BASICS

Inhaltsverzeichnis

Prolog

Vorwort V
Die Autoren 204

GRUNDLAGEN DER HÖRAKUSTIK

Kapitel 1 Das Ohr - ein zentrales Kommunikationsorgan

1. Das Ohr - ein zentrales Kommunikationsorgan 2
1.1 Die akustische Umwelt erfassen und bewerten 2
1.1.1 Die Auswirkungen eines Hörverlusts 2
1.2 Soziale Konsequenzen 3
1.3 Die Aufgabe von Hörsystemen 3
1.4 Die Rolle der Hörakustikerin 3
1.5 Die Hörsystemanpassung als Lernprozess 4

Kapitel 2 Die Anatomie und Physiologie des Hörorgans

2. Die Anatomie und Physiologie des Hörorgans 5
2.1 Äußeres Ohr 5
2.1.1 Ohrmuschel 6
2.1.2 Der äußere Gehörgang 7
2.1.2.1 Der knorpelige Gehörgang 7
2.1.2.2 Der knöcherne Gehörgang 9

2.2 Das Mittelohr - die Brücke zum Innenohr 9
2.2.1 Das Trommelfell 10
2.2.2 Die Gehörknöchelchenkette 10
2.2.3 Die Binnenohrmuskeln 11

2.3 Das Innenohr 11
2.3.1 Äußere Haarsinneszellen 13
2.3.2 Innere Haarsinneszellen 14

2.4 Die Hörbahn 14
2.5 Das Gleichgewichtsorgan 15

Kapitel 3 Physikalische Akustik: Was ist Schall?

3. Physikalische Akustik: Was ist Schall? 17
3.1 Schwingungen und Wellen 17
3.2 Longitudinal- und Transversalwellen 18

3.3 Die Schallwelle 19
3.3.1 Luftschall 19
3.3.2 Flüssigkeitsschall 19

3.4 Wichtige physikalische Größen zur Beschreibung von Schall 20
3.4.1 Charakterisierung des Schalls: Schallfeldgrößen 20
3.4.1.1 Schallgeschwindigkeit 20
3.4.1.2 Schalldruck und Schalldruckpegel 21
3.4.2 Schallquellen 22

Kapitel 4 Psychoakustik: Reiz und Empfindung

4. Psychoakustik: Reiz und Empfindung 25
4.1 Sprach- und Musikbereich in der Hörfläche 25
4.2 Das Isophonendiagramm 26
4.3 Phon 26
4.4 Lautheit 26
4.4.1 Kategoriallautheit 27

4.5 Verdeckung (Maskierung) 27
4.5.1 Anwendung der Verdeckung 28
4.5.2 Barkskala (Tonheit) 28

Kapitel 5 Grundlagen des Sprachverstehens

5. Grundlagen des Sprachverstehens 29
5.1 Die Ebenen der gesprochenen Sprache 29
5.1.1 Phoneme, Grapheme und das Intern. Phonetische Alphabet (IPA) . . 30

5.2 Vokale und Konsonanten 30
5.3 Die Silbe 31
5.3.1 Aufbau der Silbe und Bedeutung der Position eines Phonems 31
5.3.2 Minimalpaare 32
5.3.3 Zusätzliche Informationen aus dem Freiburger Einsilbertest 33
5.4 Prosodie und sprachliche Redundanz 34

Kapitel 6 Grundkenntnisse der Elektrotechnik

6. Grundkenntnisse der Elektrotechnik 35
6.1 Elektrische Spannung 35
6.2 Elektrischer Strom 35
6.3 Das Ohmsche Gesetz 35
6.4 Spannungsversorgung von Hörsystemen 35

HÖRSYSTEMTECHNIK

Kapitel 7 Wie funktioniert ein Hörsystem?

7. Wie funktioniert ein Hörsystem? 38
7.1 Historische Entwicklung der Hörsysteme 38

7.2 Bauformen von Hörsystemen 39
7.2.1 Das Hinter-dem-Ohr-Gerät (HdO, BTE = Behind the ear) 39
7.2.2 Die Im-Ohr-Geräte (IdO) 41
7.2.3 Gegenüberstellungen der Bauformen 42

7.3 Signalverarbeitung 43
7.3.1 Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) 43
7.3.2 Systeme 44

7.4 Technologie der Hörsysteme 44
7.4.1 Der Unterschied zwischen analogen und digitalen Systemen 44
7.4.2 Analoge Systeme 44
7.4.3 Digitale Systeme 45
7.4.4 Merkmale der digitalen Signalverarbeitung (DSV) 46
7.4.5 Hybride Systeme 46

