

Inhalt

12	Grundlagen der digitalen Tontechnik — 785
12.1	Einführung — 785
12.2	Signale — 787
12.2.1	Kontinuierliche Signale — 787
12.2.1.1	Signaldarstellung — 788
12.2.1.2	Signalverarbeitung — 790
12.2.2	Diskrete Signale — 791
12.2.2.1	Abtastung — 791
12.2.2.2	Quantisierung — 795
12.2.2.3	Signalrekonstruktion — 800
12.3	Systemkomponenten der digitalen Signalverarbeitung — 801
12.3.1	Analog/Digital-Wandlung — 802
12.3.1.1	Successive-Approximation-Wandler — 802
12.3.1.2	Delta-Sigma-Wandler — 803
12.3.2	Digital-/Analog-Wandlung — 806
12.3.2.1	R-2R-Wandler — 806
12.3.2.2	Delta-Sigma-Wandler — 806
12.3.2.3	Bitstream-Systeme — 807
12.3.3	Digitale Signalverarbeitung — 808
12.3.3.1	Signalprozessoren — 809
12.3.3.2	Filter — 811
12.4	Digitale Signalübertragung — 812
12.4.1	Quellencodierung und Datenkompression — 813
12.4.2	Kanalcodierung und Fehlerbehandlung — 813
12.4.3	Übertragungsnetze — 814
12.5	Digitale Audioschnittstellen — 816
12.5.1	AES/EBU und SPDIF — 816
12.5.1.1	Entwicklung — 817
12.5.1.2	Datenformat — 818
12.5.1.3	Kanalcodierung — 821
12.5.1.4	Elektrische Eigenschaften und Steckverbinder — 822
12.5.2	Mehrkanal-Schnittstellen — 823
12.5.2.1	Dolby-E Interface — 823
12.5.2.2	MADI — 824
12.5.2.3	ADAT — 824
12.5.2.4	TDIF — 824
12.5.3	FireWire — 824

12.5.4	USB — 825
12.5.4.1	Entwicklung — 826
12.5.4.2	Topologie — 826
12.5.4.3	Datenübertragung — 826
12.5.4.4	Elektrische Eigenschaften und Steckverbinder — 828
12.5.4.5	Audioapplikationen — 828
12.5.5	Thunderbolt — 829
12.5.6	Drahtlose Übertragung — 830
12.5.6.1	Bluetooth — 830
12.5.6.2	WLAN — 830
12.5.6.3	Powerline — 831
12.5.6.4	DNLA und Airplay — 831
12.5.7	Videoschnittstellen — 831
12.5.7.1	SDI — 831
12.5.7.2	DVI — 832
12.5.7.3	HDMI — 832
12.6	Audio-Dateiformate — 833
12.6.1	WAV, WAVE — 833
12.6.2	BWF — 834
12.6.3	RF64, RIFF64 — 834
12.6.4	AES31 Dateienter-Format — 835
Standards	— 835
Literatur	— 836
13	Audiocodierung — 837
13.1	Einführung — 837
13.1.1	Verlustfreie Codierverfahren — 838
13.1.2	Verlustbehaftete Codierverfahren — 839
13.1.2.1	Wellenformcodierung — 839
13.1.2.2	Quellenorientierte Codierung — 839
13.1.2.3	Empfängerorientierte Codierung — 840
13.1.3	Standardisierung von Audiocodierverfahren — 840
13.1.3.1	Offene und proprietäre Standards — 840
13.1.3.2	Generationsentwicklung der MPEG-Audiostandards — 841
13.2	Grundprinzipien psychoakustisch basierter Codierverfahren — 842
13.2.1	Psychoakustische Grundlagen — 842
13.2.1.1	Frequenzabhängige Maskierung — 843
13.2.1.2	Zeitabhängige Maskierung — 846
13.2.1.3	Räumliche Schallwahrnehmung — 846
13.2.2	Bausteine psychoakustisch basierter Codierverfahren — 847
13.2.2.1	Filterbank — 847
13.2.2.2	Quantisierung und Codierung — 849
13.2.2.3	Psychoakustisches Modell — 850
13.2.2.4	Spektrale Bandbreitenerweiterung, SBR — 851

13.2.3	Codierung zwei- und mehrkanaliger Stereosignale — 852
13.2.3.1	Joint-Stereo Codierung — 852
13.2.3.2	Spatial Audio Codierung — 854
13.2.4	Lautheits- und Dynamiksteuerung — 856
13.2.5	Metadaten für objektbasiertes Audio und Downmix — 859
13.3	Qualitätsaspekte der Audiocodierung — 861
13.3.1	Qualitätsstufen von Codec-Anwendungen — 861
13.3.2	Typische Codier-Artefakte — 863
13.3.2.1	Artefakte durch begrenzte Zeitauflösung — 863
13.3.2.2	Birdies — 865
13.3.2.3	Mehrkanal-Artefakte — 865
13.3.2.4	Artefakte durch Tandem-Codierung — 866
13.3.3	Qualitätsbewertung von Codierverfahren — 867
13.3.3.1	Hörtests — 867
13.3.3.2	Objektive Testverfahren — 868
13.4	Psychoakustisch basierte Audiocodecs — 868
13.4.1	Übersicht — 868
13.4.2	MPEG-1/2 Audio — 870
13.4.2.1	MPEG-1 — 870
13.4.2.2	MPEG-2 Low Sampling Rate Erweiterungen — 870
13.4.2.3	MPEG-1/2 Bitstrom und Fileformat — 871
13.4.2.4	Layer 1 Audiodaten — 872
13.4.2.5	Layer 2 Audiodaten — 873
13.4.2.6	Layer 3 Audiodaten — 874
13.4.3	MPEG-2/4 AAC — 875
13.4.3.1	Filterbank — 876
13.4.3.2	Bitstrom und Fileformat — 877
13.4.4	MPEG-4 High-Efficiency AAC — 878
13.4.4.1	HE-AAC Varianten — 878
13.4.4.2	Audioqualität und Einsatzbereiche von AAC-Codecs — 878
13.4.5	MPEG-D USAC, Extended High-Efficiency AAC, xHE-AAC — 881
13.4.5.1	Überblick — 881
13.4.5.2	audiocodierung — 882
13.4.5.3	Medien-Transport — 883
13.4.5.4	Lautheitsnormierung und Dynamikanpassung — 884
13.4.6	MPEG-H 3D Audio — 884
13.4.6.1	MPEG-H 3D Audio Decoderaufbau — 885
13.4.6.3	Metadatenverarbeitung in MPEG-H 3D Audio — 887
13.4.6.4	Beispiele für Anwendungsszenarien — 888
13.4.6.5	Bitstromformat und Fileformate für MPEG-H 3D Audio — 890
13.4.6.6	Bitrateneinstellungen für verschiedene Anwendungen — 891

