

# Audiologische und HNO-Funktionsdiagnostik Theorie

120 UE / 6 LK

## Inhalt

1. Geschichte.....	3
2. Anatomische, physikalische, physiologische und pathophysiologische Grundlagen.....	5
2.1. Nomenklatur der Hörstörungen.....	8
2.2. Diagnostische Sicherheit (allgemeine Begriffe der Diagnostik).....	9
2.3. Anamnese.....	9
3. Subjektive Audiometrie.....	9
3.1. Stimmgabelversuche.....	9
3.2. Hörweitenprüfung.....	10
3.3. Tonschwellenaudiometrie TSA.....	11
3.3.1. Überhören und Vertäuben.....	14
3.3.2. Audiogramauswertung.....	16
3.3.3. Bekesy-Audiometrie.....	19
3.4. Überschwellige Methoden.....	19
3.4.1. Lautheitsfunktion – Lautheitsausgleich (Recruitment).....	20
3.4.2. Adaptation / pathologische Adaptation / Hörmüdung.....	23
3.4.3. Geräuschaudiometrie (Langenbeck) [Abb. 4.16, Folien].....	24
3.5. Sprachaudiometrie.....	24
3.6. Nichtorganische Hörstörungen.....	27
3.6.1. Tests.....	28
3.6.2. Stenger-Test.....	28
3.6.3. Simulationsproben bei beidseitiger hochgradiger SH / Gehörlosigkeit.....	28
3.6.4. Objektive Verfahren.....	29
3.7. Tinnitusanalyse.....	29
3.8. audiometrische Prüfung der zentralen Verarbeitung.....	30
3.8.1. Richtungshörtest / Integrationstest.....	30
3.8.2. Feldmann-Test - Dichotischer Diskriminationstest.....	31
4. Objektive Audiometrie.....	31
4.1. Impedanzmessungen.....	31
4.1.1. Tympanometrie.....	31
4.1.2. Stapediusreflex.....	32
4.2. Elektrische Reaktionsaudiometrie (ERA=Evoked response audiometry).....	33
4.2.1. Anatomie und Physiologie der Hörbahnen und der zentralen Verarbeitung.....	33
4.2.2. Reize [Abb. 11.7].....	34
4.2.3. Einteilung der AEP.....	34
4.2.4. Elektrocochleographie ECochG.....	37
4.2.5. Promontoriumstest.....	38
4.3. Otoakustische Emissionen (OAE).....	38
4.3.1. spontane (SOAE).....	38
4.3.2. transitorisch evozierte (TEOAE).....	39
4.3.3. Distorsionsprodukte (DPOAE).....	39
4.3.4. Stimulusfrequenzemissionen (SFOAE).....	39
5. Vestibularisprüfungen.....	39
5.1. Anatomie und Physiologie des Gleichgewichts.....	40
5.2. Prüfung vestibulospinaler Reflexe.....	42
5.3. Nystagmusprüfungen.....	43
5.3.1. Spontannystagmus.....	44
5.3.2. Provokationsnystagmus.....	45
5.3.2.1. Fixationsnystagmus.....	45
5.3.3. Sonderformen.....	45

5.3.4. Computergestützte Nystagmusanalyse.....	45
5.4. Kopfimpulstest.....	48
5.4.1. klinischer Test.....	48
5.4.2. technischer KIT: Video-Kopfimpulstest.....	48
5.5. VEMP - Vestibular-Evoked Myogenic Potential.....	50
5.6. Prüfung der Erregbarkeit der Vestibularorgane: „experimentelle Gleichgewichtsprüfung“.....	51
5.6.1. kalorische Gleichgewichtsprüfung.....	51
5.6.1.1. Rotatorische Gleichgewichtsprüfung.....	52
5.6.2. Halsdrehtest.....	53
5.6.3. oculomotorische Untersuchungen.....	53
5.6.4. Nystagmus zur Anderen Seite (5-A-Regel).....	53
6. Pädaudiologie.....	53
6.1. Ätiologie und Pathogenese von kindlichen Hörstörungen.....	53
6.2. Höruntersuchungen.....	54
6.3. Akustische Stimuli für Kleinkinder.....	54
6.4. Reflexprüfungen.....	55
6.5. Screeningmethoden.....	55
6.6. Audiometrie im Kleinkindalter.....	55
6.7. Objektive Methoden.....	56
6.8. Sprachaudiometrie.....	56
7. Hörgeräteversorgung / Apparative Rehabilitation.....	57
7.1. Bauformen von Hörgeräten.....	57
7.2. Auswahlprinzipien für Hörgeräte bei Erwachsenen.....	58
7.3. Hörgeräteversorgung bei Kindern.....	59
7.4. Technische Kommunikationshilfen.....	59
7.5. Cochlea-Implantat.....	59
7.6. Hörgerätemessungen.....	60
8. Ventilationsprüfungen.....	61
8.1. Anatomie und Physiologie der Nasenatmung.....	61
8.2. Rhinomanometrie.....	62
8.3. akustische Rhinometrie.....	64
8.4. Spirografie.....	64
9. Gusto- und Olfaktometrie.....	64
9.1. Gustometrie.....	64
9.2. Olfaktometrie = Riechprüfung.....	66
9.3. Simulationstestverfahren.....	69
10. Technische Assistenz bei Facialisdiagnostik.....	70
10.1. ENG (Elektroneuromyographie).....	70
10.2. EMG.....	71
10.3. Transkranielle Magnetstimulation.....	71
10.4. Elektrodiagnostik der Gesichtsmuskulatur.....	71
10.5. Prüfung N. petrosus major, N. stapedius, Chorda tympani.....	72
10.6. Intraoperatives Neuromonitoring.....	72
11. Tubenfunktionsprüfungen bei geschlossenem und defektem Trommelfell.....	72
12. Gutachten, Vorsorge- und Risikountersuchungen.....	73
12.1. Allgemeines zu Gutachten.....	73
12.2. Wichtige Begriffe.....	74
12.3. GdS.....	75
12.4. Gutachtliche Untersuchung.....	78
12.4.1. Gehör.....	78
12.4.2. Vestibularisprüfung.....	82
12.4.3. Geruchs- und Geschmacksprüfung.....	83
12.4.4. Untersuchung von Stimme und Sprache.....	84
12.5. Auswertung und Beurteilung.....	85
12.5.1. Quantitative Bemessung des Hörvermögens.....	85
12.5.2. GdB/GdS-Richtsätze für vestibuläre Störungen.....	87

12.5.3. Weitere GdB/GdS-Richtsätze.....	87
12.6. Einzelne Krankheitsbilder - Beispiele.....	87
12.7. Tauglichkeitsuntersuchungen - Begutachtung der Eignung für bestimmte Tätigkeiten und Berufe.....	87

## 1. Geschichte

(aus Böhme/Welzl-Müller: Audiometrie)

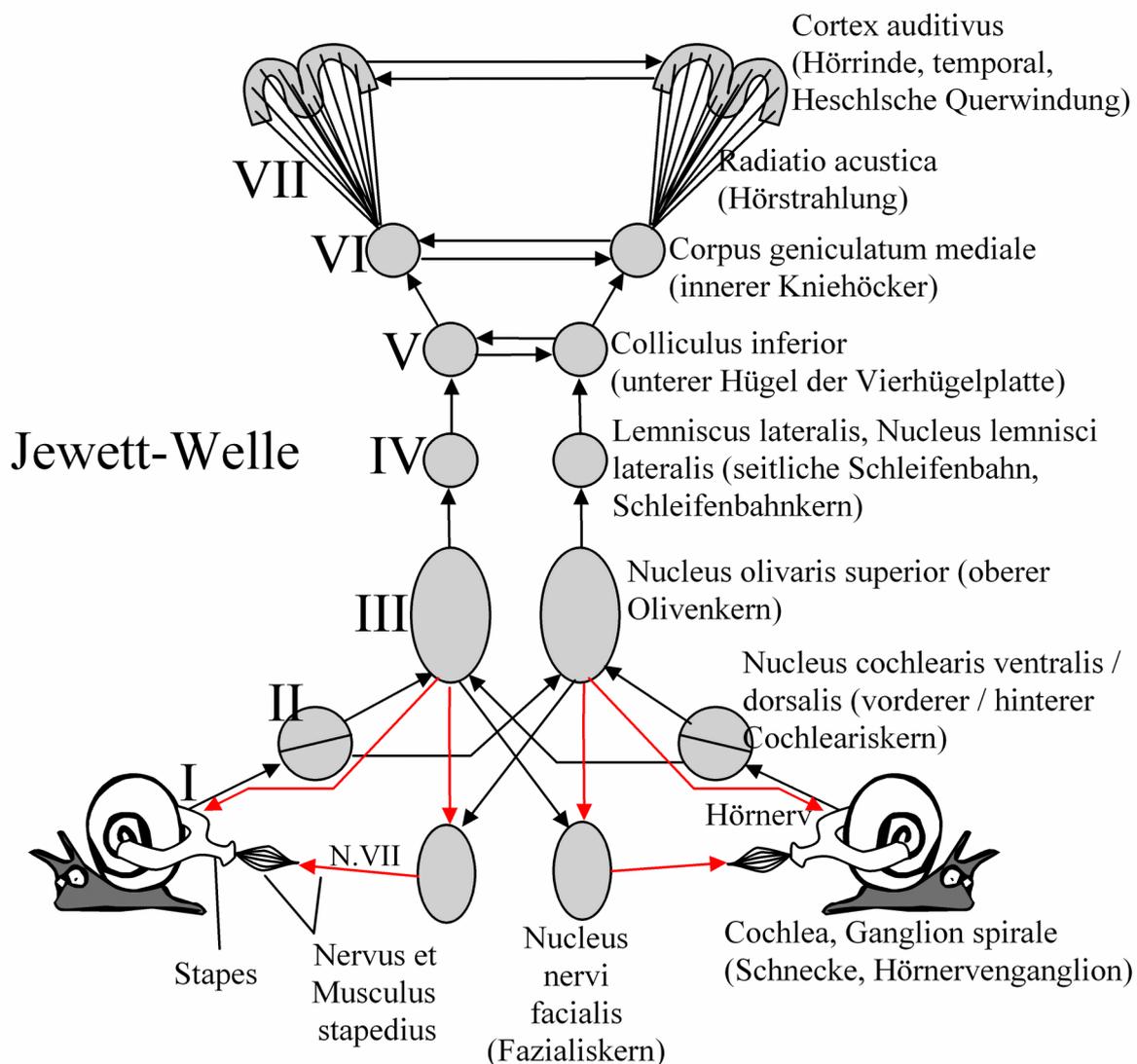
460-390 v. Chr.	Diogenes von Appolonia, griechischer Naturphilosoph, stellte sich das <i>Ohr mit Luft gefüllt</i> vor.
460-370	Hippokrates, griechischer Arzt, <i>sah als erster das Trommelfell</i> und betrachtete es als Bestandteil des Hörorgans.
470-380	Nach Demokrit, griechischer Philosoph, <i>beruht Hören auf materiellen Ausflüssen des Körpers</i> .
300-240	Erasistratos, griechischer Arzt, erwähnte erstmals den <i>Hörnerv</i> .
1330-1367 n.Chr.	Guy de Chauliac. Er hat als erster einen <i>Ohrspiegel</i> (Ohrtrichter) benutzt, um mit Hilfe des Sonnenlichtes in den Gehörgang zu blicken.
1501-1576	Girolamo Cardano, italienischer Arzt, Mathematiker und Philosoph. Entdeckte das <i>Knochenhören</i> und beschrieb u. a. die Übertragung von Schall auf das Gehör mit Hilfe eines zwischen den Zähnen gehaltenen Stabes.
1514-1564	Andreas Vesalius, flämischer Arzt, schuf in Padua das erste vollständige Lehrbuch der menschlichen Anatomie in sieben Bänden (« <i>De humani corporis fabrica libri septum</i> »). Er beschrieb den <i>Hammer</i> , <i>Amboß</i> sowie <i>das ovale und runde Fenster</i> .
1520-1574	Bartholomäus Eustachius schrieb als erster ein Buch (« <i>Epistola de Auditus Organis</i> »), welches ausschließlich dem Ohr gewidmet war. In diesem erörterte er auch die <i>Ohrtrompete</i> , die Eustachische Röhre, die allerdings bereits den Griechen bekannt war.
1523-1562	Der italienische Anatom Gabriele Falloppia gilt als Wegbereiter der Audiologie und erwähnte u. a. die Termini <i>Cochlea</i> , <i>Labyrinth</i> und <i>Tympanon</i> .
1561-1616	Der Anatom Julius Casserius [3] gelangte zu grundlegenden Erkenntnissen auf dem anatomischen Gebiet des <i>Hörens und Sprechens</i> .
1666-1723	Der italienische Anatom Antonio Maria Valsalva erwarb sich mit seinem im Jahre 1704 erstmals erschienenen Werk « <i>De aure humana tractatus, in quo interga eiusdem auris fabrica multis novis inventis et iconimis illustrata describitur</i> » die allgemeine Anerkennung und <i>legte den Grundstein für Ohrbehandlungen</i> .
1706	Duguet benutzte die <i>Armlehnen eines Fauteuils zum Empfang von Schallwellen</i> .
1711	Die heute noch gebräuchliche <i>Stimmgabel</i> wurde durch den königlichen Trompeter und Lautenisten John Store in England entwickelt.
1752-1832	Antonio Scarpa, italienischer Anatom und Chirurg, entdeckte das <i>häutige Labyrinth</i> .
1821-1894	Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz, Arzt, Anatom, Physiologe und Physiker, gelangten bahnbrechende Entdeckungen über « <i>Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik</i> » (1863) und « <i>Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells</i> » (1869). Er entwickelte die <i>Ein-orts-Hörtheorie</i> .
1822-1888	Alfonso Corti, ein italienischer Histologe, erforschte das Innere der Gehörschnecke (« <i>Cortisches Organ</i> »).
1847-1922	Alexander Graham Bell, amerikanischer Physiologe und Erfinder, beschäftigte sich vorwiegend mit der <i>Umwandlung von Schallschwingungen in elektrische Stromschwankungen und war der Erfinder des Kohlemikrophons</i> (1876). Für seine schwerhörige Frau baute er ein elektrisches Hörgerät, welches mehrere Kilogramm wog. Auch die Erfindung des Audiometers soll auf seine Anregungen zurückgehen [4].
1847-1931	Thomas Alva Edison, amerikanischer Erfinder, entwickelte 1877 den <i>Phonographen</i> , einen Vorläufer des Grammophons, und schuf damit auch die Voraussetzungen für die Sprachaudiometrie.
1878	Hartmann [6] stellte das erste elektrische Audiometer vor.
1879	Rhodes aus Chicago erfand einen Hörfächer, das <i>sog. Audiophon</i> . Der Fächer wurde mit dem oberen Rand gegen die Zähne oder zwischen den Zäh-

- nen gehalten, so daß die Schallschwingungen über die Knochenleitung übertragen werden konnten.
- 1880 Turnbell aus Philadelphia beschrieb das *Dentaphon*.
- 1899-1972 Der ungarische Physiker Georg von Bekesy erhielt 1961 den Nobelpreis für Medizin für seine experimentellen Untersuchungen über die *Wanderwellentheorie des Hörens*. 1948 entwickelte er ein automatisches Audiometer. Das Verfahren trägt seinen Namen und wird als *Bekesy-Audiometrie* bezeichnet.
- 1905 Seit dieser Zeit gibt es *elektrische Hörgeräte*, die mit einem Kohlemikrophon und einer Taschenlampenbatterie ausgerüstet sind. Eventuell hat bereits 1900 der Arzt Ferdinand Alt das erste Kohlemikrophongerät gebaut [8].
- 1921 Earl C. Hanson entwickelt und patentiert ein *Vakuumhörgerät*.
- 1937 Einführung von *Röhrengeräten*. Es werden Verstärkungen und Frequenzumfänge erreicht, die vorher mit Hilfe der Kohlengeräte nicht möglich waren.
- 1954 Einführung von *Transistorgeräten*. Damit ließ sich der Aufwand an Energieversorgung für das Hörgerät ganz erheblich vermindern. Gleichzeitig konnte das Gewicht des Hörgerätes verringert werden. Somit waren die Voraussetzungen für die Entwicklung von leistungsfähigen Hörbrillen und Hinterohrgeräten gegeben.
- 1954 Entwicklung der *Hörbrille*.
- 1969 Einführung eines *Im-Ohr-Hörgerätes* mit Maßschale.
- 1969 Versorgung gehörloser Patienten mit Cochlea-Implantat durch W.F.House.
- 1978 Nachweis otoakustischer Emissionen durch D. Kemp [7].
- 1988 Digital einstellbares Hörgerät.
- 1996 Hörgerät mit digitaler Signalverarbeitung.

## 2. Anatomische, physikalische, physiologische und pathophysiologische Grundlagen

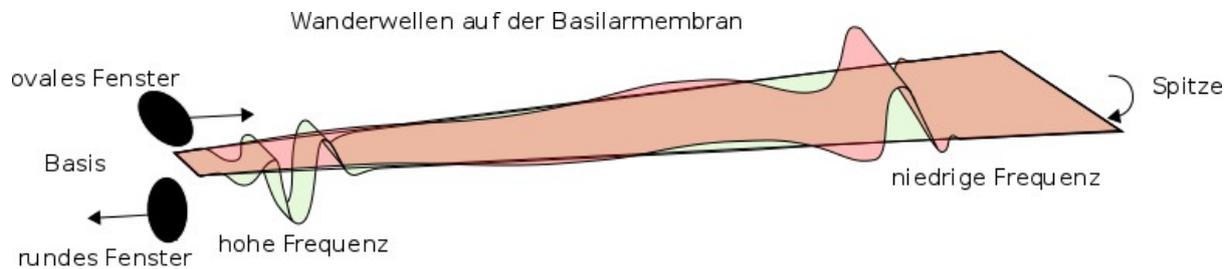
- siehe auch ANA, PHYS, AUPH, ORL
- Wiederholung Anatomie und Physiologie des Ohres
- vereinfachte Hörbahn

### Afferente und efferente Hörbahn, Stapediusreflex

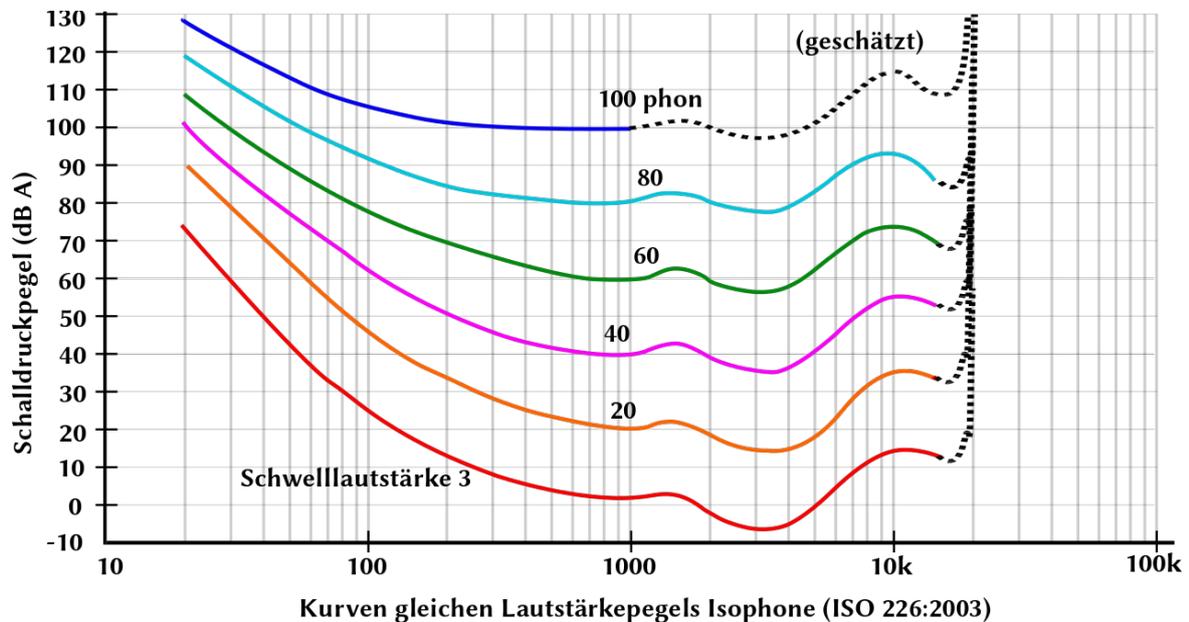


- Afferenzen: 5% von äußeren, 95% von inneren Haarzellen (gelieferte Informationen: äußere: Schalldruck, innere: Frequenzfeinstruktur)
- Efferenzen (Rasmuss'sches Bündel, Tractus olivocochlearis): zu äußeren Haarzellen, steuern die Empfindlichkeit der Verstärkerfunktion
- 20000, davon 3600 innere Haarzellen
- Basilarmembran: Länge 35mm, Breite apical 0,4-0,6mm, basal 0,08-0,16mm, an Basis am dünnsten und am stärksten gespannt

- **Wanderwellentheorie:** Die Basilarmembran, deren nach apical zunehmende Breite und abnehmende Spannung, sowie die Innenohrflüssigkeit, deren Kanal apical schmaler wird, bilden ein Resonanzsystem. Die im ovalen Fenster auf das Innenohr übertragene Druckwelle erzeugt auf der Basilarmembran eine Wanderwelle. Diese läuft bis zum wellenfrequenzabhängigen Resonanzpunkt, erreicht dort die höchste Amplitude, verliert durch Reibung an Energie und ebbt danach schnell ab. Dadurch wird durch jede Frequenz nur ein kleiner Bereich der Haarzellen maximal erregt => Frequenzauflösung