7.5 Bauteile und Baugruppen der Hörsysteme 46
7.5.1 Mikrofone 46
7.5.1.1 Anforderungen an Hörsystem-Mikrofone 48
7.5.1.2 Das omnidirektionale Mikrofon 49
7.5.1.3 Richtmikrofone 50
7.5.1.4 Richtwirkung durch Mikrofonarrays und akustische Antennen 50

7.5.2 Die Telefonspule und der Audioschuh 51
7.5.3 Signalwandler 51
7.5.3.1 Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) 51
7.5.3.2 Signalabtastung und Abtastprinzip (Shannon-Theorem) 52
7.5.3.3 Digital-Analog-Wandler (D/A-Wandler) 53

7.6 Signalverarbeitung in Hörsystemen 53
7.6.1 Zeitbereich 53
7.6.2 Frequenzbereich 54
7.6.2.1 Fourier-Transformation 54
7.6.3 Filterschaltungen 54
7.6.3.1 Filterbänke 55
7.6.4 Signalverarbeitung mittels künstlicher Intelligenz 56

7.7 Verstärkungsstrategien 56
7.7.1 Lautheitsnormalisierung 57
7.7.2 Optimierung der Sprachverständlichkeit 57
7.8 Regelschaltungen 57
7.8.1 LE/LA Diagramm und Frequenzgang 58
7.8.2 Eingangspegelgesteuerte AGC 59
7.8.2.1 Regelschwellen (LRS) 60
7.8.3 Ausgangspegelgesteuerte AGC und Begrenzungsschaltungen 60
7.8.4 Einige Varianten von Regelschaltungen 61
7.8.4.1 AGCo 61
7.8.4.2 Wide Dynamic Range Compression (WDRC) 61
7.8.4.3 High Level Compressor (HLC) 61
7.8.4.4 Automatic Volume Control (AVC) 62
7.8.4.5 Silbenkompression 62

7.9 Endstufen und Hörer 62
7.10 Funkschnittstellen 63

Kapitel 8 Ohrabformung und Otoplastik

8. Ohrabformung und Otoplastik 65
8.1 Aufgaben einer Otoplastik 65
8.2 Ausführungen der Otoplastik 66
8.2.1 Tulpen, Domes und Co. 66
8.2.2 Individuell angefertigte Otoplastikformen 67
8.2.2.1 SE-Ring 67
8.2.2.2 SE-Spange 67
8.2.2.3 SE-Kralle 67
8.2.2.4 SE-Stöpsel 68
8.2.3 Folienotoplastiken 68
8.2.4 Okklusionsarme Otoplastik 68

8.3 Einflussgrößen der Otoplastik auf das Verhalten des Hörsystems bei Normalschlauchgeräten 68
8.4 Die wichtigsten Otoplastikwerkstoffe und ihre Eigenschaften 69

8.5 Die Ohrabformung (bei Bedarf) 69
8.5.1 Die benötigten Werkzeuge 69
8.5.2 Die Abformmaterialien 70
8.5.3 Platzierung der Tamponade 70
8.5.4 Das Anmischen und Applizieren der Abformmasse 70
8.5.5 Entnahme und Kontrolle der Ohrabformung 71
8.5.6 Hinweise aus der Ohrabformung für die Anpassung 71

Kapitel 9 Wichtige Features der Hörsysteme

9. Wichtige Features der Hörsysteme 73
9.1 Rückkopplungsvermeidung 73
9.2 Sprach- und Signalerkennung 74
9.3 Störschallabsenkung (Störschallunterdrückung) 75
9.3.1 Impulsschallreduzierung 76
9.3.2 Windgeräuschabsenkung 76
9.4 Frequenzkompression 77
9.5 Binaurale Kopplung 77
9.6 Smartphone-Kopplung 78

Kapitel 10 Audiometrie

10. Audiometrie 80
10.1 Grundlagen 80
10.1.1 Aufgaben der Audiometrie 80
10.1.2 Arten der Audiometrie 80
10.1.3 Schallpegeldarstellungen in der Audiometrie 81
10.1.4 Audiometer 82
10.1.5 Schallwandler in der Audiometrie 82
10.1.6 Audiometrische Signale 83

10.2 Tonaudiometrie (TA): Eine Basismessung 84
10.2.1 Messformulare der Tonaudiometrie 84
10.2.2 Art der Messung 84
10.2.2.1 Luftleitungsmessung (LL) 84
10.2.2.2 Die Messung der Knochenleitung (KL) 85
10.2.2.3 Freifeldmessung 85

