

Inhaltsverzeichnis

Teil I Audiotechnik

| | |
|---|----------|
| 1 Grundlagen zur Audiotechnik | 3 |
| 1.1 Pegelmaße in der Audiotechnik | 3 |
| 1.2 Lineare Verzerrungen und Frequenzgang | 4 |
| 1.3 Nichtlineare Verzerrungen | 6 |
| 1.3.1 Klirrfaktor | 6 |
| 1.3.2 Intermodulation | 8 |
| 1.4 Störabstand | 10 |
| 1.4.1 Geräuschspannungsabstand | 11 |
| 1.4.2 Fremdspannungsabstand | 11 |
| 1.5 Dynamikbereich | 12 |
| 1.6 Übersprechdämpfung | 13 |
| 1.7 Phasenverzerrungen | 13 |
| 1.8 Raumakustik | 16 |
| 1.8.1 Schallreflexion | 16 |
| 1.8.2 Diffraction | 17 |
| 1.8.3 Refraktion (Brechung) | 18 |
| 1.8.4 Doppler-Effekt | 19 |
| 1.9 Räumliches Hören | 20 |
| 1.9.1 Intensitäts-Stereofonie | 21 |
| 1.9.2 Stereofonie durch Laufzeit | 22 |
| 1.9.3 Kunstkopf-Stereofonie | 23 |
| 1.9.4 Quadrofonie | 24 |
| 1.9.5 Dolby Surround-Sound 5.1 (Dolby Digital) | 24 |
| 1.9.6 Dolby Pro Logic | 25 |
| 1.9.7 Dolby Pro Logic II | 26 |
| 1.9.8 DTS | 28 |
| 1.9.9 Weitere Raumklang-Systeme – Raumklang mit nur zwei Lautsprechern | 28 |
| 1.10 Speicherung von Audiosignalen | 29 |
| 1.10.1 Analoge Magnetbandaufzeichnung | 30 |
| 1.10.2 Digitale Magnetbandaufzeichnung | 30 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1.10.3 | Digitale Aufzeichnung auf MiniDisc (MD) | 32 |
| 1.10.4 | Hard-Disk-Recording | 32 |
| 1.10.5 | Compact Disc (CD) | 33 |
| 1.10.6 | Unbewegte Speichermedien | 36 |
| 1.10.7 | Archivierung und Datenbanken | 37 |
| | Quellen und Referenzen | 38 |
| 2 | Abtastung und Digitalisierung | 39 |
| 2.1 | Prinzipielles bei der Abtastung | 39 |
| 2.2 | Voraussetzungen und Probleme bei der Abtastung | 43 |
| 2.3 | Wandlung der Analogspannung in Digitalwerte | 46 |
| 2.3.1 | Digitalformate nach der Wandlung | 46 |
| 2.3.2 | Methoden der A/D-Wandlung im Überblick | 47 |
| 2.3.3 | Quantisierungsrauschen und Linearitätsfehler | 50 |
| 2.3.4 | Überabtastung (Oversampling) auf der A/D-Seite | 55 |
| 2.3.5 | Diskretes Signal und Reduzierung der Abtastrate | 57 |
| 2.4 | Parameter bei der Abtastung und Wandlung | 57 |
| 2.4.1 | Auflösung und Wandlungskennlinien | 57 |
| 2.4.2 | Abtastraten | 59 |
| 2.4.3 | Aussteuerung | 61 |
| 2.5 | Methoden zur Reduzierung der Datenmenge | 61 |
| 2.5.1 | Datenreduzierung durch Parameteränderung | 62 |
| 2.5.2 | Datenreduzierung durch Kompression | 62 |
| 2.5.3 | MP3-Verfahren | 65 |
| 2.5.4 | Sonstige Verfahren | 70 |
| 2.5.5 | Datenfluss bei Hard-Disk-Recording | 73 |
| 2.6 | Rückwandlung ins Analoge | 74 |
| 2.6.1 | D/A-Wandlungsarten | 74 |
| 2.6.2 | D/A-Quantisierungsrauschen | 76 |