- **physikalische Größen**
  - Schwingungsdauer  $T$ : Zeit, die ein Teilchen benötigt, eine volle Schwingung um seine Ruhelage auszuführen (s)
  - Frequenz  $f=1/T$ : Anzahl der Schwingungen pro Sekunde ( $\text{Hz} = 1/\text{s}$  für Sinusschwingungen)
    - ▶ **wahrnehmbar 16Hz-16kHz (20Hz-20kHz)**
  - Wellenlänge  $\lambda=c/f$ : Räumlicher Abstand zweier Teilchen im gleichen Schwingungszustand (m)
  - Schalldruck  $p$ : durch Schall erzeugte Druckschwankung, Wechseldruck ( $\text{Pa}=\text{N}/\text{m}^2$ )
    - ▶ **wahrnehmbar: ca. 20 $\mu\text{Pa}$  (0dB SPL) - 200Pa (140dB SPL)**
  - Schalldruckpegel  $L$ : logarithmische Darstellung des Schalldruckes  $L=20 \log_{10}p/p_0$ 
    - ▶ wahrnehmbare Schalldrücke reichen über 7 Zehnerpotenzen
      - sind linear nicht sinnvoll darstellbar
      - Hörphysiologie entspricht in Frequenz und Schalldruck auch logarithmischem Verhalten
      - 10facher Schalldruck: 20dB, 2facher 6dB
    - ▶ Schalldruckpegel sind auf einen bestimmten Bezugsschalldruck  $p_0$  bezogen, durch Abkürzungen hinter dB gekennzeichnet
      - dB SPL (sound pressure level):  $p_0 = 20\mu\text{Pa}$  = Hörschwelle bei Frequenz des empfindlichsten Hörens (bei ca. 2kHz), absolut, der Zusatz SPL wird im deutschen Sprachraum teilweise weggelassen
      - dB HL (hearing loss / level):  $p_0$  = Hörschwelle eines Standardkollektivs junger Normalhöriger, frequenzspezifisch
      - dB SL (sensation level):  $p_0$  = Hörschwelle des Probanden, frequenzspezifisch
      - dB(A): hörphysiologische Bewertung, frequenzabhängig
      - dB(C): Bewertungskurve im Hörbereich 20Hz-20kHz, zwischen 100Hz und 4kHz etwa mit dB SPL identisch
  - Schallintensität  $I$ : Leistung/Fläche ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )
    - ▶ Schallpegel  $L$ : Intensitätsverhältnis  $10\log I/I_0$ ;  $I_0=10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$
  - Schallgeschwindigkeit  $c$ : Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle, bei 20°C 343m/s in Luft, temperaturabhängig
  - Schallschnelle  $v$ : Bewegungsgeschwindigkeit der Teilchen um ihre Ruhelage
  - akustische Impedanz  $Z=p/v$ : Scheinwiderstand des mechanischen auditiven Systems, medienspezifisch
    - ▶  $Z(\text{Innenohrflüssigkeit})/Z(\text{Luft})=4000 \Rightarrow$  Impedanzanpassung nötig
- **psychoakustische Größen**
  - Lautstärke(pegel): Der Wert in phon gibt an, welchen Schalldruckpegel ein Sinuston mit einer Frequenz von 1000 Hz besitzt, der gleich laut wie das Schallereignis empfunden wird
    - ▶ Isophonenkurven ([http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kurve\\_gleicher\\_lautst%C3%A4rke.svg?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kurve_gleicher_lautst%C3%A4rke.svg?uselang=de), gemeinfrei)



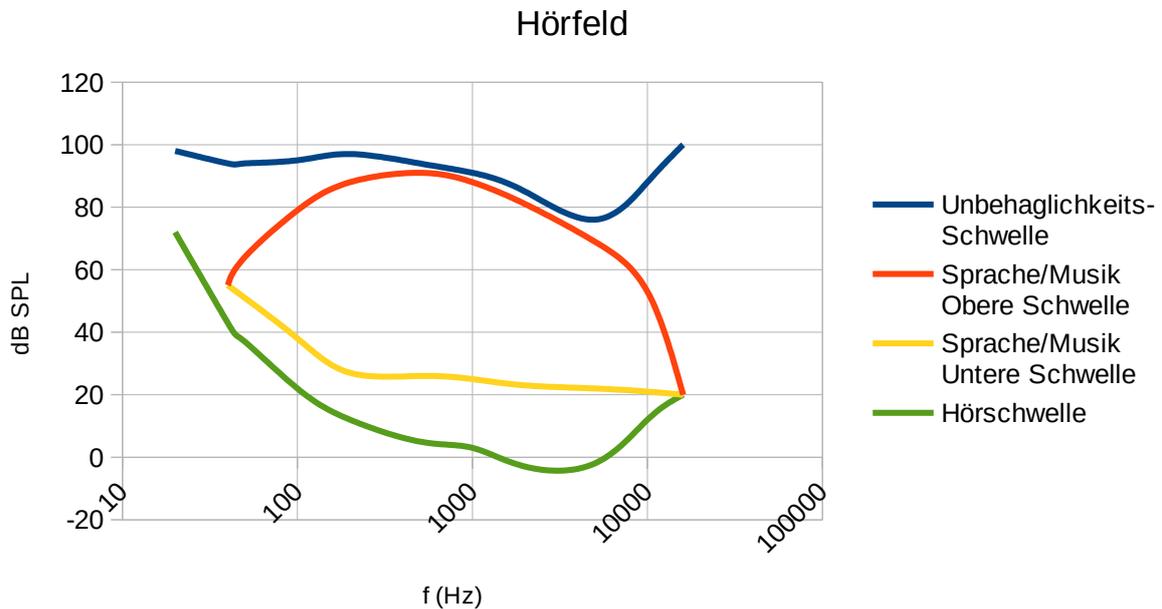
○ Lautheit (Einheit: sone): subjektives Lautstärkeempfinden; 1 sone entspricht 40 phon

Lautstärke in Phon	Schalldruck in N / m <sup>2</sup>	Schallintensität in W / m <sup>2</sup>	Beispiel
0	2 * 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-12</sup>	Hörschwelle
20	2 * 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-10</sup>	übliche Wohngeräusche, Flüstern, ruhiger Garten
40	2 * 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-8</sup>	leise Rundfunkmusik, normales Sprechen
60	2 * 10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-6</sup>	Unterhaltungslautstärke, Staubsauger
80	2 * 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-4</sup>	üblicher Lärm im Straßenverkehr, laute Rundfunkmusik im Zimmer
100	2	10 <sup>-2</sup>	Presslufthammer, laute Autohupe
120	2 * 10	1	Donner, Flugzeugpropeller in geringer Entfernung
140	2 * 10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	Schmerzschwelle, Gehörschädigung schon bei kurzzeitiger Einwirkung

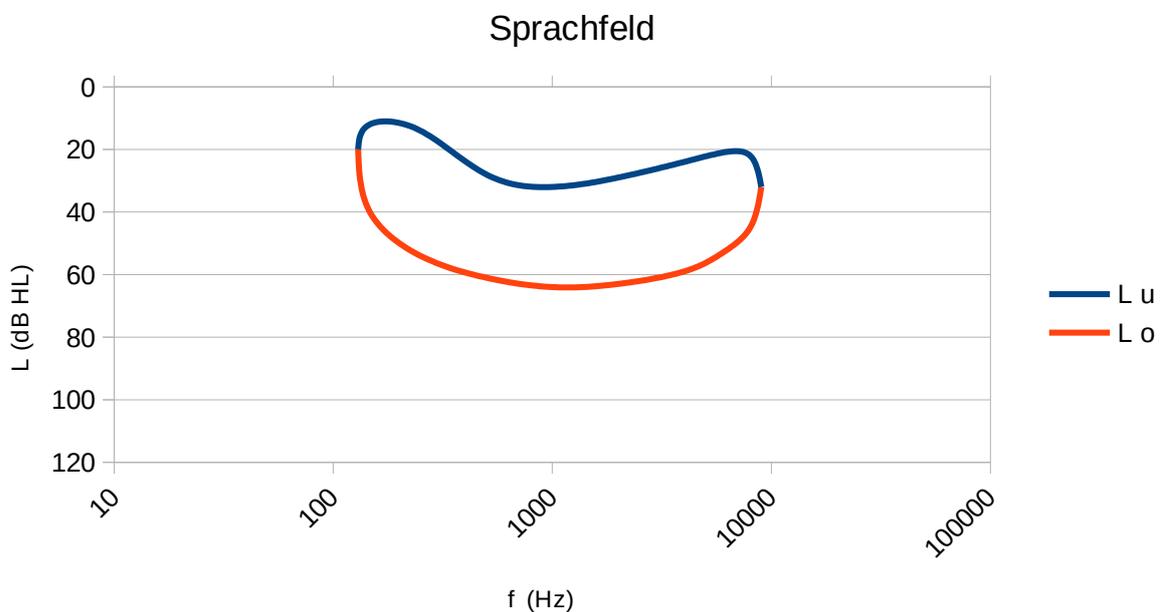
● Schallformen

- Töne: eine Frequenz
- Klänge: mehrere Töne
- Geräusche: Frequenzgemisch
  - ▶ Breitbandrauschen: Frequenzgemisch mit breitem Frequenzspektrum hoher Intensität
    - (weißes Rauschen: 20Hz-20kHz, gleiche Intensität aller Frequenzen)
  - ▶ Schmalbandrauschen: Frequenzgemisch mit schmalen Frequenzspektrum hoher Intensität (manchmal auch als farbiges Rauschen bezeichnet, Farben sind Frequenzbereichen zugeordnet)
    - Erzeugung: weißes Rauschen durch Bandfilter eingengt
    - definiert durch Filterbreite und Mittenfrequenz
- Lärm: Schallereignisse, die stören, gefährden oder schädigen (nach Art, Ausmaß und / oder Dauer geeignet sind, Gefahren, Nachteile oder Belästigungen während Arbeit, Freizeit und Schlaf für Allgemeinheit und / oder Nachbarschaft herbeizuführen)

- Hörfeld
  - zwischen Hörschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle
  - im hörbaren Frequenzbereich



- Sprachfeld
  - Grundtöne bis ca. 250 Hz
  - Hauptsprachbereich 250 – 4000 Hz, Vokale bis ca. 3000 Hz
  - darüber hohe Konsonantenanteile



## 2.1. Nomenklatur der Hörstörungen

- Perzeption: Hören: akustische, bewusst verstandene Wahrnehmung
- Apperzeption: bewusste Erfassung der inneren und äußeren Eindrücke, in Bewußtseinszusammenhang eingeordnet
- Hörschädigung: vorwiegend in fachpädagogischer Nomenklatur verwendet
- Hörstörung: medizinische Nomenklatur
- Hypakusis: pathologisch vermindertes Hörempfinden
- Anacusis / Gehörlosigkeit / Surditas (früher: Taubheit)

- audiometrisch nur Fühlkurve durch Vibrationswahrnehmung
- Hyperakusis: pathologisch gesteigertes Hörempfinden
- Schallempfindungs- (=sensorineurale) Schwerhörigkeit
  - Hörnerven- (= neurale = retrocochleäre) Schwerhörigkeit:, von zentralen Hörschäden abzugrenzen
  - Innenohr- (= cochleäre = sensorische) Schwerhörigkeit: von retrocochleär abzugrenzen, Läsionen der Haarzellen
  - Luft- und Knochenleitungshörschwelle in gleichem Maß verschlechtert
- Schalleitungsschwerhörigkeiten (konduktive Hörstörungen): Läsionen des schallzuführenden Apparates
  - Mittelohrschwerhörigkeit: durch Läsionen im Mittelohr, Abgrenzung von gehörgangsbedingten und sensorineuralen Schwerhörigkeiten
  - Luftleitungskurve verschlechtert, Knochenleitungskurve meist normal
- kombinierte = gemischte Schwerhörigkeit: gleichzeitiges Vorliegen von Schallempfindungs- und Schalleitungsschwerhörigkeit
- periphere Hörstörungen: Läsionen bis zum Nucleus cochlearis ventralis / dorsalis (Medulla oblongata)
- zentrale Hörstörung: ab Nc. cochlearis (Hirnstamm)
  - Hirnstamm-Kerngebiet, Hörbahn bis Hörrinde => Verlust der integrativen Funktion der Hörzentren
  - corticale Hörstörungen: relativ selten, durch Läsionen akustischer Hirnrinde
  - Tonhörschwelle kann dabei normal sein

## 2.2.Diagnostische Sicherheit (allgemeine Begriffe der Diagnostik)

- Sensitivität: Wahrscheinlichkeit, mit einem Test alle Kranken zu erfassen = richtig Positive / Kranke,
- Spezifität: Wahrscheinlichkeit, mit einem Test nur Kranke zu erfassen = richtig Negative / Gesunde

## 2.3.Anamnese

- Gehör
  - Schwerhörigkeit (Beginn, Entwicklung, Begleitumstände, Seite)
  - Tinnitus
  - Schmerzen
  - Ohrdruck / Verstopfungsgefühl
  - Ausfluß (Qualität: wässrig, fadenziehend, eitrig, blutig, foetide)
  - bekannte Ohrerkrankungen
  - Operationen am Ohr
  - berufliche oder private Lärmbelastung
  - familiäre Schwerhörigkeit
  - Autophonie
- Gleichgewichtssystem
  - Schwindel / Übelkeit (Beginn, Entwicklung, Begleitumstände, Art; Begleitsymptome)
  - HWS-Schäden
- Riechen / Schmecken
  - Frage nach Störungen
- alle
  - bekannte frühere / bestehende andere Erkrankungen
  - Medikamente

## 3.Subjektive Audiometrie

- Methoden, die von aktiver Mitarbeit des Patienten abhängen
- Alle Untersuchungen: Einweisung mit Hörgerät, Untersuchung ohne HG und Brille

### 3.1.Stimmgabelversuche

- Rinne-Versuch
  - getrennt für beide Ohren

- Vergleich von Luft- und Knochenleitung
- Stimmgabel wird normal über die Knochenleitung 25dB schlechter gehört
- ausführlicher Rinne
  - ▶ 1. Stimmgabel weich auf Knie anschlagen
  - ▶ 2. auf Mastoid halten, wenn Ton nicht mehr gehört wird, Zeitmessung beginnen
  - ▶ 3. vor Gehörgang, bis Ton nicht mehr gehört wird, Zeitnahme
  - ▶ falls nicht gehört, Vorgang umkehren
  - ▶  $\Delta t$  angeben, bei besserer Knochenleitung mit negativem Vorzeichen
  - ▶ Zeit ist Maß für Luftleitungsstörung
  - ▶ Befunde:
    - vor dem Ohr 30-60s länger gehört: normal oder Schallempfindungsschwerhörigkeit
    - 0-30s Schalleitungsstörung <25 dB
    - gleich lange: etwa 25dB
    - Rinne negativ: Schalleitungsstörung > 25dB
  - ▶ Praxis: „vor oder hinter dem Ohr lauter?“, bei Gleichheit "Abschweben", d.h. Bis hinter dem Ohr nicht mehr gehört und vors Ohr gehalten
    - positiv bei Normalhörigen, Schallempfindungsgestörten, geringer Schalleitungsstörung
    - negativ bei SLSH>25dB
- Fehler:
  - ▶ zu geringe Andrückkraft
  - ▶ Haare unter Gabelfuß
  - ▶ Dämpfung der Gabel mit der Hand
  - ▶ falsche Zinkenrichtung; Zinkenenden gehören mit Gehörgang in eine Linie oder senkrecht dazu
  - ▶ zu weiter Abstand
  - ▶ Störgeräusche >50dB
  - ▶ einseitige sensorineurale SH: Überleitung in Gegenohr, kann als „Rinne negativ“ fehlinterpretiert werden
  - ▶ bei Kindern bei SLSH bis 35dB unzuverlässig
- Weber-Versuch
  - nutzt Lateralisationseffekt
  - Lateralisation: beruht auf Unterschieden der Intensität, Zeitdifferenzen und zentralen Prozessen; noch nicht vollständig geklärt
  - Stimmgabel wird mittig auf den Scheitel / die Stirn / die Zähne gesetzt
  - Schall wird über Knochenleitung in beide Innenohren geleitet
  - bei stärkerer Wahrnehmung auf einer Seite: „Lateralisation“
  - Ergebnisse
    - ▶ sensorineuraler SH: Ton (oft unsicher) in besseres Ohr lateralisiert, bei stark überschwelligen Reizen und cocleärer SH aber auch in schlechteres Ohr (wegen Recruitment)
    - ▶ bei Schalleitungsstörung in betroffenes Ohr, da die dämpfende Wirkung eines gesunden Mittelohrs auf dem kranken Ohr wegfällt: der Patient lateralisiert zur kranken Seite, z.B. bei fixierter Kette bei Otoklerose (Schall-Abflußstörung)
  - falls Lautstärke der Stimmgabel nicht ausreicht, Knochenleitungshörer verwenden
    - ▶ auch zur Überprüfung in verschiedenen Frequenzen, z.B. zur Plausibilitätsprüfung
- Gellé-Versuch:
  - Prüfung der Beweglichkeit der Gehörknöchelchen
  - Stimmgabel auf Scheitel
  - mit Politzer-Ballon im Gehörgang wird wechselnd Druck gegeben und nachgelassen.
  - heute meist mit Knochenleitungshörer und Tympanometer
  - bei beweglicher Kette: Änderung der Lautheit eines auf Knochen übertragenen Tons
  - keine Schwankungen: Zeichen für Stapesfixation

### 3.2.Hörweitenprüfung

- v.a. gutachterliche Fragestellungen
- Stimmformen

- Flüstersprache (FS): hohe Frequenzen, 30-40 dB
- Umgangssprache (US): mittlere / tiefe Frequenzen, 60-70 dB
- Hörverluste und HWP-Ergebnis (lt. „Audiometrie“)

Flüstersprache (Schwerpunkt 1,5-3 kHz)		Umgangssprache (Schwerpunkt 0,75-1,5 kHz)	
Hörverlust (dB HL)	Hörweite (m)	Hörverlust (dB HL)	Hörweite (m)
20	4	40	4
30	1	50	1
40	0,2	60	0,2
50	0,1	70	0,1
60	a.c.	80	a.c.
		90	a.c. laut
		100	a.c. sehr laut

- Durchführung
  - schallgedämmter Raum
  - Residualluft-Flüstersprache, normale Umgangssprache,
  - getrennte Prüfung beider Ohren
  - Prüfohr zum Untersucher
  - Lippenlesen verhindern
  - zuerst FS; Anfangsabstand bei gut Hörenden 6m, bei offensichtlich Schwerhörigen 1m
  - zweistellige Zahlen / viersilbige Wörter; üblich: drei zweistellige Zahlen
  - ab 21, keine vollen Zehner, keine Doppelzahlen
  - werden vom Patienten wiederholt
  - 3 Richtige: bei 6m Abbruch, sonst 1m zurück, neue 3er-Gruppe
  - weniger: 1m vor bzw. auf 50cm, 25cm und a.c. herangehen
  - wenn FS<6m dann weiter mit US, gleicher Ablauf
- Vertäubung:
  - bei Flüstersprache 2.Finger in abgewandtes Ohr
  - bei Umgangssprache Finger in abgewandtes Ohr und schütteln (Vertäubung)
- Ergebnis:
  - Normalhöriger: Umgangssprache bis 120, Flüstersprache bis 30m => Hörweite 6m ist nicht unbedingt Normalhörigkeit
  - Angabe in m [Abb]
- Beurteilung:
  - normal: FS (= US): 6m
  - geringgradige: US 4-6m, FS 0,5-6m
  - mittelgradige Schwerhörigkeit: US: 1-4m, FS: 0,5m
  - hochgradig: US: 0,25-1m, FS 0
  - an Taubheit grenzend: US: <0,25m
  - praktisch gehörlos: US 0 nicht gehört (a.c. ante concham)
  - bei hochtonbetonten SESH und SLSH vom Dämpfungstyp FS relativ schlechter
- Fehlerquellen
  - unterschiedliches Prüfmaterial, unterschiedliche Sprecher (Tonhöhe, Artikulation, Dialekt)
  - Störgeräusche

### 3.3.Tonschwellenaudiometrie TSA

- =Reintonaudiometrie
- -> Tonaudiogramm

- **Gerät**
  - Tonaudiometer, 5 Klassen
  - erzeugt Töne unterschiedlicher Frequenz und Pegel
  - geeicht mit Kunstohr / künstlichem Mastoid
  - Wandler
    - ▶ Kopfhörer (offen / geschlossen)
      - geschlossene Kopfhörer: bessere Abschirmung von Störschall, aber stärkere Übertragung auf Schädelknochen (-> Überhören)
      - mögliche Umgehung: Flachhörer + Schallschutzkappen
    - ▶ Knochenleitungshörer
      - heute sind kleine Knochenleitungshörer gängig, aber große wegen besserer Frequenz, Abstrahlung und weniger Oberwellen besser
    - ▶ Lautsprecher
    - ▶ Einsteckhörer
  - 0,125 – 8(10/12)kHz
  - unterschiedliche Pegel -10-120dB
  - Pegelvariation (nach Gerätetyp) 1,2 oder 5 dB
- **Durchführung:**
  - schallgedämmter Raum, sonst vor Allem schlechtere Ergebnisse im Tiefton-Bereich
  - angenehmer Hörsitz
  - überflüssige Bewegungen vermeiden
  - separat re. / li. getrennt, niedrigste Pegel bei erster leiser Wahrnehmung
  - zuerst LL über Kopfhörer, dann KL über Knochenleitungshörer
  - Beachten:
    - ▶ LL-Hörer genau vor Gehörgang, Haare beiseite.
    - ▶ KLH auf Mastoid, , keine Haare dazwischen, beste Stelle mit leicht überschwelligem Ton suchen, darf Ohrmuschel nicht berühren, Prüfohr bleibt bei KL-Prüfung offen!
  - mit Tönen zusammenfallende Reize ausschalten (Sichtblende, Vermeidung eigenen auffälligen Verhaltens (Anblicken, Bewegungen), Sitzposition des Pat.)
  - Einweisung: (mit Hörgerät!)
    - ▶ „Sie hören jetzt verschiedene sehr leise Töne. Sobald sie einen gerade hören, drücken Sie den Knopf / heben die Hand /...“
    - ▶ dann Hörgeräte / Brillen abnehmen, auch störenden Kopfschmuck
  - Beginn auf besserem Ohr (falls bekannt, bezogen auf KL-Schwelle) LL; dadurch entfällt zuerst Vertäubung, dann LL anderes Ohr, dann KL
  - Zuerst Übungsdurchgang: z.B. 1kHz 40dB, vereinbarte Bestätigung, dann
  - Beginn: 1kHz, -10dB, Steigerung mittlere Geschwindigkeit zur orientierenden, dann weiterer Versuch langsam zur genauen Bestimmung;  $0,5s < \text{Tondauer} < 3s$
  - Methoden (liefern gleiche Ergebnisse)
    - ▶ aufsteigende (aszendierende) Methode
      - 10dB unter Hörschwelle beginnend
      - +5dB bis zuerst gehört
      - -10dB
      - wiederholen, bis 3 Antworten mit gleichem Pegel
      - Ergebnis: geringster Pegel, bei dem in mehr als der Hälfte der Versuche gehört
    - ▶ Eingabelungsmethode:
      - Beginn 10dB unter Hörschwelle,
      - + 5dB bis gehört,
      - +5dB,
      - je -5dB bis nicht mehr gehört
      - -5dB
      - notieren: lautester nicht mehr gehörter Pegel
      - 3 ansteigende Durchgänge
      - Ergebnis: Mittelwert der gerade gehörten Pegel
  - dann 2, 4, 8 kHz, dann 6, 3, 1,5, 1, 0,5, 0.125, 0.25(, 0,75)kHz; Vorteil: Plausibilitätsprüfung durch benachbarte Werte
  - KL: 125Hz und 8kHz entfallen

	re	li	Verbindung
LL	○	x	———
KL	>	<	- - - -

- rechts rot, links blau
- F über Schwellensymbol: Föhlschwelle
- ↓ Pfeil von Schwellensymbol aus abwärts: Ton bis Schwellensymbol nicht gehört
- — horizontale kurze Linie in Prüfohrfarbe auf Gegenseite: Vertäubungswert Luftleitung
- **W** horizontale kurze Zickzacklinie in Prüfohrfarbe auf Gegenseite: Vertäubungswert Knochenleitung
- □ Unbehaglichkeitsschwelle, mit Pfeil nach unten: bis zu eingetragener Lautstärke keine Unbehaglichkeit
- Tinnitus eintrag ist nicht standardisiert; möglich: schwarzer Balken: tonaler Tinnitus, Zickzack: rauschender Tinnitus, T: Tinnitus

