

BAND I

Theorie: Grundlagen der Hörakustik

Prälog – Band I-II

Vorwort XV

Danksagung XVI

Die Autoren XVIII

Log – Band I-II

Zum Umgang mit diesem Buch XIX

Symbole, Querverweise & Multimedia-DVD XXII

Kapitel T-01 – Einleitung (Grundlagen der Hörakustik)

1. Einleitung 1

1.1. Der Mensch und seine Sinnesorgane 2

1.2. Sprache: soziales Bindeglied der menschlichen Gemeinschaft 5

1.3. Überblick über Tätigkeitsfeld und Aufgaben des Hörakustikers 5

1.4. Drei „Säulen“ der Hörakustik 7

Kapitel T-02 – Anatomie, Physiologie & Pathologie des Hörorgans

2. Anatomie, Physiologie und Pathologie des Hörorgans 9

2.1 Aufbau des Organismus 10

2.1.1 Zelle 12

2.1.2 Gewebe 16

2.1.2.1 Epithelgewebe 18

2.1.2.2 Drüsen 19

2.1.2.3 Binde- und Stützgewebe 19

2.1.2.4 Muskelgewebe 24

2.1.2.5 Nervengewebe 26

2.1.3 Organe 27

2.2.	Überblick über den Aufbau des Hörorgans	28
2.3	Äußeres Ohr (Auris externa)	30
2.3.1	Ohrmuschel (Auricula)	30
2.3.2	Äußerer Gehörgang (Meatus acusticus externus)	31
2.4	Mittelohr (Auris media)	33
2.4.1	Trommelfell (Membrana tympani)	33
2.4.2	Paukenraum (Cavitas tympani)	35
2.4.3	Gehörknöchelchenkette (Ossicla auditus)	36
2.4.4	Binnenohrmuskeln	40
2.4.5	Ohrtrumpete = Eustachische Röhre (Tuba auditiva)	42
2.5	Innenohr (Auris interna)	43
2.5.1	Gleichgewichtsorgan (Ducti vestibulares)	45
2.5.2	Hörschnecke (Cochlea)	46
2.5.2.1	Vorhof- und Paukentreppe	48
2.5.2.2	Häutiger Schneckengang (Ductus cochlearis)	49
2.5.2.3	Mechanische Schwingungseigenschaften von Basilarmembran und knöchernem Spiralblatt	50
2.5.3	Hörorgan (Corti-Organ, Organum spirale)	52
2.5.3.1	Innere und äußere Haarzellen des Corti-Organes	52
2.5.3.2	Wanderwellentheorie	53
2.5.3.3	Innere Haarsinneszellen und die elektrischen Vorgänge in der Cochlea	57
2.5.4	Codierung des Schallpegels	59
2.6	Hörbahn	60
2.6.1	Verlauf der afferenten Hörbahn	63
2.6.2	Zentral-auditive Verarbeitung	70
2.6.2.1	Modelle der Zentral-auditiven Verarbeitung (ZAV)	71
2.6.2.2	Teilfunktionen der Zentral-auditiven Verarbeitung	74
2.7	Erkrankungen des Hörorgans	77
2.7.1	Erkrankungen des äußeren Ohres	78
2.7.1.1	Missbildungen des äußeren Ohres	78
2.7.1.2	Nicht entzündliche Erkrankungen des äußeren Ohres	79
2.7.1.3	Entzündungen des äußeren Ohres	81
2.7.1.4	Tumoren des äußeren Ohres	83
2.7.2	Erkrankungen des Mittelohrs	83

