

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Analoges Fernsehen	11
2.1 Abtastung einer Schwarz-Weiß-Bildvorlage	14
2.2 Horizontal- und Vertikal-Synchronimpuls	16
2.3 Hinzunehmen der Farbinformation.....	18
2.4 Übertragungsverfahren	21
2.5 Verzerrungen und Störungen	23
2.6 Signale in der Vertikalaustastlücke	25
2.7 Messungen an analogen Videosignalen.....	29
3 MPEG	37
3.1 MPEG-Standards und deren Anwendung.....	37
3.2 MPEG-2-Transportstrom	43
3.3 Der Packetized Elementary Stream (PES).....	45
3.4 Das MPEG-2-Transportstrompaket.....	49
3.5 Informationen für den Empfänger	53
3.5.1 Synchronisierung auf den Transportstrom.....	54
3.5.2 Auslesen der aktuellen Programmstruktur.....	55
3.5.3 Der Zugriff auf ein Programm.....	57
3.5.4 Zugriff auf verschlüsselte Programme	58
3.5.5 Programmsynchronisation (PCR, DTS, PTS)	61
3.5.6 Zusatz-Informationen im Transportstrom (PSI / SI / PSIP)	64
3.5.7 Nicht-private und private Sections und Tabellen	64
3.5.8 Die Service Information gemäß DVB (SI)	74
3.6 PSIP gemäß ATSC	88
3.7 ARIB-Tabellen gemäss ISDB-T.....	90
3.8 DTMB-Tabellen (China)	92
3.9 Weitere wichtige Details des MPEG-2 Transportstromes.....	93
3.9.1 Die Transport Priority.....	93
3.9.2 Die Transport Scrambling Control Bits.....	93
3.9.3 Die Adaptation Field Control Bits.....	94

3.9.4 Der Continuity Counter	94
4 Digitales Videosignal gemäss ITU-BT.R601 (CCIR601).....	97
5 Videosignalformate für HDTV und UHDTV	103
5.1 Bildformate	104
5.2 Unkomprimiertes HDTV-Basisbandsignal.....	106
5.3 Physikalische Videoschnittstellensignale bis hin zu UHDTV	109
6 Transformationen vom Zeitbereich in den Frequenzbereich und zurück	113
6.1 Die Fouriertransformation	114
6.2 Die Diskrete Fouriertransformation (DFT).....	117
6.3 Die Fast Fouriertransformation (FFT).....	119
6.4 Praktische Realisierung und Anwendung der DFT und FFT.....	120
6.5 Die Diskrete Cosinustransformation (DCT).....	121
6.6 Signale im Zeitbereich und deren Transformierte im Frequenzbereich.....	124
6.7 Systemfehler der DFT bzw. FFT und deren Vermeidung	127
6.8 Fensterfunktionen	130
7 Videocodierung (MPEG-2, MPEG-4/AVC, HEVC).....	133
7.1 Videokomprimierung.....	133
7.1.1 Zurücknahme der der Quantisierung von 10 auf 8 Bit	137
7.1.2 Weglassen der H- und V-Lücke	137
7.1.3 Reduktion der Farbauflösung auch in vertikaler Richtung (4:2:0)	139
7.1.4 Weitere Schritte zur Datenreduktion	140
7.1.5 Differenz-Plus-Code-Modulation von Bewegtbildern	140
7.1.6 Diskrete Cosinustransformation mit nachfolgender Quantisierung	147
7.1.7 Zig-Zag-Scan und Lauflängencodierung von Null-Sequenzen	154
7.1.8 Huffman-Codierung	155
7.2 Zusammenfassung	155
7.3 Aufbau des Videoelementarstroms.....	158
7.4 Von MPEG-2 nach MPEG-4	161
7.5 MPEG-4 Advanced Video Coding	161
7.6 HEVC, High Efficiency Video Coding, UHDTV	170
7.6.1. Bildformate.....	171
7.6.2. Videocodierungsverfahren.....	172
7.6.3. Einordnung von H.265 in die MPEG-Welt	172