### ● Interpretation

- sensorineurale SH
  - ▶ Hörverlust KL, keine SL-Komponente
  - ▶ nur für Innenohr gültige Begriffe: basocochleär, mediocochleär, apicocochleär, pancocochleär
  - ▶ allgemeine Formulierung: Hochton-, Tiefton-(Baß-), Mittelton-(Muldentyp-) SH, frequenzunabhängige SH, „Kuppentyp“ (keine Vorwegnahme der Lokalisation in Cochlea)
- SLSH
  - ▶ KL normal
  - ▶ erst ab 20dB Differenz als Mittelohrschaden zu werten
  - ▶ schwächere Frequenzabhängigkeit
  - ▶ maximale SLSH (SL-Block): 50-60dB, da Hörer dann zu Knochenschall führt
  - ▶ höhere Werte (80 bis 90dB) mit Einsteckhörern erreichbar
- kombinierte SH
  - ▶ häufig Überlagerungen von Hochton-sensorineuralen SH und SL-Komponente in tiefen und mittleren Frequenzen
  - ▶ Vorsicht bei Interpretation der KL-Hörschwelle als Ausdruck von Störung nach dem ovalen Fenster
    - bei Stapesankylose 2kHz-Senke durch Ausfall der Gehörknöchelchenkomponente an KL
    - auch Störungen am runden Fenster (Sekret, SH-Schwellung) führen zu KL-Störungen

### ● Fehlerquellen

- räumlich
  - ▶ Störschall, v.a. bei KL, da Prüfohr frei
- apparativ
  - ▶ Eichung
  - ▶ Verschlechterung des Wirkungsgrades der Hörer durch unsachgemäße Behandlung
- personell
  - ▶ Untersucher muß Fehler erkennen
    - falscher Hörsitz, insbesondere falls KL << LL
    - falsche KLH-Position (bis 25dB Unterschied)
    - mangelhafte Instruktion (z.B. Hörangabe erst bei überschwelligem Ton)
    - überhören (Wahrnehmung am Gegenohr, meist bei KL) => Vertäubung
    - Vibrationswahrnehmung statt Hören
      - Föhlswellen (werden als F rechts unterhalb Meßpunkt im TSA eingetragen)
        - 125Hz 15dB (KL), 65dB (LL mit Flachmuffenhörer)

- 250Hz 30dB (KL), 80dB (LL mit Flachmuffenhörer)
- 500Hz 45dB (KL), 95dB (LL mit Flachmuffenhörer)
- Simulation, Aggravation, Dissimulation
- Tinnitus, Schwellenschwund, Nebengeräusche; Besserung durch gepulste Töne möglich (Pause <0,5s); auch bei Kindern wegen Aufmerksamkeit
- falsches Tempo (z.B. Reaktionszeit bei Alten / Kranken) -> Überfahren der Hörschwelle
- Kompression des Gehörgangs durch Kopfhörer
- Luftschallabstrahlung des KL-Hörers (Schallschutzstöpsel in hohen Frequenzen schaffen Abhilfe)
- Überprüfung
  - Audiometer mindestens 1x wöchentlich von Normalhörendem abgehört
  - jährliche Eichung durch Audiometerdienst

### 3.3.1.Überhören und Vertäuben:

- Überhören
  - [Def] Hören des Prüfreizes auf Gegenohr über die Knochenleitung
  - KL stets in beide Ohren
  - auch LL Überleitung in Gegenohr (durch vibrieren des Ohrkissens)
  - Überleitungsverluste (von Stelle der Anregung bis Innenohr Gegenseite)
    - ▶ Luftleitungshörer mit Flachgummikissen: 50dB
    - ▶ Einsteckhörer: 80-90dB
    - ▶ Knochenleitungshörer: 0-15dB
  - bei jedem TSA überlegen, ob Hörleistung des richtigen Ohres widergespiegelt, dabei berücksichtigen:
    - ▶ Überhören immer über KL
    - ▶ Höhe der Überleitungsverluste
    - ▶ unterhalb KL-Schwelle kann Ton nicht gehört werden
    - ▶ Überhören ist immer nur auf das bessere Innenohr möglich
- Vertäuben
  - Geräusch auf Gegenohr über LL
  - Bandbreite
    - ▶ nur die Energie im Bereich des Prüftones maßgeblich
    - ▶ in TSA meist schmalbandiges Rauschen, Mittenfrequenz entspricht Prüffrequenz
    - ▶ für Sprachaudiometrie breitbandige Geräusche
  - Pegel: übliche Audiometer sind in „dB wirksamer Vertäubung“ geeicht
  - notwendiger minimaler Geräuschpegel - Faktoren
    - ▶ berücksichtigen, daß Überhören über KL, Vertäubung dagegen über LL erfolgt
    - ▶ wichtig bei LL-Komponente: Okklusionseffekt: Aufsetzen des Hörers verbessert Knochenleitungshörschwelle v.a. im Tieftonbereich
    - ▶  $I_{\min}$ =Pegel des übergehörten Tones+SL-Komponente am Gegenohr+Okklusionseffekt
    - ▶ KL: 0dB, LL: 50dB
  - maximaler Geräuschpegel: Vertäubungsgeräusch darf Prüfohr nicht beeinträchtigen (Übervertäubung)

## Vertäubung praktisch

LL / KL unvertäubt messen, dann jede Frequenz prüfen:

KL-Vertäubung, wenn

$KL_{\text{Gegenohr}} \text{ gleich oder besser } KL_{\text{Prüfohr}}$

UND

$LL_{\text{Prüfohr}} - KL_{\text{Prüfohr}} > 10\text{dB}$

LL-Vertäubung, wenn

$LL_{\text{Prüfohr}} - KL_{\text{Gegenohr}} \geq 50\text{dB}$

Vertäubung über LL-Hörer mit Schmalbandrauschen

Beginn

KL-Vertäubung: 10dB über  $LL_{\text{Gegenohr}}$

LL-Vertäubung: 20dB über  $LL_{\text{Gegenohr}}$

wenn Hörschwelle abrutscht, um weitere 10 dB erhöhen, bis sie gleichbleibt

höchste Vertäubungslautstärke in Gegenohr mit Prüfohrfarbe eintragen

ab 50dB über  $KL_{\text{Prüfohr}}$  droht Übervertäubung

- Grenzen der Vertäubung
  - maximale SL-Komponente bds.
    - ▶ z.B. einseitiger SL-Block + Gehörlosigkeit Gegenseite
    - ▶ bei starker SL-Komponente Einsteckhörer verwenden (80-90dB Überleitungsverlust)
    - ▶ mögliche Information über Innenohr: ECochG / psychoakustische Methoden
    - ▶ psychoakustische Methoden:
      - Nullmethode: Wahrnehmung eines Tones über KL kann durch LL-Ton gleicher Frequenz, aber entsprechend anderer Amplitude und Phase ausgelöscht werden
      - Änderung der Lateralisation: überschwelliger Ton auf beide Ohren; Gegenohr konstant gehalten, Prüfohr geändert -> Pegel, bei dem sich Lateralisation verschiebt Hinweis auf Innenohrfunktion
      - über KL angebotenes Geräusch kann Hörschwelle für LL-Ton verändern; Ausmaß der Änderung hängt von Innenohrfunktion ab
  - Begrenzung seitens des Gerätes
    - ▶ bei ausgeprägten Hörschäden notwendiges Vertäubungsgeräusch außerhalb der Gerätebegrenzung
  - Hörsturz
    - ▶ bei Knochenleitungsmessung oft hohe Pegel nötig; Innenohrschäden des besseren Ohres möglich
  - Kinder
    - ▶ unter 6 Jahren schwierig, Vertäubungsgeräusch und Ton auseinanderzuhalten
    - ▶ Ergebnisse unter Vorbehalt
- Nachtrag Begriffe:
  - Vertäubung: über Gegenohr
  - Verdeckung: gleiches Ohr
  - Maskierung: für Alles

### 3.3.2. Audiogramauswertung

- Einteilung von Hörstörungen
  - Vorschlag zur Einteilung von Hörstörungen nach Hörverlust im Tonschwellenaudiogramm  
(nach R. Schönweiler und M. Ptok: Phoniatrie und Pädaudiologie)

Normalhörigkeit	Schwelle in allen Prüffrequenzen $\leq 15$ dB HL
Leichte Hörstörung	Schwelle in mindestens einer Frequenz $\geq 20$ dB HL
Geringgradige Schwerhörigkeit	Schwelle im Hauptsprachbereich (250 – 4000 Hz) 20-30 dB HL
Mittelgradige Schwerhörigkeit	Schwelle im Hauptsprachbereich 30-60 dB HL
Hochgradige Schwerhörigkeit	Schwelle im Hauptsprachbereich 60-80 dB HL
An Taubheit grenzende Schwerhörigkeit	Schwelle im Hauptsprachbereich 80-90 dB HL
Resthörigkeit	Schwelle $> 90$ dB HL

- andere, angelehnt an WHO, siehe Anhang, weitere sind gebräuchlich

- Kurventypen bei Schalleitungsschwerhörigkeit
  - Modell: an Spitze fixierter schwingender Degen: Masse (Knauf), Reibung (Luftreibung), Federkraft (Klinge)
  - Ohr:
    - ▶ Masse: Trf, Gehörknöchelchen, Innenohr
    - ▶ Reibung: Luft im Gehörgang, Innenohr
    - ▶ Federkraft: TRF, Mittelohrdruck, Gehörknöchelchenbänder
  - Versteifung
    - ▶ [Ä/P]
      - beginnende Otosklerose
      - narbige Versteifung der Aufhängebänder von Hammer und Amboß
      - Mittelohrdruckabfall durch Tubenverlegung
      - Federkraft nimmt zu
      - Schwingungsfähigkeit für tiefe / mittlere Töne vermindert
      - erhöhte Resonanzfrequenz (normal: ~2kHz)
    - ▶ [S]
      - KL normal
      - LL-Verlust in tiefen / mittleren Bereichen
      - ab 1-2kHz Anstieg
      - 8kHz LL-KL-Differenz 10-15dB
  - Dämpfung
    - ▶ [Ä/P]
      - Flüssigkeit / Schleim im Mittelohr oder an Trf / Gehörknöchelchen
      - Sero- / Mucotympanon
      - Verschuß des äußeren Gehörgangs
      - Masse und Reibung nehmen zu
      - Schwingungsfähigkeit für mittlere / hohe Töne vermindert
      - erniedrigte Resonanzfrequenz
    - ▶ [S]
      - KL normal
      - LL-Verlust in hohen Bereichen
      - 500Hz LL-KL-Differenz ~10dB
      - Abfall bis -30-40dB bei 2-3kHz, darüber gleichbleibend
  - Blockierung
    - ▶ [Ä/P]
      - fortgeschrittene Otosklerose ohne Innenohrbeteiligung: Stapesinmauerung
      - Masse, Reibung und Dämpfung nehmen zu
    - ▶ [S]
      - Abflachung der Hochtonbevorzugung des Versteifungstyps
      - schließlich in allen Frequenzbereichen gleiche KL-LL-Differenz
      - KL: Carhart-Senke (-mulde) mit max 15dB bei 2kHz erst bei aufgehobener Stapesbeweglichkeit; schalleitungsbedingt
      - LL-Verlust in allen Bereichen 40-50dB, im Bereich Carhart-Senke an KL-Kurve bis auf 10 dB Differenz angenähert
    - ▶ [Ä/P]
      - Kettenunterbrechung + Trf-Zerstörung
      - Impedanzanpassung entfällt
      - Schalleitung auf ovales Fenster
    - ▶ [S]
      - pantonal LL -40-50dB
    - ▶ [Ä/P]
      - Kettenunterbrechung, Trf intakt
      - Impedanzanpassung entfällt
      - Trf dämpft Übertragung auf ovales Fenster
    - ▶ [S]
      - pantonal 60dB (pathognomonisch für Luxation / Unterbrechung Amboß-Steigbügel)
  - Trf-Defekte

- ▶ [Ä/P]
  - kleine Defekte: Reibung erhöht, Fläche verkleinert
  - Druckwirkung auf Innenseite Trf
  - Federwirkung der Paukenhöhlenluft vermindert
  - evtl. zusätzlich narbige Fixationen (entzündliche Defektgenese)
  - Schall trifft entweder vorwiegend auf ovales oder auf beide Fenster (Paukenarchitektur, Trf-Reste) => unterschiedliche Perilymphbewegungen
- ▶ [S]
  - großer Defekt: LL-KL-Differenz in allen Frequenzen etwa gleich
  - durch Lokalisation des Defekts / narbige Versteifung unterschiedliche Ausmaße und Frequenzgänge
  - Totalverlust: Töne unterhalb 2kHz 25-35dB, oberhalb besser
  - bei narbig-sklerotischer Vermauerung des ovalen Fensters Schalleintritt über rundes Fenster => pantonale SLSH 40-50dB
- Kurventypen bei Schallempfindungsschwerhörigkeit
  - Hochtonschwerhörigkeit
    - ▶ [Ä/P]
      - häufigste [U]: chronische Lärmexposition
    - ▶ [S]
      - Hochtonsenke / -mulde, max. 4kHz / 3-6kHz
      - später zunehmende Abflachung -> Hochtonabfall
      - Senke spricht für Lärmgenese, Abfall ohne Senke schließt sie nicht aus
      - erschwerend: Ohrgeräusche
    - ▶ [Ä/P]
      - Knall, Explosion, stumpfe Schädeltraumen
    - ▶ [S]
      - je stärker mechanische Komponente, desto geringer Senke, desto weiter Abfall in Tieftonbereich
      - Labyrinthzerreiung -> Ausfall
    - ▶ [Ä/P]
      - Entzündungen, toxisch, genetisch, frühkindlich erworben
    - ▶ [S]
      - Hochtonabfall
      - Erwartung: je länger stationär, desto unwahrscheinlicher progredient
    - ▶ Hochtonsteilabfall: > 20 dB / Oktave
    - ▶ Schrägabfall: <= 20 dB / Oktave
  - Mitteltonschwerhörigkeit
    - ▶ [Ä/P]
      - hereditär
    - ▶ [S]
      - hohe / tiefe Frequenzen weniger betroffen
      - Prognose durch Familienanamnese
      - Hörverfall meist bei Übergang in Mitteltonmulde / Hochtondiagonalabfall
  - Tiefton- / pantonale SH
    - ▶ zusammen, weil Flachverlauf oft als Tiefton-SH beginnt
    - ▶ [Ä/P]
      - anfänglich bei Mb. Meniere
    - ▶ [S]
      - Tiefton-Tinnitus
      - Schwindel (kann wesentlich vor oder nach SH auftreten)
    - ▶ Schwierigkeiten
      - bei Prüfung mit großen Lautstärken Knochenleitung: im Tieftonbereich Oberwellen -> Wahrnehmung
      - KL>>LL: wahrscheinlich Fühlwert
      - Anhaltspunkt: gehörte KL Stirn 10 dB schlechter als Mastoid; Fühlwerte gleich
      - Hören kann von Ohrgeräusch beeinträchtigt sein
      - Tiefton-SH oft partiell rückbildungsfähig

- ▶ [Ä/P]
  - auch bei neuralen SH
- ▶ [S]
  - flacher Verlauf
  - Hörermüdung
  - bessere Ergebnisse mit gepulsten Tönen

● DESHALB (allgemein für TSA): Dauerton vorzuziehen, da sonst diagnostisches Kriterium (Adaptation und Hörermüdung) verloren geht

- kombinierte SH
  - [Ä/P]
    - ▶ SL+SE-SH, können verschiedene Frequenzbereiche betreffen
    - ▶ chron. Otitis -> toxischer Schaden
    - ▶ Otosklerose -> Beteiligung Labyrinthkapsel
  - [S]
    - ▶ KL zwischen LL und 0dB
    - ▶ KL  $\geq 20$ dB, LL  $\geq 20$ dB
    - ▶ Innenohrkomponente meist Hochton
  - beachten
    - ▶ KL-Komponente bei Otitis media muß nicht Innenohrkomponente sein (Beeinträchtigung des runden Fensters durch Erguß)
    - ▶ verschwindet nach Ergussbeseitigung
    - ▶ bei Otosklerose: Beteiligung Labyrinthkapsel + beginnende Stapesfixierung
      - -> immer Innenohr-SH + Versteifungstyp (Dämpfungstyp unmöglich)

### 3.3.3. Bekesy-Audiometrie

- Automatische Audiometrie
- nur Luftleitung
- mit einer Frequenz zum Nachweis des Hörschwellenabfalls bei Hörermüdung
- mit verschiedenen Frequenzen zur Erstellung des normalen Audiogramms
- mit Dauer- und Impulston
- Ablauf:
  - Beginn mit leisem Ton
  - automatische Lautstärkeerhöhung
  - wenn gehört, Taste drücken, bis nicht mehr gehört
    - ▶ Lautstärke wird während Tastendruck vermindert
  - Loslassen -> erneute Lautstärkeerhöhung
  - Wiederholung des Vorgangs
- Einstellmöglichkeiten:
  - Zeit pro Frequenz (Okt./min, 0,5)
  - Lautstärkeänderung (db/s, 2,5)
  - Vertäubung (manuell oder Wert)
  - Pause (200ms)
- Ergebnisse:
  - Audiogramm mit Dauer- und Pulston
  - bei Hörermüdung / pathologischer Adaptation: Hörschwellenabfall bei Dauerton
  - guter Simulantentest (Reproduzierbarkeit der Kurven), Verhältnis der Puls- und Dauerton-Kurve
    - ▶ normalerweise Pulstöne besser gehört, Simulanten geben sie schlechter an
- Probleme
  - ermüdend für Pat. und Untersucher
  - erfordert gute Auffassungsgabe des Pat.

### 3.4. Überschwellige Methoden

- Untersuchte Bereiche
  - Lautheitsfunktion
  - Intensitätsunterscheidungsvermögen
  - Frequenzunterscheidungsvermögen

- Frequenzauflösungsvermögen
- Adaptation und Ermüdung
- Verdeckung
- zeitliches Auflösungsvermögen
- binaurale Integration und Separation

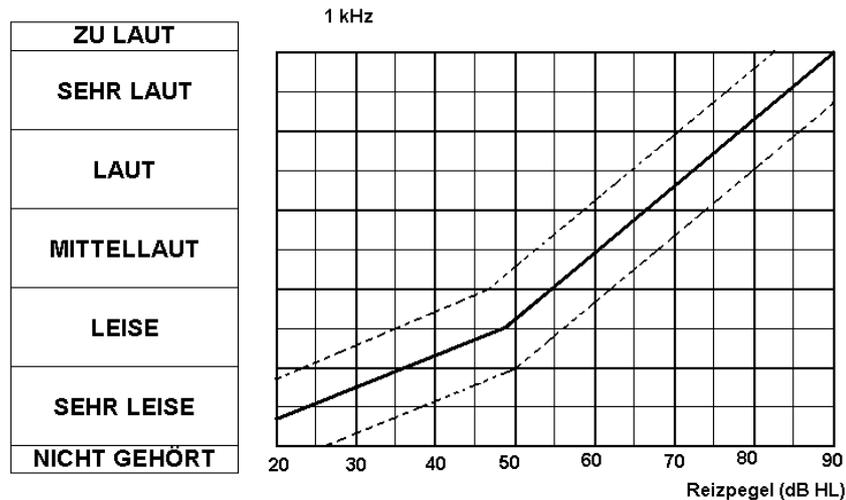
### 3.4.1. Lautheitsfunktion – Lautheitsausgleich (Recruitment)

- Bei Normalhörendem: Lautheit abhängig von Lautstärke / Schallpegel
- bei sensorineuralen Hörschäden eventuell völlig verändert
- normale Haarzellfunktion: Verstärkung bei niedrigen, Dämpfung bei hohen Intensitäten
- bei Innenohrschäden Recruitment: Einbeziehung größerer Areale äußerer Haarzellen in die Erregung (Verstärkerfunktion)
  - höhere Verstärkung bei geringen, verminderte Dämpfung bei hohen Lautstärken
  - Lautheitszunahme bei Pegelerhöhung stärker als bei Normalhörendem
  - schlechtere Frequenzauflösung
- bei retrocochleären Schäden nicht („negatives Recruitment“)
- Intensitätsbreitenmessung (Zangenmeister)
  - Veränderung der Lautheitsfunktion aus Dynamikbereich geschlossen
  - Hörschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle bestimmt
  - Unbehaglichkeit: Übergang von „noch angenehm laut“ zu „zu laut“ (normal: ca. 100dB // verschiedene Angaben: 80/90-110dB )
  - Besonders wichtig: Einweisung. Unbehaglichkeitsschwelle ist stark subjektiv getönt:
    - ▶ Einstellung zur Schwerhörigkeit
    - ▶ Einstellung zu Untersuchungen
    - ▶ Einstellung zu Gesundheitswesen und Personal
    - ▶ derzeitiges physisches und psychisches Befinden
  - Durchführung
    - ▶ Dauerton 0,5/1/2/4kHz
    - ▶ schnelles Aufregeln der Lautstärke (<0,5s/5dB)
    - ▶ nur 1x (2. Durchlauf ist kontraindiziertes Arbeiten)
      - Ausnahme: Patient hat offensichtlich Einweisung nicht verstanden, dann Einweisung noch gründlicher und wiederholen
  - Achtung! Niemals an oder über der Unbehaglichkeitsschwelle untersuchen!
    - ▶ (Schmerzschwelle ca. 120-130dB: Übergang von akustischer zu taktilem Empfindung in der Tiefe des Ohres, wird nicht bestimmt, bleibende Hörschäden möglich)
  - bei geringerem Abstand, auch in bestimmtem Frequenzbereich:
    - ▶ „eingeschränkter Dynamikbereich“
      - <80dB, <60dB ist Recruitment sicher
        - „Eine Einengung des Dynamikbereichs /wischen Hörschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle auf 60 dB und weniger muß als Recruitment-Äquivalent angesehen werden, wobei allerdings die Absolutwerte des Dynamikbereichs weniger signifikant sind als die unveränderte Lage der Unbehaglichkeitsschwelle im Normbereich um 90 dB HV. Eine geringe Verschiebung der Unbehaglichkeitsschwelle auf Werte von 100-110 dB bei Hörverlusten von mehr als 60 dB ist dabei ebenfalls als Recruitment-Äquivalent zu werten. Wenn Unbehaglichkeitswerte erst mit 120 dB und mehr angegeben werden, ist das Vorliegen eines Recruitments unwahrscheinlicher.“ (E. Lehnhardt, P. Plath (Hrsg.): Begutachtung der Schwerhörigkeit bei Lärmarbeitern. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1981)
  - bei Intensitätsbreite <60dB: Auslösbarkeit des Stapediusreflexes bei <60dB über der Hörschwelle = „Metz-Recruitment“
  - bei mittel- und hochgradiger Hörstörung keine Aussage möglich, da Unbehaglichkeitsschwelle außerhalb Meßbereich
  - erscheint leicht, geht aber nahe an die Grenze des Zumutbaren / Erträglichen
    - ▶ schwellennähere Tests zu bevorzugen
- binauraler Lautheitsvergleich (Fowler)