13.4.7	Dolby Mehrkanalcodecs — 892
13.4.7.1	Dolby Digital — 892
13.4.7.2	Dolby Digital Plus — 893
13.4.7.3	Dolby Atmos — 894
13.4.7.4	Dolby AC-4 — 896
13.4.7.5	Dolby E — 897
13.4.8	DTS — 899
13.4.8.1	Basisverfahren — 899
13.4.8.2	DTS-ES — 900
13.4.8.3	DTS 96/24 — 900
13.4.8.4	DTS:X und DTS-UHD — 900
13.4.9	apt-X — 901
13.4.9.1	Basisverfahren — 901
13.4.9.2	Enhanced apt-X — 902
13.4.10	LC3/LC3plus — 903
13.5	Mobilfunkcodecs — 905
13.5.1	AMR — 905
13.5.2	AMR-WB, G.722.2 — 905
13.5.3	EVS — 905
13.6	Weitere gebräuchliche Audiocodecs — 907
13.6.1	Ogg Vorbis — 907
13.6.2	Opus — 907
13.7	Matrix-basierte Surround-Systeme — 909
13.7.1	Dolby Surround / Dolby ProLogic — 909
13.8	Verlustfreie Audiocodierverfahren — 911
13.8.1	Übersicht — 911
13.8.2	Free Lossless Audio Codec — 912
13.8.3	MPEG-4 Lossless Coding — 912
13.9	Digitale Signaturen von Audiodateien — 913
13.9.1	Digitales Wasserzeichen — 913
13.9.1.1	Anforderungen und Eigenschaften — 914
13.9.1.2	Anwendungsbereiche — 915
13.9.2	Digitaler Fingerabdruck — 917
13.9.2.1	Anforderungen und Eigenschaften — 917
13.9.2.2	Merkmalsauswahl — 918
13.9.2.3	Lösungsmodelle — 918
13.9.2.4	Anwendungsbereiche — 919
13.9.3	Digitale Rechteverwaltung — 920
13.9.3.1	Anwendungsbereiche — 920
13.9.3.2	Basistechniken — 922
13.9.3.3	Nachteile von DRM — 923
Standards	— 924
Literatur	— 926

14	Digitale Tonbearbeitung, Programmproduktion und Sendeabwicklung — 929
14.1	Digitale Tonbearbeitung — 929
14.1.1	Digitale Effektgeräte — 929
14.1.1.1	Bearbeitung im Zeit- oder Frequenzbereich — 930
14.1.2	Digitale Tönnischpulte — 931
14.1.2.1	Funktionalität — 931
14.1.2.2	Gerätetechnik — 933
14.1.2.3	Hauptbedienkonsole — 933
14.1.2.4	Audiosignalprozessoren — 934
14.1.2.5	Signalverteilssysteme — 934
14.1.3	Kreuzschienen — 934
14.1.3.1	Raummultiplex — 935
14.1.3.2	Zeitmultiplex — 935
14.1.4	Systembetrachtungen — 937
14.1.4.1	Taktsignale und Wordclock — 937
14.1.4.2	Verzögerungen, Latenzen — 937
14.1.5	PC-basierte Bearbeitungssysteme — 938
14.1.5.1	Hardware — 938
14.1.5.2	Software — 939
14.1.6	Audioworkstations — 940
14.1.6.1	Hardware — 940
14.1.6.2	Software — 940
14.1.7	Integrierte Funkhaussysteme — 941
14.1.7.1	Informationssysteme — 941
14.1.7.2	Havariemaßnahmen — 942
14.2	Digitale Programmproduktion und Sendeabwicklung im Hörfunk — 942
14.2.1	Aufbau einer Hörfunkorganisation — 944
14.2.2	Abläufe in der digitalen Programmproduktion — 946
14.2.2.1	Akquisition von Programminhalten — 946
14.2.2.2	Kontribution von Programminhalten — 947
14.2.2.3	Distribution — 950
14.2.3	Digitaler Workflow der Programmproduktion — 951
14.2.4	Module im digitalen Workflow — 954
14.2.4.1	Beitragserstellung — 955
14.2.4.2	Sendungsbegleitende Produktion — 956
14.2.4.3	Datenbankmanager für Audiofiles — 956
14.2.4.4	Sendeplanung — 957
14.2.4.5	Sendeprotokoll und Nutzungsrechte — 957
14.2.4.6	Recherchewerkzeuge für das Archiv — 958
14.2.4.7	Aktualitätenspeicher — 958
14.2.4.8	Musikrotation — 959
14.2.4.9	Sendeablaufsteuerung — 960
14.2.4.10	Regionalisierung — 961
14.2.4.11	Themen- und Ereignisplanung — 962