7.6.4. Schritte der Videocodierung bei H.265	174
7.6.5. HEVC im Detail	177
7.6.6. Zusammenfassung, Ausblick und Entwicklung bis hin zu UHDTV	185
8 Audiocodierung.....	187
8.1 Das digitale Audioquellensignal.....	188
8.2 Geschichte der Audiokomprimierung.....	189
8.3 Das psychoakustische Modell des menschlichen Ohres.....	191
8.4 Grundprinzip der Audiocodierung.....	195
8.5 Teilbandcodierung bei MPEG Layer I, II.....	198
8.6 Transformationscodierung bei MPEG Layer III und Dolby Digital...	200
8.7 Mehrkanalton.....	202
8.8 Neue Entwicklungen – MPEG-4	203
9 Programmbegleitende Daten	207
9.1 Videotext und Untertitel	208
9.2 Video Program System (VPS).....	211
9.3 WSS – Wide Screen Signalling.....	215
9.4 Praktische Beispiele.....	216
9.5 Weitere programmbegleitende Daten.....	218
10 Physikalische AV-Schnittstellen-Signale	221
10.1 Physikalische Schnittstellen für digitale Videosignale.....	223
10.2 "CCIR601" Parallel und Seriell	225
10.3 Synchrone, parallele Transportstromschnittstelle (TS PARALLEL)	226
10.4 Asynchrone serielle Transportstromschnittstelle (TS- ASI).....	228
10.5 SMPTE310-Schnittstelle	229
10.6 ISDB-T BCMUX.....	229
10.7 DVI-Schnittstelle	229
10.8 HD-SDI-Schnittstelle.....	231
10.9 DVB-IP-Schnittstelle.....	231
10.10 SDI over IP, AVB.....	231
10.11 HDMI – High Definition Multimedia Interface	232
10.11.1 HDMI - Entwicklung und Versionen	233
10.11.2 Mechanische Ausführung.....	234
10.11.3 HDMI-Schnittstellenfunktionen	236
10.11.4 HDMI-Schnittstellensignalfomate.....	237
10.11.5 HDMI-Messtechnik	240
10.11.6 HDMI - Zusammenfassung und Ausblick.....	240

11 Messungen am MPEG-2-Transportstrom	245
11.1 Verlust der Synchronisation (TS-Sync-Loss)	246
11.2 Fehlerhafte Sync-Bytes (Sync_Byte_Error)	248
11.3 Fehlende oder fehlerhafte Program Association Table (PAT)	
(PAT_Error)	249
11.4 Fehlende oder fehlerhafte Program Map Table (PMT)	
(PMT_Error)	249
11.5 Der PID_Error	250
11.6 Der Continuity_Count_Error	252
11.7 Der Transport_Error	253
11.8 Der Cyclic Redundancy Check-Fehler	254
11.9 Fehler der Program Clock Reference (PCR_Error, PCR_accuracy)	
.....	255
11.10 Der Presentation Time Stamp Fehler (PTS_Error)	256
11.11 Fehlende oder fehlerhafte Conditional Access Table	
(CAT_Error)	257
11.12 Fehlerhafte Wiederholrate der Service Informationen	
(SI_Repetition_Error)	258
11.13 Überwachung der Tabellen NIT, SDT, EIT, RST und TDT/TOT	
.....	259
11.14 Nicht referenzierte PID (unreferenced_PID)	260
11.15 SI_other_Error	261
11.16 Fehlerhafte Tabellen NIT_other, SDT_other_Error,	
EIT_other_Error	262
11.17 Überwachung eines ATSC-konformen MPEG-2-Transportstroms	
.....	262
 12 Bildqualitätsanalyse an digitalen TV-Signalen	265
12.1 Methoden zur Bildqualitätsmessung	268
12.1.1 Subjektive Bildqualitätsanalyse	269
12.1.2 Double Stimulus Continual Quality Scale Method DSCQS	269
12.1.3 Single Stimulus Continual Quality Scale Method SSCQE..	269
12.2 Objektive Bildqualitätsanalyse	270
12.3 Zusammenfassung und Ausblick	276
 13 Grundlagen der Digitalen Modulation	279
13.1 Einführung	279
13.2 Mischer	281
13.3 Amplitudenmodulation	283
13.4 IQ-Modulator	285
13.5 Der IQ-Demodulator	293
13.6 Anwendung der Hilbert-Transformation bei der IQ-Modulation	298