- nur bei einseitiger Innenohrschwerhörigkeit >20dB und gegenseitig Normalhörigkeit sinnvoll
- abwechselnd Töne zunehmender Lautstärke auf beide Ohren
  - ▶ überschwellig
  - ▶ Beginn: Prüftön 20dB über Hörschwelle gesundes Ohr
  - ▶ +10/20dB
  - ▶ Notieren des Pegels gleicher Lautheit am Gegenohr [Abb 4.11] bei entsprechender Lautstärke mit „o“ und „x“ für links/rechts
- ? kommt es bei lauterem Tönen zum Lautheitsausgleich?
- => Recruitmentnachweis
  - ▶ vollständig: gleiche Lautheit wird erreicht
  - ▶ Hyperrecruitment: Überschießen
  - ▶ negativ: kein Recruitment, Differenz bleibt
- monauraler Lautheitsvergleich (Kingsbury)
  - Wechseltonverfahren
  - auf geschädigtem Ohr in betroffener Frequenz (z.B. 4kHz) im Vergleich zu nichtbetroffener (z.B. 1kHz)
  - bei Lautheitsausgleich: Recruitment nachgewiesen
  - bei neuraler Schädigung: Lautheitsunterschied bleibt bestehen
  - eher für wissenschaftliche Fragen; in der Praxis meist zu unsichere Angaben des Pat.
- SISI (short increment sensitivity index)
  - Erkennung der Anzahl von Amplitudenmodulationen
    - ▶ 20x5s Dauerton, 0,2s Anhebung +1dB
  - Frequenz 1-6kHz, 40-80dB HL Knochenleitung (nach TSA)
    - ▶ keine Bereiche mit extremen Hörverlusten (Gefahr der pathologischen Adaptation o. Hörermüdung)
    - ▶ Pat. evtl. fragen, ob Dauerton noch gehört wird, vor Allem, wenn erst Pegelsprünge erkannt werden und dann nicht mehr)
  - 20dB über Hörschwelle
  - Anzeige per Taste oder Handzeichen
  - Einübung: 5-Sekunden-Abstände, Erhöhung 0,2s um 5, 3 und 2 dB bzw. 4 und 2dB, 2-4 Anhebungen, werden auch bei retrocochleärer Störung erkannt
  - dann Teststart mit 1dB Anhebung
    - ▶ Bei 0 oder 10 Wahrnehmungen der ersten 10 Anhebungen: Abbruch, Ergebnis = 0 / 100%
  - Bewertung: 0-20% retrocochleäre Störung, >80% cochleär, 50-80%: oft bei mangelnder Einweisung → Pat. neu einweisen und wiederholen
    - ▶ variierende Angaben in verschiedenen Büchern
    - ▶ umstrittene Aussagekraft bezüglich Rekrutment
- Lautheitsskalierung (kategorialen Lautheitsskalierung)
  - Rauschimpulse unterschiedlichen Pegels
    - ▶ für mehrere Rausch-Mittenfrequenzen → Hörflächenskalierung zur Anpassung und Kontrolle von Hörgeräten bzw. von CI-Sprachprozessoren
  - subjektiv empfundene Lautheit wird einer Skala zugeordnet
    - ▶ Begriffe: nicht gehört - sehr leise - leise - mittel - laut -sehr laut - zu laut oder
    - ▶ Zahlen: z. B. von 0 bis 50
  - Ergebnis:
    - ▶ Kurven in einem Normalfeld oder
    - ▶ steilere Kurven bei Lautheitsausgleich Rekrutment
  - Durchführung (4 Frequenzen einschließlich Patientenweisung ca. 15 min)
    - ▶ heute oft über automatische Programme umgesetzt
    - ▶ Patientenweisung: "Sie werden nacheinander kurze Rauschimpulse hören, deren Lautstärke jedesmal unterschiedlich ist. Nach jedem Rauschen zeigen Sie bitte auf der Vorlage an, wie laut Sie es empfunden haben. Dabei können Sie auch Zwischenwerte angeben."
    - ▶ Testmaterial. auf CD: terzbreites Schmalbandrauschen, Mittenfrequenzen 0,5, 1, 2 und 4 kHz (Audiometer-Schmalbandrauschen ist nicht frequenz-selektiv genug)

- ▶ 2 Sekunden über Kopfhörer seitentrennt oder im freien Schallfeld
- ▶ je mindestens 5 Pegel in zufälliger Reihenfolge
- ▶ möglichst gleichmäßig über den Dynamikbereich des Patienten verteilt
- ▶ Unbehaglichkeitsschwelle darf nicht überschritten werden
- ▶ untere Pegelgrenze: Tonschwelle
- ▶ Vertäubungsregeln beachten
- Auswertung
  - ▶ in Formular
  - ▶ Punkte mit Lineal verbinden, Lage aller Punkte berücksichtigen
  - ▶ Innenohrschwerhörigen: nach rechts aus dem Normalfeld verschoben, steiler
  - ▶ retrocochleäre Schwerhörigkeit: Nach rechts parallel verschoben
  - ▶ Schalleitungsstörung: Test nicht indiziert

## Lautheitsskalierung



- 
- Pegelunterschiedsschwelle (Lüscher-Test)
  - Vergleich zweier durch kurze Pause getrennter Töne
  - Bestimmung der Intensitätsunterschiedsschwelle
  - 500ms Ton / 200ms Pause
  - z.B. 30dB überschwellig
  - $\leq 1$  dB: cochleär
  - $> 1$  dB: retrocochleär, bis extreme Werte
- Frequenzunterschiedsschwelle (Tuningkurven)
  - Frequenzunterschiedsschwelle: kleinste vom Ohr unterscheidbare Tonhöhenschwankung
  - Frequenz / Tonhöhenempfindung analog Lautstärke / Lautheit
  - Messung „psychoakustischer Tuningkurven“
  - Erkennung eines Tones, wenn er von benachbarten Tönen verdeckt wird
  - überdeckender (Dauer-)Ton so lange gesteigert, bis zu erkennender (gepulster)verdeckt wird
  - Testfrequenzen: 500Hz, 4kHz
  - Pulstöne 10dB überschwellig
  - Pat: Angabe, wann gepulster Ton gerade unhörbar wird
  - Mindestabstand bei 500 Hz: 40Hz (460/540)
  - entspricht Abstand auf Basilarmembran
  - minimal 0,08mm, max. zum Apex 0,57, zu Fenstern 0,48
  - Ziel: Aufdeckung von Frequenzselektionsstörungen, die evtl sogar der Sprachaudiometrie entgehen (dort auch zentrale Leistungen einbezogen)
  - -> Aussage über Innenohrfunktion

### 3.4.2. Adaptation / pathologische Adaptation / Hörmüdung

- Adaptation: haarzellbedingt, Hörmüdung: hörnervenbedingt
- Adaptation: Anpassung des Gehörs an Schallereignisse
  - Nachlassen der Wahrnehmung bei Dauerreiz („Schwellenschwund“)
  - maximal während erster Minute des Schallreizes
  - Anstieg bis zur dritten Minute, dann konstant
  - linearer Zusammenhang zwischen Pegel und Adaptation
  - Rückbildung innerhalb 1 Min
- Hörmüdung: auch Schwellenschwund bei Dauerreiz
- pathologische Adaptation und Hörmüdung werden tw. verschieden verwendet und nicht klar getrennt
- Carhart-Test
  - Nachweis einer Adaptation bzw. Hörmüdung
  - monauraler Schwellenschwundtest
  - Testfrequenz
    - ▶ jede Frequenz möglich
    - ▶ vorzugsweise zwischen 1 kHz und 4 kHz
    - ▶ Hörsenken bevorzugen
  - Patientenweisung: „Sie hören rechts/links einen sehr leisen Ton. Bitte drücken Sie die Taste immer dann, wenn der Ton nicht mehr hörbar ist.“
  - Durchführung:
    - ▶ Einstellen der Prüflautstärke mit 5 dB SL
    - ▶ gleichzeitiger Einsatz der Stoppuhr
    - ▶ wenn der Patient angibt, Ton nicht mehr zu hören,
    - ▶ sofort Erhöhung der Prüflautstärke um 5 dB und neue Zeitmessung beginnen
    - ▶ Wiederholung solange wie notwendig
    - ▶ Testende:
      - wenn Ton für mindestens eine Minute hörbar bleibt oder
      - ein Schwellenschwund  $\geq 30$  dB ermittelt oder
      - die Leistungsgrenze des Audiometers erreicht wird
  - Dokumentation:
    - ▶ im Zeitdiagramm oder
    - ▶ im TSA innerhalb von 30 sec. durch geraden Strich und innerhalb von 60 sec. durch Zickzacklinie in der dazugehörenden Frequenz
  - Auswertung:
    - ▶ pathologische Adaptation: Schwellenschwundwerte zwischen 10 / 15 dB und 25 dB ; sprechen für einen Haarzellschaden; allmähliche Schwellenabwanderung
    - ▶ Hörmüdung: Schwellenschwundwerte  $\geq 30$  dB; sprechen für eine neurale Schwerhörigkeit; meist rasch ablaufende Schwellenabwanderung, der angebotene Ton kann subjektiv in ein Rauschen übergehen
- Békésy-Audiometrie
  - automatische Audiogrammschreibung, vom Patienten durchgeführt
  - Vergleich Hörschwelle gepulster / Dauerton
  - normal: etwa gleich
  - Innenohrstörung: geringe Separation
  - Neuralstörung: starke Separation
- Adaptogramm nach Feldmann
  - in der Praxis unüblich
  - Dauerton mit 80dB
  - in Minutenabstand Prüfung der Verdeckbarkeit durch Geräusch
  - zuerst 80dB
  - falls abnehmend (60, 50, 40dB...) -> Hinweis auf Ermüdbarkeit, beginnende Hörnervenstörung
- Reflex-Decay
  - Stapediuskontraktion läßt nach Reflexauslösung insbesondere bei hohen Frequenzen innerhalb von Sekunden nach

- Untersuchung 10dB über Stapediusreflexschwelle
- auch am gesunden Ohr nachweisbar: 10s 4kHz: nähert sich null, 20kHz 1/2, 1kHz 2/3
- pathologisch: 5s 1kHz um >1/2, 500Hz um >1/3; 2/4kHz wenig sinnvoll

### 3.4.3. Geräuschaudiometrie (Langenbeck) [Abb. 4.16, Folien]

- Tonschwellenbestimmung im definierten Störgeräusch
- nur für Hörverluste mit ausgeprägtem Frequenzgang (also wie Lärm-/Altersschwerhörigkeit)
- aus Rauschen wird Ton herausgehört, wenn beide monaural gleich laut sind = „Mithörschwelle“.
- Breit- oder Schmalbandrauschen
- Breitbandrauschen, müßte an physiologische Hörschwelle angepaßt werden – ist zu aufwendig => Arbeit zwischen 1 und 4kHz, wo relative und absolute Hörschwelle weitgehend übereinstimmen
- Gerät muß Rauschen und Ton auf gleiches Ohr geben können und für beide richtig kalibriert sein
- Geräuschtonschwelle verläuft dann beim Normalhörenden gestreckt horizontal in Höhe der Geräuschlautstärke
- im Schmalbandrauschen schlechter zu erkennen, weil Geräusch selbst tonal ist
- Lautstärke Rauschen: bei Hörschwelle 45-75 dB HL bei 1-4 kHz
- Tonschwelle in der Bezugsfrequenz nochmals kontrollieren
- erst schnelles Aufregeln, dann langsam Mithörschwelle bestimmen und mehrfach überprüfen
- ggf. Ton schon 5dB unter Geräuschpegel gehört, dann aber eher als Änderung der Klangfarbe oder zischender Beiklang des Geräuschs
- Geräusch möglichst häufig unterbrechen; Hörermüdung/Adaptation!
- Ergebnisse:
  - Normalhörende: Geräuschtonschwelle („Mithörschwelle“) horizontal in Höhe der Geräuschlautstärke
  - Mittelohrschwerhörige: Test nicht indiziert
  - Innenohrschwerhörige mit Hochtonabfall: Geräuschtonschwelle horizontal in Höhe der Geräuschlautstärke, mündet in Tonhörschwelle oder max. 5dB darunter
  - neurale Schwerhörigkeit: Mithörschwelle  $\geq 10$  dB unter Geräuschlautstärke, weicht von Tonhörschwelle  $\geq 10$  dB ab
  - flachverlaufende Tonschwelle: Geräuschaudiogramm nicht geeignet
  - Senken oder Tieftonschwerhörigkeit: Ergebnisse wie bei Hochtonabfall
  - bei großen Seitendifferenzen (im Bezugspunkt > 50 dB): Vertäubung (Problem: gerätetechnisch kaum umsetzbar → Fowler)
- Erklärung:
  - übriggebliebene Haarzellen (Innenohrschaden) reagieren sofort auf Ton, sobald er lauter als Geräusch wird
  - neurale Schwerhörigkeit: Haarzellen intakt, Ganglienzellen jedoch rarifiziert; übrige Nervenfasern sind bereits mit Signalleitung beschäftigt (Busy-line-Theorie); zur Zuschaltung benachbarter Nervenfasern sind deutlich höhere Lautstärken erforderlich
  - tatsächliche physiologische bzw. pathophysiologische Vorgänge sind wesentlich komplizierter
- Ergebnisse stimmen in mehr als 90% mit SISI-Test überein
- mit Breitbandgeräusch Ausweichen der Hörschwelle deutlicher
- Wiederholung bei mehreren Geräuschpegeln möglich, aber unnötig

### 3.5. Sprachaudiometrie

- Material:
  - CD / (Kassette): genormte Pegel
  - leicht verständliche Zahlen, schwerer verständliche Einsilber
- apparative Voraussetzungen
  - Sprachaudiometer mit CD-Spieler
  - Verstärker

- Pegelinsteller (5dB-Schritte)
- Pegelanzeige (Überprüfung der richtigen Anpassung)
- Kontrollkopfhörer mit separat einstellbarer Lautstärke
- KH, Einsteckhörer, KL-Hörer, Lautsprecher für freies Schallfeld (binaural)
- Indikationen
  - Verbesserung der Sprachverständlichkeit bei Hörgeräteversorgung
  - Beurteilung der Sprachverständlichkeit nach op. Eingriff
  - Begutachtung
  - Topodiagnostik
- Begriffe und Größen
  - Sprachschallpegel: größter Impulsschallpegel eines Wortes ohne Frequenzbewertung
  - Freifeldentzerrung: andere Bedingungen bei Lautsprechern im freien Schallfeld => Anpassung der Sprachübertragung durch Freifeldentzerrung
  - Kalibrierung: mit auf Tonträger aufgezeichnetem Eichsignal und Pegelmesser (Abweichung bei 70dB  $\leq$  2dB)
  - Bereich des Sprachschallpegels: Lp 0-90dB, KH 0-120dB
  - Frequenzbereich: 125-8000Hz
- Dem Patienten wird Sprache angeboten
- er wiederholt oder zeigt
- Untersucher erfaßt Übereinstimmungen
- Beurteilung durch Vergleich mit normalhörenden Erwachsenen mit Muttersprache des Prüfmaterials
- Zahlenverständlichkeit: Normalhörigkeit: 50% bei 18,5dB Lautstärkepegel (Sprachhörschwelle); Differenz des Patienten dazu = Hörverlust für Zahlen
- Begriffe zur Bewertung
  - Sprachhörschwelle: Pegel, bei dem zu 50% Sprache gehört wird
  - Sprachverständlichkeitsschwelle: 50% Verständnis der Testeinheiten (Items)
  - % Sprachverständlichkeit: Prozentsatz der bei bestimmtem Pegel richtig wiederholten Testwörter
  - % maximale Sprachverständlichkeit: höchster Verständlichkeitswert ohne Berücksichtigung des Pegels
  - Sprachverständlichkeitskurve, Diskriminationsfunktion: Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Sprachschallpegel
  - optimaler Sprachschallpegel: Pegel, bei dem max. Sprachverständlichkeit erreicht wird
  - Pegel angenehmer Lautheit für Sprache: heißt so

### **Freiburger Sprachverständlichkeitstest**

- 10 Gruppen zu 10 Zahlen: Zahlentest
- 20 Gruppen zu 20 Einsilbern: Einsilbertest (nach neueren Untersuchungen Gruppen nicht gleichwertig, müssen überarbeitet werden)
- Prüfung über KH, erst besseres, dann schlechteres Ohr
- Sprachverständlichkeitsschwelle = Zahlentest:
  - 50% der Zahlen verstanden: normal bei 18,5 dB
  - Durchführung
  - Grundlage TSA
    - ▶ Patientenanweisung: Sie hören jetzt rechts/links leise Zahlen, z. B. zweiundsiebzig. Wiederholen Sie bitte laut, was Sie verstanden haben. Sie dürfen auch raten.
    - ▶ Ermittlung der Anfangslautstärke aus den Angaben des TSA
      - HV500Hz + HV1000Hz/2 + 20 dB
    - ▶ wurden die ersten drei angebotenen Zahlen komplett gehört/ nicht gehört, kann der Test unterbrochen werden und der Pegel um 5 dB herunter- bzw. heraufgeregelt werden
    - ▶ mit neuem Lautstärkepegel Prüfung einer kompletten Zahlenreihe (10 Zahlen) bei gleichzeitiger Dokumentation der Fehler
    - ▶ Wertigkeit: 1 Zahl = 10%
    - ▶ ermittelten Wert in das Sprachaudiogramm übernehmen und zweiten Messpunkt mit verringerter/erhöhter Lautstärke (5 dB) ermitteln (Ergebnis unter 50%: Wdh. mit +5dB; über 50% -5dB); außer Ergebnis = 50%

- ▶ Meßpunkte verbinden, Hörverlust für Zahlen (= a1-Wert) entspricht Abstand zur Normkurve bei 50% Zahlenverständlichkeit in dB
- ▶ im Sprachaudiogrammformular Ermittlung des 100% bzw. 0% Zahlenverständnisses durch parallele Verschiebung der Normkurve unter zu Hilfenahme der selbst ermittelten Werte
- ▶ Begriff: Hörverlust der Sprache = die Lautstärkeerhöhung (Differenz zur Normkurve) die notwendig ist, damit ein Schwerhöriger ebenfalls 50% der Zahlen versteht. Wird immer in dB angegeben.
- alternativ:
  - ▶ zuerst überschwellig mit angenehmer Lautstärke angeboten
  - ▶ dann in 5dB-Schritten abwärts bis Verständlichkeitsschwierigkeiten auftreten
  - ▶ dann volle 10erGruppe
- Einsilbertest / Wörkertest
  - normal: 100% Verständlichkeit (=Diskrimination) bei 50dB
  - Patientenweisung: Sie hören jetzt rechts/links kurze Wörter, z. B. Ring oder Stock. Wiederholen Sie bitte laut, was Sie verstanden haben. Sie dürfen auch raten. Wenn es Ihnen zu laut wird, geben Sie bitte Bescheid!
  - Durchführung Variante I
    - ▶ komplettes Sprachaudiogramm:
      - Ermittlung der Anfangslautstärke: Pegel, wo 100% Zahlen verstanden werden
      - Prüfung einer kompletten Einsilbergruppe/ 20 einsilbiger Wörter bei gleichzeitiger Dokumentation der Fehler
      - Wertigkeit: 1 Wort = 5%
      - ermittelten Wert in das Sprachaudiogramm übernehmen und danach Pegel in 15 dB – Schritten erhöhen bis die maximale Einsilberverständlichkeit – im Idealfall 100% oder Regressionspunkt erreicht ist. Dabei ist die Unbehaglichkeitsschwelle zu beachten!
    - ▶ Durchführung Variante II bei Gutachten:
      - Ermittlung der Einsilberverständlichkeit bei definierten Lautstärken 60dB; 80dB; 100dB
    - ▶ Durchführung Variante III bei Hörgeräteanpassung:
      - Ermittlung der Einsilberverständlichkeit bei definierten Lautstärken 65dB; 80dB; 95dB und 110 dB unter Beachtung der Unbehaglichkeitsschwelle
  - falsch, wenn auch nur 1 Laut falsch war (Bach ist nicht Dach)
  - Diskrimination: maximale Verständlichkeit in %
  - Diskriminationsverlust: Anteil (%) der nicht verstandenen Worte am Punkt der maximalen Verständlichkeit
- Prüfung mit KL-Hörer
  - wegen schlechterer Frequenzcharakteristik nur Zahlen geprüft
- Prüfung mit Lp (freies Schallfeld)
  - wie KH, aber binaural
  - richtiger Lp-Abstand wichtig (>1m, >1m Platz zwischen Patient und dahinterliegender Wand)
- Vertäubung
  - Orientierung am TSA
  - physiologische Grundlagen
    - ▶ Sprache ist breitbandig => Vertäubung mit Breitbandrauschen
    - ▶ Hauptenergie der Sprache liegt zwischen 500 und 1000Hz
    - ▶ Differenz LL-Pegel Prüfohr zu KL Gegenohr  $\geq$  50dB im Bereich 500-1000Hz:
      - zunächst Überhören, aber kein Verständnis
      - 50% Zahlenverständnis ist bei 70dB zu erwarten
      - 50% Wörterverständnis frühestens bei 80dB
  - Vertäubung (für Kopfhörer)
    - ▶ ab Differenz LL-Pegel Prüfohr zu KL Gegenohr = 50dB im Bereich 250-4000Hz
    - ▶ Breitbandrauschen 20 dB über Überhörpegel (HL) + LL GO
    - ▶ Bsp.:
      - PO re., TSA KL li. (250Hz-4kHz) 20-40 dB, LL li. 30-50dB

- => Vertäubung ab 70dB (50dB Überhördämpfung+20dB KL GO) mit 70dB (20dB + 50 dB LL GO)
- jeweilige Vertäubungserhöhung mit Sprachlautstärkeerhöhung
- Dokumentation
  - Sprachaudiogramm
  - Vordrucke mit Normwertkurven [Abb]
- Ergebnisse
  - SLSH
    - ▶ Kurven zu Normkurven parallel verschoben
    - ▶ mit normalem Abstand
    - ▶ 100% Wörterverständlichkeit erreicht
  - sensorineurale SH
    - ▶ Zahlen über Vokale erkannt
      - Hauptenergie ca. 1000Hz
      - => Sitz der Hörstörung nicht entscheidend, sondern Ausmaß der Störung bei 500-1000Hz
      - bei Hörverlust vorwiegend in hohen Frequenzen: Hörverlust für Sprache stimmt mit Hörverlust bei 500Hz überein
      - stets 100% Verständlichkeit erreicht (außer an Gehörlosigkeit grenzende SH / nichtorganische SH)
    - ▶ Diskrimination (Einsilber) abhängig von Hochtonhörverlust (Konsonanten)
      - 100% erreicht; Diskriminationskurve meist flacher als bei Normalhörigen
      - 100% nicht erreicht, Diskrimination bleibt ab best. Pegel konstant
      - 100% nicht erreicht, Abnahme nach Pegel höchster Verständlichkeit (Regressionspunkt, z.B. max. Diskrimination 70% bei 90dB = 30% Diskriminationsverlust; Regression v.a. bei retrocochleärer, seltener bei cochleärer Störung)
  - Zusammenhang SA-TSA
    - ▶ abhängig von Art (SL / SE), Ausmaß und audiometrischem Schwellenverlauf