10.2.3 Die Ruhehörschwelle (HS) 85
10.2.4 Die Unbehaglichkeitsschwelle (US/UCL) 86
10.2.5 Der Pegel angenehmer Lautheit (MCL) 86

10.2.6 Ziele der Tonaudiometrie 86

10.2.7 Die Durchführung der Tonschwellenaudiometrie 87
10.2.7.1 Die Vorbereitung einer Hörschwellenmessung 87
10.2.7.2 Die Messungen durchführen 88
10.2.7.2.1 Messung der Luftleitung 88
10.2.7.2.2 Messung der Knochenleitung 89
10.2.7.2.3 Fühlschwellen 90
10.2.7.2.4 Überhören 90
10.2.7.2.5 Unbehaglichkeitsschwelle 91
10.2.7.2.6 Pegel angenehmen Hörens 93

10.2.8 Überhören und Vertäubung 93
10.2.8.1 Die Indikationsstellung bei der Vertäubung 94
10.2.8.2 Durchführung der Vertäubung 95

10.2.9	Die Messergebnisse der Tonaudiometrie interpretieren	96
10.2.9.1	Sensorineurale Schwerhörigkeit (Schallempfindungsschwerhörigkeit, SES, SE-SH)	96
10.2.9.2	Schallleitungsschwerhörigkeit (SLS, SL-SH)	98
10.2.9.3	Kombinierte Schwerhörigkeit	99
10.2.10	Sonstige tonaudiometrische Befunde	99
10.2.11	Systematische Auswertung von Tonaudiogrammen	100
10.3	Sprachaudiometrie (SA)	102
10.3.1	Der Freiburger Sprachtest	102
10.3.1.1	Zahlenverstehen (Mehrsilber)	102
10.3.1.2	Einsilberverstehen (Wörter)	103
10.3.1.3	Das Messformular	103
10.3.1.3.1	Eintragung der Mehrsilber in das Sprachaudiogramm	104
10.3.1.3.2	Eintragung der Einsilber in das Audiogramm	104
10.3.1.3.3	Eintragung der Unbehaglichkeitsschwelle und Pegel angenehmer Lautheit	105
10.3.1.3.4	Die Eintragung der Freifeldmessung	105
10.3.1.4	Durchführung der Sprachaudiometrie	106
10.3.1.4.1	Einweisungen	106
10.3.1.4.2	Errechnung des Startpegels bei der Mehrsilbermessung	106
10.3.1.4.3	Die Durchführung der Mehrsilbermessung	107
10.3.1.4.4	Die Unbehaglichkeitsschwelle (US, USL)	108
10.3.1.4.5	Die Messung der Einsilberverständlichkeit	108
10.3.1.4.6	Kurvenverläufe für Einsilberverstehen	109
10.3.1.4.7	Pegel angenehmer Lautheit (MSL)	110
10.3.1.5	Vertäubung in der Sprachaudiometrie	110
10.3.1.6	Die Auswertung des Sprachaudiogramms	112
10.3.1.6.1	Hörverlust für Zahlen	112
10.3.1.6.2	Einsilberverstehen	113
10.3.1.6.3	Beurteilung des Diskriminationsverlusts in dBopt	113
10.3.1.6.4	Einfluss auf das Sprachverstehen bei der Sprachaudiometrie	113
10.3.2	Der Oldenburger Satztest (OLSA)	114
10.3.3	Der Acceptable Noise Level Test (ANL-Test)	114

10.4 Lautheitsskalierung (Hörfeldskalierung) 115
10.4.1 Die Messung 116
10.4.2 Die Auswertung monaural (SBR) ohne Hörgerät 117
10.4.3 Die Auswertung binaural (BBR) ohne Hörgerät 118

10.5 Weitere Messverfahren der Audiometrie 119
10.6 Die Tympanometrie 119
10.6.1 Nachgiebigkeit des Trommelfells 119
10.6.2 Prinzip der Impedanzmessung 119

AKUSTISCHE MESSTECHNIK

Kapitel 11 Akustische Messtechnik

11. Akustische Messtechnik: wichtiges Hilfsmittel bei der Anpassung . . 122
11.1 Historie 122
11.2 Grundlagen der akustischen Messtechnik (Metrologie) 122

11.3 Messbox und In-situ-Messungen 122
11.3.1 Abhören von Hörsystemen 122
11.3.2 Aufbau von Messbox und In-situ-Anlagen 123
11.3.3 Kuppler 124
11.3.4 Messsignale 124

