

THEORIE

Prolog

Vorwort	XX
Stichwortverzeichnis	647
Literatur	667
Die Autoren	668

Kapitel 1 Einführung in das Gebiet der Hörakustik

1.	Einführung in das Gebiet der Hörakustik	1
1.1.	Der Mensch und seine Sinnesorgane	2
1.2.	Sprache: soziales Bindeglied der menschlichen Gemeinschaft	4
1.3.	Überblick über Aufgaben und Tätigkeitsfelder des Hörakustikers	5
1.4.	Drei Säulen der Hörakustik	7

Kapitel 2 Anatomie, Physiologie und Pathologie des Hörorgans

2.	Anatomie, Physiologie und Pathologie des Hörorgans	9
2.1	Aufbau des Organismus	10
2.1.1	Zelle	11
2.1.2	Gewebe	14
2.1.2.1	Epithelgewebe	14
2.1.2.2	Drüsen	15
2.1.2.3	Binde- und Stützgewebe	16
2.1.2.4	Muskelgewebe	18
2.1.2.5	Nervengewebe	20
2.1.3	Organe	21
2.2	Überblick über den Aufbau des Hörorgans	23
2.3	Äußeres Ohr (Auris externa)	27
2.3.1	Ohrmuschel (Auricula)	27

2.3.2	Äußerer Gehörgang (Meatus acusticus externus)	27
2.4	Mittelohr (Auris media)	29
2.4.1	Trommelfell (Membrana tympani)	30
2.4.2	Paukenraum (Cavitas tympani)	31
2.4.3	Gehörknöchelchenkette (Ossicula auditus)	34
2.4.4	Binnenohrmuskeln	36
2.4.5	Ohrtrumpete (Tube, Eustachische Röhre, Tuba auditiva)	38
2.5	Innenohr (Auris interna)	40
2.5.1	Gleichgewichtsorgan (Vestibularorgan)	41
2.5.2	Hörschnecke (Cochlea)	42
2.5.2.1	Vorhof- und Paukentreppe	44
2.5.2.2	Häutiger Schneckengang (Scala media, Ductus cochlearis)	44
2.5.2.3	Mechanische Schwingungseigenschaften	46
2.5.3	Hörorgan (Corti-Organ, Organum spirale)	48
2.5.3.1	Innere und äußere Haarzellen des Corti-Organes	49
2.5.3.2	Wanderwellentheorie	50
2.5.3.3	Innere Haarsinneszellen und elektrische Vorgänge in der Cochlea . .	54
2.5.4	Codierung des Schallpegels	57
2.6	Hörbahn	59
2.6.1	Verlauf der afferenten Hörbahn	60
2.6.2	Zentral-auditive Verarbeitung (ZVA)	64
2.6.2.1	Modelle der zentral-auditiven Verarbeitung	65
2.6.2.2	Teilfunktionen der zentral-auditiven Verarbeitung	68
2.7	Erkrankungen (Pathologie) des Hörorgans	71
2.7.1	Erkrankungen des äußeren Ohres	72
2.7.1.1	Missbildungen des äußeren Ohres	72
2.7.1.2	Nicht entzündliche Erkrankungen des äußeren Ohres	73
2.7.1.3	Entzündungen des äußeren Ohres	74
2.7.1.4	Tumoren des äußeren Ohres	75
2.7.2	Erkrankungen des Mittelohres	76
2.7.2.1	Anomalien des Mittelohres	76
2.7.2.2	Verletzungen des Trommelfells und des Mittelohres	77
2.7.2.3	Tubenfunktionsstörungen	77
2.7.2.4	Entzündungen von Trommelfell und Mittelohr	79
2.7.2.5	Otosklerose	80
2.7.3	Erkrankungen des Innenohres	80