2.7.2.1	Anomalien des Mittelohrs	83
2.7.2.2	Verletzungen des Trommelfells und des Mittelohrs	84
2.7.2.3	Trommelfellentzündungen (Myringitis)	86
2.7.2.4	Tubenfunktionsstörung	86
2.7.2.5	Entzündungen von Trommelfell und Mittelohr	87
2.7.2.6	Otosklerose	89
2.7.2.7	Tumoren des Mittelohrs	89
2.7.3	Erkrankungen des Innenohrs	90
2.7.3.1	Verletzungen des Innenohrs	90
2.7.3.2	Entzündungen des Innenohrs	90
2.7.3.3	Meniere Krankheiten	91
2.7.3.4	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel	92
2.7.3.5	Tinnitus	92
2.7.3.6	Hörsturz	95
2.7.3.7	Akustische Traumen	95
2.7.3.8	Altersschwerhörigkeit	97
2.7.3.9	Tumor des Innenohrs	98
2.7.4	Hörstörungen	99
2.7.4.1	Schallleitungsschwerhörigkeit	100
2.7.4.1.1	Dämpfungstyp	100
2.7.4.1.2	Versteifungstyp	100
2.7.4.1.3	Summationstyp	102
2.7.4.2	Schallempfindungsschwerhörigkeit	103
2.7.4.2.1	Endocochleäre Schwerhörigkeit	103
2.7.4.2.2	Retrocochleäre Schwerhörigkeit	105
2.7.4.3	Kombinierte Schwerhörigkeit	105
2.7.4.4	Tote Zone (Dead Regions)	107
2.7.4.5	Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen	108
2.7.4.6	Hörstörungen im Kindesalter	109
2.7.4.6.1	Schallleitungsschwerhörigkeit	109
2.7.4.6.2	Schallempfindungsschwerhörigkeit	109
2.7.4.6.3	Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter	110
2.7.4.6.4	Psychogene Hörstörungen	113
2.8	Nervenzellen und Nervensysteme	114
2.8.1	Aufbau und Funktion der Nervenzelle	115
2.8.1.1	Physiologie der Signalübertragung	119
2.8.1.2	Saltatorische Erregungsleitung	124
2.8.2	Gliederung des Nervensystems	124
2.8.2.1	Zentrales und peripheres Nervensystem	124

2.8.2.2	Senso-motorisches Nervensystem	124
2.8.2.3	Autonomes (vegetatives) Nervensystem	125
2.8.2.4	Gedächtnisformen	126
2.8.2.5	Hirnnerven	127
2.8.3	Das menschliche Gehirn	128
2.8.3.1	Lateralisierung des Gehirns	132
2.8.3.2	Bildgebende Untersuchungsmethoden des Gehirns	133
2.8.3.3	Ereignis-korrelierte Potentiale (EKP)	133
2.8.3.4	„Einhundert Schritte“	134
2.8.4	Lernen und Vergessen	136
2.8.4.1	Lernen durch Verknüpfen mit Ereignissen	139
2.8.4.2	Einfluss von Wiederholungen auf den Lernvorgang	137
2.8.4.3	Lehrbuch unter dem Kopfkissen?	140
2.8.4.4	Gedächtnis im Alter	140
2.8.4.5	Konsequenzen für die Hörsystemanpassung	141
2.8.5	Hörvorgang	143
2.8.5.1	Eine einfache Mustererkennung	144
2.8.5.2	Gestalttheorie	147
2.8.6	Sprachverstehen	148
2.8.6.1	Sprache und Spracherwerb	148
2.8.6.2	Neuronale Netze als Basis des Sprachverstehens	150
2.8.6.3	Hören und Verstehen	152
2.8.7	Musik	154

Kapitel T-03 – Akustik

3.	Akustik	155
3.1	Grundbegriffe der Physik	156
3.1.1	Physikalische Größen	156
3.1.2	Modellvorstellungen in der Physik	158
3.1.3	Grundgrößen der Mechanik (Körper, Masse, Kraft)	159
3.1.4	Bewegungslehre (Kinematik)	164
3.2	Mechanische Schwingungen (Oszillator)	167
3.2.1	Freie Schwingungen	169
3.2.2	Harmonische Schwingungen	169
3.2.3	Erzwungene Schwingungen	170
3.2.4	Gekoppelte Schwingungen	171

