

# Inhalt

|          |                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                                  | <b>13</b> |
| 1.1      | Was ist Audioprogrammierung?                       | 13        |
| 1.2      | An wen richtet sich dieses Buch?                   | 17        |
| 1.3      | Wie kann man mit diesem Buch arbeiten?             | 17        |
| <b>2</b> | <b>Audiosignale</b>                                | <b>19</b> |
| 2.1      | Akustische Signale                                 | 19        |
| 2.2      | Schallwandlung                                     | 22        |
| 2.3      | Quantisierung                                      | 23        |
| 2.4      | Speicherung von Audioinhalten                      | 24        |
| 2.5      | Aufbau und Programmierung einer Windows-Wave-Datei | 26        |
| 2.6      | Aufbau und Programmierung einer AIFF-Datei         | 32        |
| 2.7      | Digitale Verstärkung und Dezibelwerte              | 34        |
| 2.8      | Normalisierung von Audiodateien                    | 38        |
| 2.9      | Mischen von Audiodatenströmen                      | 39        |
| 2.10     | Zusammenfassung                                    | 40        |
| 2.11     | Übungsaufgaben                                     | 40        |
| <b>3</b> | <b>Datenreduktion und Kompressionsalgorithmen</b>  | <b>42</b> |
| 3.1      | Verfahren zur Datenreduktion                       | 42        |
| 3.2      | Verlustlose Datenkompression                       | 43        |
| 3.3      | Verlustbehaftete Verfahren                         | 46        |
| 3.3.1    | Deltacodierung beim Format DPCM                    | 46        |
| 3.3.2    | Codierung im Frequenzbereich                       | 46        |
| 3.3.3    | Gehörphysiologische Grundlagen                     | 48        |
| 3.3.4    | Aufbau von MP3-Dateien                             | 49        |
| 3.4      | Programmierung von Codecs                          | 51        |
| 3.5      | Audio Compression Manager                          | 53        |

|          |                                                                                     |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6      | LAME-Codec .....                                                                    | 56        |
| 3.7      | DirectShow .....                                                                    | 59        |
| 3.8      | Übungsaufgaben .....                                                                | 64        |
| <b>4</b> | <b>Bearbeitungswerkzeuge für Audiodaten .....</b>                                   | <b>65</b> |
| 4.1      | Programme für Audibearbeitung .....                                                 | 65        |
| 4.1.1    | Wavosaur .....                                                                      | 66        |
| 4.1.2    | Goldwave .....                                                                      | 67        |
| 4.1.3    | Audacity .....                                                                      | 67        |
| 4.1.4    | Kommerzielle Software für den semiprofessionellen und professionellen Einsatz ..... | 68        |
| 4.2      | Virtual Studio Technologie (VST) .....                                              | 69        |
| 4.2.1    | Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Java und C++ .....                             | 70        |
| 4.2.2    | VST-SDK von Steinberg .....                                                         | 72        |
| 4.2.3    | VST-Hostanwendung .....                                                             | 74        |
| 4.2.4    | Delayeffekte mit der Beispielanwendung ADelay .....                                 | 74        |
| 4.2.5    | Die Benutzerschnittstelle VSTGUI .....                                              | 77        |
| 4.3      | Klangfilter .....                                                                   | 77        |
| 4.3.1    | Tief- und Hochpassfilter, FIR-Filter erster Ordnung .....                           | 83        |
| 4.3.2    | Bandpass und Bandsperre als FIR-Filter zweiter Ordnung .....                        | 84        |
| 4.3.3    | IIR-Filter mit unendlicher Impulsantwort .....                                      | 85        |
| 4.3.4    | Regelbare Klangfilter .....                                                         | 87        |
| 4.4      | Übungsaufgaben .....                                                                | 90        |
| <b>5</b> | <b>Audioanalyse .....</b>                                                           | <b>91</b> |
| 5.1      | Visualisierung von Audiodaten .....                                                 | 91        |
| 5.1.1    | Zeitfunktion .....                                                                  | 92        |
| 5.1.2    | Messung von Aussteuerung und Lautheit .....                                         | 99        |
| 5.2      | Verbindung zum Audioadapter .....                                                   | 103       |
| 5.3      | Fouriertransformation .....                                                         | 103       |
| 5.3.1    | Zusammenhang mit den Korrelationsfunktionen .....                                   | 106       |
| 5.3.2    | Fast Fourier transform (FFT) .....                                                  | 107       |
| 5.3.3    | Berechnung mit Tabellenkalkulation .....                                            | 112       |
| 5.3.4    | Darstellung des Betrags- und des Phasenspektrums .....                              | 113       |
| 5.4      | Spektrumanalyser .....                                                              | 114       |
| 5.4.1    | Oktavbandanalyser .....                                                             | 115       |
| 5.4.2    | Terzbandanalyser .....                                                              | 115       |
| 5.5      | Oktavsiebanalyse .....                                                              | 115       |
| 5.6      | Übungsaufgaben .....                                                                | 116       |

