

Michael Dickreiter

Handbuch der Tonstudioteknik

Band I

Raumakustik, Schallquellen, Schallwahrnehmung,
:hallwandler, Beschallungstechnik, Aufnahmetechnik
Klanggestaltung

Herausgegeben von der
Schule für Rundfunktechnik

5., völlig neubearbeitete und ergänzte Auflage

KGSaur

München • New York • London • Oxford • Paris 1987

Inhalt

1. Akustik	1
<i>1.1 Schallfeld</i>	2
1.1.1 Schallausbreitung in der Luft	2
Kugelwelle und ebene Welle.	6
Schalldruck, Schallschnelle und Schallkennimpedanz	6
Schalldruckpegel	8
Schalleistung und Schallintensität	9
1.1.2 Einflüsse auf die Schallausbreitung in einem Raum.	11
Schallreflexion	11
Schallreflexion an ebenen Flächen, 11 - Schallreflexion an gekrümmten Flächen, 13	
Schallbeugung	15
Einfluß der Wellenlänge auf die Schallreflexion und die Schallbeugung.	16
Schallbrechung	17
Schallabsorption	17
Höhenabsorber, 19 - Mittenabsorber, 21 - Tiefenabsorber, 22	
Schalldämmung	23
<i>1.2 Raumakustik</i>	25
1.2.1 Der zeitliche Aufbau des Schallfeldes	25
1.2.2 Begriffe der Hörakustik	27
1.2.3 Direktschall und erste Reflexionen	27
Deutlichkeitsgrad, Klarheitsmaß	29
1.2.4 Hall	30
Nachhallzeit	31
Anfangsnachhall, 33 - Nachhalldauer, 33 - Optimale Nachhallzeit, 34 - Frequenzgang der Nachhallzeit, 34	
Anhall	35
Hallradius	36
Akustik der Aufnahmestudios und Regieräume	38
Störgeräuschpegel, 39 - Raumakustik von Aufnahmestudios, 40 - Veränderbare Nachhallzeit, 42 - Akustik von Regieräumen, 43 - Akustik im Übertragungswagen und in kleinen Abhörräumen, 43 - Akustik der Konzertsäle, Opernhäuser und Kirchen, 44	
Größen und Einheiten	47
Normen	47
Empfehlungen und Richtlinien	48
Literatur	49

2. Schallquellen	53
2.1 <i>Schallformen</i>	53
2.1.1 Schwingungen	54
Einfache Schwingungen	54
Überlagerung von Schwingungen	56
Analyse von Schwingungen	57
Analyseverfahren, 60	
2.2 <i>Menschliche Stimme</i>	61
2.2.1 Akustische Eigenschaften	61
Sprachspektrum	63
Sprachschallpegel	65
Singstimme	65
2.2.2 Richtcharakteristik	66
2.2.3 Sprachverständlichkeit	68
2.3 <i>Musikinstrumente</i>	69
2.3.1 Akustische Eigenschaften	69
Einschwingen	69
Quasistationärer Klangabschnitt	72
Teiltonaufbau, 73 - Formanten, 74 - Geräuschkomponenten, 75	
Ausklingvorgang	75
Musikalische Dynamik	76
Stimmung der Instrumente	78
2.3.2 Instrumente und ihre Eigenschaften	79
Streichinstrumente	79
Violine, 82 - Viola, 83 - Violoncello, 83 - Kontrabaß 83	
Holzblasinstrumente	84
Flöte, 84 - Oboe, Englisch Hörn, 85 - Klarinette, 85 - Saxophon, 86 - Fagott, 86	
Blechblasinstrumente	86
Hörn, 87 - Trompete, 87 - Posaune, 88 - Tuba, 88	
Klavier und Cembalo	88
Orgel	89
Keyboards	89
Clavinet, 90 - Mellotron, 90 - E-Piano, 90 - Stringsynthesizer, 90 - Elektronische Orgeln, 90 - Synthesizer, 91	
Gitarren	94
Schlaginstrumente	96
2.3.3 Richtcharakteristiken	97
Streichinstrumente	98
Violine und Viola, 99 - Violoncello, 99 - Kontrabaß, 100	
Holzblasinstrumente	100
Blechblasinstrumente	101