3.3	Wellen	171
3.3.1	Wellenarten	173
3.3.2	Grundlegende Eigenschaften der Wellen	174
3.3.3	Harmonische Analyse (Fouriertransformation)	179
3.3.4	Modulation einer Welle	182
3.3.4.1	Amplitudenmodulation	183
3.3.4.2	Frequenzmodulation	183
3.4	Schall (Akustik)	184
3.4.1	Schallarten	186
3.4.1.1	Luftschall	186
3.4.1.2	Flüssigkeitsschall	187
3.4.1.3	Körperschall	188
3.4.2	Signale der Akustik	190
3.4.3	Das Schallfeld und seine Größen	192
3.4.4	Akustische Systeme	210
3.5	Reflexion, Brechung, Dämpfung	213
3.5.1	Echo und Hall	214
3.5.2	Beugungserscheinungen	215
3.5.3	Schalldämmung	216
3.5.4	Schalldämpfung	218
3.6	Schallquellen	223
3.6.1	Schwingende Luftsäulen	224
3.6.2	Schwingende Saiten	226
3.6.3	Platten und Membrane	226
3.6.4	Elektrische Schallquellen	227
3.6.5	Biologische Schallquellen, die Sprache	227
3.6.6	Bewegte Schallquellen, Doppler Effekt	229
3.7	Überlagerung von Schallwellen	231

Kapitel T-04 – Psychoakustik

4.	Psychoakustik	233
4.1	Grundlagen und Grundgesetze der Psychoakustik	236
4.2	Hörschwelle und Lautstärkepegel	239

4.3	Lautheit	243
4.4	Verdeckung (Maskierung)	245
4.5	Tonhöhe (Tonheit)	249
4.5.1	Verhältnistonhöhe	250
4.5.2	Barkskala (Tonheit)	251
4.6	Richtungshören	254
4.7	Cocktailparty-Effekt	262
4.8	Gesetz der ersten Wellenfront	262
4.9	Akustische Täuschungen	263

Kapitel T-05 – Audiometrie

5.	Audiometrie	265
5.1	Otoskopie	269
5.2	Stimmgabelversuche	271
5.2.1	Weber Versuch	272
5.2.2	Rinne Versuch	273
5.3	Sprachabstandstests (Hörweitenmessung)	274
5.4	Subjektive Audiometrieverfahren	276
5.4.1	Tonaudiometrie (TA)	278
5.4.1.1	Bestimmung der (Ruhe) Hörschwelle	286
5.4.1.2	Bestimmung der Unbehaglichkeitsschwelle (US)	289
5.4.1.3	Pegel angenehmer Lautheit (MCL)	290
5.4.1.4	TEN -Test	291
5.4.1.5	Beschreibungsschema der Tonaudiometrie	294
5.4.2	Sprachaudiometrie (SA)	296
5.4.2.1	Freiburger Sprachtest	299
5.4.2.1.1	Hörverlust für Zahlen	300
5.4.2.1.2	Unbehaglichkeitsschwelle für Sprache (USL)	301
5.4.2.1.3	Einsilberverstehen	304

5.4.2.2	Satztests	307
5.4.3	Zusammenhang zwischen Ton- und Sprachaudiometrie	310
5.4.4	Vertäuben in Ton- und Sprachaudiometrie	315
5.4.4.1	Überhören	315
5.4.4.2	Überhören und Vertäuben in der Tonaudiometrie	317
5.4.4.3	Überhören und Vertäuben in der Sprachaudiometrie	326
5.4.5	Rekrutmenttests	327
5.4.5.1	Fowler-Test	330
5.4.5.2	Der SISI-Test	333
5.4.5.3	Lüscher-Test	335
5.4.5.4	Geräuschaudiometrie nach Langenbeck	336
5.4.5.5	Carhart Schwellenschwundtest	339
5.4.6	Hörfeldskalierung	340
5.4.7	Tests zur Aufdeckung nichtorganischer Hörstörungen	342
5.4.8	Bekesy-Audiometrie	345
5.5	Objektive Audiometrie	348
5.5.1	Messungen zur Untersuchung des Mittelohrs	348
5.5.1.1	Tympanometrie	348
5.5.1.2	Stapediusreflexmessung	355
5.5.2	Messungen zur Untersuchung des Innenohrs	359
5.5.2.1	Otoakustische Emissionen (OAE)	359
5.5.2.2	Elektrocochleographie (ECoChG)	363
5.5.3	Untersuchungen der Nervenbahnen	366
5.5.3.1	Elektrische Reaktionsaudiometrie (ERA)	366
5.5.3.1.1	Hirnstammaudiometrie (BERA)	371
5.5.3.1.2	CERA	376
5.6	Zusammenfassung von Befunden der Audiometrie	376
5.7	Kinderaudiometrie	383
5.7.1	Aussonderungsuntersuchungen (Screening)	384
5.7.2	Reflexaudiometrie	385
5.7.3	Verhaltens- oder Beobachtungsaudiometrie	387