|          |                                                            |            |
|----------|------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b> | <b>Audiosynthese</b>                                       | <b>117</b> |
| 6.1      | Elektronische Klangerzeugung                               | 117        |
| 6.2      | Spektren mathematischer Funktionen                         | 120        |
| 6.3      | Skriptbasierte Synthese von Klängen                        | 123        |
| 6.3.1    | Steuerung des zeitlichen Hüllkurvenverlaufs                | 123        |
| 6.3.2    | Klanggenerierung durch additive Klangsynthese              | 126        |
| 6.4      | Synthese von Orgelklängen                                  | 127        |
| 6.5      | Bestimmung von Soundparametern                             | 128        |
| 6.6      | Klangstruktur gezupfter und geschlagener Saiteninstrumente | 128        |
| 6.6.1    | Bass                                                       | 129        |
| 6.6.2    | Gitarre                                                    | 130        |
| 6.7      | Klangstruktur verschiedener Orchesterinstrumente           | 130        |
| 6.7.1    | Holzbläser                                                 | 131        |
| 6.7.2    | Blechbläser                                                | 133        |
| 6.7.3    | Streicher                                                  | 135        |
| 6.8      | Übungsaufgaben                                             | 136        |
| <b>7</b> | <b>Komponieren und MIDI</b>                                | <b>137</b> |
| 7.1      | Aufbau einer MIDI-Datei                                    | 137        |
| 7.2      | Software für MIDI-Verarbeitung und Notensatz               | 144        |
| 7.2.1    | Finale                                                     | 144        |
| 7.2.2    | Capella                                                    | 144        |
| 7.2.3    | Cubase und Nuendo                                          | 145        |
| 7.3      | Komposition                                                | 147        |
| 7.3.1    | Melodie                                                    | 148        |
| 7.3.2    | Begleitung und Harmonik                                    | 149        |
| 7.3.3    | Mehrstimmigkeit                                            | 150        |
| 7.3.4    | Fuge als mehrstimmige Kompositionsform                     | 150        |
| 7.3.5    | Zwölftontechnik                                            | 151        |
| 7.4      | Übungsaufgaben                                             | 152        |
| <b>8</b> | <b>Sonderstellung mit visueller Programmierung</b>         | <b>155</b> |
| 8.1      | Einleitung                                                 | 155        |
| 8.2      | Reaktor von Native Instruments                             | 156        |
| 8.2.1    | Ebenen der Klangsynthese                                   | 156        |
| 8.2.2    | Ein einfacher Drumsampler                                  | 159        |
| 8.3      | GraphEdit von DirectShow                                   | 162        |
| 8.3.1    | Kategorien von Filtern                                     | 162        |
| 8.3.2    | Anwendungsbeispiele                                        | 163        |