2.7.3.1	Verletzungen und Entzündungen des Innenohres	80
2.7.3.2	Menière Krankheit (Morbus Menière)	81
2.7.3.3	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel	81
2.7.3.4	Tinnitus (Tinnitus aurium, Ohrgeräusch, Ohrsausen)	81
2.7.3.5	Hörsturz (sudden deafness)	83
2.7.3.6	Akustische Traumen	84
2.7.3.7	Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis)	85
2.7.3.8	Akustikusneurinom	85
2.7.4	Hörstörungen	86
2.7.4.1	Schallleitungsschwerhörigkeit	88
2.7.4.1.1	Dämpfungstyp	88
2.7.4.1.2	Versteifungstyp	88
2.7.4.1.3	Summationstyp	88
2.7.4.2	Schallempfindungsschwerhörigkeit	91
2.7.4.2.1	Endocochleäre Schwerhörigkeit	91
2.7.4.2.2	Retrocochleäre Schwerhörigkeit	93
2.7.4.3	Kombinierte Schwerhörigkeit	93
2.7.4.4	„Tote Zonen“ (Dead regions)	95
2.7.4.5	Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS)	96
2.7.4.6	Hörstörungen im Kindesalter	97
2.7.4.6.1	Schallleitungsschwerhörigkeit	97
2.7.4.6.2	Schallempfindungsschwerhörigkeit	97
2.7.4.6.3	Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter	98
2.7.4.6.4	Psychogene Hörstörungen	100
2.8	Nervenzellen und Nervensystem	101
2.8.1	Aufbau und Funktion der Nervenzelle	101
2.8.1.1	Physiologie der Signalübertragung	105
2.8.1.2	Saltatorische Erregungsleitung	108
2.8.2	Gliederung des Nervensystems	110
2.8.2.1	Zentrales und peripheres Nervensystem	110
2.8.2.2	Senso-motorisches (somatisches) Nervensystem	110
2.8.2.3	Autonomes (vegetatives) Nervensystem	111
2.8.2.4	Gedächtnisformen	111
2.8.2.5	Hirnnerven	112
2.8.3	Das menschliche Gehirn	113
2.8.3.1	Lateralisierung des Gehirns	116
2.8.3.2	Bildgebende Untersuchungsmethoden des Gehirns	117
2.8.3.3	Ereignis-korrelierte Potenziale (EKP)	118
2.8.4	Lernen und Vergessen	119

2.8.4.1	Konsequenzen für die Hörsystemanpassung	120
2.8.5	Hörvorgang	121
2.8.6	Sprachverstehen	123
2.8.6.1	Sprache und Spracherwerb	123

Kapitel 3 Physik und Akustik

3.	Physik und Akustik	125
3.1	Grundbegriffe der Physik	126
3.1.1	Physikalisches Element	126
3.1.2	Modellvorstellungen in der Physik	126
3.1.3	Physikalische Größen	127
3.1.4	Grafische Darstellungen	129
3.1.5	Grundgrößen der Mechanik (Körper, Masse und Kraft)	131
3.1.6	Bewegungslehre (Kinematik)	137
3.2	Mechanische Schwingungen (Oszillator)	140
3.2.1	Freie Schwingungen	142
3.2.2	Harmonische Schwingungen	142
3.2.3	Erzwungene Schwingungen	144
3.2.4	Gekoppelte Schwingungen	145
3.3	Wellen	147
3.3.1	Wellenarten	147
3.3.2	Grundlegende Eigenschaften der Wellen	148
3.3.2.1	Energie- und Informationstransport, wichtige Grundgrößen	148
3.3.2.2	Physikalische Größen zur Beschreibung einer Welle	148
3.3.2.3	Brechung, Reflexion und Beugung	151
3.3.2.4	Kugelwelle, Zylinderwelle und ebene Welle	154
3.3.2.5	Nah- und Fernwelle, freies Schallfeld und diffuses Schallfeld	154
3.3.3	Harmonische Analyse (Fouriertransformation)	155
3.3.4	Modulation einer Welle	157
3.3.4.1	Amplitudenmodulation (AM)	157
3.3.4.2	Frequenzmodulation (FM)	157
3.4	Akustik (Schall)	159
3.4.1	Schallarten	160
3.4.1.1	Luftschall	160
3.4.1.2	Flüssigkeitsschall	162