Kapitel T-06 – Elektrotechnik

6.	Elektrotechnik	391
6.1	Grundbegriffe	393

6.1.1	Eigenschaften elektrische Ladungen	393
6.1.2	Spannung, Strom, Leistung	396
6.1.3	Spannungs- und Stromarten	400
6.1.4	Strom- und Spannungsquellen	403
6.1.5	Messung elektrischer Größen	410
6.1.6	Leiterwerkstoffe	411
6.1.7	Halbleiter	412
6.1.8	Nichtleiter (Isolatoren)	413
6.2	Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Regeln, der Stromkreis	414
6.2.1	Ohmsches Gesetz	415
6.2.2	Kirchhoffsche Regeln	416
6.2.3	Aufbau eines Stromkreises	423
6.3	Passive Bauelemente R,L,C	423
6.3.1	Ohmscher Widerstand, Parallel- und Reihenschaltung	423
6.3.1.1	Reihenschaltung von Widerständen	426
6.3.1.2	Parallelschaltung von Widerständen	427
6.3.2	Spannungsteiler	428
6.3.3	Verstärkung und Dämpfung	432
6.3.4	Spule (Induktivität)	435
6.3.5	Kondensator (Kapazität)	442
6.3.6	Schaltungen mit passiven Bauelementen	446
6.3.6.1	Passive Filterschaltung 1. Ordnung	447
6.3.6.2	Schwingkreise	451
6.4	Aktive Bauelemente (Halbleiter)	451
6.4.1	Halbleiterphysik (P und N Material)	452
6.4.2	PN-Übergang, die Halbleiterdiode	454
6.4.3	Bipolare Transistoren	457
6.4.4	Feldeffekttransistoren	459
6.5	Transistor-Grundsaltungen für bipolare Transistoren	459
6.5.1	Emittergrundsaltung	460
6.5.2	Kollektorgrundsaltung	461
6.5.3	Basisgrundsaltungen	462
6.5.4	Integrierte Schaltungen	463
6.6	Grundlagen der Digitaltechnik	464

Kapitel T-07 – Chemie und Werkstoffkunde

7.	Chemie und Werkstoffkunde	473
7.1	Atommodelle, Periodensystem der Elemente	476
7.2	Chemische Bindungen	481
7.2.1	Primäre Bindungen = starke Bindungen	483
7.2.1.1	Atombindungen (kovalente Bindungen)	484
7.2.1.2	Metallbindungen	485
7.2.1.3	Ionenbindungen	486
7.2.2	Sekundäre Bindungen = schwache Bindungen	488
7.2.2.1	Wasserstoffbrückenbindung	488
7.2.2.2	Dipol-Dipol-Bindung	489
7.2.2.3	Van-der-Waals-Bindung	490
7.2.3	Wertigkeit, Valenzelektronen, Oxidationszahl	490
7.2.4	Relative Atom- bzw. Molekülmasse	491
7.2.5	Thermodynamik chemischer Reaktionen	493
7.3	Oxidation und Reduktion (Redoxreaktionen)	495
7.3.1	Säuren, Basen und der pH-Wert	497
7.3.2	Elektrolyse	499
7.3.3	Galvanische Elemente	500
7.4	Organische Chemie, Kohlenstoff	502
7.4.1	Kunststoffe	506
7.4.2	Grundzüge der Polymerchemie	509
7.4.2.1	Polykondensation	511
7.4.2.2	Polyaddition	511
7.5	Werkstoffe, Hilfsstoffe und Werkzeuge	513
7.6	Werk- und Hilfsstoffe sowie Werkzeuge für die Hörakustik	514
7.6.1	Werkstoffe für die Ohrabformtechnik	520
7.6.1.1	Kondensationsvernetzendes Silikon	522
7.6.1.2	Additionsvernetzendes Silikon	522
7.6.2	Werkstoffe für die Negativherstellung	524
7.6.3	Kunststoffe für die Rohlings-Herstellung	526
7.6.4	Klebstoffe	530