### 3.6. Nichtorganische Hörstörungen

- Simulation, Aggravation, Dissimulation und psychogene Hörstörung
- neutraler Ausdruck eines „audiologischen Antwortmangelsyndroms“ ohne Unterstellung übler Absicht: Pseudohypakusis
- bei Erwachsenen und Kindern
- Simulant / Aggravant / Dissimulant: betrügt Arzt
- psychogen Hörgestörter: täuscht sich selbst
- Simulation / Aggravation
  - Simulation: bewußtes Vortäuschen eines Hörschadens
  - Aggravation: Angabe eines größeren als des vorhandenen Hörschadens
  - dienen der Erlangung eines materiellen Vorteils: Schmerzensgeld, Berufskrankheit ...
  - demonstratives Verhalten des Patienten
    - ▶ Lauschen, Stirnrunzeln, ggf. Zuwenden des „besseren“ Ohres, auffälliges Lippenlesen
    - ▶ befolgt selbst einfache Aufforderungen nicht oder bewusst falsch
    - ▶ lässt sich durch beiläufige Bemerkungen wie „Ihre Krawatte sitzt schief“ überrumpeln
    - ▶ langwierige Hörprüfung sei ihm lästig, wiederholte Hörerabnahme („drücken“ u.a.); das tun Schwerhörige / psychogen Hörgestörte nicht
- Dissimulation
  - Verbergen oder Verringern einer Hörstörung
- psychogene Hörstörungen
  - nichtorganischer Hörschaden, Patient unterliegt selbst der Täuschung
  - typische Patienten
    - ▶ auffallend kooperativ
    - ▶ plötzlicher, mitunter zunehmender Hörverlust ohne organische Ursache
    - ▶ Diskrepanz: gutes Verstehen im Gespräch <-> Befund von TSA / Sprachaudiogramm
    - ▶ unsichere Angaben, verzögerte Antworten
    - ▶ frequenzunabhängiger Hörverlust ohne SL-Komponente

- ▶ abnorme Hörverbesserung nach vorgetäuschten operativen Eingriffen / medikamentösen Behandlungen
- ▶ Hinweise auf psychogenes Geschehen

### 3.6.1. Tests

- bei Verdacht: immer Eindruck des Glaubens vermitteln
- Auswertung und Vergleich der Hörprüfungen
  - Vergleich der TSA mit subjektivem Eindruck des Sprachverständnisses, auch bei abgewandtem Gesicht testen!
    - ▶ Dissimulation: TSA besser als Sprachverständnis
    - ▶ Simulation / Aggravation: TSA schlechter
    - ▶ psychogene Hörstörung: Sprachverständnis meist normal, TSA schlecht
  - Diskrepanzen TSA / Sprachaudiogramm
    - ▶ a1-Wert weicht von Erwartung ab
    - ▶ TSA-Art/Typ stimmt nicht mit SpA-Kurven überein
  - Diskrepanzen der Hörweiten für Flüster- / Umgangssprache
  - Vergleich Stapediusreflexschwelle <-> TSA
    - ▶ Stapediusreflexschwelle bei 85-90dB
    - ▶ für Töne: bei Innenohrschwerhörigkeit unabhängig vom Hörverlust, steigt erst ab etwa 50dB HL an
    - ▶ für Breitbandrauschen: steigt mit zunehmendem Hörverlust an und bleibt ab 60-70dB annähernd konstant
  - Sprachaudiogramm
    - ▶ Simulation / Aggravation: ab bestimmten Pegel wir Alles nachgesprochen, bei etwas geringeren Pegeln Nichts
    - ▶ Differenz 50% Zahlenverständnis - 100% Einsilber < 20dB: Verdacht !geändert
  - Hörweitenprüfung
    - ▶ ab bestimmter Entfernung kein Zahlenverständnis, aber Befolgen von Aufforderungen (auch Intention)
  - TSA
    - ▶ Streuung wiederholter Messungen >15dB
    - ▶ => Messung wiederholen, Frequenz willkürlich, Pegeländerung mit variabler Geschwindigkeit, Unterbrechungstaste
    - ▶ weiterer Hinweis: keine Überhörkurven; max. KL-Verlust: 20dB => schlechteres Ohr max. 20dB unter KL Gegenseite
  - 30dB-Breitbandrauschen etwa gleiche Lautheit wie 55dB Ton => bei Aggravation / Simulation wird 25dB bessere Schwelle angegeben (bei Hörverlust gleiche Ton- / Geräuschschwelle)
  - Bekesy-Audiogramm
    - ▶ Schwerhöriger: Dauerton- gleich oder schlechter als Impulstonkurve
    - ▶ Simulant: Impulston geringere Lautheit => schlechter als Dauerton angegeben

### 3.6.2. Stenger-Test

- Nachweis der Simulation einer einseitigen Hörstörung
- Pulston besseres Ohr 5-10dB überschwellig
- Pegelsteigerung „schlechteres“ Ohr
- Ergebnis:
  - ununterbrochenes Hören: tatsächliche Hörstörung
  - Simulation / Aggravation: ab bestimmtem Pegel Angabe, nichts zu hören
- gibt Proband ununterbrochenes Hören an, kann es ein Simulant sein, der den Test kennt
  - mit Unterbrechertaste auf besserem Ohr testen
  - Hörgestörter bemerkt Unterbrechung, Simulant nicht

### 3.6.3. Simulationsproben bei beidseitiger hochgradiger SH / Gehörlosigkeit

- Keine Schwellenabschätzung, nur Ausschluß hochgradiger SH
- Lombard-Test
  - beruht auf Regelkreis des Sprechverhaltens: je Störgeräusch, desto lauter

- lautes Lesen, über KH Geräusch mit zunehmendem Pegel
- bei hochgradiger SH: Leselautstärke konstant
- normal / geringgradige SH: ab 70-80dB deutlich lauter
- Lee-Test:
  - Sprechen wird durch verzögerte Wiedergabe der eigenen Sprache gestört
  - Lautes Lesen + Aufnahme + verzögerte Wiedergabe über KH
  - wenn Proband hört: Stottern, max. bei 0,1-0,2s Verzögerung
  - nicht immer aussagefähig, da sich auch manche Normalhörende nicht beeindrucken lassen

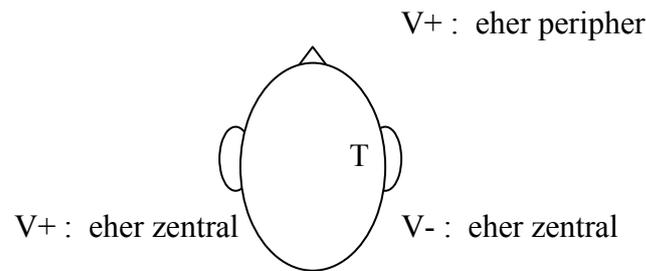
### 3.6.4. Objektive Verfahren

- Impedanz
- AEP
- OAE

### 3.7. Tinnitusanalyse

- Klangcharakter, Frequenzbestimmung, Lautstärke, Verdeckbarkeit
- [I]: Tinnitus-Masker-Anpassung, Begutachtung, therapiebegleitende Verlaufskontrolle
- fast alle Menschen zumindest vorübergehend Tinnitus
- Epidemiologie siehe AUPH
- bei 1% wesentliche Beeinträchtigung der Lebensqualität
- manchmal Ohrgeräusche von Tubenöffnung /
- <5min nicht pathologisch
- >5min „prolongierter spontaner Tinnitus“
- Einteilung nach Entstehungsmechanismus
  - objektiv
    - ▶ körpereigene physikalische Schallquelle in Ohrnähe
    - ▶ z.B. Gefäß, Muskel
  - subjektiv
    - ▶ fehlerhafte Informationsbildung im auditorischen System
    - ▶ keine physikalischen akustischen Reize
- Einteilung nach Entstehungsort
  - äußeres Ohr, Mittelohr, Innenohr, Hörnerv, zentrales auditorisches System
- Einteilung nach Zeitverlauf (siehe AUPH)
  - <3mon: akut
  - 4.-12.mon: subakut
  - >12mon: chronisch (andere Quelle: >6mon)
- Einteilung nach sekundärer Symptomatik
  - kompensiert
    - ▶ Patient nimmt Ohrgeräusch wahr, kann aber damit umgehen
  - dekomponiert
    - ▶ alle Lebensbereiche beeinträchtigt
    - ▶ Sekundärsymptome: Angstzustände, Depression, Schlaf- und Konzentrationsstörungen
    - ▶ hoher Leidensdruck ... Suizid
- Audiometrische Messung bei Tinnitus
  - subjektive Skalierung
    - ▶ subjektive Beurteilung der Lautheit
    - ▶ Skale 0-10 oder
    - ▶ nicht gehört – extrem leise – mäßig laut – laut – sehr laut
  - subjektiver Vergleich mit akustischem Reiz (Tinnitus-Matching)
    - ▶ monaural ipsi- und kontralateral Töne, Schmalbandgeräusche, Breitbandgeräusche
    - ▶ Suche des Geräusches, das Charakter und Lautheit des Tinnitus am Ehesten entspricht
    - ▶ schlecht reproduzierbar: echte zeitliche Änderung des Tinnitus?
  - Maskierung
    - ▶ monaural ipsi- und kontralateral Töne, Schmalbandgeräusche, Breitbandgeräusche
    - ▶ Pegel bestimmen, bei dem der Pat. seinen Tinnitus nicht mehr hört

▶ Aufzeichnung für Töne und Schmalbandgeräusche: „Verdeckungskurve“



- ▶ Beurteilung: an der Hörschwelle verdeckbarer eher peripher; nichtverdeckbarer oder einseitiger, über das Gegenohr verdeckbarer wahrscheinlicher zentral
- Kompressions- und Dekompressionsversuche mit Politzer-Ballon
  - ▶ Durchführung: Olive abschließend in Gehörgang; anhaltende Kompression / Dekompression
  - ▶ Beurteilung: Bei tief- / mittelfrequentem Tinnitus (Rauschen, z.B. Mb. Meniere) -> meist Sistieren, nach 30-60sec. Wiederauftreten -> Mittelohr, Cochlea
- Lidocain-Test
  - ▶ Stationär! kardiologische Kontrolle!
  - ▶ Test auf neuronalen Tinnitus
  - ▶ 2-5mg/kg Lidocain i.v. langsam über 10min, placebo-kontrolliert
  - ▶ 35%: deutliche Besserung, nach Injektionsende wieder Urzustand
  - ▶ nicht immer mit geringer Verdeckbarkeits- / Maskierungslautstärke korrelierend
- insgesamt: keine Aussagen über Belästigung durch Tinnitus; Erhebung mittels Fragebogen

### 3.8.audiometrische Prüfung der zentralen Verarbeitung

- Integration, Fusion und Diskrimination

#### 3.8.1.Richtungshörtest / Integrationstest

- Unterscheidung von Intensitäts-, Laufzeit- und Klangfarbenunterschieden
- Integrationstest mit Geräuschen
  - im freien Schallfeld mit unterbrochenen Reintönen oder weißem Rauschen (horizontal / vertikal im Halbkreis angeordnete Lautsprecher)
  - Patient zeigt auf Lautsprecher, aus dem das Signal kommt
  - nur Beurteilung der Laufzeitunterscheidung: über Kopfhörer Signale mit Laufzeitunterschieden, Pat. beurteilt Richtung
  - Ergebnis:
    - ▶ normal: mittig, wenn Laufzeitdifferenz  $< 0,05\text{ms}$  = „Mitteneindrucksband“
    - ▶ pathologisch
      - Mitteneindruck bei größeren Laufzeitunterschieden = Mitteneindrucksband verbreitert
      - kein Mitteneindruck bei gleichzeitigem Schall
  - Bewertung: Richtungshören gestört bei: dysplastischer / fehlender Ohrmuschel, einseitiger Hörstörung, retrocochleären / zentralen Störungen einer Hörbahn (hier kann peripheres Gehör normal sein), insbesondere Schläfenlappen und Stammhirn
- Integrationstest mit Sprache
  - Aufspaltung der Frequenzbänder (Binauraler Summationstest)
    - ▶ Sprachmaterial werden Bänder 500-800 // 1500-2400Hz entnommen
    - ▶ 1. Durchlauf: getrennt auf beide Ohren
    - ▶ 2. zusammen auf beide Ohren
    - ▶ 3. wie 1.
    - ▶ normal: wenig Fehler, von 1.- 3. abnehmend
    - ▶ Stammhirnläsion: viele Fehler, 2. weniger
  - binaurale alternierende Sprache
    - ▶ Sätze
    - ▶ 1. Wechsel der Ohren 14/s -> 4/s

- ▶ 2. mit Wechselfrequenz nur einem Ohr angeboten
- ▶ normal: 100% Satzverstehen
- ▶ pathol.: Fehler bei Stammhirnläsion

### 3.8.2. Feldmann-Test - Dichotischer Diskriminationstest

- -> zentrale Störungen / auditive Hemisphärendominanz
- Durchführung:
  - 1. nur 1 Ohr: Pegel mit 100% Verständlichkeit suchen
  - 2. gleichzeitig verschiedene dreisilbige Wörter bds.
- Patient wiederholt
- Notieren der richtigen für jedes Ohr getrennt
- eine Seite <50%: +10dB, 50-85dB: +5dB
- 10 Wörterpaare je Gruppe
- richtiges Wort: 10%, Teil des Wortes 5%
- Beurteilung:
  - Normalhörende <65a: 100% bds., ab 90% normal gewertet
  - Pathologisch:
    - ▶ Diskriminationsverluste bds. ohne Seitendifferenz
      - (Hirnstamm)
    - ▶ seitenbetont bei Normalbefund einer Seite
      - (Temporallappenprozeß)

## 4. Objektive Audiometrie

- Erfordern keine Mitwirkung des Patienten
- besonders für Kinder, komatöse und aus anderen Gründen unkooperative Patienten geeignet
- auch im Rahmen der audiologischen Diagnostik

### 4.1. Impedanzmessungen

- Messung von Amplitude und Phase des vom Trommelfell reflektierten Schalls -> Errechnung der Impedanz (= akustischer Widerstand) bzw. Compliance / Admittanz
- zu den Größen siehe 2.1 und AUPH 1.1.1.
- Impedanz  $Z = p/v$  Schalldruck / Schallschnelle ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1} = \text{akust. Ohm}$ )
- Compliance: Durch Steifigkeit des Systems bedingter Imaginärteil der Suszeptanz (ml, weil proportional einem starr umschlossenen Luftvolumen)

#### 4.1.1. Tympanometrie

- praktisch alle Geräte messen nicht Impedanz, sondern Admittanz
- Gehörgang luftdicht abgeschlossen
- Ton mit konstantem Pegel im Gehörgang erzeugt (226 Hz; Hochton-Tympanometrie 1kHz insbesondere für kleine Kinder, für kleine Gehörgangsvolumina besser geeignet)
- Messung des reflektierten Schalls über Gehörgangsmikrofon
- gemessen wird der erforderliche Strom, um den Pegel konstantzuhalten
- Messung des Trommelfellwiderstandes bzw. der Trommelfellbeweglichkeit zwischen +300 und -300mm WS
- Widerstand ist am Geringsten (und damit Beweglichkeit am Höchsten), wenn Gehörgangsdruck=Mittelohrdruck und bei durch Über- oder Unterdruck gespanntem Trommelfell am Höchsten
- Compliance der Messung setzt sich zusammen aus Compliance Sonde – Trf. (C1) und Trf. / Mittelohr (C2)
- herausgerechnet durch Messung mit -300mmWs => starres Trf, (fast) nur C1; max. Compliance = C1+C2; -C1 ergibt C2
- Raumanforderungen: nahezu beliebig
- Mitarbeit des Patienten: unnötig, müssen aber stillhalten; Problem bei kleinen Kindern
- vor Messung: Otoskopie, Cerumen entfernen (Cerumen / Wassertropfen machen Ergebnis uninterpretierbar)
- Patienteninfo: Druck, Ton, Mund schließen, nicht schlucken / sprechen

- zum Einführen: Begradigung des Gehörgangs durch Ziehen des Ohres nach hinten oben; Sitz der Sonde ist entscheidend!
- Reinigung der Stöpsel nach jeder Messung
- Beurteilung: typische Tympanogramme und Ursachen:
  - Typ A: normale Tubenfunktion, lufthaltige Pauke, normaler Mittelohrdruck, Spitze: 0 +/- 50mm WS
  - Typ B: stark bis sehr stark eingeschränkte Beweglichkeit, kein Gipfel
    - ▶ Erguß
    - ▶ Adhäsion
    - ▶ Perforation: großes Luftvolumen, daher Kurve bei Maximalwerten
  - Typ C1 >-100mmWS; C2 <-100mmWS: Verschiebung der Spitze in den Unterdruckbereich, flacher, Trf. noch beweglich
    - ▶ Tubenverschluß
    - ▶ Ergüsse (Otitis media)
    - ▶ Adhäsionen
  - abnorm erhöht oder Doppelgipfel um +/-0
    - ▶ schlaffes Trf (zarte Narben)
    - ▶ Gehörknöchelchenunterbrechung
  - erniedrigter Gipfel um +/-0
    - ▶ knöcherne und andere Fixierungen der Gehörknöchelchen
    - ▶ NICHT bei Otosklerose (laut anderen Lehrbüchern doch)
    - ▶ Tumoren
    - ▶ Adhäsivprozesse
    - ▶ Problem: Compliance ist äußerst variabel (verschiedene Angaben: 0,2/0,5-1,5/2,0ml !!!); nur im Seitenvergleich bei normalem Gegenohr und / oder extremen Werten aussagefähig
  - Gipfel im Überdruckbereich:
    - ▶ selten, evtl. bei beginnender Otitis media

#### 4.1.2. Stapediusreflex

- Kontraktion M. Stapedius / tensor tympani: Compliance ↓
- hervorgerufen durch akust. / elektr. / taktile Reize
- verändert durch Störungen im Mittel- und Innenohr sowie bei Läsionen N. V, VII, VIII
- acousticofacialer Reflex: [Abb.]
  - Afferenz: Mittelohr, Innenohr, Hörnerv, zentrale Hörbahn bis Olivenkomplex / Lemniscus lateralis
  - Efferenz: Verbindung zwischen Kernen der Hörbahn, N. Facialis
  - insgesamt 18-20cm, 8-10ms
  - normalerweise geschlossene Schleife mit zwei ipsi- und zwei kontralateralen Wegen
- vorher immer Tymp; Messung erfolgt bei Compliancegipfeldruck (Einstellung erfolgt automatisch oder manuell)
- ipsilateral: dauernd Compliance-Meßton und Reizton auf gleiches Ohr
- kontralateral: Meßton auf Gegenohr
- Reaktion: Verminderung der Compliance
- Messung bei 500, 1000, 2000, 4000Hz
- Bewertung:
  - Tymp ist mit zu bewerten
  - Reflexschwelle (niedrigster Pegel des Reizes, mit dem Reflex auszulösen ist): abhängig von Reiz und Meßsystem
  - Angabe in dB HL oder bezogen auf individuelle Hörschwelle
  - Normal:
    - ▶ Schwelle für Töne bis 95dB (ab 80dB/85dB/90-115dB, verschiedene Lehrbuch- und Publikationsangaben,
    - ▶ für Breitbandrauschen bei 75dB
  - Merkmale:
    - ▶ Amplitude: nimmt normal mit Reizintensität zu
    - ▶ Latenzzeit: schwellennah: 150ms, stark überschwellig: 20-30ms

- Adaptation: Zeit, in der Complianceänderung auf Hälfte des Ausgangswertes zurückgegangen ist, durch Afferenz bedingt (über 100s bei 500Hz, 0,5s bei 8kHz)
- Artefakte (v.a. Sondenwackler) sind daran erkennbar, daß sie nicht mit Latenzzeit auftreten; müssen in der Auswertung unbedingt von echten Reflexen differenziert werden
- Fehlen bei:
  - ▶ Paukenerguß
  - ▶ Gehörknöchelchendefekt
  - ▶ Otosklerose
  - ▶ retrocochleärer SH
  - ▶ Facialisparesie
- manchmal auch invers bei pathologischen Veränderungen
- Schwellenerhöhung / Ermüdbarkeit: retrocochleäre Schäden
- Stapediusreflexschwelle für Töne bleibt bei cochleären Störungen bis etwa 50 dB HL durch Recruitment bestehen (Auslösung weiter bei 85 dB) und steigt dann an
- Differenz Hörschwelle – Stapediusreflexschwelle  $\leq 60$ dB: cochleäre SH (positives Metz-Recruitment)
- Stapediusreflexschwelle für Breitbandrauschen steigt bei cochleären Störungen bis etwa 50 dB HL kontinuierlich an
- sinnlos bei Trf-Perforation oder Tymp. ohne wesentliche Complianceänderung zwischen -300 und +200mmWs, da dann auch durch Mittelohrmuskel keine Complianceänderung

#### 4.2. Elektrische Reaktionsaudiometrie (ERA=Evoked response audiometry)

- akustische Stimulation -> Synchronisation der Hörbahn -> Ableitung über Kopfhaut- und andere Elektroden
- -> Topodiagnostik

##### 4.2.1. Anatomie und Physiologie der Hörbahnen und der zentralen Verarbeitung

- Anatomie
  - komplex verschaltet
  - mehrfach kreuzend
  - tw. vertikal parallel
  - Verlauf der afferenten Hörbahn
    - ▶ Neuriten Spiralganglion
    - ▶ cochleärer Kernkomplex des Hirnstammes: ventraler / dorsaler Nc. Cochlearis, oberer Olivenkern
    - ▶ Lemniscus lateralis / Ncc. Lemnisci laterales (Schleifenbahn + Kerne)
    - ▶ Colliculus inferior (Vierhügelplatte)
    - ▶ Corpus geniculatum mediale (medialer Kniehöcker, im Thalamus)
    - ▶ Radiatio acustica
    - ▶ primäre Hörfelder / sekundäre Hörfelder (Heschlsche Querwindung, Gyrus temporalis superior)
  - efferente Hörbahn (für ERA unbedeutend)
    - ▶ Cerebellum
    - ▶ Pons
    - ▶ Corti-Organ
- Wellen [Abb.]
  - CM: Mikrofonpotentiale (cochlear microphonics)
  - SP: Summationspotential (summating potential)
  - CAP: Summenaktionspotential (compound action potential)
  - Jewett I-V(-VII)
  - N<sub>0</sub>, P<sub>0</sub>, N<sub>a</sub>, P<sub>a</sub>, N<sub>b</sub>, P<sub>1</sub>, N<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>
  - Hirnstamm: ähnlich 500Hz-Halbwelle
  - Hirnrinde: ähnlich 5Hz-Halbwelle
- Zeitverlauf
  - CM / SP: reizsynchron
  - Hörnerv 1-5ms