11.4 Die Einzelton-Messung 125
11.5 Der Frequenzgang 125
11.6 Das Dynamikdiagramm (LE/LA-Diagramm) 126
11.7 Zusammenhänge zwischen Frequenzgang und Dynamikkennlinie 126

11.8 Die In-situ-Messung 128
11.8.1 Der Messvorgang 128
11.8.1.1 Messung ohne getragenes Hörgerät 128
11.8.1.2 Messung mit getragenem Hörgerät 128
11.8.1.2.1 Anpassmessungen 128
11.8.1.2.2 Messungen zur Bestimmung der Otoplastikeigenschaften 128
11.8.1.2.3 Messungen mit Sprachsignalen 129

11.8.2 Einweisung und Messdurchführung 129
11.8.3 Die Perzentilanalyse 130

Kapitel 12 Kommunikation mit Schwerhörigen

12. Kommunikation mit Schwerhörigen 131
12.1 Hintergrund 131
12.2 Eine ruhige Gesprächsatmosphäre schaffen 132
12.3 Reden, nicht schreien 132
12.4 Blickkontakt und Augenhöhe 132
12.5 Gezielte Nachfragen 133
12.6 Begreifbar machen 133
12.7 Kontinuierliche Ansprechpartner 133

HÖRGERÄTEANPASSUNG

Kapitel 13 Anpassmethoden

13. Anpassmethoden: den Anpassprozess gestalten 136
13.1 Die responsive Anpassung 136
13.2 Die gleitende Anpassung 137
13.3 Anpassung mit Akklimatisationsvorlauf 137
13.4 Die vergleichende Anpassung 137
13.5 Die Anpassung in 7 Phasen 137

Kapitel 14 Die Hörsystemanpassung in 7 Phasen

14. Hörsystemanpassung in 7 Phasen 139
14.1 Phase 1 - Begrüßung und wichtige Informationen zum Ablauf der Anpassung 140
14.1.1 Begrüßung des Kunden 140
14.1.2 Eröffnungsgespräch 140
14.1.3 Körperhaltung /-sprache 141

14.2 Phase 2 - Befundungsphase 141
14.2.1 Das audiologische Vorgespräch 142
14.2.1.1 Zweck des audiologischen Vorgesprächs 142
14.2.1.2 Erhebung persönlicher Daten 142
14.2.1.3 Allgemeine Fragen zur Schwerhörigkeit 142
14.2.1.3.1 Fragen zur Schwerhörigkeit 142
14.2.1.3.2 Fragen zu Erfahrungen mit früher getragenen Hörgeräten 143
14.2.1.3.3 Informationsgewinn 143

14.2.1.4 Fragen zum medizinisch-anatomischen Bereich 143
14.2.1.4.1 Informationsgewinn 144
14.2.1.5 Fragen zum individuellen Hörbedarf 144
14.2.1.5.1 Informationsgewinn 145
14.2.1.6 Soziales Umfeld 145
14.2.1.6.1 Fragen zur Ermittlung des sozialen Umfelds 145
14.2.1.6.2 Informationsgewinn 146
14.2.1.7 Festlegung des Versorgungsziels, standardisierte Fragebögen . . . 146

14.2.2 Otoskopie 147
14.2.2.1 Die Einweisung 147
14.2.2.2 Durchführung der Otoskopie 147
14.2.2.3 Grundsätzliche Hinweise 148
14.2.2.3.1 Die Begutachtung des äußeren Ohres und des Warzenfortsatzes . 148
14.2.2.3.2 Begutachtung des äußeren Gehörgangs 149
14.2.2.3.3 Trommelfell 149
14.2.2.4 Informationsgewinn 149

14.2.3 Durchführung der Audiometrie 150
14.2.3.1 Tonaudiometrische Messungen 150
14.2.3.2 Der Sprachverständlichkeitstest und sein Informationsgehalt 150

14.2.4 Die Datenanalyse 151
14.2.4.1 1. Analyseschritt: Daten auf Widersprüche überprüfen 151
14.2.4.2 2. Analyseschritt: Korrelation von Ton- und Sprachaudiogramm überprüfen 151
14.2.4.3 3. Analyseschritt: Grundlegende Hörsystemdaten bestimmen 151
14.2.4.4 4. Analyseschritt: Geeignete Bauform finden 151
14.2.4.5 5. Analyseschritt: Daten der Otoplastik (vorläufig) festlegen 152
14.2.4.6 6. Analyseschritt: Benötigte Features und sinnvolles Zubehör erfassen 152

