

# Inhaltsverzeichnis

- 1 Akustische Kommunikation 13**
  - 1.1 Audiodesign – eine Begriffsbestimmung 13
  - 1.1.1 Audiodesign – ein interdisziplinäres Feld 15
  - 1.1.2 Sprache, Geräusche und Musik 15
  - 1.1.3 Audiodesign – ein Bindeglied für kollaborative, interdisziplinär vernetzte Arbeitsabläufe 16
  - 1.2 Intersensuelle Gestaltung: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile 18
  - 1.3 Wichtige Eigenschaften der akustischen Wahrnehmung 19
    - 1.3.1 Die Omnipräsenz des Hörens 19
    - 1.3.2 Sound als Folge dynamischer Prozesse 21
    - 1.3.3 Gleichzeitigkeit von Entstehung, Ausbreitung und Wahrnehmung 21
    - 1.3.4 Sound und Emotion 21
    - 1.3.5 Sound und Gedächtnis 22
    - 1.3.6 Akustische Ereignisse vs. visuelle Objekte 23
    - 1.3.7 Gleichzeitige Wahrnehmung mehrerer akustischer Streams 24
    - 1.3.8 Akustische Ereignisse als aktivierende Sinnesreize 25
    - 1.3.9 Die Schwierigkeit der Beschreibung akustischer Wahrnehmungen 26
      - 1.4 Musik und Medien: Hörerfahrungen im Wandel 27
      - 1.5 Hören und Zuhören: Ebenen akustischer Wahrnehmung 29
      - 1.5.1 Hören zur Überwachung der Umwelt 30
      - 1.5.2 Hören zur Orientierung in der Umwelt 30
      - 1.5.3 Hören zur Kommunikation mit der Umwelt 31
      - 1.5.4 Zuhören zur Konstruktion neuer Wahrnehmungsmuster 32
        - 1.6 Die semantische Lücke: Schallereignis vs. Lautereignis 33
        - 1.7 Lautereignis: Wahrnehmbare Eigenschaften 35
        - 1.7.1 Tonhöhe, Lautstärke und Klangfarbe 35
        - 1.7.2 Klänge und Geräusche 35
        - 1.8 Schallereignis: Physikalische Messgrößen 36
          - 1.8.1 Physikalische Grundlagen akustischer Ereignisse 36
          - 1.8.2 Anregungskraft, Masse und Elastizität 36
          - 1.8.3 Amplitude, Periodendauer und Grundfrequenz 37
          - 1.8.4 Wellenlänge 38
          - 1.8.5 Ausbreitungsgeschwindigkeit 39
          - 1.8.6 Raum 40

1.8.7	Zeit 40
1.9	Designprozess: Vom Schallereignis zum Lautereignis 40
1.10	Wirkungs- und Bedeutungsebenen akustischer Ereignisse 44
1.10.1	Direkte Wirkungen von akustischen Ereignissen 44
1.10.2	Der Informationsgehalt akustischer Ereignisse 46
1.10.3	Der Symbolgehalt von akustischen Ereignissen 49
1.10.4	Bedeutung durch Konvention 51
1.11	Die akustische Kommunikationskette 53
1.11.1	Das Kommunikationsmodell 53
1.11.2	Die Signalkette 53
1.11.3	Die Umformung und Übertragung von Signalen 54
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Signalkette 57</b>
2.1	Beschreibung von Signalen 57
2.1.1	Periodisch oder aperiodisch 58
2.1.2	Harmonische Töne 59
2.1.3	Komplexe Töne – Klänge 59
2.1.4	Das Frequenzspektrum 60
2.1.5	Geräusche 61
2.1.6	Fourier-Transformation, Zeit- und Frequenzbereich 62
2.1.7	Gliederung des Frequenzbereichs 63
2.1.8	Der zeitliche Verlauf von Schallsignalen 64
2.1.9	Effektivwert und Pegel eines Signals 66
2.2	Die Eigenschaften von Systemen 67
2.2.1	Lineare und nichtlineare Verzerrungen 67
2.2.2	Der Klirrfaktor eines Systems 68
2.2.3	Aussteuerung, Systemdynamik, Signal-Rausch-Abstand 68
2.2.4	Frequenzgang 69
2.2.5	Filter 70
2.2.6	Impulsantwort und Faltung 71
<b>3</b>	<b>Schallentstehung 72</b>
3.1	Zusammensetzung von Schwingungssystemen 72
3.1.1	Oszillator 72
3.1.2	Anregung 72
3.1.3	Resonanzkörper 73
3.2	Einfachste Schwingungssysteme 74
3.2.1	Freie Schwingungen 74
3.2.2	Gedämpfte Schwingungen 74
3.2.3	Erzwungene Schwingungen 74
3.3	Reale Schwingungssysteme 75
3.3.1	Kopplung einfacher Schwingungssysteme 75
3.3.2	Eigenfrequenz und Schwingungsmodus 76
3.3.3	Modell der schwingenden Saite 77
3.3.4	Wellenformen und Eigenfrequenzen einer Saite 78
3.3.5	Anregung bestimmter Wellenformen 79
3.3.6	Ausbreitung von Schallwellen in Röhren 80
3.3.7	Mehrdimensionale Wellenausbreitung 81