Kapitel T-08 – Grundlagen der Psychologie

8.	Psychologie	531
8.1	Umgang mit dem Kunden	533
8.1.1	Stellenwert des Hörens für den Menschen	533
8.1.2	Der erste Eindruck	535
8.1.3	Regeln im Gespräch mit hörgeschädigten Kunden	537
8.1.3.1	Sprache und Körpersprache	541
8.1.3.2	Fragetechniken	545
8.1.3.2.1	Offene Fragen	546
8.1.3.2.2	Geschlossene Fragen	547
8.1.3.2.3	Vierohrmodell nach Friedemann Schulz von Thun	549
8.1.4	Distanzzonen	551
8.2	Auswirkungen einer Schwerhörigkeit im fortgeschrittenen Lebensalter	553
8.2.1	Alterspyramide	554
8.2.2	Der sogenannte Altersstarrsinn	554
8.2.3	Gesundheitliche Entwicklungen und Veränderungen im Alter	558
8.2.3.1	Lernfähigkeit im Alter	563
8.2.3.1.1	Defizitmodell der geistigen Entwicklung	565
8.2.3.1.2	Aktivitäts- und Disengagementtheorie	568
8.2.3.2	Spezifische Problemfelder älterer Hörgeschädigter	570
8.2.4	Plötzlich eintretende Schwerhörigkeit oder Taubheit	572
8.3	Schwerhörigkeit in der Jugend	573
8.3.1	Vermutungen, Ängste, Diagnose - was ist wenn...?	574
8.3.2	Pädaudiologische Beratungsstellen	575
8.3.3	Schulzeit	576
8.3.3.1	Manualseysteme und Gebärden	577
8.4	Rehabilitation, Rechte, Verbände, Selbsthilfegruppen	580
8.5	Psychologische Situation des Hörakustikers	581

Kapitel T-09 – Fachkalkulation

9.	Fachkalkulation	583
9.1	Kostenrechnung	585

9.1.1	Gliederung der KLR	587
9.1.2	Einzel- und Gemeinkosten	587
9.1.3	Kostenarten, Kostenstellen	588
9.1.4	Fixe und variable Kosten	589
9.1.5	Betriebsvergleich und BWA	589
9.2	Kalkulation	591
9.2.1	Kosten aus GuV ermitteln	593
9.2.2	Kalkulatorische Kosten	595
9.2.3	Verrechnung von Gemeinkosten	595
9.2.3.1	Zuschlagskalkulation	596
9.2.3.2	Einfaches Schema einer Zuschlagskalkulation	596
9.2.4	Kalkulationsansätze im Handwerk	600
9.2.4.1	Allgemeines Schema der Zuschlagskalkulation	601
9.2.4.2	Kalkulationsbeispiele	604
9.2.4.3	Deckungsbeitragskalkulation	605
9.2.5	Produktions- und Kalkulationsverfahren	608
9.3	Gewinnschwellenanalyse (break-even-point)	609

Kapitel T-10 – Qualitätsmanagement

10.	Qualitätsmanagement	611
10.1	Was ist ein Qualitätsmanagementsystem (QMS)?	617
10.1.1	Kano-Modell der Kundenzufriedenheit	617
10.1.2	Wichtige Begriffe des Qualitätsmanagements	619
10.1.3	PDCA-Zyklus	620
10.2	Dokumente eines Qualitätsmanagements	622
10.2.1	Qualitätsmanagement Handbuch	624
10.2.2	Verfahrensanweisungen	626
10.2.3	Checklisten	629
10.2.4	Interne Dokumente	629
10.2.5	Externe Dokumente	631
10.2.6	Audit und Managementreview	632
10.3	Einige Vorschriften des Gesundheitswesens	634
10.3.1	Medizinproduktegesetz (MPG)	634
10.3.1.1	Klassifizierung der Medizinprodukte nach 93/42 EWG	636
10.3.1.2	Produktkategorie der Hörakustik	638