14.3 Phase 3 - Beratungsphase 153
14.3.1 Das Beratungsgespräch 153
14.3.1.1 Ablauf des Beratungsgesprächs 153
14.3.1.2 Die Beratung zur Gerätewahl 153
14.3.1.3 Einohrige oder binaurale Versorgung? 154
14.3.1.4 Stereofone Hörsystemversorgung 154
14.3.1.5 Die kosmetische Beratung 155

14.4 Phase 4 - Trainingsphase 158
14.4.1 Die Hörentwöhnung 158
14.4.2 Aussuchen eines passenden Trainingsgeräts 159
14.4.3 Programmierung der Hörsysteme 159
14.4.4 Anpassverfahren: Welche Verstärkung wird benötigt? 159

14.4.4.1 Verfahren, die auf Statistiken beruhen 159
14.4.4.1.1 Lineare Verfahren 159
14.4.4.1.2 Überschwellige Verfahren 160
14.4.4.1.2.1 DSL i/o in verschiedenen Varianten 160
14.4.4.1.2.2 NAL-NL1, NAL-NL2, NAL-NL3 160

14.4.4.2 Verfahren, die auf Messwerten aufbauen 160
14.4.4.2.1 trueLOUDNESS 161
14.4.4.2.2 Perzentilanpassung 161
14.4.4.3 Anpassregeln der Hörgerätehersteller 161

14.4.5 Das erste Einschalten der voreingestellten Geräte 162
14.4.6 Trainings- und Entspannungsprogramm erstellen 163
14.4.7 Akklimatisations-Training starten 164

14.5 Phase 5 - Entscheidungsphase - vertiefende Beratung 166
14.5.1 Passende Bauformen und Features erklären und demonstrieren . . 166
14.5.2 Die Kundenentscheidung 166
14.5.3 Universalprogramm für das Hörsystem erstellen 169

14.6 Phase 6 - Optimierungsphase 169
14.6.1 Die Ohrabformung (bei Bedarf) 169

14.6.2 Methoden der Feinanpassung 170
14.6.2.1 Objektive Messungen 171
14.6.2.2 Messungen zur Einstellung von Verstärkung und MPO 172
14.6.2.3 Messungen zum Hören im Störschall 173
14.6.2.4 Binaurale Aspekte berücksichtigen 174
14.6.2.5 Die Untersuchung von Hörsituationen 174
14.6.2.6 Soundbeispiele 176
14.6.3 Messstrategie entwerfen 177
14.6.4 Der Gerätevergleich 177
14.6.5 Programme erstellen 178

14.7 Phase 7 - Die Nutzungsphase 180
14.7.1 Kaufmännische Abwicklung 180
14.7.2 Kundenservice 180
14.7.3 Informationen 181
14.7.4 Reklamationen 182

Kapitel 15 Sonderversorgungen

15. Sonderversorgungen 184
15.1 Contralateral Routing of Signals (CROS) 184
15.2 BAHS 185
15.3 Cochlea-Implantat (CI) 185
15.4 Tinnitus-Geräte 186

Kapitel 16 Gehörschutz

16. Gehörschutz 188
16.1 Was ist Lärm? 188
16.1.1 Lästiger Lärm 188
16.1.2 Auswirkungen des Lärms auf die Hörfähigkeit 188

16.2 Die Arten des Gehörschutzes 189
16.2.1 Der Schutz vor Lärm kann auf verschiedene Weise erfolgen 189
16.2.2 Gehörschutzstöpsel für verschiedene Anwendungen 190
16.2.3 Hygieneaspekt bei Ohrstöpseln 190
16.2.4 Kapselgehörschutz 190

Kapitel 17 Versorgung einer Altersschwerhörigkeit

17. Die Versorgung einer Altersschwerhörigkeit 191
17.1 Typische Symptome der Presbyakusis 191
17.2 Wichtige Hörsituationen 191
17.3 Aspekte bei der Hörgeräteanpassung 191
17.3.1 Phase 1 - Begrüßungsphase 191
17.3.2 Phase 2 - Befundungsphase 191
17.3.3 Phase 3 - Beratungsphase 193

17.3.4 Phase 4 - Trainingsphase 194
17.3.5 Phase 5 - Entscheidungsphase 194
17.3.6 Phase 6 - Optimierungsphase 195
17.3.7 Phase 7 - Nutzungsphase 196

Stichwortverzeichnis/Literatur

Stichwortverzeichnis 197
Literatur 203