3.4	<b>Die menschliche Stimme</b>	82
3.4.1	Stimmhafte und stimmlose Laute	82
3.4.2	Der Mund-Nasen-Rachen-Raum	83
3.4.3	Vokale	83
3.4.4	Konsonanten	84
3.4.5	Das Quelle-Filter-Modell	84
<b>4</b>	<b>Schallausbreitung</b>	86
4.1	Wichtige Kenngrößen der Schallausbreitung	86
4.1.1	Ausbreitungsgeschwindigkeit	86
4.1.2	Schalldruck, Schalldichte und Schallschnelle	88
4.1.3	Kugelwelle und ebene Welle	88
4.1.4	Schallintensität	89
4.1.5	Hörschwelle und Schmerzgrenze	89
4.2	Besondere Eigenschaften der Wellenausbreitung	91
4.2.1	Interferenz und Schwebung	91
4.2.2	Reflexion	92
4.2.3	Absorption, Dissipation und Transmission	92
4.2.4	Brechung	93
4.2.5	Beugung	94
4.3	Schall in geschlossenen Räumen	95
4.3.1	Direktschall	96
4.3.2	Erstreflexionen	97
4.3.3	Nachhall	98
4.3.4	Die Impulsantwort eines Raumes	99
4.3.5	Das Schallfeld von anhaltenden Signalen	99
4.4	Raumakustik	99
4.4.1	Halligkeit	100
4.4.2	Deutlichkeit, Klarheit	101
4.4.3	Gleichmäßige Schallverteilung	101
4.4.4	Einbeziehung der Hörer	101
4.4.5	Echovermeidung	102
4.4.6	Niedriger Geräuschpegel	102
<b>5</b>	<b>Aspekte der Wahrnehmung</b>	103
5.1	Das Gehör	103
5.1.1	Das Außenohr	103
5.1.2	Das Mittelohr	104
5.1.3	Das Innenohr	105
5.1.4	Verarbeitung im Gehirn	107
5.2	Wahrnehmung der Lautstärke	108
5.2.1	Unterscheidungsschwelle	108
5.2.2	Frequenzabhängigkeit der Lautstärke	109
5.2.3	Simultanmaskierung	111
5.2.4	Vor- und Nachmaskierung	112
5.2.5	Lautstärke und Dauer	113
5.3	Wahrnehmung der Tonhöhe	114
5.3.1	Unterscheidungsschwelle	114

5.3.2	Tonhöhenwahrnehmung bei komplexen Tönen	115
5.3.3	Tonhöhen gebräuchlicher Instrumente	115
5.3.4	Oktavenphänomen, Tonigkeit und Tonhöhenlage	116
5.3.5	Intervalle	116
5.3.6	Konsonanz und Dissonanz	117
5.3.7	Tonskalen und Stimmungen	119
5.4	Wahrnehmung der Klangfarbe	121
5.4.1	Messbare Eigenschaften der Klangfarbe	121
5.4.2	Psychoakustische Merkmale der Klangfarbe	123
5.4.3	Semantische Aspekte der Klangfarbe	124
5.5	Wahrnehmung des Raumes	125
5.5.1	Wahrnehmung der räumlichen Tiefe	125
5.5.2	Wahrnehmung der räumlichen Richtung	126
<b>6</b>	<b>Schallaufzeichnung</b>	<b>129</b>
6.1	Grundprinzipien der Schallaufzeichnung	129
6.1.1	Signalformcodierung	130
6.1.2	Parametrische Codierung	131
6.2	Digitale Schallaufzeichnung	132
6.2.1	Abtastung	133
6.2.2	Samplingfrequenz	133
6.2.3	Quantisierung	135
6.2.4	Quantisierungsfehler und Quantisierungsrauschen	136
6.2.5	System-Dynamik	138
6.2.6	Übertragungsrate	139
6.2.7	Harddisc-Recording und Dateiformate	139
6.3	Datenreduktion	140
6.3.1	Verlustlose Audiokompression	140
6.3.2	Verlustbehaftete Audiokompression	141
6.4	MIDI und OSC	142
6.5	Mehrkanalton	143
6.5.1	Ziele von Mehrkanalton	143
6.5.2	Formate	144
6.5.3	Aufzeichnungsstandards	145
6.5.4	Wiedergabe von Mehrkanalton	147
6.5.5	Produktion von Mehrkanalton	149
<b>7</b>	<b>Schallwandler</b>	<b>151</b>
7.1	Grundprinzipien elektromechanischer Wandler	152
7.1.1	Elektrostatische Wandler	152
7.1.2	Elektrodynamische Wandler	153
7.1.3	Piezoelektrische Wandler	153
7.1.4	Kohle-Wandler	153
7.2	Eigenschaften von Mikrofonen	153
7.2.1	Empfindlichkeit	153
7.2.2	Übertragungsbereich	154
7.2.3	Frequenzgang	154
7.2.4	Störpegel und Geräuschspannungsabstand	154