- Hirnstamm bis 10ms
- Hirnrinde 50-100(-300)ms

#### 4.2.2.Reize [Abb. 11.7]

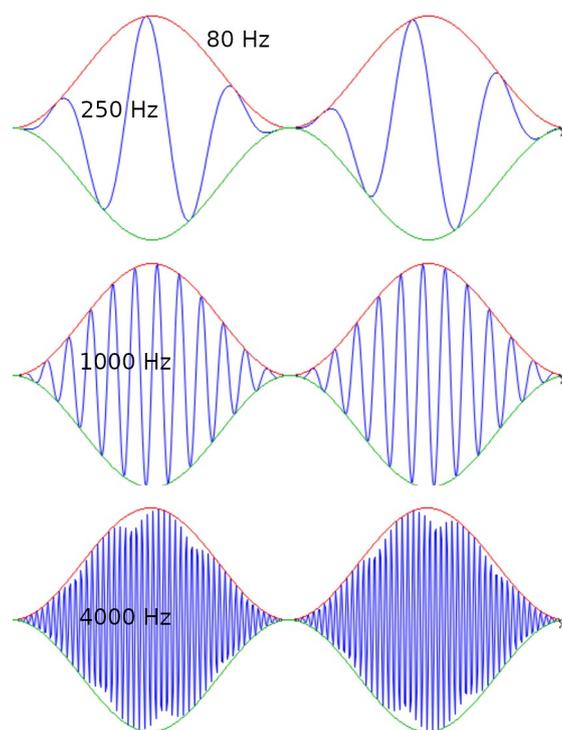
- Click
  - condensation = Druck / rarefaction = Sog
  - Sinushalbwellen
- tonepip
  - nur ansteigende / absteigende Flanke der Amplitude (Hüllkurve)
- toneburst
  - zusätzlich mit Plateau der Hüllkurve
- Tonimpulse
  - längeres Plateau (>200ms), längere Flanken (10-25ms)
- Vertäubung
  - bei entsprechender Seitendifferenz
  - Überhören auszuschließen bei Ableitung vom Innenohr / Nc. cochlearis

#### 4.2.3.Einteilung der AEP

- [Abb: Zuordnung der Wellen zu anatomischen Strukturen]
- SFAEP: CM / SP /CAP
  - in ECoChG untersucht
  - Antwort der Haarzellen / des Hörnerven
  - CM:
    - ▶ Form entspricht Reiz: Tonebursts, z.B. 2-2-2ms, 2000Hz, 20/s
    - ▶ überwiegend von äußeren Haarzellen
  - SP
    - ▶ hält für Dauer des Reizes an
    - ▶ aus nichtlinearen Schwingungen der Basilarmembran
    - ▶ nur bei großen Reizintensitäten
    - ▶ normal: negatives SP, <=30% CAP
    - ▶ sensorische SH ohne Hydrops: SP rel. verringert
    - ▶ Mb. Menière: SP rel. Vergrößert
  - CAP
    - ▶ CAP gemessen zwischen neg. und pos. Spitze [Abb. 11.20]
    - ▶ = Jewett I
    - ▶ beginnt mit Übertritt des Neurotransmitters aus Haarzelle an afferente Faser
- frühe (FAEP 0-10ms)
  - FAEP / Untersuchung: **BERA** (brainstem evoked response audiometry)
    - ▶ Jewett I-VII [Abb]
      - beginnen mit CAP=Jewett I
      - J II-V: oberflächenpositive schnelle Hirnstammpotentiale
      - J VI / VII: Ggl. geniculatum mediale, primäre Hörstrahlung
      - Reiz:
        - Click: Halbwellen eines hochfrequenten Tons (min. 2000-4000Hz) o. Rechteck mit 100µs-Plateau
        - Reizfolge 10-30/s (höhere: Latenzverlängerung)
        - nur Sogimpulse: Latenz JI etwas kürzer, IV. Welle im IV/V-Komplex deutlicher; Druckimpulse: Amplitude JI größer (wichtig für Audiometrie)
        - abnehmende Reizlautstärke -> Latenz JI verlängert
        - verschiedene Lautstärken (Schwellen-BERA) oder stark überschwellig (BA: 70dB über Klickhörschwelle)
        - Vertäubung: 40dB über Überhörschwelle
      - Ergebnisse [Abb. Normwerte]
        - absolute Latenzen (v.a. I,III,V, II kann auch bei Gesunden fehlen)
        - Interpeaklatenzen IPL (v.a. I-III, I-V, III-V)
        - Seitenvergleich Latenzen
        - Seitenvergleich Amplituden

- Amplitudenvergleich I:V
  - Bewertung
    - (IPL I-II: Intaktheit Hörnerv)
    - IPL I-III: bis oberer Olivenkomplex
    - IPL I-V: bis unterer Vierhügel
    - IPL III-V: weitere Eingrenzung
    - bei Säuglingen...3a etwas längere Latenzen
    - Amplituden:
      - Messung I/V: Gipfel bis folgendes Tal
      - Messung II-IV: voriges Tal bis Gipfel
    - V:I: Ausdruck der Reifung; bei S I entwickelt, V niedrig
      - Erwachsene  $\geq 2$
      - S  $< 1$
      - 1a  $< 2$
      - Reifungsverzögerung nur bei verlängerter IPL und erniedrigter V/I in Bezug auf Lebensalter; Achtung bei betonter JI nach Mastoidektomie / am Ohr läppchen
- ▶ pathologische Veränderungen der FAEP
  - Latenzen oberhalb Normbereich
  - Seitendifferenzen  $> 0,5\text{ms}$
  - Amplitudendifferenzen  $> 50\%$
  - Akustikusneurinom
    - Latenzverlängerung, Amplitudenabnahme der Wellen I-V ... totaler Gipfelverlust
    - verlängerte IPL
    - Welle V kann auch bei kontralateraler Ableitung latenzverlängert und Amplitudenreduziert sein
  - MS
    - Latenz- und IPL-Verlängerung I-V
    - sehr variable Amplituden und Latenzen
  - vaskuläre Störungen
    - bilaterale Amplitudenminderung II-IV
    - A. labyrinthi: auch Welle I
  - RF im Hirnstamm
    - Wellenveränderungen im betroffenen Bereich
    - ... Wellenabbruch
  - RF außerhalb des Hirnstammes
    - kaum Veränderungen
  - SL-Störungen
    - Latenzverlängerung und Amplitudenreduktion
    - normale IPL
- ▶ Fehler und Artefakte
  - Technik
    - falsche Elektrodenposition
    - zu hoher Übertragungswiderstand
    - falsche Geräteeinstellung
    - unkorrektes Triggern
    - Kopfhörer defekt oder falscher Sitz
    - Raumtemperatur
  - Proband
    - einseitige Hörstörung
      - Überhören durch KL-Hörer, wenn nicht vertäubt
    - Tinnitus
    - geöffnete Augen
    - Verspannung des Probanden
- Frequenzfolgepotentiale
  - ▶ Tonebursts / Dauerton mit 500Hz

- ▶ -> Hirnstammreizantworten mit gleicher Frequenz
- ▶ normal: Schwelle für FFR<sub>500</sub>: 40dB
- Amplitude Modulation Following Responses (AMFR), <http://www.pilot-blankenfelde.de/German/amfr.htm> (= „Auditory Steady-State Response“ (ASSR))
  - ▶ = Steady State Evoked Potential (SSEP), Steady State Evoked Response (SSER), Auditory Steady State Evoked Potential (ASSEP), Frequency following response (FFR)
  - ▶ Reizung mit einem amplitudenmodulierten Dauerton
    - z.B. Modulationsfrequenz 80 Hz, Reizfrequenzen („Trägerfrequenzen“) 250, 1000, 4000Hz



- ▶ an den Hirnstamm werden nicht Reizfrequenzen, sondern AP übertragen
  - AP-Folge hängt nicht von Frequenz, sondern von Amplitude des Reizes ab
  - daraus bildet sich Summationspotential und schwankt mit der Amplitudenschwankung, also 80Hz
  - 80Hz-Antwort wird mit FFT (FDFT=fast diskrete Fourier transform) im abgeleiteten Spektrum sichtbar gemacht
- ▶ Antwort ist frequenzspezifisch für Trägerfrequenz
- ▶ => objektives Tonaudiogramm möglich
- ▶ Grundlage des Neugeborenen Screenings AABR (automatic auditory brain response)
- langsame negative Hirnstammpotentiale SN<sub>10</sub> (slow negative 10)
  - ▶ nicht aus neuronalen Fasern, sondern aus synaptischen Verbindungen
  - ▶ Reiz: Tonebursts 2-1-2ms, 27/s, 500, 1000, 2000, 4000Hz
  - ▶ normal: bei 15dB erkennbar, bei 30dB deutlich
  - ▶ Anwendung in Pädaudiologie
- mittlere (MAEP 10-100ms)
  - ab 12ms nach Reiz
  - myogene Potentiale
    - ▶ erwachsene Normalhörende: 8-9ms nach Reiz beginnend
    - ▶ Artefakt bei ungenügend entspannter Nackenmuskulatur
    - ▶ diagnostisch bedeutungslos außer:
      - ▶ CAR: crossed acoustic response: ipsi- und kontralateraler Postauricularreflex
        - Clickreize, 100 Mittelungen
        - 12-15ms -> retroauriculäre oberflächenpositive Potentiale (M. auricularis posterior)
        - ähnliche Aussagekraft wie Stapediusreflex, auch schwelennah

- bislang praktisch bedeutungslos
- neurogene Potentiale ( $P_0-N_b$ )
  - ▶ vertexpositive Anteile werden nach unten aufgetragen wie bei anderen EP (im Unterschied zu FAEP)
  - ▶ auditive Felder des Thalamus
  - ▶ weitgehend unabhängig von Vigilanz und Kooperation
  - ▶ Reiz: 500 / 1000 / 2000Hz-Tonebursts 4-20ms, z.B. 2-16-2
  - ▶ 500-1000 Mittelungen
  - ▶ Antwort: No/Po – Na/Pa/Nb
  - ▶ erheblich variable Latenzen [Abb Tab 11.5]
  - ▶ schläfrig: No/Po deutlicher; wach: Na/Pa/Nb deutlicher
  - ▶ Anwendung: einseitige Gehörlosigkeit, da bds. Ableitbar; neurophysiologisch-topodiagnostische Fragestellungen, z.B bei MS
- 40Hz-Potential (40Hz-ERP event related potential)
  - ▶ Reiz: 2-2-2ms Tonebursts o. 1000Hz-Clicks
  - ▶ bei Folgerate von 40Hz: 3-4 Wellen [Abb 11.56], erste wahrscheinlich JV, folgende neurogene MAEP
- späte (SAEP) 100-300ms
  - positive und negative Potentialschwankungen
  - zwischen 50 und 250 ms
  - N1 / P2 sind die markantesten
  - vertexpositive Anteile werden nach unten aufgetragen wie bei anderen EP (im Unterschied zu FAEP)
  - Methodik
    - ▶ gleichbleibende Vigilanz von Untersucher und Untersuchtem
    - ▶ Cz-M-Referenzableitung
    - ▶ Reiz: Töne (500-6000Hz, 300-500ms, monaural, alle 2-3s)
      - (mit zunehmendem Intervall höhere Amplituden, max. bei 7s)
    - ▶ 30-50 Reize, 20 Reize ausreichend
    - ▶ kontralaterale Vertäubung 20-30dB unter Reizlautstärke
  - Einsatz:
    - ▶ aufmerksame, wache, entspannte erwachsene Patienten
    - ▶ frequenzspezifische Hörschwellenbestimmung
    - ▶ Abschätzung der überschwelligen Hörfunktion
    - ▶ zuerst überschwellig (z.B. 90dB) (N1/P2 gut beurteilbar)
    - ▶ dann Verminderung in 20dB-Schritten, bis keine reproduzierbare Antwort mehr erfolgt
    - ▶ 500-1000-3000: hinreichend zur Beurteilung des Hauptsprachbereichs
    - ▶ drastische Latenzänderungen bei Vigilanzminderung – in Audiologie nachteilig, aber gut für Arzneimittelforschung zur Beurteilung Wirkung / Nebenwirkung (Sedierung)
  - P1: bei 80dB zwischen 50 und 75ms, N1: 100-150ms, P2: 175-200ms, N2: 200-250ms
  - Sinuston: negative Gleichspannung
- sehr späte (SSAEP) 300-1000ms
  - audiologische Wertigkeit ungeklärt
  - prästimulatorische negative Gleichspannung (PNG), Verarbeitungspotential (P300), Erwartungswelle (contingent negative Variation (CNV))

#### 4.2.4. Elektrocochleographie ECoChG

- Begriffe:
  - CM: cochlear microphonics
  - SP: Summationspotential
  - CAP: Compound action potential
  - Cochlear microphonics + Summationspotentiale reizsynchon (SL-Verzögerung)
- Ableitmöglichkeiten
  - Nadelelektrode am Promontorium / retroauriculär [Abb.]
  - Gehörgangselektrode [Abb.]
- Reizapplikation:

- Lautsprecher
- Reiz: z.B. 2000Hz, 2ms Anstieg, 2ms Plateau, 2ms Abstieg
- 20/s, Summation der Reizantworten
- mit Sog- oder Druckphase beginnend
- Antworten:
  - nach ca. 5ms für ca. 5ms
  - CM: gegenphasig bei Beginn mit Sog- vs. Druckphase
  - SP: für Sog- und Druckphase gleich
  - mittels Differenzverstärker:
    - ▶ Addition unterdrückt CM und hebt SP hervor
    - ▶ Subtraktion unterdrückt SP und hebt CM hervor
  - CAP gemessen zwischen neg. und pos. Spitze
  - normal: SP  $\leq$  30% von CAP [Abb. 11.20]
  - sensorische SH ohne Hydrops: SP rel. verringert
  - Mb. Menière: SP rel. Vergrößert

#### 4.2.5. Promontoriumstest

- zur CI-Indikationsstellung, zusammen mit EcochG
  - Haarzelle darf nicht, Nerv muß erregbar sein: CM müssen fehlen, PT muß Erregbarkeit des Nerven zeigen
- Reizung:
  - Elektrode auf Promontorium; gegenüber ECochG etwas dickere, abgerundete Pt-Elektrode (gleiche Elektrode wie ECochG möglich)
  - biphasische Stromimpulse verschiedener Frequenz, Dauer und Amplitude
- Antwort:
  - subjektiv: Empfindungs- und Unbehaglichkeitsschwelle, Unterscheidung in Bezug auf Amplitude (->Lautheit), Frequenz (Tonhöhe) und Dauer
    - ▶ Beurteilung: gute Voraussetzungen für Cochleaimplantat bei auditiver Wahrnehmung, großem Abstand zwischen Empfindungs- und Unbehaglichkeitsschwelle und guter Unterscheidung in Bezug auf Amplitude (->Lautheit), Frequenz (Tonhöhe) und Dauer
    - ▶ objektiv: analog AEP, Mastoid- und evtl. weitere Elektroden, auch Ableitung am Promontorium o. Trf. möglich
- Auswertung:
  - weder CM noch PT: neurale + Corti-Schädigung, z.B. durch Meningitis
  - Lokalisation einseitiger Ertaubung
    - ▶ plötzliche Ertaubung im Kindesalter („Mumpsertaubung“) früher als neural angesehen, aber: PT +, CM -

#### 4.3. Otoakustische Emissionen (OAE)

- akustische Signale niedriger Intensität von kontraktionsfähigen äußeren Haarzellen
- gestatten unmittelbare Aussage über nichtlineare Verstärkerfunktion
- schon bei Geburt voll entwickelt (nachdem Fruchtwasser aus MO abgelaufen ist) => Hörscreening, quantitative Pädaudiologie
- Messung mittels hochauflösender Gehörgangsmikrophone
- Untersuchungen sind sensitive Methoden zur Erkennung beginnender Hörstörungen und Bestimmung ihres Verlaufs bei Lärmexposition oder Einnahme von ototoxischen Medikamenten

##### 4.3.1. spontane (SOAE)

- etwa bei 50% jugendlicher gesunder Ohren
- etwa 1-5kHz, 0-30dB SPL, selten bis 45dB und von Umgebung hörbar
- wegen geringer Sensitivität diagnostisch ungeeignet

### 4.3.2.transitorisch evozierte (TEOAE)

- [I]: nichtinvasives Screeningverfahren bei Kindern (auch Säuglingen), Therapiekontrolle bei cochleären Hörstörungen, z.A. Aggravation / Simulation, Nachweis von Haarzellschäden durch Lärm / ototoxische Medikamente u.a., DD cochleäre / retrocochleäre Schäden
- 0,1ms Clicks als Reiz → ca. 2,5ms emittierte Schwingungen
- → nach ca. 2,5-20ms aktive Eigenschwingungen der Basilarmembran
- entsprechend Laufzeiten ist die Latenz der basalen Antworten kürzer als die der apikalen
- erst höhere, dann tiefere Antwortfrequenzen
- zunehmende-abnehmende Amplitude
- gute Bedingungen: gut reproduzierte laute Stimuli (80dB), hohe Stabilität der Stimuli, geringe A-B-Differenz
- Antworten werden in zwei Speicher gemittelt und deren Übereinstimmung berechnet
- Spektralanalyse mittels Fourier-Transformation
- Auswertung:
  - OAE nachgewiesen:  $\text{Repro} > 60\%$ ,  $\text{SNR} > 6\text{dB}$
  - Im Frequenzbereich mit ableitbaren TEOAE Hörverlust 0-max. 30dB; bei Hörverlust  $> 35\text{dB}$  bei 0,5-4kHz keine TEOAE
  - TEOAE können mit zunehmendem Alter auch ohne Hörverlust fehlen

### 4.3.3.Distorsionsprodukte (DPOAE)

- Schallaussendungen der äußeren Haarzellen, die bei Stimulation mit zwei Tönen (Primärtöne) geringen Frequenzabstands entstehen (größte Amplitude bei etwa  $f_2 = 1,2 * f_1$ ).
- äußere Haarzellen verstärken schwelennahe Signale, dabei entstehen Verzerrungen (Distorsionen) des Tongemisches → Messung im Gehörgang, vom Geübten auch hörbar
- frequenzspezifische Auslösung in schmalen Cochleaarealen → ortsspezifische Erfassung (Amplitude in geschädigten Bereichen geringer) → objektives Audiogramm, leistungsfähigste Methode der objektiven Cochleauntersuchung
- Bsp. benachbarter Töne:
  - $f_1$ : 1000Hz
  - $f_2$ : 1220Hz
  - $f_{DP} = f_1 - (f_2 - f_1) = 780\text{Hz}$  (d.h. unterhalb der tieferen Frequenz)
    - ▶ es entstehen mehr DP geringerer Amplitude jeweils in Mehrfachen der Frequenzdifferenz nach oben und unten, die aber diagnostisch nicht verwendet werden
- Messung:
  - automatisch erstelltes DP-Gramm
  - anhand Normalwerten bei Gesunden
  - im Alter abnehmende Amplitude
- sensorische SH
  - bis 20dBHL praktisch immer DPOAE
  - nicht mehr nachzuweisen ab 35dBHL bei geringen Reizpegeln, 60dBHL bei hohen
- bei SLSH:
  - bei Mittelohrdruck geringere Amplitude, bei flachem Tympanogramm keine DPOAE
  - auch bei anderen schweren SLSH keine DPOAE

### 4.3.4.Stimulusfrequenzemissionen (SFOAE)

- Mit Sinusschwingung stimuliert, Antwort in dieser Frequenz

## 5.Vestibularisprüfungen

- zwei Diagnostikgruppen:
- **orientierende Untersuchungen** der peripheren und zentralen Koordination; Prüfung vestibulospinaler Reflexe
  - **isolierte Untersuchungen der peripher-vestibulären Organe:** Spontan- / Provokationsnystagmus; rotatorische / thermische Reizung des peripheren vestibulären Systems, Kopfpulstest

## 5.1. Anatomie und Physiologie des Gleichgewichts

- Afferenzen
  - Augen
  - Vestibularorgan über N. vestibularis
  - Propriozeptoren (Tiefensensibilität: Gelenk- und Sehnenrezeptoren, Muskelspindeln)
  - Oberflächenrezeptoren / Druckrezeptoren der Haut
  - Schmerz- und Temperaturrezeptoren
- Verarbeitung
  - Vestibulariskerne (Hirnstamm)
  - andere Hirnstammkerne und reticuläre Systeme (Formatio reticularis)
  - Thalamus
  - Kleinhirn
  - Cortex (Raumorientierung)
  - Hypothalamus (->“Bewegungskrankheiten“)
- Efferenzen
  - zu Motoneuronen Halsmark / Rückenmark über vestibulospinale Bahn (Stand- und Gangregulation)
  - zu Augenmuskelkernen (Blicksteuerung)
- Vestibularorgan
  - Bogengangapparat
    - ▶ Reiz: Winkelbeschleunigung
    - ▶ 3 Bogengänge, sind Endolymphschläuche, vor Einmündung zu Ampulle aufgeweitet
      - Bogengangswinkel je  $90^\circ$  zueinander
      - lateraler  $30^\circ$  gegen Horizontale nach vorn oben, vorderer / hinterer je
      - seitlicher (laterale) Bogengang  $30^\circ$  gegenüber Transversale nach hinten geneigt => wird im Liegen mit Vorwärtsneigung des Kopfes um ca.  $30^\circ$  senkrecht gestellt
      - vorderer / oberer (anteriorer / superiorer) Bogengang:  $45^\circ$  links / rechts zur Sagittale nach vorn offen
      - hinterer (posteriorer) Bogengang:  $45^\circ$  links / rechts zur Sagittale nach hinten offen
  - Maculaorgane in Sacculus und Utriculus
    - ▶ Reiz: Linearbeschleunigung
    - ▶ ebenfalls in drei Raumebenen (laut älteren Büchern nur zwei)
    - ▶ im Sacculus hakenförmig, daher für 2 Raumebenen