Normen und Empfehlungen . . . . .	.103
Literatur. . . . .	.104
3. Schallwahrnehmung . . . . .	.107
3.1 <i>Das Gehör und seine Funktion.</i> . . . . .	.107
3.2 <i>Schallereignis und Hörereignis.</i> . . . . .	.108
3.3 <i>Eigenschaften der Wahrnehmung.</i> . . . . .	.110
3.3.1 Lautstärkepegel und Lautheit . . . . .	.110
3.3.2 Anpassung und Verdeckung . . . . .	.113
3.3.3 Tonhöhe. . . . .	.114
3.3.4 Verzerrungen. . . . .	.114
3.3.5 Rauigkeit und Schärfe. . . . .	.115
3.3.6 Subjektive Tondauer. . . . .	.116
3.3.7 Hörbarkeit von Phasenänderungen. . . . .	.116
3.4 <i>Räumliches Hören natürlicher Schallquellen.</i> . . . . .	.117
3.4.1 Wahrnehmung der Richtung . . . . .	.118
Horizontale Ebene. . . . .	.118
Interaurale Zeitdifferenzen, 118-Interaurale Pegeldifferenzen, 119 —	
Zusammenwirken von interauralen Zeit- und Pegeldifferenzen, 120 -	
Lokalisationsunschärfe, 120	
Medianebene. . . . .	.121
3.4.2 Wahrnehmung der Entfernung . . . . .	.122
Im-Kopf-Lokalisation. . . . .	.123
3.5 <i>Räumliches Hören bei elektroakustischer Wiedergabe.</i> . . . . .	.124
3.5.1 Lautsprecherwiedergabe. . . . .	.124
Stereohörfläche. . . . .	.126
Phantomschallquellen bei Pegeldifferenzen. . . . .	.127
Phantomschallquellen bei Zeitdifferenzen. . . . .	.127
Phantomschallquellen beim Zusammenwirken von	
Pegel- und Zeitdifferenzen . . . . .	.129
3.5.2 Kopfhörerwiedergabe. . . . .	.130
Entzerrung der Kopfhörer. . . . .	.132
Wiedergabe von Kunstkopf aufnahmen. . . . .	.134
3.5.3 Theorien zur Lokalisation von Phantomschallquellen . . . . .	.134
Summenlokalisierung. . . . .	.135
Assoziationsmodell. . . . .	.136
Normen. . . . .	.138
Literatur. . . . .	.140

4. Schallwandler und Beschallungstechnik	143
4.1 <i>Prinzipien und Einteilung der Wandler.</i>	143
4.2 <i>Mikrofone.</i>	146
4.2.1 <i>Eigenschaften von Mikrofonen.</i>	147
Übertragungsfaktor und Übertragungsmaß, Empfindlichkeit	147
Übertragungsbereich	148
Frequenzkurve	148
Direktfeld- und Diffusfeldfrequenzgang, 148 - Frequenzgang bei Nah-	
besprechung von Gradientenempfängern, 151	
Störpegel	153
Grenzschalldruck, Aussteuerungsgrenze.	157
Nennabschlußimpedanz, Nennimpedanz	157
Richtwirkung und ihre Frequenzabhängigkeit	157
Vergleich der verschiedenen Richtcharakteristiken für den praktischen Ein-	
satz, 159 - Druckempfänger, 162 - Prinzip des Druckgradientenempfän-	
gers, 164 - Druckgradientenempfänger mit Achterrichtcharakteristik, 166 -	
Druckgradientenempfänger mit Nierenrichtcharakteristik, 167 -	
Druckgradientenempfänger mit Hyper- und Supernierenrichtcharak-	
teristiken, 170 - Interferenzempfänger mit Keulencharakteristik,	
171 -Torus-Richtcharakteristik, 173	
Wind- und Poppstörungen	173
4.2.2 <i>Bauformen von Mikrofonen.</i>	173
Kohlemikrofone	173
Kondensatormikrofone	174
Mikrofon-Vorverstärker, 175 - Spannungsversorgung der Kondensator-	
mikrofone, 176 - Druckempfänger mit Kugelrichtcharakteristik, 179 -	
Druckgradientenempfänger mit Nieren- und Achterrichtcharakteri-	
stik, 180 - Kondensatormikrofone mit umschaltbarer Richtcharakteri-	
stik, 181-Koinzidenzmikrofone, 184-Lavalier-Ansteckmikrofone, 186 —	
Grenzflächenmikrofone, 187-Körperschallmikrofone, 189	
Dynamische Mikrofone	189
Tauchspulmikrofone, 190-Bändchenmikrofone, 192	
4.2.3 <i>Mikrofonständer.</i>	193
4.2.4 <i>Einrichtungen für drahtlose Mikrofone.</i>	194
Zugelassene Frequenzbereiche	195
Sender	197
Wellenausbreitung	199
Empfänger	200
Empfangsantennen, 200	
Diversity-Betrieb	202
Kompanderverfahren für drahtlose Mikrofone	204