7.2.5	Grenzschalldruck und Dynamikumfang	155
7.2.6	Impulsverhalten	155
7.3	Mikrofontypen	155
7.3.1	Kondensatormikrofon	155
7.3.2	Elektretmikrofon	156
7.3.3	Elektrodynamisches Mikrofon	156
7.3.4	Lavalier-Mikrofon	157
7.3.5	Grenzflächenmikrofon	157
7.3.6	Körperschallmikrofon	157
7.4	Richtcharakteristik	158
7.4.1	Achtförmige Richtcharakteristik	158
7.4.2	Kugelförmige Richtcharakteristik	159
7.4.3	Nierenförmige Richtcharakteristik	160
7.4.4	Richtrohrmikrofon	160
7.5	Stereo-Mikrofonverfahren	161
7.5.1	Intensitätsstereofonie	162
7.5.2	Laufzeitstereofonie	164
7.5.3	Äquivalenzverfahren	165
7.5.4	Hauptmikrofon-Stützmikrofon-Verfahren	166
7.5.5	Aufzeichnungsverfahren für Mehrkanal-Stereofonie	167
7.6	Mikrofonierung	167
7.6.1	Veränderungen des Raumeindrucks	168
7.6.2	Veränderungen des Klanges	168
7.6.3	Das Mikrofon als akustische Lupe	170
7.6.4	Störungen	171
7.7	Lautsprecher	172
7.7.1	Eigenschaften von Lautsprechern	172
7.7.2	Bauformen von Lautsprechern	173
7.7.3	Akustischer Kurzschluss – Lautsprecherbox	174
7.7.4	Mehrweg-Lautsprechersysteme	175
7.7.5	Verstärker	176
7.7.6	Auswahl geeigneter Lautsprecher	177
7.7.7	Positionierung der Lautsprecher	178
7.8	Mischpulte	179
7.8.1	Eingangskanal	179
7.8.2	Subgruppen	183
7.8.3	Tape-Return	184
7.8.4	Stereo-Summe	185
<b>8</b>	<b>Bearbeitung von Schallsignalen</b>	<b>186</b>
8.1	Bearbeitung der Amplitude	187
8.1.1	Normalizing	187
8.1.2	Bearbeitung der Hüllkurve	187
8.1.3	Bearbeitung der Dynamik	187
8.2	Bearbeitung des zeitlichen Verlaufs	190
8.2.1	Cut, Copy und Paste	190
8.2.2	Gestaltung von Übergängen	192