13.7 Praktische Anwendungen der Hilbert-Transformation.....	301
13.8 Kanalcodierung/Fehlerschutz	302
13.9 Analoge Modulationsverfahren im Vergleich	307
13.9.1 Amplitudenmodulation.....	308
13.9.2 Varianten der Amplitudenmodulation	311
13.9.3 Frequenzmodulation	312
13.9.4 Phasenmodulation.....	316
13.10 Bandbegrenzung modulierter Trägersignale.....	317
13.11 Zusammenfassung	320
14 Digitale TV-Übertragung über Satellit - DVB-S/S2/S2X	321
14.1 Die DVB-S-Systemparameter	324
14.2 Der DVB-S-Modulator	327
14.3 Faltungscodierung	331
14.4 Signalverarbeitung im Satelliten.....	337
14.5 Der DVB-S-Empfänger	338
14.6 Einflüsse auf der Satellitenübertragungsstrecke	342
14.7 DVB-S2	345
14.8 DVB-S2X – Erweiterungen im DVB-S2-Standard	353
15 DVB-S/S2 - Messtechnik	359
15.1 Einführung	359
15.2 Messung der Bitfehlerverhältnisse	360
15.3 Messungen an DVB-S/S2-Signalen mit einem Spektrumanalyzer	362
15.3.1 Näherungsweise Ermittlung der Rauschleistung N	364
15.3.2 CNR, SNR und E_b/N_0	366
15.3.3 Ermittlung des E_b/N_0	366
15.4 Modulation Error Ratio (MER)	369
15.5 Messung des Schulterabstands	369
15.6 DVB-S-Empfänger-Test	370
15.7 Messungen an der Satellitenempfangsanlage	371
16 Digitale TV-Übertragung über Breitbandkabel gemäß DVB-C...375	
16.1 Der DVB-C-Standard	378
16.2 Der DVB-C-Modulator.....	380
16.3 Der DVB-C-Empfänger.....	381
16.4 Störeinflüsse auf der DVB-C-Übertragungsstrecke	383
17 Digitale TV-Übertragung über Breitbandkabel nach ITU-T J83B (USA).....387	
17.1 J83B-Übertragungsparameter	389

17.2 J83B-Basisband-Eingangssignale.....	390
17.3 Forward Error Correction	390
17.4 Berechnung der Nettodatenrate	392
17.5 Rolloff-Filterung.....	393
17.6 Fall-off-the-Cliff.....	393
18 Messungen an digitalen TV-Signalen im Breitbandkabel.....	395
18.1 DVB-C/J83A, B, C-Messempfänger mit Konstellationsanalyse	396
18.2 Erfassung von Störeinflüssen mit Hilfe der Konstellationsanalyse	400
18.2.1 Additives weißes gauß'sches Rauschen (AWGN)	400
18.2.2 Phasenjitter	403
18.2.3 Sinusförmiger Interferenzstörer.....	404
18.2.4 Einflüsse des IQ-Modulators	405
18.2.5 Modulation Error Ratio (MER) - Modulationsfehler	407
18.2.6 Error Vector Magnitude (EVM).....	409
18.3 Messung der Bitfehlerverhältnisse (BER)	409
18.4 Messungen mit einem Spektrumanalyzer	410
18.5 Messung des Schulterabstandes.....	413
18.6 Messung der Welligkeit im Kanal bzw. Kanalschräglage.....	413
18.7 DVB-C/J83ABC-Empfänger-Test.....	413
19 Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (COFDM)	417
19.1 Warum Mehrträgerverfahren?	419
19.2 Was ist COFDM?	422
19.3 Erzeugung der COFDM-Symbole	428
19.4 Zusatzsignale im COFDM-Spektrum	437
19.5 Hierarchische Modulation	441
19.6 Zusammenfassung	442
20 Die terrestrische Übertragung von digitalen TV-Signalen über DVB-T	445
20.1 Der DVB-T-Standard.....	448
20.2 Die DVB-T-Träger	449
20.3 Hierarchische Modulation	455
20.4 DVB-T-Systemparameter des 8/7/6-MHz-Kanals.....	457
20.5 DVB-T-Modulator und Sender.....	467
20.6 Der DVB-T-Empfänger	470
20.7 Störeinflüsse auf der DVB-T-Übertragungsstrecke.....	475
20.8 DVB-T-Gleichwellennetze (SFN).....	484
20.9 Mindestens notwendiger Empfängereingangspegel bei DVB-T	492

