

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Formelgrößen</b> .....	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen des Schallfeldes</b> .....	<b>7</b>
2.1 Einleitung .....	7
2.2 Schallfeldgrößen und Schallfelder .....	7
2.2.1 Lineares Wellenfeld .....	8
2.2.2 Ebenes Wellenfeld .....	11
2.2.3 Kugelwellenfeld .....	15
2.3 Geschwindigkeit der Schallausbreitung .....	18
2.3.1 Ausbreitung in Gasen .....	18
2.3.2 Ausbreitung in Flüssigkeiten .....	20
2.3.3 Ausbreitung in festen Körpern (Körperschall) .....	22
2.3.4 Überlagerung von zwei harmonischen Schwingungen .....	30
2.4 Impedanz .....	34
2.4.1 Akustische Impedanz .....	34
2.4.2 Mechanische Impedanz .....	37
2.5 Elastische Entkopplung, Schwingungs- und Körperschallisolierung ....	48
2.5.1 Schwingungsisolierung .....	51
2.5.2 Körperschallisolierung .....	62
2.5.3 Messtechnische Ermittlung der Impedanzen .....	69
2.5.4 Übertragene mechanische Leistung .....	73
2.6 Energetische Größen des Schallfeldes .....	76
2.6.1 Ebenes Wellenfeld .....	77
2.6.2 Kugelwellenfeld .....	78
2.7 Zeitliche und spektrale Darstellung von Schallfeldgrößen .....	79
2.7.1 Periodischer Zeitverlauf .....	81
2.7.2 Regelloser, stochastischer Zeitverlauf, allgemeines Rauschen ...	82
2.7.3 Kurzzeitige Messgrößenänderungen, Impulswirkung .....	88
2.7.4 Allgemeine Geräusche, Lärm .....	96

8.6.1	Porenabsorber	320
8.6.2	Resonanzabsorber	327
8.7	Gesamtabsorption eines Raumes	333
8.8	Schalldruckpegel des diffusen Schallfeldes	335
8.9	Hallradius	339
8.10	Nachhallzeit	340
8.11	Hörsamkeit eines Raumes	345
8.12	Schallabstrahlung von Räumen	350
8.13	Semi-Diffusfeld, Bezugsschallquelle	359
8.14	Akustische Messräume	364
8.14.1	Reflexionsarme Schallmessräume	364
8.14.2	Hallräume	365
9	<b>Schallleistung</b>	369
9.1	Schallleistung, eine invariante Größe	369
9.2	Ermittlung des Schallleistungspegels nach dem Hüllflächenverfahren	371
9.2.1	Messung unter Freifeldbedingungen	371
9.2.2	Messung in geschlossenen Räumen	377
9.3	Ermittlung des Schallleistungspegels nach dem Hallraumverfahren	380
9.4	Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	382
10	<b>Rohrleitungsgeräusche</b>	387
10.1	Einleitung	387
10.2	Mathematische Behandlung der Rohrströmung	388
10.3	Innere Schallleistung	394
10.4	Dämmung der Rohrwand	397
10.5	Schallweiterleitung in der Rohrleitung	402
10.5.1	Dämpfung in geraden Rohrstrecken	403
10.5.2	Dämpfung (Dämmung) an Formelementen	407
10.5.3	Dämpfung (Dämmung) an der Austrittsöffnung	408
10.5.4	Dämpfung (Aufteilung) an Rohrverzweigungen	412
10.6	Schallabstrahlung an der Rohrwand, äußere Schallleistung	415
10.7	Rechenbeispiel	417
11	<b>Mechatroniksysteme in Fahrzeugen</b>	423
11.1	Geräusch- und Schwingungsphänomene in Fahrzeugen	424
11.2	Schallentstehungsmechanismen und Geräuschminderungsmaßnahmen	425
11.2.1	Elektrische Stellmotoren	426
11.2.2	Klimaanlagen	429
11.2.3	Gebläse und Fahrzeuglüfter	430
11.2.4	Lenksysteme	433
11.2.5	Bremssysteme	440

11.3	Geräuschübertragung	440
11.3.1	Körperschallübertragung durch Schlauchleitungen	442
11.3.2	Dämpfungsberücksichtigung durch komplexe Steifigkeit	445
11.3.3	Schallpfadmodellierung durch Übertragungsmatrizen	449
<b>12</b>	<b>Schalldämpfer in Rohrleitungen</b>	<b>457</b>
12.1	Anwendung von Schalldämpfern	457
12.2	Reflektion als Wirkprinzip von Schalldämpfern	459
12.2.1	Reflektion am offenen Rohrende	459
12.2.2	Abstrahlung am Rohrende	460
12.2.3	Durchgang hoher Frequenzen	460
12.2.4	Stehende Wellen in Rohrleitungen	461
12.2.5	Wirkung von Reflektionsschalldämpfern	462
12.3	Berechnung von Reflexionsschalldämpfern	463
12.3.1	Schallfelder in einer Rohrleitung	463
12.3.2	Schallschnelle und Schallfluss	464
12.3.3	Beschreibung des Schallfelds im Rohr als Transfermatrix	465
12.3.4	Schallleistung im Rohr ohne Strömung	468
12.3.5	Überlagerung von Strömung im Rohr	468
12.3.6	Schallleistung im Rohr mit Strömung	470
12.3.7	Beschreibung eines Rohrleitungssystems durch Transfermatrizen	470
12.3.8	Abstrahlungsimpedanz	472
12.3.9	Anwendung der Abstrahlungsimpedanz	474
12.3.10	Eingangsimpedanz	475
12.3.11	Schallquelle	475
12.3.12	Mündungsgeräusch	476
12.4	Schalldämpferkenngrößen	477
12.4.1	Einfügedämpfung	477
12.4.2	Durchgangsdämpfung	478
12.5	Wirkung einzelner Schalldämpferbauteile	478
12.5.1	Kurze Expansionskammer	478
12.5.2	Der Helmholtzresonator	481
12.5.3	Der $\lambda/4$ -Resonator	484
12.6	Rechenbeispiel	485
12.6.1	Zerlegung eines Reflektionsschalldämpfers in einzelne Bauteile	485
12.6.2	Berechnung des Mündungsgeräuschs	486
12.7	Anwendung von Absorptionsschalldämpfern	487
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>491</b>