

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen	1
1.1 Größen und Einheiten	1
1.1.1 Häufig verwendete Größen in SI-Einheiten	2
1.2 Pegelrechnung	4
1.3 Komplexe Rechnung	6
1.4 Näherungsrechnung und asymptotische Darstellung	8
1.4.1 Meßfehler	8
1.4.2 Näherungen	9
1.4.3 Asymptotische Darstellung	12
1.5 Zeitfunktion und Spektrum	18
1.5.1 Töne und Klänge	18
1.5.2 Rauschen	20
1.5.3 Impulse	24
1.5.4 Amplitudenmodulation	27
1.5.5 Frequenzmodulation	29
1.6 Akustische Kommunikation	32
1.6.1 Sprechorgan	32
1.6.2 Hörorgan	34
1.6.3 Hörfläche	36
1.7 Meßtechnik	39
1.7.1 DIN-Normen (Auswahl)	42
2. Schallwellen und Schallfelder	43
2.1 Grundgleichungen des Schallfeldes	43
2.2 Die ebene Welle	46
2.3 Die Kugelwelle	49
2.4 Das Schallfeld um eine Kugelschallquelle	53
2.5 Zylinderwellen	56
2.6 Bestimmung der Schalleistung	58
2.6.1 Ebene Welle	58
2.6.2 Kugelwelle	59
2.7 Die Ergiebigkeit einer sehr kleinen Kugelquelle (Punktquelle)	61
2.8 Das Schallfeld einer Linienschallquelle	62
2.8.1 Näherung über mehrere Punktquellen	62
2.8.2 Grenzübergang zu unendlich vielen Punktquellen	65
2.9 Kenngrößen der Richtwirkung	66
2.9.1 Richtdiagramm, Richtungsfaktor und Richtungsmaß	66
2.9.2 Bündelungsgrad und Bündelungsmaß	69
2.9.3 Abstrahlwinkel	70
2.10 Dipolstrahler	70
2.10.1 Zwei gegenphasige Kugelquellen	70
2.10.2 Praktische Realisierung eines Dipolstrahlers	73
2.11 Konphas schwingende Platte	74
2.11.1 Kolbenmembran	74
2.11.2 Schallfeld der kreisförmigen Kolbenmembran	75
2.11.3 Bündelungsmaß der Kolbenmembran	78

2.11.4	Schalldruck im Nahfeld der Kolbenmembran	79
2.11.5	Unterschied Nahfeld - Fernfeld	80
2.11.6	Die Strahlungsimpedanz der kreisförmigen Kolbenmembran	81
2.11.7	Konusmembran	83
2.12	Anpassung der Kolbenmembran durch Trichter (Hornlautsprecher)	84
2.12.1	Konustrichter	85
2.12.2	Exponentialtrichter	89
2.12.3	Mündungsreflexionen beim Exponentialtrichter	91
2.12.4	Dimensionierungsbeispiel für einen Exponentialtrichter	93
2.12.5	Andere Trichterformen	94
2.12.6	Druckkammer	95
2.12.7	Nichtlineare Verzerrungen im Trichter	96
2.12.8	Akustische Linsen	97
2.13	Schallausbreitung in Flüssigkeiten	98
2.14	Körperschall	98
3.	Elektromechanische Entsprechungen	100
3.1	Grundgleichungen	101
3.2	Mechanische Ersatzschaltbilder	102
3.2.1	Mechanische Quellen	102
3.2.2	Verbindungsstangen	103
3.2.3	Feder	104
3.2.4	Reibwiderstand	105
3.2.5	Masse	105
3.3	Die Zusammenschaltung mechanischer Elemente und deren elektrische Analogie	106
3.4	Einheitswandler und quantitative Transformation	112
3.5	Akustische Impedanzen	114
3.5.1	Akustische Feder	115
3.5.2	Akustischer Widerstand	116
3.5.3	Akustische Masse	116
3.6	Analogien zwischen elektrischen, mechanischen und akustischen Netzwerken	117
3.7	Akustische Filter	120
3.7.1	Helmholtzresonator	120
3.7.2	Schalldämpfer (Tiefpaß)	122
4.	Ideale Wandler	123
4.1	Piezoelektrischer Wandler (Kristallwandler)	123
4.2	Dielektrischer Wandler (Kondensatorwandler)	125
4.3	Dynamischer Wandler	126
4.4	Magnetischer Wandler	127
4.5	Matrizendarstellung der Wandlergleichungen	128
4.6	Magnetostriktiver Wandler	132
5.	Reale Wandler	133
5.1	Piezowandler	133
5.2	Dielektrischer Wandler	136
5.3	Elektretwandler	140
5.4	Dynamischer Wandler	141
5.5	Magnetischer Wandler	144
5.6	Aktive nichtumkehrbare (irreversible) Wandler	146
5.6.1	Kohlemikrofon	146
5.6.2	Dehnungsmeßstreifen	147
5.6.3	Kondensatormikrofon in HF-Schaltung	147