3.4.1.3	Körperschall	163
3.4.1.4	Infraschall	163
3.4.1.5	Ultraschall	164
3.4.1.6	Rauschen	164
3.4.1.7	Schall als Wellenerscheinung	164
3.4.2	Das Schallfeld und seine Größen	165
3.4.3	Zusammenstellung der physikalischen Größen	165
3.4.3.1	Die linearen Feldgrößen des Schallfelds	166
3.4.3.2	Schallenergiegrößen	168
3.4.3.3	Pegel	171
3.4.3.4	Absolute Pegel der Hörakustik	175
3.4.3.5	Summenschallpegel	181
3.4.3.6	Impedanzen (komplexe Wellenwiderstände)	183
3.4.3.7	Phonometrische Abstandsgesetze	186
3.4.3.8	Verstärkung	189
3.4.3.9	Messung von Schallpegeln	191
3.4.4	Einige wichtige Signale der Akustik	194
3.4.5	Akustische Systeme	201
3.4.5.1	Akustische Masse	201
3.4.5.2	Akustische Feder	202
3.4.5.3	Akustischer Widerstand	202
3.5	Reflexion, Dämmung, Dämpfung	202
3.5.1	Pegelerhöhung durch Reflexion	204
3.5.2	Echo und Hall	206
3.5.2.1	Nachhall	206
3.5.2.2	Hallradius	208
3.5.3	Resonatoren	209
3.5.3.1	Resonanzen in Rohren und Räumen	209
3.5.3.2	Kundtsches Rohr	210
3.5.3.3	Helmholtz-Resonator	210
3.5.4	Beugungerscheinungen	213
3.5.5	Raumakustik	213
3.5.5.1	Schalldämmung	214
3.5.5.2	Schalldämpfung	216
3.5.5.3	Absorber	222
3.5.6	Schallausbreitung im Freien	223
3.6	Schallquellen	224
3.6.1	Schwingende Luftsäulen	224

3.6.2	Schwingende Saiten	226
3.6.3	Platten und Membrane	227
3.6.4	Elektrische Schallquellen	227
3.6.5	Biologische Schallquellen, die Sprache	228
3.6.5.1	Bestandteile der Sprache	229
3.6.5.2	Wie kann ein Hörsystem Sprache erkennen?	231
3.6.6	Bewegte Schallquellen, Doppler-Effekt	232
3.7	Überlagerung von Schallquellen	233

Kapitel 4 Psychoakustik

4.	Psychoakustik	235
4.1	Grundlagen und Grundgesetze der Psychoakustik	237
4.2	Hörschwelle und Lautstärkepegel	241
4.3	Lautheit	245
4.4	Verdeckung (Maskierung)	247
4.5	Tonhöhe (Tonheit)	251
4.5.1	Verhältnistonhöhe	251
4.5.2	Barkskala (Tonheit)	252
4.6	Richtungshören	255
4.7	Cocktailparty-Effekt	262
4.8	Gesetz der ersten Wellenfront	262
4.9	Akustische Täuschungen	263

Kapitel 5 Audiometrie

5.	Audiometrie	265
5.1	Otoskopie	268
5.2	Stimmgabelversuche und Sprachabstandstests	271
5.2.1	Stimmgabelversuche	271
5.2.1.1	Weber-Versuch	271
5.2.1.2	Rinne-Versuch	272
5.2.2	Sprachabstandstests (Hörweitenmessung)	273
5.3	Audiometrieräume und Audiometer	275