| 2.6.3 | Überabtastung auf der D/A-Seite | 76 |
| 2.7 | Signalaufbereitung auf der Analogseite | 77 |
| 2.7.1 | Mikrofonwahl und -aufstellung | 78 |
| 2.7.2 | Echtzeitbeeinflussung des Signals | 85 |
| 3 | Bearbeitung von Sampling-Dateien | 95 |
| 3.1 | Schneidevorgänge | 95 |
| 3.1.1 | Bearbeitungsschritte | 95 |
| 3.1.2 | Nahtstellen nach dem Schneidevorgang | 98 |
| 3.2 | Filter | 100 |
| 3.2.1 | FIR-Filter | 100 |
| 3.2.2 | IIR-Filter | 103 |
| 3.3 | Effekte | 104 |
| 3.3.1 | Echo | 104 |
| 3.3.2 | Hall | 108 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3.3 | Phasing und Flanging | 109 |
| 3.3.4 | Verzerrung | 111 |
| 3.3.5 | Veränderung der Abspielgeschwindigkeit | 113 |
| 3.3.6 | Veränderung der Tonlage (Pitch) | 115 |
| 3.3.7 | Zeitdehnung | 117 |
| 3.4 | Pegelbearbeitung | 117 |
| 3.4.1 | Einstellung von Einzelbereichen | 117 |
| 3.4.2 | Hüllkurvenkontrolle | 117 |
| 3.4.3 | Dynamikkompression | 118 |
| 3.5 | Unterdrückung von Knackgeräuschen | 119 |
| 3.5.1 | Slewrate-Filterung | 120 |
| 3.5.2 | Einzelwert-Bearbeitung | 120 |
| 3.6 | Echtzeitbearbeitung per DSP | 121 |
| 3.6.1 | Grundlagen zum DSP | 122 |
| 3.6.2 | Bearbeitungs-Mechanismen | 122 |
| 3.7 | Praxisbeispiel einer Audio-Bearbeitung | 123 |
| 3.7.1 | Inversecho | 124 |
| 3.7.2 | Erzeugung von Dolby Pro Logic | 125 |
| 3.7.3 | Hüllkurven-Bearbeitung | 125 |
| | Quellen und Referenzen | 126 |
| 4 | MIDI | 127 |
| 4.1 | MIDI-Hardware | 127 |
| 4.1.1 | Anschlüsse bei MIDI-Instrumenten | 127 |
| 4.1.2 | Verschaltung von MIDI-Instrumenten und -Geräten | 127 |
| 4.1.3 | Ausführung der Schnittstelle | 128 |
| 4.2 | MIDI-Software-Standard | 130 |
| 4.2.1 | Begriffserläuterungen | 130 |
| 4.2.2 | Überblick zu den MIDI-Messages | 132 |
| 4.2.3 | Channel Message | 133 |
| 4.2.4 | System Exclusive | 140 |
| 4.2.5 | System Common | 143 |
| 4.2.6 | System Realtime | 144 |
| 4.3 | General MIDI | 144 |
| 4.3.1 | Festgelegte Programm-Nummern | 145 |
| 4.3.2 | Festlegungen für Schlaginstrumente | 146 |
| 4.3.3 | Weitere Festlegungen | 147 |
| 4.3.4 | Richtlinien für General MIDI Level 2 | 147 |
| 4.3.5 | Das GS-Format | 148 |
| 4.4 | MIDI-Mapping | 149 |
| 4.4.1 | MIDI-Setup | 149 |
| 4.4.2 | MIDI-Patchmaps | 150 |
| 4.4.3 | MIDI-Keymaps | 152 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.5 | Verschiedene Prinzipien der Klangerzeugung | 152 |
| 4.5.1 | Analoge Klangsynthese | 153 |
| 4.5.2 | FM-Klangsynthese | 153 |
| 4.5.3 | Waveshaping | 155 |
| 4.5.4 | Fourier-Synthese | 156 |
| 4.5.5 | Lineare Arithmetik | 157 |
| 4.5.6 | Sampling-Synthese | 157 |