21 Messungen an DVB-T-Signalen.....	499
21.1 Messung der Bitfehlerverhältnisse	501
21.2 Messungen an DVB-T-Signalen mit einem Spektrumanalyzer..	503
21.3 Konstellationsanalyse an DVB-T-Signalen	507
21.3.1 Weißes Rauschen (AWGN = Additive White Gaussian Noise)	
.....	507
21.3.2 Phasenjitter	508
21.3.3 Interferenzstörer	509
21.3.4 Echos, Mehrwegeempfang	509
21.3.5 Dopplereffekt.....	509
21.3.6 IQ-Fehler des Modulators.....	509
21.3.7 Ursache und Auswirkung von IQ-Fehlern bei DVB-T.....	512
21.4 Messung des Crestfaktors	522
21.5 Messung des Amplituden-, Phasen- und Gruppenlaufzeitganges.....	
.....	523
21.6 Messung der Impulsantwort	524
21.7 Messung des Schulterabstandes.....	524
 22 DVB-H/DVB-SH – Digital Video Broadcasting for Handhelds....	531
22.1 Einführung	531
22.2 Konvergenz zwischen Mobilfunk und Broadcast.....	532
22.3 DVB-H – die wesentlichen Parameter.....	534
22.4 DSM-CC Sections	535
22.5 Multiprotocol Encapsulation (MPE).....	536
22.6 DVB-H – Standard	537
22.7 DVB-H - Zusammenfassung	541
22.8 DVB-SH	544
 23 Digitales Terrestrisches Fernsehen gemäß ATSC (Nordamerika)	547
23.1 Der 8VSB-Modulator	552
23.2 8VSB-Brutto- und Nettodatenrate	561
23.3 Der ATSC-Empfänger	562
23.4 Störeinflüsse auf der ATSC-Übertragungsstrecke.....	562
23.5 ATSC-M/H „Mobile DTV“	563
23.5.1 Kompatibilität zur bestehenden ATSC-Rahmenstruktur	564
23.5.2 MPEG-4-Video- und Audio-Streaming.....	566
23.5.3 ATSC-M/H-Multiplexer	567
23.5.4 ATSC-M/H-Modulator	570
23.5.5 Bildung von Gleichwellennetzen.....	571
23.6 Closed Captioning	573
23.7 Aktueller Stand ATSC	574

24 ATSC/8VSB-Messtechnik	577
24.1 Messung der Bitfehlerverhältnisse	578
24.2 8VSB-Messungen mit Hilfe eines Spektrumanalysators	579
24.3 Konstellationsanalyse an 8VSB-Signalen	580
24.4 Ermittlung des Amplituden- und Gruppenlaufzeitganges	582
24.5. Weitere Messungen	585
25 Digitales Terrestrisches Fernsehen gemäß ISDB-T (Japan)	587
25.1 Layer-Bildung	590
25.2 Basisbandcodierung	592
25.3 Änderungen in der Transportstromstruktur	592
25.4 Blockschaltbild	594
25.5 Kanaltabellen	595
25.6 Leistungsfähigkeit von ISDB-T	595
25.7 Weitere ISDB-Standards	597
25.8 ISDB-T-Messtechnik	598
25.9 Zusammenfassung	599
26 Digital Audio Broadcasting – DAB/DAB+	601
26.1 Vergleich DAB und DVB	602
26.2 DAB im Überblick	606
26.3 Der physikalische Layer von DAB	612
26.4 DAB – Forward Error Correction – FEC	624
26.5 DAB-Modulator und Sender	630
26.6 DAB-Datenstruktur	633
26.7 DAB-Gleichwellennetze	639
26.8 DAB Data Broadcasting	640
26.9 DAB+	642
26.10 DAB-Messtechnik	643
26.10.1 Test von DAB-Empfängern	643
26.10.2 Messungen am DAB-Signal	644
27 DVB-Datendienste in „Object Carousels“	647
27.1 Data Broadcasting bei DVB	648
27.2 Object Carousels	649
27.3 MHP = Multimedia Home Platform	651
27.4 System Software Update – SSU	653
28 T-DMB	655
29 IPTV – Fernsehen über Internet-Protokoll	657
29.1 DVB-IP	659