5.4	Subjektive Audiometrie	278
5.4.1	Tonaudiometrie (TA)	278
5.4.1.1	Bestimmung der (Ruhe-) Hörschwelle	284
5.4.1.2	Bestimmung der Unbehaglichkeitsschwelle (US)	287
5.4.1.3	Pegel angenehmer Lautheit (MCL)	288
5.4.1.4	TEN-Test	289
5.4.1.5	Beschreibungsschema in der Tonaudiometrie	290
5.4.2	Sprachaudiometrie (SA)	292
5.4.2.1	Freiburger Sprachtest	294
5.4.2.1.1	Hörverlust für Zahlen (Mehrsilber)	296
5.4.2.1.2	Unbehaglichkeitsschwelle für Sprache (USL)	298
5.4.2.1.3	Einsilberverstehen (Wörter)	300
5.4.2.2	Satztests	302
5.4.3	Zusammenhang zwischen Ton- und Sprachaudiometrie	304
5.4.4	Vertäuben in Ton- und Sprachaudiometrie	308
5.4.4.1	Überhören	308
5.4.4.2	Überhören und Vertäuben in der Tonaudiometrie	309
5.4.4.3	Überhören und Vertäuben in der Sprachaudiometrie	316
5.4.5	Recruitmenttests	317
5.4.5.1	Fowler-Test	322
5.4.5.2	Der SISI-Test	323
5.4.5.3	Lüscher-Test	324
5.4.5.4	Geräuschaudiometrie nach Langenbeck	326
5.4.5.5	Carhart Schwellenschwundtest	328
5.4.6	Hörfeldskalierung (Lautheitsskalierung)	330
5.4.7	Tests zur Aufdeckung nichtorganischer Hörstörungen	331
5.4.8	Bekesy-Audiometrie	334
5.5	Objektive Audiometrie	336
5.5.1	Messungen zur Untersuchung des Mittelohrs	336
5.5.1.1	Tympanometrie	337
5.5.1.2	Stapediusreflexmessungen	342
5.5.2	Messungen zur Untersuchung des Innenohrs	345
5.5.2.1	Otoakustische Emissionen	345
5.5.2.2	Elektrocochleographie (ECochG)	349
5.5.3	Untersuchungen der Nervenbahnen	350
5.5.3.1	Elektrische Reaktionsaudiometrie	350
5.5.3.1.1	Hirnstammaudiometrie (BERA)	356
5.5.3.1.2	CERA (Cortical Evoked Response Audiometry)	361

5.6	Einordnung von Befunden der Audiometrie	362
5.7	Kinderaudiometrie	367
5.7.1	Screening-Tests	368
5.7.2	Reflexaudiometrie	368
5.7.3	Verhaltens- oder Beobachtungsaudiometrie	370

Kapitel 6 Hörsituationen

6.	Hörsituationen	373
6.1	Nutzschall und Störschall	375
6.2	Die wichtigsten Hörsituationen des Kunden erfassen	376
6.3	Schallsignale	378
6.3.1	Sprache	379
6.3.2	Musik	380
6.3.3	Wichtige Störgeräusche	381
6.3.3.1	Verkehrslärm	381
6.3.3.2	Restaurant	381
6.3.3.3	Sport / Fußball	381
6.3.3.4	Baustelle	383
6.4	Den Störlärm adäquat bei der Programmierung berücksichtigen ..	384
6.4.1	Hören im Störschall und Verstehen im Störschall	384
6.5	Technische Ansätze zur Verbesserung des SNR	385
6.5.1	Richtmikrofontechnik	385
6.5.2	Das Wiener-Filter	386
6.5.3	Verbesserung des SNR durch Einsatz ausgelagerter Mikrofone ...	386
6.6	Häufig vorkommende Hörsituationen	387