14.2.4.12	Nachrichtenverteilung — 962
14.2.4.13	Phonescreening und Off Airs — 962
14.2.4.14	Verkehrsinformationen — 963
14.2.4.15	Zusatzinformationen — 964
14.2.4.16	Leitungsdisposition — 965
14.2.4.17	Dokumentationssystem — 965
14.2.5	Außenübertragungstechnik — 965
15	Digitale Tonsignalspeicherung — 969
15.1	Digitale Tonaufzeichnung — 969
15.1.1	Quelldaten, Kanaldaten und Kanalmodulation — 970
15.1.1.1	Speicherkanal — 971
15.1.2	Datenformatierung — 972
15.1.3	Schreibcodes und Kanalmodulation — 973
15.1.4	Fehlererkennung und Fehlerkorrektur — 976
15.1.4.1	Instrumente der Fehlererkennung und Fehlerkorrektur — 977
15.1.5	Magnetische Aufzeichnung — 979
15.1.6	Magnetband-Aufzeichnung — 982
15.1.6.1	Helical-Scan-Aufzeichnung — 982
15.1.6.2	Helical-Scan-Aufzeichnung für 8-Kanal-Ton — 986
15.1.6.3	Längsaufzeichnung — 987
15.1.6.4	Tondatenaufzeichnung auf Computermagnetband — 989
15.1.7	Magnetplattenaufzeichnung — 995
15.1.7.1	Aufbau und Funktion — 996
15.1.7.2	Controller, Codierung und weitere Entwicklung — 997
15.1.8	Optische Aufzeichnung — 1000
15.1.8.1	Optische Speicherverfahren — 1000
15.1.8.2	Optische Aufzeichnungsverfahren — 1001
15.1.9	Compact Disc — 1002
15.1.9.1	Beschreibung — 1003
15.1.9.2	CD-R — 1005
15.1.10	Super Audio CD — 1006
15.1.10.1	Aufbau und Eigenschaften — 1007
15.1.10.2	Datenorganisation, Kanalcodierung und Fehlerschutz — 1008
15.1.11	DVD-Audio — 1009
15.1.11.1	Aufbau und Eigenschaften — 1009
15.1.11.2	Datenformat — 1010
15.1.12	Magneto-Optical Disc — 1011
15.1.12.1	Aufbau und Funktionsweise — 1011
15.1.12.2	Zukünftige Entwicklung — 1013

15.1.13	Flash-Speicher — 1015
15.1.13.1	Funktionsweise — 1015
15.1.13.2	Flash-Filesystem und Kanalcodierung — 1016
15.1.13.3	Flash-Karten und künftige Entwicklung — 1017
15.1.14	Tonsignalrestaurierung und -erhaltung — 1019
15.2	Mastering — 1024
15.2.1	Definition des Mastering — 1025
15.2.2	Technische und klangliche Aspekte — 1025
15.2.2.1	Formatierung — 1026
15.2.2.2	Pegelanpassung — 1026
15.2.2.3	Dynamik — 1026
15.2.2.4	Dither und Noise Shaping — 1027
15.2.2.5	Remastering und Tonrestaurierung — 1027
15.2.2.6	Analog oder digital? — 1028
15.2.3	Mehrkanal Mastering — 1028
15.2.3.1	Mastering von Kinomischungen — 1029
15.2.4	Das Mastering-Studio — 1030
15.2.5	Master-Formate — 1030
15.2.5.1	Master Files für digitale Distribution — 1030
15.2.5.2	CD-Audio — 1030
15.2.6	Alternative Formate — 1031
15.2.6.1	Super Audio CD — 1031
15.2.6.2	Super Audio Hybrid Disc — 1032
15.2.6.3	DVD-Audio — 1032
15.2.6.4	HD-DVD — 1033
15.2.6.5	DVD-Video — 1033
15.2.6.6	Blu-ray Disc — 1034
15.2.6.7	Audio-only Blu-ray / Pure Audio Blu-ray — 1037
15.3	Digitale Tonarchive — 1037
15.3.1	Anforderungen — 1040
15.3.1.1	Funktionale Anforderungen aus Sicht des Archivs — 1040
15.3.1.2	Funktionale Anforderungen aus Sicht des Programms — 1041
15.3.1.3	Systemtechnische Anforderungen — 1041
15.3.2	Archivsysteme — 1043
15.3.2.1	Speichersysteme — 1045
15.3.2.2	Datenbanken — 1047
15.3.2.3	Benutzeroberflächen — 1047
15.3.2.4	Einspielstationen — 1052
15.3.2.5	Ausspielstationen — 1053
15.3.2.6	Schnittstellen — 1054