| 4.6 | Synchronisation von MIDI-Geräten | 159 |
| 4.6.1 | Zweck einer Synchronisation | 160 |
| 4.6.2 | Realisierung über Timecode | 160 |
| 4.6.3 | MIDI-Spezifikation für den Timecode | 161 |
| 4.7 | MIDI-Geräte, Audiokarten und Zubehör | 163 |
| 4.7.1 | Ansteuerung externer MIDI-Geräte durch den Computer | 164 |
| 4.7.2 | Audiokarten und Betrieb unter MIDI | 165 |
| 4.7.3 | MIDI-Steuergeräte | 166 |
| 4.7.4 | MIDI-Software | 166 |
| 4.7.5 | MIDI-Softwareinterface | 168 |
| 4.8 | MIDI-Applikationen und Problemlösungen | 168 |
| 4.8.1 | Nachvertonung von Videosequenzen | 169 |
| 4.8.2 | Synchronisation mehrerer MIDI-Applikationen | 171 |
| 4.8.3 | MIDI als Playback-Quelle für Musiker | 172 |
| 4.8.4 | MIDI-Arrangement und Sampling-Dateien | 174 |
| 4.9 | MIDI-Praxisbeispiel | 176 |
| 5 | Audio-Messtechnik | 181 |
| 5.1 | Herkömmliche analoge Messtechnik | 181 |
| 5.1.1 | Frequenzgang | 181 |
| 5.1.2 | Verzerrungen | 181 |
| 5.1.3 | Pegelvergleichsmessungen | 183 |
| 5.1.4 | Gleichlauf | 183 |
| 5.1.5 | Impuls-Messungen | 184 |
| 5.1.6 | Korrelationsgrad | 185 |
| 5.2 | Digitale Messtechnik und PC-Systeme | 186 |
| 5.2.1 | Voraussetzungen für das Gelingen der Messungen | 186 |
| 5.2.2 | Frequenzgang nach digitalem Verfahren | 187 |
| 5.2.3 | Verzerrungen nach digitalem Verfahren | 188 |
| 5.2.4 | Pegelvergleichsmessungen nach digitalem Verfahren | 190 |
| 5.2.5 | Gleichlauf nach digitalem Verfahren | 191 |
| 5.2.6 | Impuls-Messungen nach digitalem Verfahren | 191 |
| 5.2.7 | Korrelations-Messungen nach digitalem Verfahren | 191 |
| 5.2.8 | Raumakustik-Messungen nach digitalem Verfahren | 192 |
| | Quellen und Referenzen | 193 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 6 | Vergleich mit herkömmlicher Audiotechnik | 195 |
| 6.1 | Schneidetechniken | 195 |
| 6.1.1 | Aufzeichnungen auf Analogband | 195 |
| 6.1.2 | Aufzeichnungen auf Computer-Festplatte | 196 |
| 6.1.3 | Digitale Bandaufzeichnungen | 197 |
| 6.2 | Filtertechniken | 197 |
| 6.2.1 | Filtern mit Spezialgeräten | 197 |
| 6.2.2 | Software-Filterung | 197 |
| 6.2.3 | Digitale Hardware-Filterung | 198 |
| 6.3 | Einsatz von Effekten | 198 |
| 6.4 | Sonstige Signalmanipulationen | 199 |
| 6.4.1 | Rechenintensive Veränderungen | 199 |
| 6.4.2 | Diskrete Signalverformung | 200 |
| 6.4.3 | Zeitinverson | 200 |
| 6.5 | Wartung der Systeme | 201 |
| 6.5.1 | Wartung bei Analogsystemem | 201 |
| 6.5.2 | Wartung bei Digitalsystemen | 201 |
| 6.6 | Latenz-Zeit | 202 |
| 6.6.1 | Monitoring-Latenz-Zeit | 202 |
| 6.6.2 | MIDI-Latenz | 203 |