29.2 IP-Schnittstelle ersetzt TS-ASI.....	660
29.3 OTT – Over the Top TV	661
30 DRM – Digital Radio Mondiale.....	663
30.1 Audio-Quellencodierung	667
30.2 Fehlerschutz.....	667
30.3 Modulationsverfahren.....	668
30.4 Rahmenstruktur	669
30.5 Störeinflüsse auf der Übertragungsstrecke	670
30.6 DRM-Datenraten	671
30.7 DRM-Sendestationen und DRM-Receiver	672
30.8 DRM+	673
31 DVB-T-Gleichwellennetze in der Praxis.....	675
31.1 SFN-Messparameter	676
31.1.1 Schutzintervall-Verletzung.....	680
31.1.2 Vorecho	681
31.1.3 Das 0 dB-Echo.....	682
31.1.4 Quasi-Mobil-Empfangssituation	682
31.1.5 Abstrahlung unterschiedlicher TPS-Bits	683
31.1.6 Frequenzgenauigkeit der Sender	684
31.2 Praktische Beispiele.....	685
31.2.1 Vorechos.....	686
31.2.2 Die 0 dB-Echos.....	686
31.2.3 Quasi-Mobil-Kanal.....	687
31.2.4 TPS-Bits	687
31.2.5 DVB-T-Mobilempfang.....	688
31.3 Verhalten von DVB-T-Receiver.....	693
31.4 DVB-T-Empfängertest	694
31.4.1 Mindestempfängereingangsspiegel im AWGN-Kanal.....	695
31.4.2 Minimales SNR	695
31.4.3 Nachbarkanalbelegung	696
31.4.4 Gleichkanalempfang.....	696
31.4.5 Mehrwegeempfang	696
31.4.6 Kanalsuche	696
31.4.7 Bootgeschwindigkeit und Bootverhalten.....	697
31.4.8 Programmwechsel	697
31.4.9 Videotext	697
31.4.10 VPS-Funktionalität	697
31.4.11. Dynamische PSI/SI-Tabellen	698
31.4.12 Firmwareausstattung.....	698
31.4.13 sonstiges	698

31.5 Netzplanung.....	698
31.6 Auffüllen von Versorgungslücken.....	699
31.7 Fall-off-the-Cliff.....	702
31.8 Zusammenfassung	703
32 Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting - DTMB (China) ...	705
33 DOCSIS - Data over Cable Service Interface Specification.....	709
33.1 Downstream.....	709
33.2 Upstream.....	711
33.3 CMTS und Cable Modem.....	712
33.4 Entwicklung von DOCSIS.....	713
33.5 Datenströme – Kontinuierlich und im Zeitschlitzverfahren (TDMA).....	717
33.6 Modulation – Single Carrier und Multicarrier im Kabel	718
33.7 DOCSIS 3.1	720
33.8 Ausblick.....	732
34 Display-Technologien	735
34.1 Alte Wandlerysteme – die Nipkow-Scheibe	737
34.2 Bildröhre.....	739
34.3 Der Plasma-Bildschirm.....	742
34.4 Der Flüssigkristall-Bildschirm.....	744
34.5 Bewegungspiegel-Systeme.....	746
34.6 Organische Leuchtdioden	746
34.7 Auswirkungen auf die Bild-Wiedergabe	746
34.8 Kompensationsmaßnahmen	748
34.9 Messtechnik	749
34.10 Stand der Technik	751
35 Neue Generation von DVB-Standards (DVB-x2).....	753
35.1 Übersicht über die DVB-Standards	754
35.2 Eigenschaften der alten und neuen DVB-Standards.....	755
35.3 Möglichkeiten und Ziele der neuen DVB-Standards.....	757
36 Basisbandsignale für DVB-x2	759
36.1 Eingangssignalfomate	759
36.1.1 MPEG-2-Transportströme – TS	760
36.1.2 Generic Fixed Packetized Streams – GFPS.....	760
36.1.3 Generic Continuous Streams – GCS	761
36.1.4 Generic Encapsulated Streams – GSE.....	762