15.3.3	Metadaten — 1055
15.3.3.1	Kategorien von Metadaten — 1055
15.3.3.2	Bedeutung von Metadaten im digitalen Workflow — 1056
15.3.3.3	Technischer Umgang mit Metadaten — 1056
15.3.3.4	Automatische Erzeugung von Metadaten — 1064
Standards	— 1065
Literatur	— 1066
16	Digitale Betriebstechnik — 1067
16.1	Prozessstrukturen — 1067
16.1.1	Prozessmodell — 1067
16.1.2	Dienstleistungs-Beziehungen — 1069
16.1.3	Organisationsstrukturen — 1069
16.1.4	Prozessanalyse — 1071
16.1.4.1	Prozessoptimierung — 1072
16.1.4.2	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess — 1072
16.1.5	Fazit und Ausblick — 1073
16.2	Betriebliche Einrichtungen — 1074
16.2.1	Betriebszentrale — 1076
16.2.1.1	Bedienung und Steuerung — 1077
16.2.2	Sendestudio — 1078
16.2.3	Konventioneller Regiebetrieb — 1079
16.2.4	Selbstfahrerbetrieb — 1080
16.2.4.1	Leitungsanbindung — 1081
16.2.4.2	Weitere Einrichtungen — 1082
16.2.5	Vorproduktion — 1082
16.2.6	Bearbeitungsräume — 1083
16.2.7	Infrastruktur und Audiosignalverteilung — 1083
16.2.7.1	Koppelfelder AES — 1083
16.2.7.2	Übertragung im Netzwerk — 1086
16.2.7.2.1	Besonderheiten bei Audio über IP — 1086
16.2.8	Synchronisation — 1088
16.2.9	Logik und Steuerung — 1089
16.2.9.1	Steuerung — 1089
16.2.9.2	Logik und Zustände — 1091
16.2.9.3	Broadcaststeuersysteme — 1092
16.2.10	Zentraltechnik — 1092
16.2.10.1	Leitungsanbindung — 1092
16.2.10.2	Distribution — 1095
16.2.10.3	Mitschnitt — 1097
16.2.10.4	Programmverteilung — 1097

16.2.11	Intercom — 1098
16.2.12	Dateibasierte Systeme — 1100
16.2.12.1	Server — 1100
16.2.12.2	Produktion — 1101
16.2.12.3	Kontribution von Programmbeiträgen — 1101
16.2.12.4	Programmaustausch — 1101
16.2.12.5	Datensicherheit — 1102
16.2.12.6	Anwendungssoftware — 1103
16.2.13	Stromversorgung — 1103
16.2.13.1	EMV-gerechte Stromversorgung — 1105
16.2.14	Klimatechnik — 1108
16.3	Audionetzwerke — 1110
16.3.1	Einführung — 1111
16.3.1.1	Layer 1-Anwendungen — 1112
16.3.1.2	Layer 2-Anwendungen — 1112
16.3.1.3	Layer 3-Anwendungen — 1113
16.3.2	Netzwerktopologien — 1114
16.3.3	Netzwerke - Software-Defined Network — 1116
16.3.4	Synchronisation in Mediennetzwerken — 1118
16.3.4.1	Precision Time Protocol IEEE-1588 — 1118
16.3.5	IT-Transport — 1123
16.3.5.1	Einführung in IP-Multicast — 1123
16.3.5.2	Multicast-Adressen — 1124
16.3.5.3	Multicast-Kommunikation — 1125
16.3.5.4	Protokollstack — 1125
16.3.5.5	Einsatzbereich Multicast-Protokolle — 1126
16.3.5.6	IP-Multicasting in Layer 2-Switchingumgebung — 1126
16.3.5.7	Multicast-Routing — 1128
16.3.6	Datenaustausch in Audionetzen — 1128
16.3.6.1	AVB — 1129
16.3.6.2	MILAN — 1134
16.3.6.3	AES67 — 1137
16.3.6.4	SMPTE ST 2110 — 1144
16.3.6.5	SMPTE ST 2022-7 — 1148
16.3.6.6	RAVENNA — 1150
16.3.6.7	DANTE — 1158
16.3.7	Steuerung und Orchestrierung — 1165
16.2.7.1	Übersicht — 1165
16.3.7.2	NMOS — 1167
16.4	IT-Sicherheit — 1175
16.4.1	Grundlagen — 1176
16.4.2	Risikomanagement — 1177
16.4.3	Nutzung etablierter Standards — 1180

16.4.4	Best-Practice-Schutzmaßnahmen — 1182
16.4.4.1	Notfallmanagement — 1187
16.4.4.2	Nachhaltigkeit — 1189
16.5	Übertragungswege und Netze — 1190
16.5.1	Problemstellung — 1190
16.5.2	Codierverfahren — 1191
16.5.2.1	Quellencodierung — 1191
16.5.2.2	Kanalcodierung — 1191
16.5.2.3	Kryptologische Codierung / Verschlüsselung — 1192
16.5.3	Synchronisation — 1192
16.5.4	Die E1-Schnittstelle — 1192
16.5.5	Die ASI-Schnittstelle — 1193
16.5.5.1	Übersicht — 1193
16.5.5.2	Technische Beschreibung — 1193
16.5.6	HYBNET - das Netz der ARD — 1197
16.5.6.1	Übersicht — 1197
16.5.6.2	Aufbau — 1199
16.5.6.3	Dienste — 1201
16.5.6.4	Betrieb — 1203
16.5.7	Hörfunk-Programmaustausch mit weConnect — 1203
16.5.7.1	Übersicht — 1203
16.5.7.2	Infrastruktur im ARD-Daten-CN 2.0 — 1204
16.5.7.3	Das Hörfunkdauerleitungsnetz — 1205
16.5.7.4	ARD-Filetransfer — 1210
16.5.7.5	Breitbandiger Audio-Filetransfer — 1211
16.5.8	Codecs — 1212
16.5.8.1	Übersicht — 1212
16.5.8.2	ISDN-Audio codecs — 1212
16.5.8.3	Satelliten-Codecs — 1213
16.5.8.4	IP-Audio codecs / Audio-over-IP — 1213
16.5.9	Euroradio-over-IP / Live — 1220
16.5.10	Messtechnik für IP-Multicast-Systeme und Anwendungen — 1223
Standards	— 1226
Literatur	— 1227
17	Rundfunksysteme — 1229
17.1	Grundlagen — 1230
17.1.1	Übertragungskanäle — 1230
17.1.1.1	Terrestrischer Mehrwege-Rundfunkkanal — 1230
17.1.1.2	Satelliten-Rundfunkkanal — 1232
17.1.1.3	Kabel-Rundfunkkanal — 1233