| 6.6.3 | Latenz-Jitter | 203 |
| 6.6.4 | Durchlauf-Latenz | 204 |
| 6.7 | Gegenüberstellung Analogtechnik/Digitaltechnik | 205 |

Teil II Videotechnik

| | | |
|----------|--|-----|
| 7 | Grundlagen und Verfahren der Videotechnik | 209 |
| 7.1 | Bildabtastung und -wiedergabe | 209 |
| 7.1.1 | Zeilensprungverfahren (Interlaced) | 209 |
| 7.1.2 | Non-Interlaced-Verfahren | 212 |
| 7.1.3 | Synchronisation | 212 |
| 7.1.4 | BAS-Signal | 214 |
| 7.1.5 | Probleme und Fehlersymptome | 215 |
| 7.2 | Farbübertragung | 217 |
| 7.2.1 | Physikalische und physiologische Aspekte | 217 |
| 7.2.2 | Prinzip der Farbbildaufnahme | 221 |
| 7.2.3 | Prinzip der Farbbildwiedergabe | 223 |
| 7.2.4 | RGB-Signal | 228 |
| 7.2.5 | YUV-Signal | 230 |
| 7.2.6 | Y/C-Signal | 232 |
| 7.2.7 | FBAS-Signal | 235 |
| 7.2.8 | Viertelzeilenoffset-Verfahren | 239 |
| 7.2.9 | Digitales Signal | 239 |
| 7.2.10 | Probleme bei der Farbübertragung | 240 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 7.3 | Aufzeichnungsverfahren | 241 |
| 7.3.1 | VHS-Verfahren | 241 |
| 7.3.2 | S-VHS-Verfahren | 243 |
| 7.3.3 | U-matic | 243 |
| 7.3.4 | Betacam | 245 |
| 7.3.5 | Betamax | 246 |
| 7.3.6 | Video 2000 | 246 |
| 7.3.7 | Video Hi-8 | 246 |
| 7.3.8 | 1-Zoll-MAZ | 247 |
| 7.3.9 | Laserdisc | 247 |
| 7.3.10 | Digitale Aufzeichnungsverfahren | 247 |
| 7.4 | Weitere Farbübertragungsverfahren | 248 |
| 7.4.1 | NTSC | 248 |
| 7.4.2 | SECAM | 250 |
| 7.5 | Hochauflösende Standards | 251 |
| 7.5.1 | PALplus und dessen Verbesserungen | 251 |
| 7.5.2 | HDTV-Historie und nach EUREKA 95 | 251 |
| 7.5.3 | Moderne HDTV-Technologie | 252 |
| 7.6 | 3-D-Verfahren und Standards | 254 |
| 7.6.1 | Stereoskopie | 254 |
| 7.6.2 | 3D-Technik durch Monochromfilter-Brille | 254 |
| 7.6.3 | 3D-Technik mit Shutter-Brille | 256 |
| 7.7 | Speichermedien | 257 |
| 7.7.1 | DVD – Digital Versatile Disc | 257 |
| 7.7.2 | Blu-ray | 258 |
| 8 | Parameter beim digitalen Videobild | 259 |
| 8.1 | Farbcodierung | 259 |
| 8.1.1 | Farbtiefe | 259 |
| 8.1.2 | Verschlüsselung der Farbdaten | 259 |
| 8.1.3 | Datenanordnung der Farbinformation | 261 |
| 8.2 | Bildformat und Auflösung | 263 |
| 8.2.1 | Bildseitenformat | 263 |
| 8.2.2 | Auflösung | 263 |
| 8.2.3 | Overscan | 264 |
| 8.2.4 | Underscan | 265 |
| 8.3 | Aspect Ratio | 266 |
| 8.4 | Bildabtastung und Pixelraten | 268 |
| 9 | Videoausgabe einer Computergrafik | 269 |
| 9.1 | Anlegen von neuen Grafiken | 269 |
| 9.1.1 | Auflösung | 269 |
| 9.1.2 | Farbtiefe | 270 |
| 9.1.3 | Farbpegel | 272 |