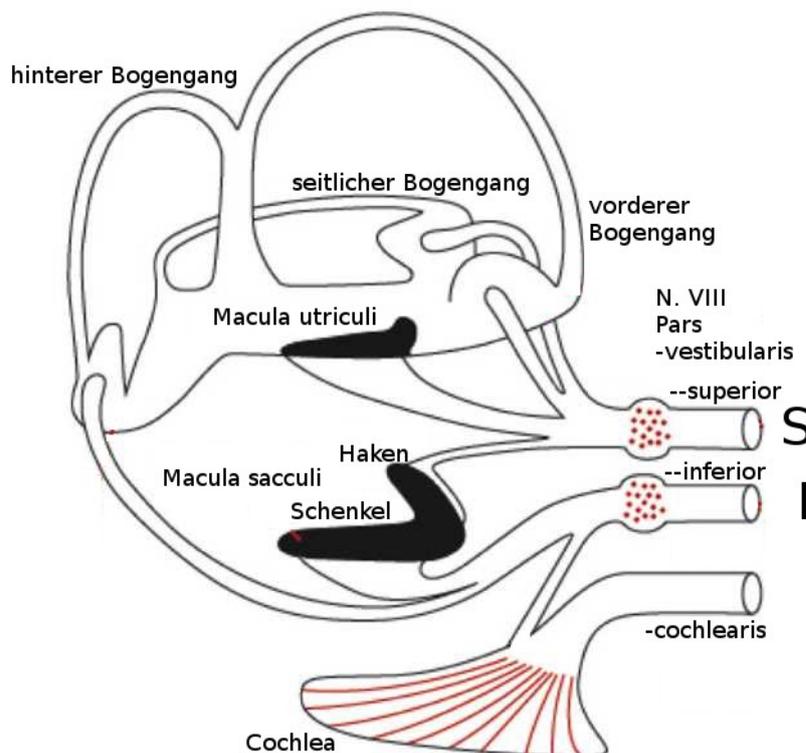


Abb. nach: <https://4f9f43c1b16d77fd5a81-7c32520033e6d1a7ac50ad01318c27e4.ssl.cf2.rackcdn.com/content/c12000/c12003/anatomy.jpg>

7c32520033e6d1a7ac50ad01318c27e4.ssl.cf2.rackcdn.com/content/c12000/c12003/anatomy.jpg

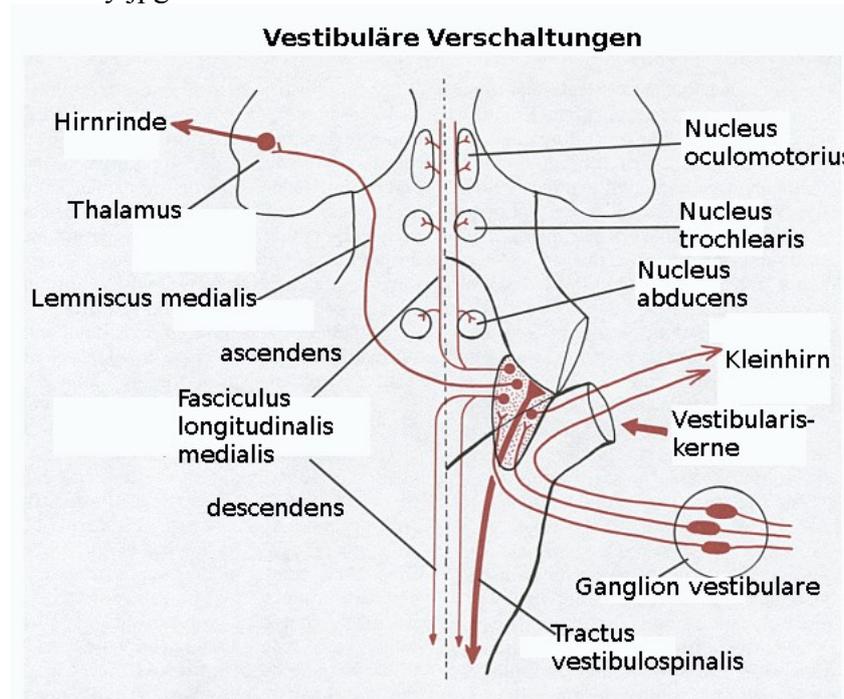


Abb. geändert von: <http://instruct.uwo.ca/anatomy/530/vestpath.gif>  
Photo credit: Uwo.ca

- Sensomotorische Regulation
  - Informationen vom Labyrinth und von Propriozeptoren (Gelenk- und Sehnenrezeptoren sowie Muskelspindeln) über die Stellung und Bewegung des Kopfes und Bewegungsapparates
  - zu motorischen Zentren des Hirnstammes (Nucleus ruber, die Formatio reticularis, Vestibulariskerne)
  - steuern Motoneurone im Vorderhorn des Rückenmarks
- Kleinhirn
  - komplexe Funktionen: visuell-vestibuläre Konvergenz, Habituation, Regulation von Nystagmus und Kontrolle spinaler Motorik
  - Schäden: Spontannystagmus, Fallneigung, allgemeine motorische Unsicherheit, verstärkt durch Wegfall visueller Kontrolle
- Kortex
  - vestibuläre Kerne projizieren über Thalamus zum parietalen Kortex
  - dort Konvergenzen sensorischer Eingänge
  - durch enge Verknüpfung verschiedener sensorischer Eingänge auch bei kortikalen Läsionen kein Verlust subjektiver Bewegungsempfindungen
  - kortikale Projektionen zu oberer Temporalwindung / Frontallappen
    - ▶ Bezüge zu partiell komplex-psychomotorischen Anfallsäquivalenten vermutet
- Reflexe und Reaktionen
  - vestibulookuläre Reflexe (VOR)
  - sämtliche Verbindungen zwischen dem optischen und vestibulären System
  - z.B. Nystagmusreaktionen (Blickfeldstabilisierung)
  - langsame Nystagmuskomponente: 3-Neuronen-Reflexbogen induziert
  - schnelle Nystagmuskomponente: große Zahl von Neuronen im Hirnstamm und im Zerebellum beteiligt
  - Richtung nach schnellerer Komponente benannt
  - rotatorisch und thermisch ausgelöster Nystagmus liefert Informationen über die Erregbarkeit der Labyrinth
    - ▶ Rotatorischer Reiz: stets bilaterale Reizung eines Bogengangpaares
    - ▶ Kalorische (thermische) Reizung: seitengetrennte Untersuchung

- **Kopf-Körper-Koordination**
  - Halte- und Stellreflexe
    - ▶ Haltereфлексе: dienen der Tonusverteilung in der Muskulatur und der Augeneinstellung, Afferenzen vom Vestibularorgan (tonische Labyrinthreflexe) und von den Propriozeptoren des Halses (tonische Halsreflexe)
    - ▶ Stellreflexe: Afferenzen von Gleichgewichtsorgan / Propriozeptoren des Halses
      - Körper wird in Normalstellung gebracht
      - Achse zwischen den Augen wird horizontal gestellt
      - Labyrinthstellreflexe schon beim Säugling von 2-4 Monaten vorhanden
- **Liftreaktion und Sprungbereitschaft**
  - Liftreaktion nach 75 ms, ist eine reine Otolithenreaktion
    - ▶ vertikale Beschleunigung nach oben: Extremitätenbeugung, nach unten -streckung
    - ▶ fehlt bei Patienten mit beidseitigem Vestibularisausfall, bei Patienten mit zentralen Läsionen (wie z.B. bei multipler Sklerose) verzögert
  - (Sprungbereitschaft: bei vertikaler Progressivbeschleunigung auftretender Reflex, als Reifungsreflex beim Säugling nachweisbar ab dem 6. Mon.; am durch Umfassen der Taille frei schwebend in Bauchlage gehaltenen Säugling erfolgen bei raschem Senken des Kopfes ein Vorstrecken der Arme, Öffnen der Hände, Abstützen u. Übernehmen des Körpergewichts. Bleibt lebenslang erhalten (ist z.B. beim Stürzen infolge der Armhaltung an der typischen Radiusfraktur beteiligt, [http://www.aerztlichepraxis.de/rw\\_4\\_Lexikon\\_HoleEintrag\\_51887\\_Eintrag.htm](http://www.aerztlichepraxis.de/rw_4_Lexikon_HoleEintrag_51887_Eintrag.htm))
- **Vestibulospinale Reflexe**
  - Vestibulariskerne → descendierende Bahnen zu den Kerngebieten der Kopf- und Halsmuskulatur sowie zum Rückenmark für die Körpermuskulatur (Tractus vestibulospinalis, Tractus reticulospinalis) → Mitsteuerung der 2. Motoneurone bei vestibulärem Reiz
  - am Muskeltonus in Ruhe und bei Bewegungen ist das extrapyramidale System beteiligt → unbewusste zeitliche und räumliche Koordination
  - Pyramidenbahn → Willkürmotorik
- **Auge-Kopf-Koordination**
  - Blickfeldstabilisierung
    - ▶ okulomotorische, Kopfbewegungsimpulse und kompensatorischen Augenbewegungen werden koordiniert
    - ▶ → Sehziel im peripheren Gesichtsfeld rasch einfangen
    - ▶ → bewegten Objekten mit dem Blick folgen
    - ▶ → Sehziel auf der Fovea centralis scharf abbilden
    - ▶ Störungen im Regelkreis (zentral oder peripher) → Oszillopsien, Schwindel bei Bewegungen
    - ▶ 3 Systeme
      - Sakkadenkontrollsystem (Sakkade: vorprogrammierte rasche Augenbewegung, maximale Geschwindigkeit 500-700°/s, Dauer 30-100 ms, während der Sakkade ist das Sehvermögen aufgehoben)
      - Blickfolgekontrollsystem (bis 30-50°/s, optokinetischer Nystagmus OKN / langsame Phase des vestibulären Nystagmus)
      - vestibuläres Kontrollsystem (Vestibulookuläre Reflexe (VOR) bei Beschleunigungsreizen)
  - Augenrollung
    - ▶ Kopfverlagerung zur Seite um ca. 90° → Augengegenrollung ca. 6-9°
    - ▶ pathologisches Phänomen bei Patienten mit Hirnstammläsionen (ocular tilt reaction)
- **Visuell-vestibuläre Interaktionen**
  - Patienten nach doppelseitiger Nervendurchtrennung (wegen Meniere) → postoperativ bewegungsabhängige Visuseinschränkung, Objekte kommen durcheinander

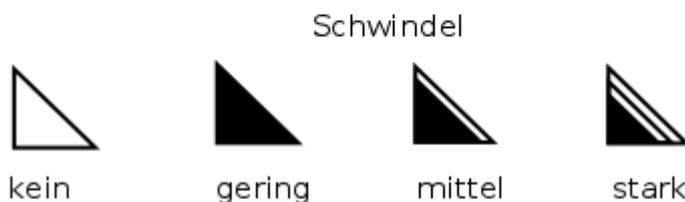
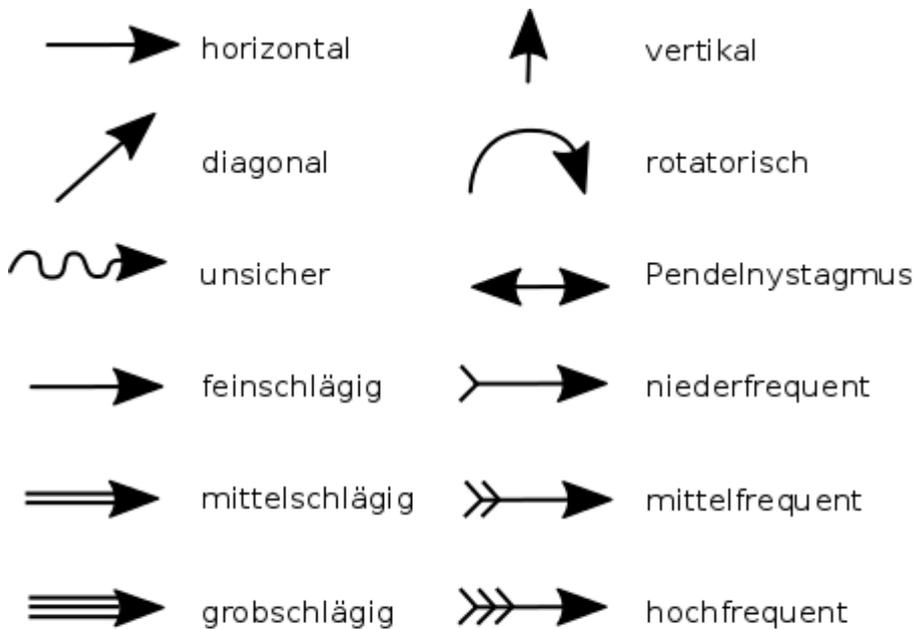
## 5.2. Prüfung vestibulospinaler Reflexe

- im „Gleichgewicht“ keine Abweichung von willkürlicher Position oder Bewegungsrichtung
- bei Gleichgewichtsstörungen Abweichung

- **Tonusdifferenz:** -> kontralateral gerichtete Abweichreaktion (bei Labyrinthausfall links -> Abweichung nach links; bei entzündlicher Reizung links Abweichen nach rechts)
- meist nur im Anfangsstadium vestibulärer Prozesse verwertbares Ergebnis, später zentrale Kompensation
- bei sich langsam entwickelnden Prozessen: ständige zentrale Kompensation
- **Romberg (vgl. Neuro):** Auge zu, Füße parallel geschlossen (erschwerter Romberg. Füße hintereinander, Arme vor, Supination; 30s[B]: bei vestibulärer Störung gerichtete Fallneigung zur betroffenen Seite; regellose Fallneigung bei zentraler Störung (z.B. Ataxie); bei Labyrinthausfall Änderung der Fallrichtung bei Kopfdrehung; Schwankungsbewegungen können auch elektronisch aufgezeichnet werden (Frequenz, Amplitude, Gesamtstrecke): „Posturographie“ (engl. posture = Stellung, Haltung)
- **Unterberger:** Augen zu, Arme vor, Treten auf der Stelle (Knie hoch, kräftige Schritte, mindestens 50); [B]: bei peripher-vestibulärer Läsion Achsenabweichung zur lädierten Seite, li.>45°, re>45°; bei zentraler Störung regellose Unsicherheit, Fallneigung; Rückwärtsgang: in jedem Fall Zeichen für Kleinhirnschaden; Vorwärtsgang < 1m auch bei Gesunden; Lämpchen auf Kopf und Schultern -> fotografische Aufzeichnung „Craniocorporographie“ **CCG**
- **ähnlich:** Blindgang, Strichgang, Sterngang: Abweichung von geplanter Streckenführung bei peripher-vestibulärer Läsion
- **vertikaler Zeichentest:** erst offene, dann geschlossene Augen: senkrechte Reihen von Kreuzchen: Vergleich zu Abweichungen bei Gesunden; konstante Abweichung bei peripher-vestibulärer Störung
- **Finger-Nase-Versuch:** Misslingen bei Kleinhirnläsion
- **Zeigerversuch nach Barany:** Koordinationsprüfung. Der Patient soll mit geschlossenen Augen die ausgestreckten Arme heben und senken. Dabei soll er an den Ausgangspunkt der Bewegung zurückfinden, den der Untersucher mit seinem Zeigefinger darstellt (vorher mit offenen Augen). Vorbeizeigen spricht für Störungen des Innenohres, Kleinhirns oder für Stirnhirn- und Schläfenlappenprozesse

### 5.3.Nystagmusprüfungen

- Frenzel-Brille 15 Dioptrien
- Schlagrichtung wird immer nach schneller Komponente angegeben



- T=transitorisch
- P=persistierend
- R=Reproduzierbar
- E=Ermüdbar
- bei Provokation: 5:30= nach 5s für 30s
  - Nystagmus häufig ohne Hilfsmittel erkennbar, wird aber durch Fixation tw. unterdrückt (Dominanz des optischen über vestibuläres System)

### 5.3.1. Spontannystagmus

- meist Ausdruck peripher-vestibulärer Läsion; schnelle Phase zur überwiegenden Seite; Ausfall- / Reiznystagmus
- [D]: zuerst ohne Frenzelbrille. Blick nach vorn, oben, unten, rechts, links auf Zeigefinger des Untersuchers; erst danach Frenzelbrille
- cave: physiologischer Endstellnystagmus, deshalb Blick zur Seite  $\leq 20^\circ$
- **pathologische Spontannystagmen:**
  - richtungsbestimmter unabhängig von Blickrichtung immer in gleiche Richtung; horizontaler Richtungs-nystagmus fast immer peripher-vestibuläre Läsion
    - ▶ Schweregrade:
      - I: nur bei Blick in Richtung der schnellen Phase
      - II: zusätzlich bei Blick geradeaus
      - III: zusätzlich bei Blick in Gegenrichtung

- regelmäßige Blickrichtungsnystagmen (schlagen immer in Blickrichtung, nicht bei Geradeausblick)
  - ▶ Hinweis auf zentrale Läsion Hirnstamm / Großhirn
- regellose Blickrichtungsnystagmen: auch bei Geradeausblick; bei Blickrichtungswechsel -> Intensitätsänderung
  - [U]: zentral, Läsionen der Seh- / Gleichgewichtsbahn, z.B. bei MS
- rein rotatorischer / rein vertikaler Nystagmus ist meist zentral vestibulär

### 5.3.2. Provokationsnystagmus

- **Lageprüfung:** Rückenlage, Kopfdrehung li/re; danach ohne Hast in Rechts- / Linkslage, wieder Rückenlage, dann Kopfhängelage über Liegenkante; Frenzelbrille; 30s pro Lage
  - Nystagmusformen:
    - ▶ richtungsbestimmter Lagenystagmus: zentral oder peripher vestibulär
    - ▶ regellos richtungswechselnder: meist zentral, nur passager bei Mb. Meniere (peripher-vestibulär)
- **Lagerungsprüfung:** schneller Lagewechsel: zuerst Sitzen, Kopf geradeaus; schnell in Rücken- oder Kopfhängelage; wieder schnelles Aufsetzen; Wiederholung bei verschiedenen Kopfhaltungen
  - Formen:
    - ▶ „benigner paroxysmaler Lagerungsnystagmus“ nach 5-10 sec. Latenz für ca. 30 Sekunden: horizontal-rotatorisch, zunächst zunehmend, dann abnehmend (Crescendo-Decrescendo; bei Wiederaufrichten Schlagumkehr; meist dabei starker Drehschwindel, [U]: Cupulolithiasis (gelöste Otolithen wirken auf Cupula)
    - ▶ regellos richtungswechselnder: meist zentral, nur passager bei Mb. Meniere (peripher-vestibulär)

#### 5.3.2.1. Fixationsnystagmus

- nimmt bei Fixation nicht ab oder sogar zu

### 5.3.3. Sonderformen

- vestibulookulärer Otolithenreflex: Otolith vestibulo-ocular Reflex; torsionaler Nystagmus bei Otolithenreizung
- Rebound-Nystagmus: gekennzeichnet durch eine Umkehr des Spontannystagmus aufgrund einer zerebellären Schädigung
- dissozieller Spontannystagmus: getrennte Bewegung beider Augen aufgrund einer internukleären Ophthalmoplegie
- Pendelnystagmus: erworbener Nystagmus. z.B. bei Patienten mit multipler Sklerose
- Nystagmus alterans: periodischer Wechsel der Schlagrichtung aufgrund zentraler Schäden. z.B. Tumoren, oder kongenital bei fehlender Anlage des vestibulookulären Reflexes
- Konvergenznystagmus: Entstehung eines aufeinander zugerichteten Nystagmus. z.B. bei mesenzephalen Schäden
- Nystagmus retractorius: sagittal schlagender Nystagmus. z.B. bei Mittelhirnschädigung
- Schaukelnystagmus: pendeiförmige, vertikale Schaukelbewegungen mit augenspezifischer, unterschiedlicher Richtung: Ausdruck einer parasellären Läsion oder einer Schädigung im oberen Stammhirnbereich
- Skew Deviation: Divergenzstellung beider Augen, wobei das eine Auge nach oben, das andere nach unten schlägt, bei Pons-, Hirnstamm- oder Kleinhirnläsionen vorkommend
- Ocular-Tilt-Reaktion: zusätzlich zu der vorstehend genannten Veränderung tritt eine Augendrehung und Kopfschiemaltung bei Läsionen im Bereich der Augenmuskelkerne auf
- Up-Beat-Nystagmus: vertikale Schlagrichtung mit der schnellen Phase nach oben. z.B. bei paramedialen medullären Läsionen
- Down-Beat-Nystagmus: vertikale Schlagrichtung mit der schnellen Phase nach unten, z. B. bei Flokkulusschädigung

### 5.3.4. Computergestützte Nystagmusanalyse

(aus: Schwindel und Gleichgewichtsstörungen, Wolfgang Stoll, Martin Tegenthoff, Georg Thieme Verlag, 2004 - 296 Seiten)