4.3 <i>Lautsprecher</i>	205
4.3.1 Bauformen von Lautsprechern	205
Dynamischer Lautsprecher	205
Konuslautsprecher, 205 - Kalottenlautsprecher, 207	
Elektrostatische Lautsprecher	208
Akustischer Kurzschluß und Lautsprecherboxen	209
4.3.2 Eigenschaften von Regielautsprechern	211
Frequenzgang	211
Ortsanpassung, 212	
Nichtlineare Verzerrungen	213
Richtcharakteristik	214
Aufstellung von Regielautsprechern	215
Bezugsregielautsprecher	216
4.4 <i>Kopfhörer</i>	220
4.4.1 Eigenschaften von Kopfhörern	221
Frequenzgang	221
4.4.2 Bauformen von Kopfhörern	224
4.4.3 Einrichtungen für drahtlose Kopfhörer	225
Übertragungsverfahren	225
Modulationsverfahren, 227 - Raumausleuchtung mit Infrarotlicht, 228 -	
Störungen der Infrarot-Übertragung, 229	
4.5 <i>Beschallung</i>	230
4.5.1 Einspielung	231
Aufstellung der Lautsprecher	231
Schallzeilen	233
Leistungsbedarf	235
Anschluß der Lautsprecherboxen	236
Aktive Lautsprecherboxen, 236 - Passive Lautsprecherboxen in nieder-	
ohmiger Schaltung, 237 - Passive Lautsprecherboxen in 100-Volt-	
Technik, 238	
4.5.2 Verstärkung von Schallquellen	240
Rückkopplung	240
Heraufsetzen der Rückkopplungsgrenze, 240	
Verzögerung der Lautsprechersignale	242
Bühnenbeschallung	243
Freiluftveranstaltungen	244
Stereofone Beschallungsanlagen	244
4.5.3 Verstärkung von Schallquellen bei gleichzeitiger Aufnahme	245
Normen	245
Literatur	246

5. Aufnahmetechnik	249
5.7 <i>Pegel</i>	249
5.1.1 Relativer und absoluter Spannungspegel.	250
Funkhausnormpegel.	251
5.1.2 Andere Pegelangaben	252
5.1.3 Rechnen mit Pegeln	253
Verstärkung und Dämpfung im Pegelmaß.	253
Überlagerung von Spannungen	254
Pegeldiagramme.	255
5.2 <i>Aussteuerung</i>	255
5.2.1 Eigenschaften des Aussteuerungsmessers.	256
Aussteuerung bei digitaler Tonsignalverarbeitung	259
5.2.2 Aussteuerung bei der Sendung	262
Richtlinien für die Aussteuerung im Hörrundfunk	264
Richtlinien für die Aussteuerung im Fernsehrundfunk.	265
Probleme der Kompatibilität bei Ansagen.	266
5.2.3 Aussteuerung bei der Produktion	267
Dynamik	267
Programmdynamik, 270	
5.3 <i>Übertragungsverfahren</i>	273
5.3.1 Monophonie.	274
5.3.2 Stereophonie.	275
Aufnahmetechnik.	275
Kopfbezogene Stereophonie.	276
Praktische Anwendung, 280	
Raumbezogene Stereophonie.	279
Kompatibilität	280
Vielkanaltechnik	282
5.4 <i>Wort- und Musikproduktionen</i>	282
5.4.1 Wortproduktionen.	282
5.4.2 Musikproduktionen.	284
5.5 <i>Stereoaufnahmetechnik</i>	285
5.5.1 Übersicht über die Aufnahme- und Mikrofonverfahren raumbezogener Stereophonie.	286
5.5.2 Gesichtspunkte für die Anwendung der einzelnen Verfahren	288
5.5.3 Intensitätsstereophonie.	289
XY-Mikrofonverfahren	289
MS-Mikrofonverfahren	291
Äquivalente Richtcharakteristik-Kombinationen der XY- und MS-Mikrofontechnik	292
Praktischer Einsatz von Stereomikrofonen	294