| 9.1.4 | Grafik-Datenformat | 273 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.2 | Veränderungen an bestehenden Grafiken | 274 |
| 9.2.1 | Konvertierung der Auflösung | 274 |
| 9.2.2 | Änderung der Farbtiefe | 277 |
| 9.2.3 | Farbpegelanpassung | 277 |
| 9.2.4 | Export in andere Grafik-Datenformate | 279 |
| 9.3 | Wiedergabeeigenschaften von Grafikkarten | 280 |
| 9.3.1 | Speicherorganisation | 280 |
| 9.3.2 | Signalarten der Ausgänge | 281 |
| 9.3.3 | LUT-Manipulation | 283 |
| 9.3.4 | Durchschleifen von Signalen anderer Grafikkarten | 284 |
| 9.3.5 | Wiedergabe der Benutzeroberfläche | 285 |
| 9.4 | Genlock-Wiedergabebetrieb | 286 |
| 9.4.1 | Synchronisation des Pixeltaktes | 286 |
| 9.4.2 | H-Phasen-Einstellung | 287 |
| 9.4.3 | SC-Phasen-Einstellung | 288 |
| 9.5 | Sichtbare Störungen | 290 |
| 9.5.1 | Systembedingte Störungseffekte | 290 |
| 9.5.2 | Bildlagefehler | 292 |
| 9.5.3 | Synchronisationsfehler | 293 |
| 9.6 | Grafiken als Testbilder | 293 |
| 9.6.1 | Prüfung der Bildgeometrie und Aspect Ratio | 294 |
| 9.6.2 | Prüfung der Farbwiedergabe | 295 |
| 9.6.3 | Prüfung der Helligkeitsauflösung | 296 |
| 10 | Einfrieren von Videobildern | 297 |
| 10.1 | Besonderheiten der Signalaufbereitung beim Live-Modus | 297 |
| 10.1.1 | Timebase-Corrector | 297 |
| 10.1.2 | Decodierung | 299 |
| 10.2 | Anzeige des Live-Bildes | 300 |
| 10.2.1 | Vollbildanzeige | 300 |
| 10.2.2 | Window-Anzeige | 301 |
| 10.2.3 | Durchschleifen des Live-Bildes | 302 |
| 10.3 | Vorgänge beim Einfrieren | 303 |
| 10.4 | Signalfluss | 303 |
| 10.4.1 | Einfrierzeitpunkt | 304 |
| 10.4.2 | Unterschiede zwischen Live- und Capture-Bild | 305 |
| 11 | Spezialeffekte | 307 |
| 11.1 | Overlay-Technik | 307 |
| 11.1.1 | Overlay bei einer Farbtiefe von 16 Bit | 307 |
| 11.1.2 | Overlay bei einer Farbtiefe von 32 Bit | 308 |
| 11.1.3 | Kriterien für das Keying | 310 |
| 11.2 | Chromakeying | 311 |
| 11.3 | LUT-Effekte | 312 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 11.4 | Mischen und Überblenden | 313 |
| 11.4.1 | Homogene Blenden | 313 |
| 11.4.2 | Strukturbleden | 314 |
| 11.5 | Filtertechniken | 315 |
| 11.5.1 | Punktoperationen | 315 |
| 11.5.2 | Ortsbereichsoperationen | 315 |
| 11.6 | Hardware-Zoom und -Panning | 316 |
| 11.7 | Hardware-Flip | 317 |
| 11.8 | Bild-im-Bild beim Fernsehen | 317 |
| 11.9 | Videotext | 318 |
| 12 | Animationen | 321 |
| 12.1 | Bewegliche 2D-Modelle | 321 |
| 12.2 | Animation über Drahtgittermodelle | 322 |
| 12.2.1 | Konstruktion eines Drahtgittermodells | 322 |
| 12.2.2 | Anfangs- und Endpunkt der Bewegung | 322 |