36.2 Signalverarbeitung- und Aufbereitung im Modulator-Eingangsteil .	762
36.2.1 Single Input Stream	763
36.2.2 Multiple Input Streams	766
36.3 Standardspezifische Besonderheiten	769
36.3.1 DVB-S2	769
36.3.2 DVB-T2.....	770
36.3.3 DVB-C2.....	777
36.3.4 DVB-S2X	777
37 DVB-T2.....	779
37.1 Einführung	779
37.2 Theoretische maximale Kanalkapazität.....	780
37.3 DVB-T2 - Übersicht	782
37.4 Basisband-Interface	782
37.5 Fehlerschutz.....	784
37.6 COFDM-Parameter	788
37.6.1 Normal Carrier Mode	790
37.6.2 Extended Carrier Mode	792
37.7 Modulationsverfahren.....	794
37.7.1 Normale Konstellationsdiagramme	794
37.7.2 Begriffsdefinition „Cell“ – Zelle	795
37.7.3 Gekippte Q-delayed Konstellationsdiagramme	796
37.8 Rahmenstruktur	798
37.8.1 P1-Symbol	801
37.8.2 P2-Symbole	802
37.8.3 Symbol, Frame, Superframe	804
37.9 Blockdiagramm	804
37.10 Interleaver.....	805
37.10.1 Interleaver-Arten	806
37.10.2 DVB-T2-Time Interleaver-Konfiguration	807
37.11 Pilote.....	810
37.12 Sub-Slicing	813
37.13 Time-Frequency-Slicing (TFS)	813
37.14 PAPR Reduction.....	814
37.15 Mehrantennensysteme SISO/MISO.....	816
37.15.1 MISO nach Alamouti	817
37.15.2 Modified Alamouti bei DVB-T2	819
37.16 Future Extension Frames	821
37.17 Auxilliary Data Streams	821
37.18 DVB-T2-MI.....	822
37.19 SFN's in DVB-T2.....	822

37.20 Senderkennung in DVB-T2	823
37.21 Leistungsfähigkeit	824
37.22 T2-Lite	824
37.23 Ausblick	825
38 DVB-C2.....	827
38.1 Einführung	827
38.2 Theoretische maximale Kanalkapazität	829
38.3 DVB-C2 – Übersicht	830
38.4 Basisband-Interface	831
38.5 Fehlerschutz	831
38.6 COFDM-Parameter	832
38.7 Modulationsverfahren	834
38.8 Definition einer Zelle (Cell)	835
38.9 Interleaver	836
38.10 Variable Coding and Modulation (VCM).....	837
38.11 Rahmenstruktur	837
38.12 Kanalbündelung und Slice-Bildung.....	837
38.13 Preamble-Symbole.....	839
38.14 Pilote bei DVB-C2.....	841
38.15 PAPR-Reduktion	843
38.16 Blockdiagramm.....	844
38.17 Pegelverhältnisse im Breitbandkabel.....	844
38.18 Leistungsfähigkeit	844
38.19 Ausblick.....	845
39 DVB-T2-Messtechnik	847
39.1 Messung des HF-Pegels.....	848
39.2 Messung der Bitfehlerverhältnisse (BER)	850
39.3 Messung des Modulationsfehlerverhältnisses (MER)	851
39.4 Konstellationsanalyse an DVB-T2-Signalen	856
39.5 Messung des Schulterabstandes.....	858
39.6 Messung der Kanalimpulsantwort	859
39.7 Messung von Amplitudengang und Gruppenlaufzeit	860
39.8 Messung des Crest-Faktors (PAPR)	861
39.9 Pre- und Post-Signalling-Daten	862
39.10 Praktische Erfahrungen und Messergebnisse	862
39.10.1 Single und Multiple PLP	864
39.10.2 Coderaten und Modulationsverfahren bei DVB-T2	865
39.10.3 Vergleich non-rotated und rotated Constellations	865
39.10.4 Time Interleaver Parameter und Data Symbols per Frame	866
39.10.5 DVB-T2-Gleichwellennetze	866