Aufnahmebereich, 294 - Einschränkung der Äquivalenzen, 295 - Ausrichtung des Stereomikrofons, 297 - Einsatz mehrerer Stereomikrofone, 300 - Einsatz von Monostützmikrofonen, 304 - Raumbezogene Stützmikrofone, 305	
Einzelmikrofonverfahren	307
Überwachung der Stereosignale bei Intensitätsstereofonie	309
Korrelationsgradmesser, 310-Stereosichtgerät, 312-Abhöreinheit, 314	
5.5.4 Laufzeitstereofonie	316
Praktischer Einsatz der Laufzeitstereofonie	317
Mikrofontyp, 318 - Grenzflächenmikrofone, 319 - Abstand zur Schallquelle, 320 - Mikrofonbasis, 320 - Abbildung der Schallquellen auf der Stereobasis, 322	
5.5.5 Die Verfahren der gemischten Stereofonie	323
ORTF-Mikrofonverfahren, 327 - OSS-Scheibe, 328 - Kunstkopf als Stereomikrofon, 329 - Kugelmikrofone mit großer Basis, 331	
5.5.6 Sprachaufnahmen	332
Abhörlautstärke bei der Aufnahme	332
Interviews und Reportagen	332
Gesprächsrunden	333
Störungen bei Sprachaufnahmen	334
5.5.7 Klangästhetische Gesichtspunkte bei Aufnahmen von Musik	335
Verteilung der Schallquellen auf der Stereobasis	336
Breite und Tiefenstaffelung, 337 - Historische Entwicklung, 338	
5.5.8 Mikrofonaufstellungen bei Fernhaufnahmen	339
Fernsehspiele	339
Unterhaltung und Show	341
Dokumentation, Feature und Aktualitäten	342
5.5.9 Mehrspurtechnik	343
Anwendung	343
Verfahren bei der Aufnahme	343
Mehrspurgeräte	345
Playbackverfahren	346
Normen	348
Richtlinien	348
Literatur	349
6. Geräte zur Klanggestaltung	351
<i>6.1 Beeinflussung des Frequenzgangs.</i>	<i>351</i>
6.1.1 Frequenzgang und Typen von Entzerrern	352
Parametrische Entzerrer	354
Tiefenentzerrer, 354 - Höhenentzerrer, 356 - Kombinierte Tiefen- und Höhenentzerrer, 357 - Präsenz- und Absenzfilter, 359 - Spezialfilter, 361	
Grafische Entzerrer	362

Inhalt

Dynamische Entzerrer.	364
Filter-Begrenzer, 000 - Programmgesteuertes Rauschfilter, 364	
6.2 <i>Effektgeräte</i>	367
6.2.1 Phasing und Flanging	367
6.2.2 Harmonizer und Zeitkompressor/-expander.	368
6.2.3 Vocoder.	370
6.2.4 Aphex Aural Exciter.	371
6.3 <i>Beeinflussung der Abbildungsrichtung</i>	372
6.3.1 Panorama-Potentiometer (Pan-Pot).	373
6.3.2 Richtungsmischer.	376
6.3.3 Pseudostereofonie.	379
6.3.4 Monofonisierung	380
90°-Filter.	380
6.4 <i>Beeinflussung des Raumeindrucks</i>	382
6.4.1 Erzeugung künstlichen Raumschalls.	383
Raummikrofone	384
Hallraum	385
Hallplatte.	386
Hallfolie.	387
Hallfeder.	388
Digitale Hallgeräte	391
6.4.2 Verzögerungsgeräte.	395
Anwendungen der Verzögerungsgeräte.	396
Anwendungen in der Aufnahmetechnik und Beschallungstechnik, 396, - Anwendungen bei Effekten der Aufnahmetechnik, 398	
6.5 <i>Regelverstärker</i>	399
6.5.1 Statisches Verhalten.	399
6.5.2 Dynamisches Verhalten.	401
Stereokopplung	403
6.5.3 Begrenzer.	405
Statisches Verhalten	405
Filter im Regelkreis, 406	
Dynamisches Verhalten.	408
6.5.4 Kompressor und Expander.	410
Statisches Verhalten.	410
Dynamisches Verhalten.	413
6.5.5 Noise Gate und Effektregelverstärker.	415
Normen.	416
Literatur.	417
Sachregister	419

Michael Dickreiter

Handbuch der Tonstudioteknik

Band 2

Analoge Schallspeicherung, analoge Tonregieanlagen,
Hörfunk-Betriebstechnik, digitale Tontechnik, Tonmeßtechnik