17.1.2	Modulationsverfahren — 1234
17.1.2.1	Definitionen und Grundlagen — 1234
17.1.2.2	Klassische analoge Modulationsverfahren — 1235
17.1.2.3	Klassische digitale Modulationsverfahren — 1238
17.1.2.4	Multiträger-Modulation — 1241
17.1.3	Kanalcodierung — 1244
17.1.3.1	Definitionen und Grundlagen — 1244
17.1.3.2	Faltungscodes — 1246
17.1.3.3	Reed-Solomon-Codes — 1247
17.2	Terrestrische Rundfunksysteme — 1249
17.2.1	Analoge Rundfunkübertragung — 1249
17.2.1.1	AM-Rundfunk unterhalb 30 MHz — 1250
17.2.1.2	FM-Rundfunk im UKW-Band II — 1251
17.2.1.3	Analogen Fernsehen — 1253
17.2.2	Digital Audio Broadcasting — 1253
17.2.2.1	Tonübertragung bei DAB — 1254
17.2.2.2	Digital Multimedia Broadcasting — 1256
17.2.2.3	OFDM-Parameter und Übertragungs-Modi — 1257
17.2.2.4	DAB-Übertragungsrahmen — 1258
17.2.2.5	Quellenangepasste Kanalcodierung — 1259
17.2.2.6	Interleaving — 1261
17.2.2.7	Transportmechanismen bei DAB — 1262
17.2.2.8	DAB-Multiplexkonfiguration — 1264
17.2.2.9	DAB Service-Information — 1266
17.2.2.10	DAB-Ensemble-Information — 1266
17.2.2.11	DAB-Dienstestruktur — 1267
17.2.3	Implementierung von DAB/DAB+/DMB-Netzen — 1268
17.2.4	Terrestrisches Digitales Fernsehen DVB — 1270
17.2.4.1	Überblick über die digitalen Fernsehrundfunksysteme — 1270
17.2.4.2	Ziele und Vorgaben für die Systementwicklung DVB-T2 — 1271
17.2.5	Terrestrisches Digitales Fernsehen DVB-T2 — 1272
17.2.5.1	Systemübersicht — 1272
17.2.5.2	Quellencodierung und Multiplex — 1273
17.2.5.3	Basisband-Signal — 1275
17.2.5.4	Kanalcodierung und Modulation — 1277
17.2.5.5	DVB-T2 Empfang — 1281
17.2.5.6	Einführungs- und Umstiegsszenarien — 1281
17.2.6	Digital Radio Mondiale — 1282
17.2.6.1	Übertragungs-Modi und OFDM-Parameter — 1283
17.2.6.2	Modulation und Codierung — 1284
17.2.6.3	Audiocodierung für DRM — 1286
17.2.6.4	DRM-Multiplex — 1286
17.2.6.5	DRM-Service-Information — 1288

17.2.7	In-Band-On-Channel – System „High Definition Radio“ — 1289
17.2.7.1	Service Modes — 1290
17.2.7.2	Audiocodierung — 1290
17.2.7.3	Kanalcodierung — 1291
17.2.8	Integrated Services Digital Broadcasting — 1292
17.3	Satellitenrundfunk — 1293
17.3.1	Astra Digital Radio — 1294
17.3.2	DVB über Satellit — 1294
17.3.2.1	DVB-S — 1294
17.3.2.2	DVB-S2 — 1294
17.4	Internet Radio — 1295
17.4.1	Übersicht — 1295
17.4.2	Technische Grundlagen — 1297
17.4.2.1	Download — 1298
17.4.2.2	Streaming — 1298
17.4.2.3	Unicast und Broadcast — 1299
17.4.2.4	Multicast — 1300
17.4.2.5	Content Caching und Content Distribution Networks — 1300
17.4.3	Internet-Protokolle für Streaming — 1302
17.4.3.1	IP-Protokoll — 1302
17.4.3.2	RTP/UDP-Protokoll — 1303
17.4.3.3	HTTP/TCP — 1303
17.4.4	Streaming-Formate und -Plattformen — 1305
17.4.5	Shoutcast — 1305
17.4.5.1	Shoutcast-Architektur und Komponenten — 1306
17.4.5.2	Shoutcast-Protokoll — 1308
17.4.6	HTTP Adaptive Streaming — 1310
17.4.6.1	Architektur von HTTP Adaptive Streaming — 1311
17.4.6.2	HLS und DASH Manifest — 1312
17.4.7	Verzeichnisse und Personalisierte Dienste — 1315
17.4.8	Podcast — 1316
17.4.8.1	Download und Dateiformat — 1317
17.4.8.2	Abonnement über RSS — 1317
17.4.8.3	Podcast-Komponenten und Nachrichtenfluss — 1318
17.5	Programmbegleitende Dienste — 1320
17.5.1	Übersicht — 1320
17.5.2	Typologie der Dienste — 1321
17.5.2.1	Programmbegleitende und nicht-programmbegleitende Dienste — 1321
17.5.2.2	Funktionen — 1322
17.5.3	Datenmanagement — 1322
17.5.3.1	Generierung programmbegleitender Dienste — 1322
17.5.3.2	Einspeisung und Übertragung bei RDS — 1326
17.5.3.3	Einspeisung und Übertragung bei DAB — 1328
17.5.3.4	DAB-Dateneintaster — 1330