39.10.5 SISO/MISO bei DVB-T2	867
39.10.6 Mobilitäuglichkeit von DVB-T2	868
39.11 Zusammenfassung	869
40 UKW-FM-Hörfunk.....	871
40.1 Kanalraster und Modulationsverfahren	872
40.2 Spektrum eines FM-modulierten Signals	875
40.3 Stereo-Multiplex-Signal	880
40.4 Radio-Daten-System (RDS)	883
40.5 Minimale Feldstärke und Nachbarkanal-Schutzabstände	886
40.6 Störeinflüsse auf der UKW-FM-Übertragungsstrecke	887
40.7 Minimaler Empfängereingangspegel.....	888
40.8 Vergleich mit DAB/DAB+	893
40.9 Messungen an UKW-FM-Stereo-Signalen.....	894
40.9.1 Messung des HF-Pegels	895
40.9.2 „Einpegeln“	895
40.9.3 Messung des FM-Hubs und der Multiplex-Leistung.....	896
40.9.4 Messung des Störabstands.....	897
40.9.5 Frequenzgang linker und rechter Audiokanal.....	900
40.9.6 Messung des Stereo-Übersprechens	900
40.9.7 Messung des Klirrfaktors bzw. der THD.....	901
40.9.8 Stereo-Balance.....	902
40.9.9 Zweitonfaktor	903
40.9.10 MPX-Basisband-Frequenzgang.....	903
40.9.11 Asynchrone und synchrone AM.....	904
40.9.12 Messung von Außerbandanteilen	904
41 Weitere Übertragungsstandards	907
41.1 MediaFLO	907
41.2 IBOC – HD-Radio	908
41.3 FMextra	909
41.4 CMMB – Chinese Multimedia Mobile Broadcasting.....	909
42 Digitale Dividende.....	911
42.1 Anatomie der Mobilfunksignale	911
42.2 Terrestrische TV-Netze und Mobilfunk	912
42.3 Breitbandkabel-TV-Netze und Mobilfunk.....	913
42.3.1 Einfluss des Gleichkanal-Mobilfunks auf DVB-C-Empfang	914
42.3.2 Einfluss des Gleichkanal-Mobilfunks auf analogen TV-Empfang	914

42.3.3 Einfluss des Gleichkanal-Mobilfunks auf weitere digitale BK-Dienste	915
42.4 Störfestigkeitsnorm für Ton- und Fernsehgrundfunkempfänger ..	915
42.5 Zusammenfassung	915
43 3DTV - Dreidimensionales Fernsehen	917
43.1 Wie funktioniert 3D aus anatomischer Sicht	917
43.2 Das 3D-Prinzip	919
43.3 Wiedergabe von 3D	920
43.4 Die 3DTV-Übertragung	923
43.5 Stand der Technik und Ausblick	925
44 Konvergenz von Rundfunk und Internet	927
44.1 Einleitung	927
44.2 Internet-Applikationen im Fernseh- und Hörfunkumfeld	928
44.3 HbbTV - Hybrid Broadcast Broadband TV	929
44.4 OTT – Over the Top TV	934
44.5 Zusammenfassung und Ausblick	934
45 Studio, Playout, Headend und Distributionsnetz	937
45.1 Playout	938
45.2 Headend	939
45.3 Distributionsnetz	941
45.4 Zusammenfassung	941
46 Terrestrische Rundfunksender und Sendestationen	943
46.1 Modulationssignalzuführung	944
46.2 Terrestrische Rundfunk-Sendestation	946
46.3 Steuersender, Modulator, Exciter	948
46.4 GPS-Zeit-/Frequenz-Normal	950
46.5 Sender-Leistungsverstärker	950
46.5.1 Transistortechnologie	954
46.5.2 Leistungsverstärkerklassen	958
46.5.3 Leistungskoppler und Leistungsteiler	963
46.5.4 Wellenleiter	969
46.6 SenderausgangsfILTER	977
46.6.1 Oberwellenfilter	978
46.6.2 Maskenfilter	979
46.7 Antennenweiche	985
46.8 Antennenzuführung und Sendeantenne	986
47 Ausblick	995

Literaturverzeichnis	997
Abkürzungsverzeichnis	1007
Rundfunk-Kanaltabellen.....	1027
Europa, Terrestrik und Kabel	1027
Australien, Terrestrik.....	1030
Nord-Amerika, Terrestrik	1031
Nord-Amerika, Kabel	1033
Sachverzeichnis	1041