|           |                                                          |            |
|-----------|----------------------------------------------------------|------------|
| 8.4       | Max MSP .....                                            | 166        |
| 8.4.1     | Patches als Signalflussgraphen .....                     | 166        |
| 8.4.2     | Erstellen von Patches .....                              | 167        |
| 8.5       | Übungsaufgaben .....                                     | 170        |
| <b>9</b>  | <b>Physikalische Klangmodellierung .....</b>             | <b>171</b> |
| 9.1       | Klangmodellierung .....                                  | 171        |
| 9.2       | Numerische Lösung von Differentialgleichungen .....      | 172        |
| 9.2.1     | Einmassenschwinger .....                                 | 173        |
| 9.2.2     | Saiten .....                                             | 178        |
| 9.2.3     | Schwingungen von Stäben und Balken .....                 | 188        |
| 9.2.4     | Platten .....                                            | 194        |
| 9.3       | Zusammenfassung .....                                    | 204        |
| 9.4       | Übungsaufgaben .....                                     | 204        |
| <b>10</b> | <b>Designing Sound .....</b>                             | <b>205</b> |
| 10.1      | Motivation .....                                         | 205        |
| 10.2      | Funktionen von Filmmusik .....                           | 209        |
| 10.3      | Anlegen der Filmmusik .....                              | 210        |
| 10.4      | Kompositionstechniken .....                              | 213        |
| 10.4.1    | Die Bedeutung von Zeit, Raum und Klang .....             | 213        |
| 10.4.2    | Improvisation .....                                      | 213        |
| 10.4.3    | Variation .....                                          | 214        |
| 10.5      | Analyse audiovisueller Musikedarbietungen .....          | 215        |
| 10.5.1    | Analyse des Tanzes „Eairth“ von Domenico Strazzeri ..... | 217        |
| 10.5.2    | Verfeinerung der Analyse .....                           | 219        |
| 10.6      | Sounddesign bei „Star Wars“ .....                        | 220        |
| 10.6.1    | Erstellung der Soundeffekte .....                        | 220        |
| 10.6.2    | Die Klangvielfalt von R2D2 .....                         | 221        |
| 10.6.3    | Effektbearbeitung .....                                  | 225        |
| 10.7      | Die Filmmusik der James Bond-Filme .....                 | 227        |
| 10.7.1    | Stille als dramaturgisches Gestaltungselement .....      | 227        |
| 10.7.2    | „Moonraker – Streng geheim“ .....                        | 228        |
| 10.8      | Übungsaufgaben .....                                     | 232        |
| <b>11</b> | <b>Schlussbemerkungen .....</b>                          | <b>234</b> |
| 11.1      | Zusammenfassung .....                                    | 234        |
| 11.2      | Ausblicke .....                                          | 234        |

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>A Beispieleprojekte</b> .....                 | <b>236</b> |
| A.1 Übersicht über die Programmbeispiele .....   | 236        |
| A.2 Kapitel 2 Audiodateien .....                 | 236        |
| A.2.1 SinusWav und SinusAiff .....               | 237        |
| A.2.2 AmplifyWav .....                           | 237        |
| A.2.3 NormalizeWav .....                         | 238        |
| A.2.4 MixWav .....                               | 238        |
| A.3 Kapitel 3 MP3Konverter .....                 | 239        |
| A.4 Kapitel 4 Delay .....                        | 239        |
| A.5 Kapitel 4 FourBandEQ .....                   | 239        |
| A.6 Kapitel 5 Aussteuerungsmessung .....         | 239        |
| A.7 Kapitel 5 Visualisierung .....               | 240        |
| A.8 Kapitel 6 Klangsynthese .....                | 240        |
| A.9 Kapitel 7 MidiFileMaker .....                | 240        |
| A.10 Kapitel 9 Modellierung .....                | 241        |
| A.10.1 Masse-Feder-Dämpfer-System .....          | 241        |
| A.10.2 Saitenschwingung .....                    | 242        |
| A.10.3 Modellierung von Balkenschwingungen ..... | 242        |
| A.10.4 Schwingungen einer Platte .....           | 242        |
| A.11 Kapitel 10 Sounddesign .....                | 242        |
| A.11.1 R2D2 als Polizeisirene .....              | 243        |
| A.11.2 Schnelle Tonfolge von R2D2 .....          | 243        |
| A.11.3 R2D2 pfeift .....                         | 243        |
| <b>Literatur</b> .....                           | <b>245</b> |
| Bildnachweise .....                              | 248        |
| <b>Index</b> .....                               | <b>249</b> |