	Konventionelle Werkzeuge und Materialien für Freifeld-Räume.....	384
12.4	Auslegungs-Konzepte für reflexionsarme Räume	388
12.5	Simulationsrechnung für reflexionsarme Räume	401
a)	Einfluss des Absorptionsgrades	404
b)	Einfluss des geschlossenen Rechteck-Raumes	406
c)	Einfluss der Raumgeometrie.....	406
d)	Einfluss der Quellposition	408
e)	Einfluss der Bodenreflexionen.....	408
f)	Einfluss der Bandbreite des Testsignals	410
g)	Optimierung durch eine inhomogene Auskleidung ..	412
12.6	Drei alternative Absorber-Bausteine für reflexionsarme Räume.....	413
12.7	Ausführungsbeispiele innovativer Akustik-Prüfstände	419
12.7.1	BMW Motor-Akustik-Prüfstand in München	420
12.7.2	Audi Aeroakustik-Windkanal in Ingolstadt.....	429
12.7.3	Mercedes Technik-Zentrum in Sindelfingen	432
12.7.4	Volkswagen-Akustik-Zentrum in Wolfsburg	437
a)	Außengeräusch-Messhalle	440
b)	Rollen-Prüfstände	444
c)	Motoren- und Aggregate-Prüfstände	450
d)	Fenster-Prüfstand	453
e)	Hör-Studio	457
f)	Schalltechnische Erfahrungen aus einem anspruchsvollen Projekt.....	460

12.7.5	Daimler-Chrysler Windkanal in Auburn Hills	468
12.7.6	PSA Peugot/Citroen-Windkanal in St.-Cyr-L'Ecole	477
12.7.7	BMW Aerodynamic Test Centre in München.....	483
12.7.8	Erfahrungen aus dem chinesischen Markt.....	484
a)	Freifeldraum, <i>Shanghai Academy of Public Measurement</i>	485
b)	Halbfreifeld-Raum, <i>Shanghai Academy of Public Measurement</i>	485
c)	Freifeldraum, <i>Beijing National Institute of Metrology</i>	486
d)	Halbfreifeld-Raum, <i>Beijing National Institute of Metrology</i>	487
e)	Aggregate-Prüfstand, <i>PAN-ASIA Automobiles</i>	487
f)	Messkabine für <i>NOKIA</i> in Beijing.....	488
g)	Messkabine für <i>MOTOROLA</i> in Beijing.....	488
h)	Vorbeifahrt-Prüfstand der <i>Tongji University</i> in Shanghai	489
12.8	Rück- und Ausblick auf Akustik-Prüfstände.....	490
Literatur.....		493
13	Schalldämpfer in Strömungskanälen	497
13.1	Planung von Schalldämpferanlagen	497
13.2	Geometrische Parameter von Schalldämpfern	500
13.3	Abschätzung der Dämpfung.....	502
13.3.1	Begrenzung durch Nebenwege und Durchstrahlung	503
13.3.2	Erweiterte Piening-Formel	504
13.3.3	Schwachpunkt tiefer Frequenzen.....	506
13.3.4	Einfluss der Strömung	508
13.3.5	Einfluss der Temperatur	509
13.3.6	Reflexionsdämpfung	509
13.3.7	Berücksichtigung von Abdeckungen.....	510
13.3.8	Beeinträchtigungen durch Körperschall	511
13.3.9	Dämpfung höherer Moden	513
13.4	Abschätzung des Eigengeräusches.....	514
13.5	Geräuschabstrahlung in einen Raum.....	515
13.6	Abschätzung der Druckverluste	516
13.7	Messungen an Schalldämpfern	520
13.7.1	Einfügungsdämpfung	526
13.7.2	Durchgangsdämpfung	528
13.7.3	Ausbreitungsdämpfung.....	529
13.7.4	Immissionswirksame Dämpfung	530
13.8	Ausführungsbeispiele innovativer Kanal-Auskleidungen	533
13.8.1	Resonator-Schalldämpfer für Bewetterungsanlagen	533
13.8.2	Membran-Absorber in Rauchgas-Reinigungsanlagen....	537
13.8.3	Schalldämpfer an Papiermaschine.....	541

13.8.4	Schalldämpfer in Mineralfaser-Produktionsanlage	547
a)	Schalltechnische Anforderungen	550
b)	Ganzmetall-Schalldämpfer für Vakuum-Anlage	550
c)	Umlenk-Schalldämpfer an Entstaubungsanlage	551
d)	Schorenstein mit integriertem Schalldämpfer.....	554
13.8.5	Schalldämpfer für Nassentstaubung	557
13.8.6	Schalldämpfer für mit Staub beladene Abluft	560
13.8.7	Schalldämpfer in Heizungsanlagen	561
a)	Reaktive Rohr-Schalldämpfer.....	563
b)	Aktive Resonanz-Schalldämpfer	564
c)	Schlitz-Schalldämpfer in Heizkesseln	564
13.8.8	Aktive Schalldämpfer in Raumklimageräten.....	565
13.8.9	Schalldämpferauslegungen für RLT-Anlage	567
13.9	Rück- und Ausblick auf Schalldämpfer	568
	Literatur.....	573
	Stichwortverzeichnis	577