17.5.4	Serviceinformationen — 1331
17.5.4.1	Programm-Identifikation — 1333
17.5.4.2	Programme Service Name — 1333
17.5.4.3	Programm-Typ — 1334
17.5.4.4	Traffic Announcement — 1334
17.5.4.5	Alternative Frequenzliste — 1334
17.5.4.6	Service Following Information — 1335
17.5.5	Radiotext — 1335
17.5.5.1	Radiotext in RDS — 1335
17.5.5.2	Radiotext plus — 1336
17.5.5.3	Dynamic Label Segment — 1337
17.5.5.4	Dynamic Label plus — 1337
17.5.6	Multimedia-Daten — 1337
17.5.6.1	MOT — 1338
17.5.6.2	MOT-Applikationen — 1339
17.5.7	Service und Programm Information — 1340
17.5.8	Journaline — 1341
17.5.9	Radio DNS — 1342
17.5.10	IMDA-Metadaten — 1343
17.5.11	Codierte Verkehrsinformationen — 1343
17.5.11.1	RDS-TMC — 1345
17.5.11.2	TPEG — 1346
17.6	Mehrkanal-Stereofonie in Hörfunk und Fernsehen — 1349
17.6.1	Vom Kinoton zur mehrkanaligen Rundfunkübertragung — 1349
17.6.2	Formate für Mehrkanalton — 1351
17.6.3	Postproduktion und Distribution von Mehrkanalton im Fernsehen — 1354
17.6.3.1	Dolby E - Format — 1355
17.6.3.2	apt-X und Enhanced apt-X Format — 1358
17.6.4	Standardisierte Kanalbelegungen für Mehrkanalton — 1358
17.6.4.1	Aufzeichnung von 5.1-Mehrkanalton nach EBU/ITU und SMPTE — 1358
17.6.4.2	Programmaustausch und -verteilung bei ARD und ZDF — 1359
17.6.5	Kontrolle und Überwachung von Mehrkanalton beim Rundfunk — 1361
17.6.6	Übertragung von 5.1-Mehrkanalton über Rundfunksysteme — 1363
17.6.6.1	Programmverbreitung über DVB — 1363
17.6.6.2	Programmverbreitung über IP-Medien — 1366
17.6.6.3	Programmverbreitung über DAB — 1367
17.6.6.4	Laufzeiten bei Übertragung von 5.1-Mehrkanalton — 1369
17.6.7	Quellencodierung für die Ausstrahlung von 5.1-Mehrkanalton — 1370
17.6.7.1	Dolby Digital-Format — 1370
17.6.7.2	DTS-Format — 1374
17.6.7.3	MPEG Advanced Audio Coding — 1376
17.6.7.4	Metadaten — 1378

17.6.8	Downmix von Mehrkanalton — 1382
17.6.8.1	Veränderung von Signaleigenschaften durch den Downmix-Prozess — 1382
17.6.8.2	Kompensation von Downmix-Artefakten — 1385
17.6.8.3	Downmix von Mehrkanalton für die Kopfhörerwiedergabe — 1386
17.7	Barrierefreie Audiokommunikation — 1387
17.7.1	Audiologischer Hintergrund — 1387
17.7.1.1	Hörverluste und ihre Auswirkung — 1387
17.7.1.2	Lautheit und Recruitment — 1388
17.7.1.3	Sprache und Sprachverständlichkeit — 1389
17.7.2	Sprache verstehen in AV-Programmen — 1391
17.7.2.1	Studioseitige Ansätze zur Verbesserung der Barrierefreiheit — 1391
17.7.2.2	Übertragungsseitige Methoden zur Verbesserung der Barrierefreiheit — 1393
17.7.2.3	Empfängerseitige Anforderungen zur Verbesserung der Barrierefreiheit — 1394
17.7.3	Visualisierung von Sprachinformationen — 1394
17.7.3.1	Untertitelung — 1395
17.7.3.2	Gebärdensprache — 1395
17.7.4	Zusatz-Übertragungssysteme bei Veranstaltungen — 1396
17.7.4.1	Induktive Übertragung — 1396
17.7.4.2	Funk-Übertragung — 1397
17.7.4.3	Infrarot-Übertragung — 1397
	Standards — 1399
	Literatur — 1401

18 Film- und Fernsehton — 1407

18.1	Einführung — 1407
18.2	Ton-Bild-Relationen — 1410
18.2.1	Multimodalität und Synchrese — 1410
18.2.2	Zeitliche Ton-Bild-Relation — 1410
18.2.3	Synchronität und Ton-Bild-Versatz — 1412
18.2.4	Inhaltliche Relationen, Ton-Bild-Schere — 1414
18.2.5	Räumliche Ton-Bild-Beziehungen — 1415
18.2.6	Sounddesign, Montage, Mischung — 1417
18.3	Mikrofonierung und Tonaufzeichnung — 1418
18.3.1	Mikrofonierung des Original-Tons — 1419
18.3.2	Mikrofonierung für Stereo, Surround und Immersive Audio — 1422
18.3.3	Mikrofonierung im Synchronstudio — 1423
18.3.4	Mikrofonierung im Fernsehstudio — 1425
18.3.5	Tonaufzeichnung mit dem Camcorder — 1425
18.3.6	Portable Audiomischer — 1427
18.3.7	Aufnahme mit abgesetztem Audiorecorder — 1429
18.3.8	Workflows mit analogen und digitalen Medien — 1430
18.3.9	Ü-Wagen- und Studio-Produktion — 1430
18.3.10	Spuren- und Kanalbelegung in der Produktion — 1432