Herausgegeben von der
Schule für Rundfunktechnik

5., völlig neubearbeitete und ergänzte Auflage

K-G-Saur
München -New York- London -Paris 1990

Inhalt

7. Analoge Schallspeicherung	1
7.1 <i>Magnetische Schallspeicherung</i>	1
7.1.1 Grundlagen des Magnetismus.	1
Magnetisches Feld	1
Magnetische Induktion.	3
Hysteresisschleife.	4
7.1.2 Magnettonverfahren	6
Einführung	7
Magnettonbänder.	8
Maße und Bandgeschwindigkeiten, 8 - Träger, 9 - Beschichtung, 11	
Aufzeichnungsvorgang	12
Aufzeichnung mit HF-Vormagnetisierung, 15 - Selbstentmagne-	
tisierungsverluste, 17	
Elektroakustische Eigenschaften von Bändern	18
Einfluß des Vormagnetisierungsstroms, 18 - Vormagnetisierungs-	
strombedarf und Arbeitspunkt, 20 - Bezugspegel, 21 - Frequenz-	
gang, 21 - Aussteuerbarkeit, 21 - Empfindlichkeit, 22 - Nichtlineare	
Verzerrungen, 22 - Jungfräuliches Rauschen und Betriebsrauschen,	
22 - Gleichfeldrauschen und Modulationsrauschen, 23 - Stör-	
spannungsabstand, 23 - Kopiereffekt und Echolöschung, 24 - Heim-	
ton- und Kassettengeräte, 26	
Wiedergabevorgang	26
Abstandsverluste, 28 - Spaltverluste, 28	
Entzerrung des Frequenzgangs.	29
Löschvorgang	34
7.1.3 Systeme zur Rauschverminderung.	36
Telcom-	37
Verfahren	37
J>olby-Verfahren	41
7.4.4 Schnittbearbeitung von Bändern	43
Bandschnitt	43
JjPennzeichnung von Bändern.	44
tÄArbeitsverfahren beim Schnitt von Bändern	44
IP Schnitt von Sprachaufnahmen, 45 - Schnitt von Musikaufnahmen, 47 -	
Allgemeine Schnittverfahren, 47 - Schnitt bei Hörspielproduktionen	
und Musikmontagen, 48 - Schnitt von Mehrspuraufnahmen, 48 -	
Schnittlose Fehlerkorrektur 49	

Inhalt

7.1.5 Studio-Magnettonanlagen	49
Studio-Magnettonlaufwerke	51
Bandantrieb, 51 - Tonhöenschwankungen, 51 - Schlupf, 52 - Bremsen, 53 - Bandführung, 53 - Spulen, 54	
Magnettonköpfe	54
Sprechkopf, 54 - Hörkopf, 55 - Löschkopf, 55	
Mehrspur-Magnettonanlagen	56
Reportage-Magnettongeräte	56
Aufzeichnung von Mono- und Stereosignalen	57
7.2 <i>Mechanische Schallspeicherung</i>	59
7.2.1 Aufzeichnung	60
Mono- und Stereoaufzeichnung	60
Lichtbandbreite	62
Schneidkennlinien	63
7.2.2 Plattenherstellung	65
Lackplatten-Schneidverfahren	65
DMM-Schneidverfahren	66
7.2.3 Wiedergabe	67
Abtastsysteme	67
Mechanischer Aufbau und Wirkungsweise, 67 - Abtastnadeln und Auflagekraft, 69	
Tonarm	70
Geometrische Abtastverzerrungen	71
Spurverzerrungen bei Tiefenschrift, 72 - Klemmverzerrungen bei Seitenschrift, 72 - Spurverzerrungen bei Seitenschrift, 73 - Verzerrungen durch den vertikalen Spurfehlerwinkel, 73	
Laufwerk	74
Verstärker	75
Normen	76
Magnetische Schallspeicherung	76
Mechanische Schallspeicherung	77
Pflichtenhefte und Richtlinien	78
Literatur	79
8. Analoge Tonregieanlagen	81
8.1 <i>Historische Entwicklung</i>	84
8.2 <i>Aufbau einer Tonregieanlage</i>	85
8.3 <i>Leitungsführung und Anpassung</i>	88
8.3.1 Symmetrie und Unsymmetrie	89
8.3.2 Schirmung	90
8.3.3 Kabellänge und Kabelführung	91