Kapitel 7 Psychologie

7.	Psychologie	389
7.1	Stellenwert des Hörens für den Menschen	390

7.1.1	Funktionseinheiten des Hörens	390
7.2	Physische und psychische Entwicklung beim Alterungsprozess	392
7.2.1	Alterspyramide	392
7.2.2	Gesundheitliche Entwicklungen und Veränderungen im Alter	393
7.2.3	Lernfähigkeit im Alter	397
7.2.3.1	Defizitmodell der geistigen Entwicklung	398
7.2.3.2	Aktivitäts- und Disengagementtheorie	401
7.2.4	Spezifische Problemfelder älterer Hörgeschädigter	406
7.3	Schwerhörigkeit in der Kindheit und Jugend	409
7.3.1	Pädaudiologische Beratungsstellen	410
7.3.2	Schulzeit	411
7.3.3	Manualseysteme und Gebärden	412
7.4	Kommunikationspsychologie	415
7.4.1	Der erste Eindruck	415
7.4.2	Distanzzonen	417
7.4.3	Regeln im Gespräch mit dem hörgeschädigten Kunden	419
7.4.4	Sprache und Körpersprache - die nonverbale Kommunikation	422
7.5	Fragetechniken	426
7.5.1	Offene Fragen	427
7.5.2	Geschlossene Fragen	428
7.5.3	Das Vierohrmodell nach Friedemann Schulz von Thun	430
7.6	Psychologische Situation des Hörakustikers	433

Kapitel 8 Qualitätsmanagement

8.	Qualitätsmanagement	435
8.1	DIN EN ISO 13485 und DIN EN ISO 9001:2008	437
8.2	Was ist ein Qualitätsmanagement?	437
8.2.1	Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit	438
8.2.2	Wichtige Begriffe des Qualitätsmanagements	439
8.2.3	PDCA-Zyklus	441
8.3	Dokumente eines Qualitätsmanagements	442

8.3.1	Qualitätsmanagement-Handbuch	445
8.3.2	Verfahrensanweisungen	446
8.3.3	Checklisten	446
8.3.4	Interne Dokumente	448
8.3.5	Externe Dokumente	449
8.3.6	Audit und Managementreview	450
8.4	Qualitätsmanagementsysteme	450
8.4.1	Phase 1: Planen	451
8.4.2	Phase 2: Durchführung	454
8.4.3	Phase 3: Überprüfen	455
8.4.4	Phase 4: Handeln	457

Kapitel 9 Fachkalkulation

9.	Fachkalkulation	459
9.1	Kosten und Leistungsrechnung	461
9.1.1	Gliederung der Kosten- und Leistungsrechnung (KLR)	466
9.1.2	Einzel- und Gemeinkosten	467
9.1.3	Kostenarten, Kostenstellen	468
9.1.4	Fixe und variable Kosten	468
9.1.5	Betriebsvergleich und BWA	469
9.2	Kalkulation	470
9.2.1	Kosten aus der GuV ermitteln	471
9.2.2	Kalkulatorische Kosten	472
9.2.3	Verrechnung von Gemeinkosten	473
9.2.3.1	Zuschlagskalkulation	474
9.2.3.2	Einfaches Schema einer Zuschlagskalkulation	475
9.2.4	Kalkulationsansätze im Handwerk	480
9.2.4.1	Allgemeines Schema der Zuschlagskalkulation	481
9.2.4.2	Kalkulationsbeispiele	483
9.2.4.3	Deckungsbeitragskalkulation	486
9.2.5	Produktions- und Kalkulationsverfahren	489
9.3	Gewinnschwellenanalyse (Break-Even-Point)	489

Kapitel 10 Elektrotechnik

10.	Elektrotechnik	491
10.1	Grundbegriffe	493
10.1.1	Eigenschaften elektrischer Ladungen	493
10.1.2	Spannung, Strom, Leistung	495
10.1.3	Spannungs- und Stromarten	502
10.1.4	Strom- und Spannungsquellen	504
10.1.5	Messung elektrischer Größen	510
10.1.6	Die Leitfähigkeit, Leiterwerkstoffe	511
10.1.7	Halbleiter	514
10.1.8	Nichtleiter (Isolatoren)	514
10.2	Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Regeln, der Stromkreis	515
10.2.1	Der (ohmsche) Widerstand	515
10.2.2	Ohmsches Gesetz	515
10.2.3	Kirchhoffsche Regeln	517
10.2.4	Aufbau eines Stromkreises	523
10.3	Passive Bauelemente R, L, C	524
10.3.1	Ohmscher Widerstand, Parallel- und Reihenschaltung	525
10.3.1.1	Reihen- und Parallelschaltung	528
10.3.1.2	Reihenschaltung von Widerständen	528
10.3.1.3	Parallelschaltung von Widerständen	529
10.3.2	Spannungsteiler	531
10.3.3	Verstärkung und Dämpfung	534
10.3.4	Spule (Induktivität)	541
10.3.5	Kondensator	549
10.3.6	Schaltungen mit passiven Bauteilen	554
10.3.6.1	Passive Filterschaltung 1. Ordnung	554
10.3.6.2	Schwingkreise	557
10.4	Aktive Bauelemente (Halbleiter)	558
10.4.1	Halbleiterphysik (P- und N-Material)	558
10.4.2	PN-Übergang, die Halbleiterdiode	561
10.4.3	Bipolare Transistoren	563
10.4.4	Feldeffekttransistoren	565
10.5	Transistor-Grundsaltungen für bipolare Transistoren	565