| 12.2.3 | Rendering | 323 |
| 12.2.4 | Raytracing | 324 |
| 12.3 | Morphing | 325 |
| 12.4 | Aufzeichnungstechniken | 326 |
| 12.4.1 | Echtzeit-Animation | 326 |
| 12.4.2 | Einzelbild-Aufzeichnungen | 326 |
| 12.5 | Rotoscoping | 330 |
| 12.5.1 | Effektbeschreibung | 330 |
| 12.5.2 | Arbeitsweise | 331 |
| 12.6 | Schrift-Animation | 332 |
| 12.7 | Kritische Parameter bei Echtzeit-Animationen | 333 |
| 12.7.1 | Anforderungen an das System | 333 |
| 12.7.2 | Auflösung | 334 |
| 12.7.3 | Farbtiefe | 335 |
| 12.7.4 | Bildinhaltsveränderungen | 335 |
| 12.8 | Problemlösungen zur Datenreduktion | 335 |
| 12.8.1 | JPEG-Verfahren | 336 |
| 12.8.2 | MPEG-Verfahren | 339 |
| 12.8.3 | QPEG-Verfahren | 340 |
| 12.9 | Neue Animationstechniken | 341 |
| 12.9.1 | Motion Capture | 341 |
| 12.9.2 | Performance Capture | 341 |
| 13 | Schnittsysteme | 343 |
| 13.1 | Online-Schnittsysteme | 343 |
| 13.1.1 | Arbeitsweise | 343 |
| 13.1.2 | Endgültiger Schnitt | 344 |
| 13.1.3 | Nachteile des Verfahrens | 344 |
| 13.1.4 | Besondere Schnittverfahren | 345 |

| | | |
|-----------------------------------|--|------------|
| 13.2 | Offline-Schnittsysteme | 346 |
| 13.2.1 | Digitalisieren des Videomaterials | 346 |
| 13.2.2 | Durchführung des Offline-Schnitts | 347 |
| 13.2.3 | Rohschnittfassung | 348 |
| 13.2.4 | Schnittliste und endgültiger Schnitt | 348 |
| 13.3 | Audionachbearbeitung | 349 |
| 13.3.1 | Asynchrone Mischung | 349 |
| 13.3.2 | Synchrone Mischung | 350 |
| 13.4 | Praxisbeispiel mit einfachem Schnittsystem | 351 |
| 14 | Spezielle Zusatzgeräte | 353 |
| 14.1 | Signalarten-Wandler | 353 |
| 14.1.1 | Wandlung von RGB nach Y/C bzw. FBAS | 353 |
| 14.1.2 | Wandlung von FBAS bzw. Y/C nach RGB | 354 |
| 14.1.3 | Komponenten-Transcoder | 356 |
| 14.1.4 | Spezielle Sync-Einkopplungen | 357 |
| 14.2 | Normenwandler | 358 |
| 14.3 | Timebase-Corrector | 359 |
| 14.4 | Verzögerungsglieder | 361 |
| 14.5 | Synchrongenerator | 362 |
| A | Audio-Datenformate | 365 |
| A.1 | Format WAV | 365 |
| A.2 | Format VOC | 366 |
| A.3 | Format SMP | 367 |
| A.4 | Format SFI/SFD | 367 |
| A.5 | Format AIFF | 371 |
| A.6 | Format ADPCM | 371 |
| A.7 | Speicherbedarf der Dateien | 373 |
| B | Tabellen und Diagramme | 375 |
| C | Beschaltungen | 381 |
| D | Grafikformate | 387 |
| D.1 | Kurzer Überblick | 387 |
| D.2 | Format TIFF | 388 |
| D.3 | Format BMP | 389 |
| D.4 | Format TGA | 394 |
| D.5 | Format PCX | 394 |
| D.6 | Format PICT | 395 |
| D.7 | Format JPEG | 396 |
| Glossar | | 399 |
| Literaturverzeichnis | | 411 |
| Sachverzeichnis | | 413 |