8.3.4	Zusammenschaltung unterschiedlicher Ein- und Ausgangsschaltungen	93
8.3.5	Erdung	94
8.3.6	Anpassung	96
8.4	<i>Leitungsverbindungen.</i>	98
8.4.1	Klinken	98
8.4.2	Kreuzschienenverteiler	102
8.4.3	Steckverbindungen	105
8.4.4	Schalter.	107
8.5	<i>Mikrofonverstärker.</i>	108
8.5.1	Verstärkungseinstellung	110
8.5.2	Frequenzgang	111
8.5.3	Störpegel und Aussteuerungsfestigkeit	112
8.5.4	Mikrofon-Trennverteiler	113
8.5.5	Kommandoverstärker.	114
8.6	<i>Anschluß elektrischer Musikanlagen.</i>	114
8.6.1	Sicherheit und Anschlußtechnik	115
	Schutztrennung	116
	Modulationstrennübertrager.	116
8.6.2	Brummstörungen	119
	Brummstörungen bei Verwendung eines Netz-Trenntransformators	119
	Brummstörungen durch Massenschleifen	119
	Brummstörungen durch Mehrfacherdung	120
8.7	<i>Pegelsteller.</i>	122
8.7.1	VCA- und Servomotorpegelsteller.	124
8.7.2	Überblendregler.	125
8.7.3	Elektronische Blender.	126
8.8	<i>Knotenpunkte.</i>	127
8.8.1	Knotenpunkte mit Spannungsanpassung	127
8.8.2	Knotenpunkte mit Stromanpassung	128
	Knotenpunktverstärker.	131
8.9	<i>Hilfssummen.</i>	133
8.9.1	Schaltungen für künstliche Verhallungen.	136
8.9.2	Schaltungen für Einspielwege.	139
8.10	<i>Spezial- und Universalverstärker.</i>	140
8.10.1	Spannungsverstärker.	141
	Aufholverstärker.	143
	Leitungsverstärker.	143
	Trennverstärker.	143

Inhalt

8.10.2 Universalverstärker	145
Pegelverstärker	147
Knotenpunktverstärker	147
Trennverstärker	148
8.10.3 Anpaßverstärker	149
8.10.4 Leistungsverstärker	150
8.11 <i>Akustische und optische Signalüberwachung</i>	150
8.11.1 Einrichtungen und Kontrollpunkte für Abhören	151
Abhöreinheit	152
Lautstärke, 153-Balance, 156-Seitenwechsel, 157-Mono, 157-Phasenwechsel, 157-Leise, Kommando-Dämpfung, 157	
8.11.2 Einrichtungen und Kontrollpunkte für Vorhören	158
8.11.3 Mithöreinrichtung	159
8.11.4 Pegeltongenerator	159
8.12 <i>Tonregieanlagen in Streifentechnik</i>	161
8.12.1 Streifeneinheiten	162
Eingangseinheiten	163
Gruppen- und Summeneinheiten	168
Andere Einheiten	168
Hilfssummeneinheit, 172 - Monitoreinheit, 172 - Instrumenteneinheit, 172 - Kommandoeinheit, 172 - Summen-Ausgangseinheit, 172	
8.13 <i>Die weitere Entwicklung</i>	172
Pflichtenhefte und Richtlinien	176
Literatur	177
9. Hörfunk-Betriebstechnik	179
9. / <i>Betriebsablauforganisation im Hörfunk</i>	179
9.2 <i>Schaltraum</i>	182
9.2.1 Betriebsabwicklung	182
9.2.2 Programmführung im Kreuzschienenverteiler	183
Ortsempfangsleitungen	185
Verteilung zwischen den Technikräumen	185
Ortssendeleitungen	185
Weitere Einrichtungen	186
Kontrolleinrichtungen und Überprüfungen	186
Programmführung in rechnergesteuerten Schalträumen	187

9.2.3 Rechnergesteuerter Schaltraum	187
Aufbau	189
L-Schaltung, 190 - Doppel-L-Schaltung, 191 - Dreistufige Koppel- felder, 192 - Verbraucherbezogene Anordnung, 193 - Blockweise Anordnung, 195	
9.2.4 Postübergabestelle im Funkhaus.	197
9.3 <i>Sendekomplex und Schallaufnahme.</i>	198
9.3.1 Prinzipieller Aufbau einer Senderegie.	199
9.3.2 Schallaufnahme.	203
9.3.3 Sendungsablauf und Vorproduktion.	204
Blenden.	206
9.4 <i>Kommunikationseinrichtungen.</i>	210
9.4.1 Kommandoanlagen.	210
9.4.2 Wechsel- und Gegensprechanlagen.	212
9.4.3 Konferenzenanlagen.	213
9.4.4 Telefonverbindungen in 2- und 4-Drahttechnik.	215
9.4.5 OB-Einrichtungen.	215
9.4.6 ZB-Einrichtungen.	219
9.5 <i>Fernsprech-Überleiteinrichtungen.</i>	220
9.6 <i>Außenübertragungstechnik.</i>	223
9.6.1 Übertragungswagen.	224
Akustische Gestaltung.	225
Stromversorgung.	226
9.6.2 Außenübertragungs-Anschlußstellen.	228
9.6.3 Meldeleitungen.	228
9.6.4 Funkverbindungen bei Außenübertragungen.	231
Drahtlose Tonübertragungen aus dem Ü-Wagen.	231
Zentraler Funkempfangsraum.	234
Betriebsfunkanlagen.	234
Funktelefon.	235
9.7 <i>Tonleitungsstern der Rundfunkanstalten.</i>	237
9.8 <i>Stromversorgung.</i>	239
ft&l Stromnetze.	239
fcg.2 Notstrombetrieb.	239
M*83 Spannungsversorgung von Studiogeräten und -anlagen.	240
Wp^Programmausstrahlung.	241
Amplitudenmodulation.	242