18.4	Bildbezogene Aufzeichnungs- und Dateiformate für Ton —	1433
18.4.1	Analoge, bandgestützte Aufzeichnungsformate —	1433
18.4.2	Digitale, bandgestützte Aufzeichnungsformate —	1434
18.4.3	Digitale, dateibasierte Aufzeichnungsformate —	1435
18.4.3.1	AVI - Audio Video Interleaved und Quicktime —	1437
18.4.3.2	MXF – Media Exchange Format —	1437
18.4.3.3	GXF - General Exchange Format —	1439
18.4.4	Kanal- und Spurenbelegung für den Programmaustausch —	1440
18.5	Synchronisation und Synchronverfahren —	1441
18.5.1	Pilotton und Neo-Pilotton —	1441
18.5.2	SMPTE/EBU-Timecode —	1442
18.5.3	MIDI-Timecode —	1444
18.5.4	Rotosyn —	1444
18.5.5	Multiplexing, Interleaving und Time-Stamping —	1445
18.5.6	Time-Alignment Audio/Video —	1447
18.5.7	Automatische Ton- und Ton-Bild-Synchronisation —	1448
18.6	Nachbearbeitung und Mischung —	1449
18.6.1	Ton- und Bildschnitt —	1449
18.6.2	Integrierte Audioproduktion —	1449
18.6.3	Synchronregie und Mischung für Kino und TV —	1452
18.6.4	Mischung und Rendering für objektbasierte Formate —	1454
18.6.5	Audiobezogene Metadaten —	1456
18.6.6	Lautheit, Dynamik und Metadaten bei TV und Streaming —	1456
18.6.7	Audio-Deskription —	1460
18.7	Filmtonformate und Wiedergabeverfahren —	1460
18.7.1	Analoger und digitaler Lichtton —	1462
18.7.2	Magnetton —	1464
18.7.3	Der Ton im digitalen Kino —	1464
18.7.4	Kanal- und objektbasierte Filmtonverfahren —	1466
18.7.5	Wiedergabe in der Filmtonregie und im Kino —	1469
18.7.6	A-Chain, B-Chain —	1471
18.7.7	Barrierefreiheit und Mehrsprachigkeit im Kino —	1474
18.8	Fernsehtonformate und Wiedergabeverfahren —	1474
18.8.1	Kanalformate und Wiedergabesysteme für Fernsehton —	1475
18.8.2	IRT-Zweitonverfahren —	1475
18.8.3	NICAM 728, NICAM Stereo —	1476
18.8.4	Matrizierter Surroundton —	1476
18.8.5	Digitale Fernsehtonverfahren für Stereo, Surround und höhere Formate —	1478
18.8.6	Übertragung für professionelle Anwendungen und Kontribution —	1482
18.9	Audio-Schnittstellen in Videosystemen —	1485
18.9.1	SDI und HD-SDI —	1486
18.9.2	HDMI —	1489
18.9.3	RS-422 und Sony 9-Pin —	1490

18.9.4	RS-422 und ESAM-Protokoll — 1490
18.9.5	Mehrkanalton über Zweikanalschnittstellen — 1491
18.10	Einführung in die Film- und Videotechnik — 1492
18.10.1	Audiovisuelle Wahrnehmung und multimodale Integration — 1492
18.10.2	Der Sehsinn — 1493
18.10.3	Bildabtastung — 1495
18.10.4	Video-Schnittstellen — 1500
18.10.5	Digitales Video — 1501
18.10.6	Video-Aufzeichnungsformate — 1505
18.10.7	Anforderungen an Monitore und Projektoren — 1506
18.10.8	Grundzüge der Bildgestaltung — 1507
Standards	— 1508
Literatur	— 1509

19 Qualitätssicherung — 1511

19.1	Einführung — 1511
19.1.1	Analoge vs. digitale Audioqualität — 1511
19.1.2	Qualitätsniveaus in der Audiotechnik — 1511
19.2	Qualitätsparameter des analogen und digitalen Tonkanals — 1513
19.2.1	Subjektive Grenzwerte — 1513
19.2.2	Anzustrebende Zielwerte — 1515
19.2.3	Additionsgesetze für Werte und Toleranzen — 1515
19.2.4	A/D- und D/A-Wandlung — 1516
19.2.4.1	Abtastrate — 1516
19.2.4.2	Bitauflösung, Bitanzahl — 1517
19.2.4.3	Weitere Parameter — 1517
19.2.5	Pegelbedingungen — 1518
19.2.5.1	Systemgrenzpegel — 1518
19.2.5.2	Zugelassener Maximalpegel — 1519
19.2.5.3	Einstellpegel — 1520
19.2.5.4	Messpegel — 1520
19.2.5.5	Minimaler Programmsignalpegel — 1520
19.2.5.6	Pegelprofile im analogen und digitalen Tonkanal — 1520
19.2.6	Störpegel — 1522
19.2.6.1	Störpegelmessung — 1522
19.2.6.2	Störspektrum — 1523
19.2.6.3	Gesamtverzerrung mit Rauschen — 1524
19.2.7	Zeitbedingungen — 1524
19.2.7.1	Jitter — 1524
19.2.7.2	Augendiagramm — 1524
19.2.7.3	Synchronisation — 1526
19.2.7.4	Zeitversatz — 1526
19.2.7.5	Phasenversatz — 1527