10.3.1.3	CE Kennzeichnung	639
10.3.1.4	Grundlegende Anforderungen	641
10.3.1.5	Sicherheitsbeauftragte für Medizinprodukte	642
10.3.1.6	Risikomanagement	642
10.3.2	Medizinprodukte-Betreiberverordnung MPBetreibV	643
10.3.2.1	Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen	643
10.3.3	Unfallverhütungsvorschriften	644
10.4	DIN EN ISO 9001	644
10.4.1	Phase 1: Planen	646
10.4.2	Phase 2: Durchführung	647
10.4.3	Phase 3: Überprüfen	650
10.4.4	Phase 4: Handeln	652
10.5	DIN EN ISO 13495	653
10.5.1	Zusätzliche Dokumentationsanforderungen	654
10.5.2	Verantwortung der obersten Leitung	654
10.5.3	Zusätzliche Forderungen zum Management von Ressourcen	654
10.5.4	Design, Entwicklung und Beschaffung von Produkten	655
10.5.5	Installation und Instandhaltung	655
10.5.6	Rückverfolgbarkeit	655
10.6	Praktische Einführung eines QMS	656

Kapitel T-11 – Signalverarbeitung

11.	Signalverarbeitung	657
11.1	Benötigt der Hörakustiker Kenntnisse über Signalverarbeitung? ..	658
11.2	Signale	660
11.2.1	Grundbaustein: Sinus, dargestellt im Frequenz- und Zeitbereich. ...	661
11.2.2	Periodische Signale	664
11.2.3	Diracstoß, Delta-Distribution (Diracimpuls)	665
11.2.4	Fourier-Transformation	667
11.2.5	Nicht periodische Signale	667
11.2.6	Fensterfunktionen (Windowing)	675
11.2.6	Fast periodische Signale	677
11.3	Symmetrieprinzip	680

11.4	Systemanalyse	681
11.5	Systeme	682
11.5.1	Linearität	683
11.5.2	Zeitvarianz	684

Kapitel T-12 – Gut zu wissen: Theorie

12.	Gut zu wissen: Theorie	685
12.1	Einleitung	686
12.2	Anatomie Physiologie und Pathologie des Hörorgans	686
12.2.1	Aufbau des Organismus	687
12.2.2	Überblick über den Aufbau des Hörorgans	687
12.2.3	Äußeres Ohr (Auris externa)	688
12.2.4	Mittelohr (Auris media)	688
12.2.5	Innenohr (Auris interna)	689
12.2.6	Hörbahn	692
12.2.7	Erkrankungen (Pathologie)	694
12.2.8	Nervenzellen und Nervensysteme	698
12.3	Akustik	701
12.3.1	Grundbegriffe	701
12.3.2	Mechanische Schwingungen	702
12.3.3	Wellen	702
12.3.4	Schall (Akustik)	704
12.3.5	Reflexion, Dämmung, Dämpfung	706
12.3.6	Schallquellen	706
12.4	Psychoakustik	708
12.5	Audiometrie	710
12.5.1	Otoskopie	711
12.5.2	Stimmgabelversuche	712
12.5.3	Sprachabstandstests	712
12.5.4	Subjektive Audiometrieverfahren	712
12.5.5	Objektive Audiometrie	720

12.6	Elektrotechnik	722
12.6.1	Grundlagen der Elektrotechnik	722
12.6.2	Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Regeln, der Stromkreis	724
12.6.3	Passive Bauteile R,L,C	725
12.6.4	Aktive Bauelemente (Halbleiter)	728
12.6.5	Transistor-Grundsaltungen	728
12.6.6	Grundlagen der Digitaltechnik	729
12.7	Chemie und Werkstoffkunde	730
12.7.1	Atommodelle, Periodensystem	730
12.7.2	Chemische Bindungen	731
12.7.3	Redoxreaktionen	732
12.7.4	Organische Chemie	733
12.7.5	Werkstoffe, Hilfsstoffe, Werkzeuge	734
12.7.6	Werkstoffe für die Hörakustik	735
12.8	Psychologie	737
12.9	Fachkalkulation	741
12.10	Qualitätsmanagement	743
12.11	Signalverarbeitung	748

Anhang - Band 1

Stichwortverzeichnis	751
Literatur	765