Inhalt

9.9.2 Frequenzmodulation	242
Hochfrequente Rundfunkübertragung	244
Zusatzinformationen im Hörrundfunk	248
Verkehrsrundfunk VRF/ARI, 248 - Radio-Daten-System	
RDS, 249	
9.10 <i>Arbeitssicherheit</i>	250
9.10.1 Produktionsstätten beim Hörfunk	251
9.10.2 Gefahren des elektrischen Stroms	251
9.10.3 Schutz gegen direktes und indirektes Berühren spannungs- führender Teile	254
Schutzkleinspannung, 254 - Schutzisolierung, 255 - Nullung mit separatem Schutzleiter, 255 - Fehlerstrom-Schutzschaltung, 257 - Schutztrennung, 258 - Schutzerdung, 258	
9.10.4 Inbetriebnahme von elektrischen Geräten und Anlagen	259
9.10.5 Anschluß ortsveränderlicher Musikanlagen	261
9.10.6 Erste Hilfe bei Stromunfällen	262
Pflichtenhefte und Richtlinien	262
Literatur	263
10. Digitale Tontechnik	265
10.1 <i>Analog/Digital-Umsetzung</i>	267
10.1.1 Signaleigenschaften	267
10.1.2 Abtastung der Signale	269
Darstellung im Zeitbereich	269
Darstellung im Frequenzbereich	271
Abtasttheorem	274
Oversampling, 275	
Halteschaltung	276
10.1.3 Analog/Digital-Wandlung	276
Quantisierung und Dynamik	276
Lineare und nichtlineare Wandlung	279
A/D-Wandler	281
Zählwandler, 281 - Dual-Slope- und Multi-Slope-Wandler, 282 - Wägewandler, 286 - Parallel- oder Flash-Wandler, 287	
D/A-Wandler	288
D/A-Wandler mit gewichteten Strömen, 288 - D/A-Wandler mit „R/2R“-Leiternetzwerk, 289 - 1-Bit-Wandler, 290	
Wandlungsfehler	290
10.2 <i>Digitale Signalübertragung und Speicherung</i>	291

10.2.1	Quelldaten, Kanaldaten, Kanalmodulation	291
	Anforderungen an den Übertragungskanal	292
	Höchste Übertragungsfrequenz, 293 -Tiefste Übertragungs- frequenz, 293 - Rekonstruktion des Bit-Taktes, 293	
10.2.2	Schreibcodes und Kanalmodulation	295
	RZ-Codes.	295
	AMI-Code, 295	
	NRZ-Codes.	296
	NRZ(L)-Code, 296 - NRZ(M)-Code, 297 - Biphase(M)-Code, 297-Miller-Code, 298	
	RLL-Codes.	299
	EFM-Code, 299	
10.2.3	Fehlererkennung und Fehlerkorrektur.	301
	Addition modulo 2.	301
	Polynom.	303
	Instrumente der Fehlererkennung und Fehlerkorrektur.	303
	Ungewichtete Summe, P-Wort, 305 - Gewichtete Summe, Q-Wort 305 - Korrektur mit P-Wort, 306 - Korrektur mit P- und Q-Wort, 306 - Fehlerzeiger, 307 - CIRC, 309 - Fehlerverschleierung, 310	
10.2.4	Datenformatierung	312
	Magnetische Aufzeichnung mit rotierenden Köpfen.	312
	PCM-FI, 312-PCM 1610/1630, 314-RDAT, 316	
	Magnetische Aufzeichnung mit feststehenden Köpfen	327
	DASH, 327	
10.2.5	CompactDisc.	330
	Lesevorgang	330
	Optisches Abtastsystem, 331 - Servos, 326	
	Oversampling	326
	J-Bit-Wandler.	338
	Öatenformat	339
	CSfeuerdaten im Q-Kanal.	342
	Modus 1, 343 - Modus 2, 344 - Modus 3, 344	
	6 Signalübertragung über Leitungen	346
	|4ES/EBU-Studio-Interface	346
	fBS 1-Schnittstelle	350
	J^{mf} Rahmenstruktur, 350 - Format, 351 - ZI-Daten, 354	
	k	
	t Prinzipien des digitalen Mischpults.	356
	Aussteuerung	356
	Mischung	357
	| - Panoramasteller.	357
	.Signalverzögerung	358
	«Nachhall	358

