

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>1</b>
	Literatur.....	3
<b>2</b>	<b>Problemschwerpunkt tiefe Frequenzen.....</b>	<b>5</b>
	Literatur.....	13
<b>3</b>	<b>Schallabsorption für den Lärmschutz und die raumakustische Gestaltung.....</b>	<b>15</b>
	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
<b>4</b>	<b>Passive Absorber.....</b>	<b>31</b>
	4.1 Faserige Materialien.....	34
	4.2 Offenporige Schaumstoffe.....	37
	4.3 Geblähte Baustoffe.....	39
	Literatur.....	42
<b>5</b>	<b>Platten-Resonatoren.....</b>	<b>43</b>
	5.1 Folien-Absorber.....	44
	5.2 Platten-Schwinger.....	49

5.3	Verbundplatten-Resonatoren.....	51
	Literatur.....	61
<b>6</b>	<b>Helmholtz-Resonatoren</b> .....	<b>63</b>
6.1	Lochflächen-Absorber .....	63
6.2	Schlitz-Absorber .....	66
6.3	Membran-Absorber.....	72
	Literatur.....	76
<b>7</b>	<b>Interferenz-Dämpfer</b> .....	<b>79</b>
7.1	$\lambda/4$ -Resonatoren .....	80
7.2	$\lambda/2$ -Resonatoren.....	83
7.3	Rohr-Schalldämpfer .....	83
	Literatur.....	87
<b>8</b>	<b>Absorber mit aktiven Komponenten</b> .....	<b>89</b>
8.1	Masse-Feder-Systeme .....	90
8.2	Abzweig-Resonatoren.....	95
8.3	Moden-Dämpfer.....	98
	Literatur.....	100
<b>9</b>	<b>Mikroperforierte Absorber</b> .....	<b>101</b>
9.1	MPA-Platten .....	106
9.2	MPA-Folien .....	112
9.3	MPA-Flächengebilde .....	115
	Literatur.....	120
<b>10</b>	<b>Integrierte und integrierende Schallabsorber</b> .....	<b>123</b>
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
<b>11</b>	<b>Schallabsorber in der Raumakustik</b> .....	<b>145</b>
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) Konzernnutzung.....	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) Einhausung einer Steinsäge.....	362
b) Regionalbahnhof unter dem Potsdamer Platz.....	363
11.15.9 Akustische Messräume.....	365
Literatur.....	372
<b>12 Schallabsorber und -dämpfer in Akustik-Prüfständen.....</b>	<b>379</b>
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 Peugeot/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
<b>13</b>	<b>Schalldämpfer in Strömungskanälen .....</b>	<b>497</b>
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)	Schornstein 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
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>		<b>577</b>