6. Betriebsverhalten von realen Wandlern	149
6.1 Mikrofone	149
6.1.1 Frequenzgänge (Druckempfänger)	151
6.1.2 Richtwirkung	157
6.1.3 Störsignale	163
6.1.4 Verzerrungen	165
6.2 Lautsprecher	165
6.2.1 Frequenzgänge	166
6.2.2 Richtwirkung	173
6.2.3 Nichtlineare Verzerrungen	174
6.2.4 Mehrwegboxen, Frequenzweichen, Lautsprechergruppen	177
6.2.5 Baßreflexbox, passive Lautsprecher	181
6.2.6 Trichterlautsprecher	186
6.2.7 Einschwingverhalten	189
6.2.8 Belastbarkeit	192
6.2.9 Gegengekoppelte Lautsprecher	194
7. Raumakustik	196
7.1 Wandabsorption	196
7.2 Hallradius	198
7.3 Zeitliche Vorgänge	199
7.4 Optimierung der Raumakustik	204
7.5 Beispiele	207
8. Beschallungs- und Aufnahmetechnik	209
8.1 Schallausbreitung im Freien	209
8.2 Beschallungsanlagen für Freiflächen	211
8.3 Beschallungsanlagen für Räume	213
8.4 Kopfhörer	221
8.5 Echo- und Hallgeräte	224
8.6 Aufnahmetechnik	226
8.7 Sprachverständlichkeit	230
8.7.1 Der Artikulationsindex AI	231
8.7.2 Störende Echos: Der Haas-Effekt (Precedence-Effekt)	234
8.7.3 Deutlichkeitsmaß C_{50} und Klarheitsmaß C_{80}	235
8.7.4 Konsonantenverlust A_{cons}	236
8.7.5 Modulationsübertragungsfunktion MTF (modulation transfer function), RASTI	238
9. Hörbarkeit von Übertragungsfehlern	239
9.1 Eigenschaften des Gehörs	240
9.1.1 Verdeckung und Frequenzselektivität	240
9.1.2 Pegelunterschiedsschwelle	245
9.1.3 Frequenzunterschiedsschwelle	247
9.1.4 Die drei Grenzdauern des Gehörs	248
9.2 Lineare Verzerrungen	249
9.2.1 Verzerrungen des Amplitudenfrequenzganges	249
9.2.2 Verzerrungen des Phasenfrequenzganges	250
9.3 Nichtlineare Verzerrungen	251
9.4 Gleichlaufschwankungen	255
9.5 Eigenrauschen	257

10.	Stereophonie	259
10.1	Laufzeitstereophonie	259
10.2	Intensitätsstereophonie	261
10.3	Kopfhörerdarbietung	261
10.4	Stereophone Übertragung	261
11.	Schallspeicher	263
11.1	Schallplatte (analoge Speicherung)	263
11.2	Tonband (analoge Speicherung)	269
11.3	Digitale Signalverarbeitung	280
11.3.1	Zeitdiskrete Abtastung	280
11.3.2	Digitale Speicher	284
11.4	Rauschverminderungssysteme	287
12.	Lärmbekämpfung	290
12.1	Entstehung von Lärm	290
12.2	Messung von Lärm	291
12.2.1	Schallpegelmesser	291
12.2.2	Lautstärkeberechnungsverfahren	292
12.2.3	Lautheits-Meßgerät	294
12.3	Schalldämmung und Schalldämpfung	296
12.4	Verminderung von Lärm	297
	Anhang: Zylinderfunktionen	299
A.1	Darstellung der Besselfunktionen durch Integrale über Winkelfunktionen (Auswahl)	299
A.2	Die Struvesche Funktion	301
A.3	Die Gammafunktion	302
A.4	Reihendarstellung (Auswahl)	302
A.5	Funktionsgleichungen (Auswahl)	303
	Konstanten	305
	Größen und Einheiten	306
	Abkürzungen	310
	Weiterführende Literatur	311
	Sachverzeichnis	315