- 8.2.3 Loop 193
- 8.2.4 Resampling 194
- 8.2.5 Timestretching 195
  - 8.3 Bearbeitung im Frequenzbereich 197
  - 8.3.1 Bearbeitung der Tonhöhe 197
  - 8.3.2 Bearbeitung des Spektrums 198
  - 8.4 Bearbeitung der Raumwirkung 202
    - 8.4.1 Reverb – künstlicher Nachhall 204
    - 8.4.2 Bearbeitung der räumlichen Richtung 206
    - 8.4.3 Bearbeitung der räumlichen Tiefe 207
    - 8.4.4 Echo und Delay 208
    - 8.5 Bearbeitungen der Phase 209
  - 8.5.1 Chorus 209
  - 8.5.2 Flanger 210
  - 8.5.3 Phasing 210
  - 8.6 Klangrestaurierung 211
    - 8.6.1 Reduktion unregelmäßiger Störgeräusche 211
    - 8.6.2 Reduktion dauerhafter Störgeräusche 211
- 9 Elektronische Klangerzeugung 213**
  - 9.1 Aufgaben, Ziele und aktuelle Entwicklungen 213
  - 9.2 Wichtige Grundelemente 214
    - 9.2.1 Oszillator 214
    - 9.2.2 Filter 214
    - 9.2.3 Verstärker 215
    - 9.2.4 Modulation 215
    - 9.2.5 Echtzeit-Steuerung 216
    - 9.2.6 Hüllkurvengenerator 218
    - 9.2.7 LFO – Low Frequency Oscillator 219
  - 9.3 Wichtige Verfahren 220
    - 9.3.1 Additive Klangsynthese 220
    - 9.3.2 Subtraktive Klangsynthese 221
    - 9.3.3 Wavetable-Synthese 222
    - 9.3.4 FM-Synthese 222
    - 9.3.5 Waveshaping-Synthese 223
    - 9.3.6 Sampling 224
    - 9.3.7 Granularsynthese 225
    - 9.3.8 Physical Modeling 226
    - 9.3.9 Software-Instrumente 228
    - 9.4 Einfache Praxisbeispiele 229
  - 9.4.1 Flächenklänge 229
  - 9.4.2 Bassklänge 230
  - 9.4.3 Elektronische Perkussion 231
  - 9.4.4 Natur- und Alltagsgeräusche 231
- 10 Akustische Mediengestaltung 235**
  - 10.1 Was ist gutes Audiodesign? 236
  - 10.2 Die Ebenen der Tonspur 240

- 10.2.1 Gestaltung der Sprache 240  
10.2.2 Gestaltung der Atmo 242  
10.2.3 Gestaltung von Sound-Effekten 243  
10.2.4 Gestaltung der Musik 246  
    10.3 Gestaltung übergeordneter Strukturen 250  
10.3.1 Nähe 252  
10.3.2 Gleichheit oder Ähnlichkeit 252  
10.3.3 Kontinuität 253  
10.3.4 Geschlossenheit 253  
10.3.5 Zusammengehörigkeit 253  
    10.4 Die Mischung der akustischen Ebenen 254  
    10.5 Räumliche Gestaltung 258  
10.5.1 Immersive akustische Ereignisse 258  
10.5.2 Akustische Tiefe: Figur, Grund und Feld 258  
10.5.3 Hörperspektive 261  
10.5.4 Soziale Beziehung zwischen Schallquelle und Hörer 263  
    10.6 Zeitgestaltung 266  
    10.6.1 Ebenen der Zeitgestaltung in der Tonspur 266  
    10.6.2 Einflussfaktoren der Tonspur auf das Zeitempfinden 272  
    10.7 Das Verhältnis von Bild und Ton 273  
10.7.1 Assoziative Verknüpfung unterschiedlicher Sinnesreize 273  
10.7.2 Paraphrase – Polarisation – Dissonanz 276  
    10.8 Formale und dramaturgische Konzeption 278  
10.8.1 Formale und dramaturgische Ziele 280  
10.8.2 Formale und dramaturgische Gestaltungsmittel 280  
10.8.3 Wichtige Grundtypen formaler Gestaltung 281  
10.8.4 Fragen zur formalen und dramaturgischen Konzeption 283  
10.8.5 Funktionen und Aufgaben der Tonspur 283  
    10.9 Produktionsphasen 284  
10.9.1 Pre-Production: Drehbucherstellung und Planung 284  
10.9.2 Produktion 287  
10.9.3 Post-Production 289  
    10.10 Audiodesign von Mensch-Maschine-Schnittstellen 289  
10.10.1 Argumente für den Einsatz von Auditory Displays 290  
10.10.2 Ansätze für die Gestaltung geeigneter Klangobjekte 291  
10.10.3 Richtlinien für die Gestaltung von Auditory Displays 293  
    10.11 Audiodesign für interaktive Medien 295  
10.12 Corporate Audio, Audio-Branding und  
    Produkt-Sounddesign 300  
10.12.1 Produkt-Sounddesign 300  
10.12.2 Anforderungen an Corporate Audio und Audio-Branding 301  
10.12.3 Basiselemente von Corporate Audio und Audio-Branding 302

**Literaturverzeichnis 306**

**Sachwortverzeichnis 310**