19.2.8	Störungen im digitalen Datenstrom — 1528
19.2.8.1	Störungen im Audiobitstrom — 1528
19.2.8.2	Störungen in den Zusatzinformationen — 1528
19.2.8.3	Fehlerursachen und -auswirkungen — 1529
19.2.8.4	Fehlererkennung — 1530
19.2.8.5	Fehlerkorrektur — 1531
19.3	Digitale Audiomesstechnik — 1532
19.3.1	Messparameter — 1532
19.3.1.1	Analoge Systeme — 1532
19.3.1.2	Digitale Systeme — 1533
19.3.1.3	FFT — 1534
19.3.2	Richtlinien — 1534
19.3.3	Messsysteme — 1535
19.3.4	Gehörbasierte objektive Messverfahren — 1535
19.3.4.1	PEAQ — 1536
19.3.4.2	NMR — 1537
19.3.4.3	PESQ — 1537
19.4	Visuelle Programmsignalkontrolle — 1537
19.4.1	Spitzenpegelbezogene Aussteuerung — 1537
19.4.1.1	Standardisierte Pegelfestlegungen — 1538
19.4.1.2	Quasi-Spitzenwert und True Peak-Aussteuerungsmesser — 1539
19.4.1.3	Spitzenpegelbezogene Aussteuerungsrichtlinien — 1542
19.4.2	Lautheitsbezogene Aussteuerung — 1543
19.4.2.1	Lautheitsmesser – Nationale Lösung von ARD/ZDF — 1544
19.4.2.2	Lautheitsmesser – Internationale Lösung — 1546
19.4.2.3	True Peak Meter — 1549
19.4.2.4	Lautheitsbereichsmesser — 1549
19.4.2.5	Lautheitsbezogene Aussteuerungsrichtlinien — 1550
19.4.3	Weitere Geräte zur Programmsignalkontrolle — 1550
19.4.3.1	VU-Meter — 1550
19.4.3.2	Darstellung des Frequenzspektrums — 1551
19.4.3.3	Korrelationsanzeige — 1552
19.4.4	Goniometrische Messverfahren — 1553
19.4.4.1	Stereo-Sichtgerät — 1553
19.4.4.2	Mehrkanal-Sichtgerät — 1555
19.5	Dynamik — 1556
19.5.1	Dynamikbereiche — 1557
19.5.1.1	Originaldynamik — 1557
19.5.1.2	Systemdynamik — 1557
19.5.1.3	Programmdynamik — 1559
19.5.1.4	Wiedergabedynamik — 1561

19.5.2	Dynamikkompression — 1562
19.5.2.1	Anpassung an den Übertragungsweg — 1562
19.5.2.2	Anpassung an den Programmcharakter — 1563
19.5.2.3	Anpassung an die Wiedergabesituation — 1563
19.5.3	Dynamiksteuerung — 1563
19.5.3.1	Variable Dynamik für UKW/FM — 1563
19.5.3.2	Dynamic Range Control bei DAB — 1564
19.5.3.3	Dynamiksteuerung für Dolby Digital — 1565
19.5.3.4	Empfängerorientierte Dynamiksteuerung — 1566
19.6	Auditive Programmsignalkontrolle — 1566
19.6.1	Abhörstandard für Lautsprecherwiedergabe — 1567
19.6.1.1	Abhörräume — 1567
19.6.1.2	Geometrische Abmessungen von Abhörräumen — 1568
19.6.1.3	Bezugs-Schallfeld — 1570
18.6.1.4	Bezugs-Abhörpegel — 1571
19.6.1.5	Anforderungen an Regielautsprecher — 1572
19.6.1.6	Nahfeldabhören — 1573
19.6.2	Abhörstandard für Kopfhörerwiedergabe — 1574
19.6.3	Virtuelle Abhörräume — 1574
19.7	Methoden zur subjektiven Beurteilung der Audioqualität — 1575
19.7.1	Teststrategien — 1575
19.7.2	Standardisierte Testmethoden — 1576
19.7.2.1	Vergleichstest — 1576
19.7.2.2	Triple stimulus – hidden reference – double blind Test — 1576
19.7.2.3	MUSHRA-Test — 1576
19.7.3	Subjektive akustische Qualitätsparameter — 1578
19.7.3.1	Globale Attribute — 1578
19.7.3.2	Detaillierte Parameter zur absoluten Bewertung — 1578
19.7.3.3	Parameter zur Beschreibung digitaler Tonsignalstörungen — 1579
19.7.3.4	Beurteilung von kombinierten Bild- und Toninformationen — 1580
19.7.4	Testbedingungen — 1581
19.7.4.1	Bewertungsskalen — 1581
19.7.4.2	Testpersonen — 1582
19.7.4.3	Programm-Material — 1582
19.7.5.4	Auswertung von Testergebnissen — 1583
19.8	Mensch–Maschine–System im digitalen Hörfunkprozess — 1583
19.8.1	Fehlerquellen — 1584
19.8.2	Durchgängiger Workflow von Audio- und Metadaten — 1586
Standards	— 1588
Literatur	— 1590
Fachwörter und Abkürzungen Englisch – Deutsch	— 1591
Sachregister	— 1619