Inhalt

10.3.6 Filterung	359
Literatur, Normen, Richtlinien	361
11. Tonmeßtechnik	363
<i>11.1 Verstärkung und Dämpfung elektrischer Geräte.</i>	<i>363</i>
11.1.1 Betriebsgrößen	365
11.1.2 Ein- und Ausgangsscheinwiderstände	366
11.1.3 Symmetrie	367
<i>11.2 Verzerrungen.</i>	<i>368</i>
11.2.1 Lineare Verzerrungen	368
11.2.2 Nichtlineare Verzerrungen	368
Meßverfahren	371
Klirrfaktor, 376 - Intermodulationsfaktor, 378 -	
Differenztonfaktor, 379	
<i>11.3 Störspannungen.</i>	<i>380</i>
11.3.1 Unbewertete Störspannungen	380
11.3.2 Bewertete Störspannungen	380
11.3.3 Systemrauschen und Betriebskennlinie	382
11.3.4 Tief- und Hochfrequenzfestigkeit, Knackstörungen	384
<i>11.4 Stereoparameter.</i>	<i>384</i>
11.4.1 Pegeldifferenzen	384
11.4.2 Phasendifferenzen	385
11.4.3 Übersprechen	387
<i>11.5 Schallpegel.</i>	<i>387</i>
11.5.1 Bewertete Schallpegel	387
11.5.2 Subjektive Bewertung des Schallpegels	389
<i>11.6 Messungen an Mikrofonen.</i>	<i>390</i>
11.6.1 Feld-Übertragungsfaktor und Feld-Übertragungsmaß	391
11.6.2 Frequenzgang	391
Messung im Freifeld	391
Messung im Diffusfeld	393
11.6.3 Richtwirkung	393
Richtungsfaktor, Richtungsmaß und Richtcharakteristik	393
Bündelungsgrad und Bündelungsmaß	394
11.6.4 Klirrfaktor und Grenzschalldruck	395
11.6.5 Störpegel	396
<i>11.7 Messungen an Lautsprechern und Lautsprechersystemen.</i>	<i>396</i>
11.7.1 Übertragungsmaß und Frequenzgang	396
Scheinwiderstand	398

	Inhalt
11.7.2 Richtwirkung	398
Richtungsfaktor, Richtungsmaß und Richtcharakteristik	398
Bündelungsgrad und Bündelungsmaß	399
Kennschalldruckpegel	399
<i>11.8 Messungen an Magnettonanlagen.</i>	399
11.8.1 Einstellungen und Prüfungen	400
Mechanische Einstellung	400
Bandzug, 400 - Bandgeschwindigkeit, 400 - Schlupf, 400 - Tonhöenschwankungen, 400 - Hochlaufzeit, 401	
Elektrische Messungen am Wiedergabekanal	401
Bezugspegel, 401 - Spaltlage (Azimut) und Phase, 401, Frequenzgang, 401 - Übersprechen, 401 - Störpegelabstand, 402 - Klirrdämpfung, 403	
Elektrische Messungen am Aufnahmekanal	403
Arbeitspunkt, 403 - Spaltlage (Azimut) und Phase, 403 - Bezugspegel, 404 - Frequenzgang, 404 - Übersprechen, 404 - Störpegelabstand, 404 - Klirrdämpfung, 404 - Löschdämpfung, 405	
Meßhilfsmittel	405
11.8.2 Messungen an Heimton- und Kassettengeräten	405
<i>11.9 Messungen an Plattenspielern.</i>	406
Umdrehungsgeschwindigkeit	406
Gleichlauf	406
Rumpel-Störspannung	406
Auflagekraft	407
Frequenzgang	408
Übersprechdämpfung	408
Verzerrungen	408
Nonnen	408
Pflichtenhefte und Richtlinien	410
Literatur	410
Fachausdrücke Englisch-Deutsch	412
Blockschaltsymbole	424
Elektrische Verbindungen	424
Meßinstrumente	425
, Tonstudioteknische Geräte	426
I Fernsprecheinrichtungen	429
Bauelemente	429
er Band 1 und 2	433