10.5.1	Emittergrundsaltung	565
10.5.2	Kollektorgrundsaltung	566
10.5.3	Basisgrundsaltung	567
10.5.4	Integrierte Schaltungen	568
10.6	Grundlagen der Digitaltechnik	569

Kapitel 11 Signalverarbeitung

11.	Signalverarbeitung	575
11.1	Benötigt der Hörakustiker Kenntnisse über Signalverarbeitung? ..	576
11.2	Signale	577
11.2.1	Grundbaustein: Sinus, dargestellt im Frequenz- und Zeitbereich ..	577
11.2.2	Periodische Signale	581
11.2.3	Dirac-Stoß, Delta-Distribution (Dirac-Impuls)	582
11.3	Fourier-Transformation	583
11.4	Nicht periodische Signale	583
11.4.1	Unschärfeprinzip	585
11.4.2	Fensterfunktionen (Windowing)	586
11.4.3	Fastperiodische Signale	589
11.5	Symmetrieprinzip	591
11.6	Systemanalyse	592
11.7	Systeme	593
11.7.1	Linearität und Nichtlinearität	593
11.7.2	Zeitvarianz	593

Kapitel 12 Chemie und Werkstoffkunde

12.	Chemie und Werkstoffkunde	595
12.1	Atommodelle, Periodensystem der Elemente	589
12.2	Chemische Bindungen	601

12.2.1	Primäre Bindungen (starke Bindungen, Hauptvalenzbindungen) . .	605
12.2.1.1	Atombindungen (kovalente Bindungen)	605
12.2.1.2	Metallbindungen	606
12.2.1.3	Ionenbindungen	607
12.2.2	Sekundäre Bindungen (schw. Bindungen, Nebervalenzbindungen) . .	608
12.2.2.1	Wasserstoffbrückenbindung	608
12.2.2.2	Dipol-Dipol-Bindung	608
12.2.2.3	Van-der-Waals-Bindung	609
12.2.3	Wertigkeit, Valenzelektronen, Oxidationszahl	610
12.2.4	Relative Atom- bzw. Molekülmasse	611
12.2.5	Thermodynamik chemischer Reaktionen	613
12.3	Oxidation und Reduktion (Redoxreaktionen)	615
12.3.1	Säuren, Basen und der pH-Wert	617
12.3.2	Elektrolyse	619
12.3.3	Galvanische Elemente	620
12.4	Organische Chemie, der Kohlenstoff	623
12.4.1	Kunststoffe	627
12.4.2	Grundlage der Polymerchemie	630
12.4.2.1	Polykondensation	631
12.4.2.2	Polyaddition	632
12.5	Werkstoffe, Hilfsstoffe und Werkzeuge	633
12.6	Werk- und Hilfsstoffe sowie Werkzeuge für die Hörakustik	634
12.6.1	Werkstoffe für die Ohrabformtechnik	637
12.6.1.1	Kondensationsvernetzendes Silikon-Abformmaterial	638
12.6.1.2	Additionsvernetzendes Silikon-Abformmaterial	638
12.6.2	Werkstoffe für die Negativherstellung	641
12.6.3	Kunststoffe für die Rohlingsherstellung	642
12.6.4	Klebstoffe	645