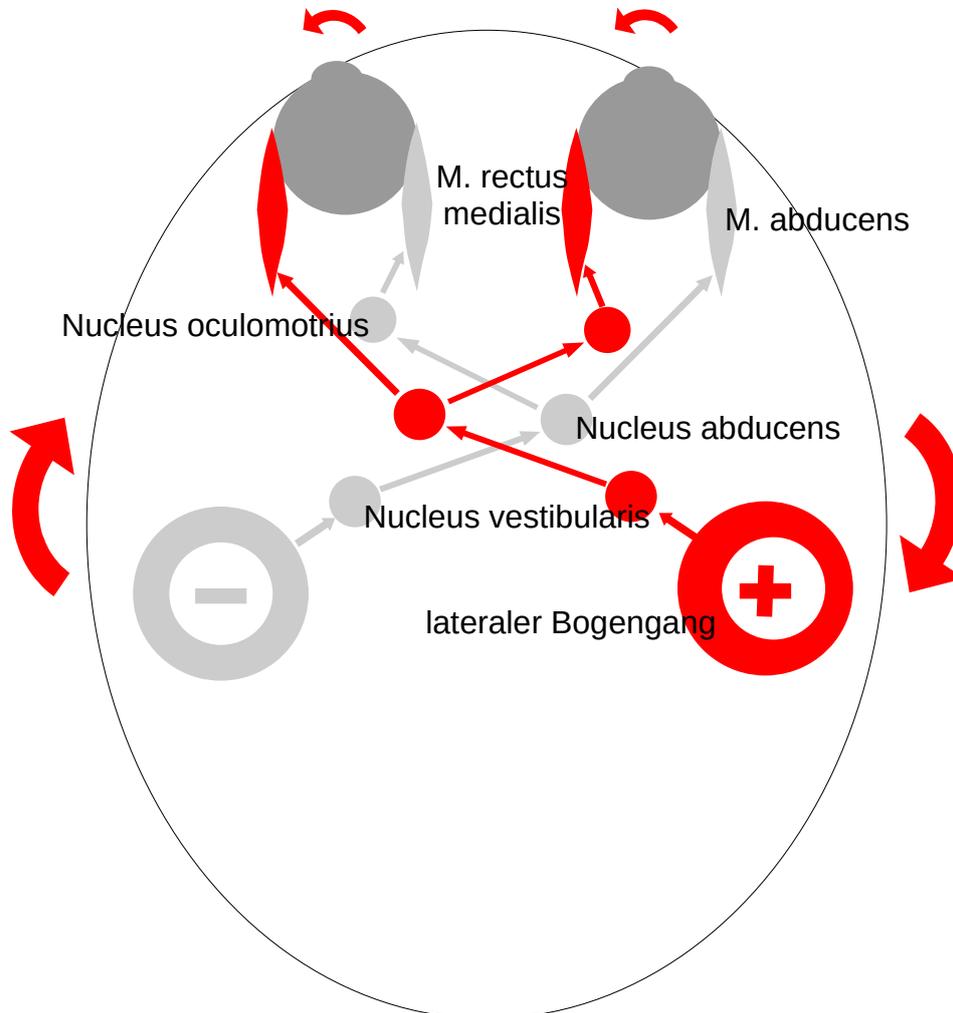
- Elektrocomputernystagmographie (ECNG)
  - Vorteile
    - ▶ einfache Bedienung.
    - ▶ große Auswahl von Beurteilungskriterien: automatische Auswertung von Nystagmusparametern wie Frequenz, Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase. Gesamtamplitude etc..
    - ▶ Möglichkeiten der Softwareerweiterung.
    - ▶ übersichtliche Bildschirmgraphiken, fortleitende Aufzeichnung von Reaktionen.
    - ▶ Dokumentation,
    - ▶ Speichermöglichkeiten
    - ▶ im abgedunkelten Raum und bei geschlossenen Augen (ohne optische Störeinflüsse) möglich => auch feinste latente Nystagmen aufdeckbar
  - Indikation
    - ▶ Dokumentation und Verlaufskontrolle peripher-vestibulärer Erkrankungen,
    - ▶ Differenzierung von zentralen und peripheren Schwindelbeschwerden
    - ▶ Objektivierung von Kompensationsvorgängen
  - Prinzip
    - ▶ Auge ist elektrischer Dipol (Kornea positiv, Retina negativ), 1 mV (andere Quellen: bis 10 mV)
    - ▶ Augenbewegung => Spannungsänderung 15-200 pV (andere: bis einige  $\mu\text{V}$ )
  - Bedingungen
    - ▶ ausreichende Vigilanz nötig: Musik / Rechenaufgaben geeignet.
    - ▶ Raum abgedunkelt
  - Technik
    - ▶ Aufzeichnung 2,5 - 20 mm/s
    - ▶ Hautwiderstand senken
    - ▶ Bulbusbewegungen → Potenzialänderungen in horizontaler und vertikaler Richtung → Silberchloridelektroden → Vorverstärker (80 dB) → AD-Wandler → PC
    - ▶ obere Grenzfrequenz 7,5-15-30Hz
    - ▶ ZK: 1-2-4s (bei Wechselfrequenzableitung; unendlich bei Gleichspannungsableitung)
    - ▶ Platzierung der Elektroden: 1 cm lateral des äußeren Lidwinkels
  - Beispiel: ENG-Aufzeichnung bei thermischer Reizung (exakte Messung, rechnerischer Vergleich)
    - ▶ Gegenüberstellung beider Ohren
      - maximale Geschwindigkeit der langsamen Komponente, über 10 sec gemittelt
      - Kulminationsschlagzahl: 30-sec-Intervall (auch mit Frenzelbrille meßbar)
- Videookulographie. Video-CNG, VOG
  - Vorteile
    - ▶ Beobachtung und Dokumentation von Augenbewegungen.
    - ▶ einfache Handhabung ohne Elektroden,
    - ▶ hohe Genauigkeit durch Artefaktreduzierung.
    - ▶ automatische Kalibrierung.
    - ▶ optische Verlaufskontrolle auf dem Bildschirm.
    - ▶ vollautomatische Nystagmusanalyse.
    - ▶ Archivierung der Messdaten in einer Datenbank. Videorekorder.
  - Mangel:
    - ▶ Keine Untersuchungsmöglichkeit bei geschlossenen Augen.
  - Aufzeichnungen:
    - ▶ zweidimensional: horizontal und vertikal
    - ▶ dreidimensional: + torsional (rotatorisch)
    - ▶ Analyse von Sakkaden mit Hochfrequenz-Videokameras
    - ▶ Untersuchungen in hellen Räumen mit lichtdichten Masken
    - ▶ Untersuchung langsamer Blickfolgebewegungen und eines optokinetischen Nystagmus mit halbdurchlässigen Spiegeln oder Kameraführung von unten möglich
- Einzeluntersuchungen mit ECNG, CNG oder Video-CNG
  - Kalibrierung:

- ▶ abgedunkelter Raum: 15 min Dunkelheit adaptieren (korneoretinales Potenzial ändert sich)
- ▶ Spannungsdifferenz ermitteln bei Blickwinkel von 20° in 2 m Entfernung aufblinkender Leuchtdioden
- Suche nach Spontannystagmus (30-60 s)
  - ▶ im CNG auch bei 20% der Gesunden (nicht unter Leuchtbrille)
  - ▶ Schlagzahl über 30 s bzw. Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase in °/s
  - ▶ Amplitude altersabhängig, Kinder haben häufig sehr hohe Amplituden
- Suche nach Blickrichtungs- und Fixationsnystagmus
  - ▶ Blickrichtungs-nystagmus: 10-20s ± 30° fixiert (Lämpchen)
  - ▶ Fixationsnystagmus: Gegenstand in unterschiedlicher Entfernung fixieren
- Prüfung der glatten Blickfolge (smooth pursuit)
  - ▶ Pendelblickfolgetest als Screening-Untersuchung
  - ▶ <60°, <40°/s (Laserpunkt, angeleintes Objekt)
  - ▶ normal: bis 50°/1Hz keine Probleme
- Sakkadentest (schnelle Augenfolgebewegungen)
- optokinetische Prüfung
  - ▶ Mit Drehtrommel
- Langzeitdrehprüfung
  - ▶ Kupulaauslenkung nach ca. 30-60 s bei konstanter Drehung beendet, Nystagmus verschwindet
  - ▶ nach Stop: Nystagmus in Gegenrichtung („Postrotatorius I“), dann evtl. noch 1-2x Umkehr („Postrotatorius II/III“),
    - pathologisch:
      - Postrotatorius III ist Enthemmungsphänomen
      - Seitendifferenz
- Pendeldrehprüfung
  - ▶ rascher Wechsel der Kupulareaktionen und der perrotatorischen Nystagmen
  - ▶ ! meiste handelsübliche Drehstühle: Stuhlbewegung nach rechts → Kurvenauslenkung nach unten; Rechtsnystagmus schnelle Phase nach oben
  - ▶ Anzahl der Nystagmen oder Gesamtamplitude von 3-5 Rechts- bzw. Linksperioden, Aufzeichnung ähnlich thermischer Prüfung (Dreieck)
  - ▶ im Kindesalter hohe Amplituden
  - ▶ Spontannystagmus geht in die Beurteilung ein
  - ▶ Auswertung
    - Labyrinthausfall:
      - akut: Nystagmus kaum beeinflussbar
      - Beginn der Kompensation: umkehrbar
      - volle Kompensation: gleich viele perrotatorische Rechts- und Linksnystagmen
    - Zentrale / okuläre Störungen
      - Augenreaktionen u.U. nicht durchbrechbar
      - auch möglich: perrotatorische Stimulation dominiert, von Zentralschäden unbeeinflusst
- Optokinetische Prüfung (vor allem für die Diagnostik zentraler okulomotorischer Funktionsstörungen)
  - ▶ schwarzweiß Streifentrommel (Kinder Bildertrommel) → Folgenystagmus
  - ▶ pathologisch:
    - Seitendifferenzen der Geschwindigkeiten der langsamen Phase des OKN ab 20%
      - bei Hirnstammläsion
      - einseitige Hemmung durch eine Hemianopsie aufgrund einer Chiasmaläsion, Störung in der Formatio reticularis oder Region oberhalb des Chiasmata
    - beidseitige Verminderung der Augengeschwindigkeit gegenüber dem Reizmuster
    - SpN: bewirkt Asymmetrie
    - kongenitaler Pendelnystagmus: Inversion des OKN möglich
- Optokinetischer Afternystagmus (OKAN)
  - ▶ nach optokinetischer Stimulation

- ▶ einseitige Labyrinthektomie / Neurektomie → erst deutliche Reduktion des ipsilateralen OKAN mit nachfolgender Erholung
- ▶ gut zur Dokumentation der zentralen Kompensation

#### 5.4. Kopffimpulstest

- Prüfung des vestibulooculären Reflexes (VOR)
  - In allen Raumebenen erfolgt bei Kopfdrehung Gegenbewegung der Augen, Beispiel laterale Bogengänge bei seitlicher Kopfdrehung:



##### 5.4.1. klinischer Test

- Untersucher sitzt Patient gegenüber, fixiert Untersucher, Untersucher dreht ruckartig Kopf des Patienten
  - normal: Augen bleiben auf Untersucher fixiert
  - pathologisch: Augen drehen mit und schlagen verspätet auf Untersucher zurück

##### 5.4.2. technischer KIT: Video-Kopffimpulstest

- Untersuchung aller 6 Bogengänge möglich
- Beobachtung / Analyse mittels Videobrille
- Durchführung: (Angaben von Stephan Lippert, UKD)
  - Pat. Sitz aufrecht und gerade auf dem Stuhl
  - Die Brille muss fest sitzen und darf bei Bewegungen (Impulsen) nicht verrutschen
  - Abstand Patient – Fixationspunkt ist relativ egal, da Kalibrierung erfolgen muss vor jeder Messung (lat., RALP, LARP) – ca. 1 – 1,5 m
  - Während der gesamten Messung behält Patient Position bei, nur der Kopf wird entsprechend gedreht (!)

##### 1. Kalibrierung

- Blick gerade aus

- Laser einschalten, dabei sollten die roten Punkte und der Fixationspunkt waagrecht an der Wand dargestellt sein, andernfalls Brille korrigieren
- Pat. Schaut den Punkten hinterher
- Kalibrierung muss nur 1x durchgeführt werden!
- Optimaler Wert: 10
- Falls bei einem Patienten nicht möglich, kann auf einen Standardwert zurückgegriffen werden (= Wert v. Normkollektiv)
- *Ich* arbeite primär mit der Einstellung „Pupillenposition“, bessere Einstellung möglich

## 2. Laterale Bogengänge

- Kurze, „ruckartige“ Impulse nach rechts und links, ca. 20° Auslenkung dabei ausreichend
- Richtung dem Patienten nicht mitteilen, dieser muss andauernd fixieren
- Pro Seite ca. 10 – 15 Impulse ausreichend
- Physiologischer GAIN: 0,8 – 1,2

## 3. LARP

- Pat. Bleibt gerade sitzen, der Kopf wird ca. 40° nach rechts gedreht, entsprechend muss der Pat. Nach links schauen zum fixieren
- Sollte Punkt nicht erkennbar sein, kann dieser minimal verrückt werden (waagrecht!), bis dieser erkennbar ist
- CAVE: wird der Punkt zu weit verrückt, ist die Augenposition fast mittig, somit erfolgen nur erschwert Augenbewegungen nach unten und oben!
- Fehlerquelle!
  - ▶ Es ist zwingend darauf zu achten, dass der Kopf des Patienten nun nach vorn und hinten bewegt wird, Richtung Fixationspunkt und zurück
  - ▶ Die Impulse dürfen nicht in die Drehrichtung erfolgen
    - → Stimulation falscher Bogengang!
- 10 – 15 Impulse
- Eine erneute Kalibrierung ist vorher NICHT notwendig
- Physiologischer GAIN: 0,7 – 1,2

## 4. RALP

- Pat. Bleibt gerade sitzen, der Kopf wird ca. 40° nach links gedreht, entsprechend muss der Pat. Nach rechts schauen zum fixieren
- Sollte Punkt nicht erkennbar sein, kann dieser minimal verrückt werden (waagrecht!), bis dieser erkennbar ist
- CAVE: wird der Punkt zu weit verrückt, ist die Augenposition fast mittig, somit erfolgen nur erschwert Augenbewegungen nach unten und oben!
- Fehlerquelle!
  - ▶ Es ist zwingend darauf zu achten, dass der Kopf des Patienten nun nach vorn und hinten bewegt wird, Richtung Fixationspunkt und zurück
  - ▶ Die Impulse dürfen nicht in die Drehrichtung erfolgen
    - → Stimulation falscher Bogengang!
- 10 – 15 Impulse
- Eine erneute Kalibrierung ist vorher NICHT notwendig
- Physiologischer GAIN: 0,7 – 1,2

## 5. Beurteilung

- GAIN
  - ▶ beschreibt das Verhältnis von Kopfbewegung und Augenbewegung
  - ▶ ein optimal gegebener Impuls liegt bei ca. 150 – 200°/s (theoretisch, praktisch schwer und viel Übung erforderlich)
  - ▶ GAIN optimal: 1,0 (praktisch unmöglich, schwer zu erreichen)
  - ▶ GAIN < 0,7 bzw. 0,8 = Funktionsstörung des jeweils untersuchten Bogenganges (Augenbewegungen können aufgrund von Sakkaden den Kopfbewegungen nicht folgen)
- Sakkaden
  - ▶ Overt- Sakkaden:
    - Rückstellsakkaden treten nach einem Kopfpuls auf
    - Ca. nach 100 – 150 ms und später

- Ist auch im klinischen Kopffimpulstest erkennbar!
- ▶ Covert- Sakkadden:
- Rückstellsakkadden treten „versteckt“ während des Kopffimpulses auf
  - Ca. nach 10 ms erste Sakkadden erkennbar!
  - Im klinischen Kopffimpulstest nicht erkennbar!
  - ▶ Sakkadden sehr oft deutlich höher als Impulse und treten gebündelt auf (reproduzierbar) - GAIN dabei immer pathologisch
  - ▶ Sehr gut in 3D- Ansicht erkennbar
- Nystagmus
  - ▶ Spontannystagmus kann auf der gesunden Seite erkennbar sein: wird nach unten abgetragen (sieht aus wie Sakkadden, nur nach unten)
  - ▶ Nicht jeder Spontannystagmus bzw. Bogengangproblematik im vKIT erkennbar

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Typ. Befunde mit Sakkadden

- Neuropathia vestibularis (dabei kann Topodiagnostik betrieben werden welche Bogengänge und die dazugehörige Zuordnung N. vest. Inf. / sup.)
- M. Meniere
- Bilat. Vestibulopathie

### 6.2 Befunde ohne Sakkadden

- Möglich bei BPLS (benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel)
- Zentrale Läsionen (typ. Differenzen zw. Kalorik und vKIT)
- ...

### 6.3 physiologische Sakkadden

- im Vergleich zu den pathologischen häufig kleiner und müssen auch nicht gebündelt auftreten
- GAIN physiologisch!

### 6.4 GAIN > 1,2

- theoretisch nicht möglich, da Augenbewegungen schneller als Impulse sein müssten
  - ▶ Ausnahme: bei zentralen Läsionen möglich
- Ggf. Brillenposition korrigieren, genauere Anweisung an Patienten!

## 7. Überprüfung und Nachbearbeitung der Befunde

- Augenbewegungen / Artefakte entfernen
- Ggf. impulse mit pathologischem bzw. erhöhtem GAIN entfernen, wenn genügend gute Impulse vorhanden
- Ggf. kurze Qualitätsbeurteilung

## 8. Übungstip

- Wer mit dem Betriebssystem Apple arbeitet, kann sich eine APP herunterladen (genaue Bezeichnung weiß ich nicht, vermutlich Kopffimpulstest Otometrics...?)
- Diese zeigt alle Bogengänge farblich markiert und man kann sich dabei die einzelnen Ebenen durch Drehen des Handy bzw. Tablet anzeigen lassen und üben J

## 5.5.VEMP - Vestibular-Evoked Myogenic Potential

- c-VEMP = cervical
- o-VEMP = orbital
- [I]
  - Neuritis vestibularis
  - Morbus Menière
  - Vestibularisschwannom
  - Mb. Parkinson ...
- Vorteil: z.B. Schwannom am N. vestibularis inferior → thermische Prüfung des horizontalen Bogengangs unauffällig (s. Abb. 1)
- [D]
  - Reizung: LL / KL, meist 95dB, 500 o. 1000Hz, Klicks o. Tonebursts (Reizlautstärken in der Literatur: 85 – 140(!!!)dB)
  - Muskelvorspannung, möglichst Bio-Feedback-korrigiert (EMG)
    - ▶ cVEMP: Kopf angehoben, Kopfdrehung zur Untersuchungsseite
    - ▶ oVEMP Blick nach oben

- Ableitung: cVEMP 1/3 Sternocleidomastoideus gegen Mastoid, Erde Fpz; oVEMP Io gegen Wangenknochen
  - ▶ einfache Summation oder EMG-berichtigte Umrechnung; Letztere zur Erfassung von Seitenunterschieden günstiger
- Antwort: wahrscheinlich 2 Generatoren mit 300 und 1000Hz Resonanzfrequenz
  - ▶ cVEMP P13, N23, beim Meerschweinchen vom Sacculus, aber Hinweise auf verschiedene vestibuläre Rezeptoren; späterer N34-P44-Komplex ist cochleär;
  - ▶ oVEMP N-P-Ablauf, Latenzen zwischen 13,3 und 17,9 ms, nach anderer Quelle 15,4 ± 1,3ms

Untersuchungen der Vestibularisteile: ✓ = normal X = pathologisch, S=N. vestibularis superior; I=N. vestibularis inferior, siehe Abbildung zu Anatomie / Physiologie oben

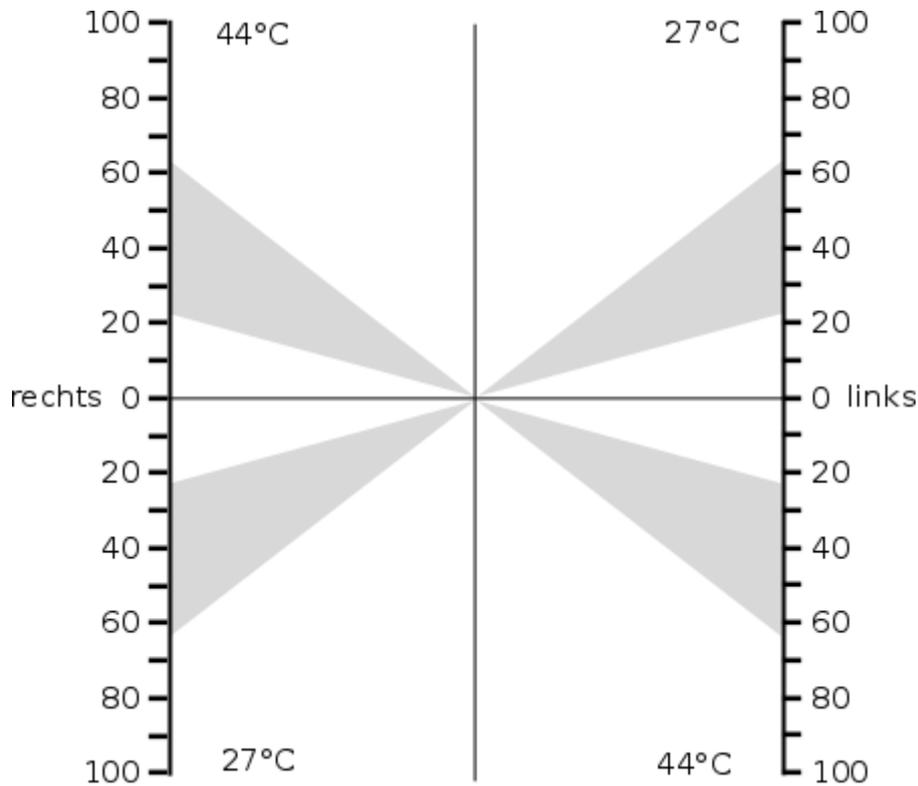
		normal	Neuritis N. vestibularis superior	Neuritis N. vestibularis inferior	Einseitiger Vestibularisausfall
S	Horizontale Kopfdrehung zum ipsilateralen horizontalen Bogengang	✓	X	✓	X
S	Kopfnickimpulstest in der Ebene des ipsilateralen anterioren Bogengangs, Nase nach unten	✓	X	✓	X
S	oVEMP n10 unter kontralateralem Auge, KL auf Fz oder LL (utriculäre Macula)	✓	X	✓	X
I	cVEMP p13-n23 auf ipsilateralem M. Sternocleidomastoideus (SCM), KL auf Fz oder LL (sacculäre Macula)	✓	✓	X	X
I	Kopfnickimpulstest in der Ebene des ipsilateralen posterioren Bogengangs, Nase nach oben	✓	✓	X	X

## 5.6.Prüfung der Erregbarkeit der Vestibularorgane: „experimentelle Gleichgewichtsprüfung“

- thermische Prüfung, rotatorische mit Drehstuhl, Halsdrehtest, Kopfnickimpulstest

### 5.6.1.kalorische Gleichgewichtsprüfung

- warmes Wasser: 44°, kaltes 30°: beim Gesunden Nystagmus durch Endolymphströmung -> Cupulareizung; über vestibuloocolären Reflex (VOR) Nystagmus; warm zur Prüf-, kalt zur Gegenseite
- bei Trf.-Schäden: Prüfung mit warmer / kalter Luft
- bei Resterregbarkeit geschädigtes Gleichgewichtsorgan: zusätzlich 20°C (Starkreiz)
- beidseitige Prüfung zum Seitenvergleich; bei Verwendung Frenzelbrille im Sitzen; bei Ableitung über ENG: Liege, Kopf 30° angehoben („Optimumstellung“), Spüldauer 30sec; 50-100ml (laut Literatur bis 250ml/30sec!)
- **thermische Gleichgewichtsprüfung mit Frenzelbrille:** Beginn mit Warmreiz, bei seitengleicher Antwort Abbruch: Normalbefund, sonst Fortsetzung mit Kaltspülung; Pausen: 7-10min (5-8min)
- **Bewertung:** Schläge / 10sec - SpN
  - Werte für kalt- und Warmspülungen in Nomogramm (nach Claussen) eintragen



- Summe der 44/30°-Spülungen addieren und gegenüberstellen

- Seitendifferenz SD (%) =  $\frac{((RW + RK) - (LW + LK))}{(RW + RK + LW + LK)} * 100$

- Richtungsüberwiegen RÜ (%) =  $\frac{((RW + LK) - (LW + RK))}{((RW + LK + LW + RK))} * 100$

► Richtungsüberwiegen muß nicht pathologisch, aber kann Hinweis auf verborgenen Sponannystagmus / zentral-vestibuläre Störung sein

Kalorisches Ergebnis	Parameter	Grenzwerte
SD	GLP	20-25%
	Frequenz	15-20%
RÜ	GLP	30%
	Frequenz	20%

- Problem: geringe Spezifität, der Mittelwert der Seitendifferenz bei Gesunden beträgt 21%!
- Geschwindigkeit der langsamen Phase GLP / slow component velocity SCV
  - eigene Normwerte für abweichende Bedingungen erforderlich!
  - warm 44°C / kalt 30°C, 250 ml in 30 Sekunden
  - Hypoaktivität < 6°/sec kalt, <11°/sec warm
  - Hyperaktivität > 50°/sec kalt, > 80°/sec warm
    - (Barber HO, Stockwell CW. Caloric test. In: Manual of electronystagmography, St. Louis, CV Mosby Co, 1976:141-163)

### 5.6.1.1. Rotatorische Gleichgewichtsprüfung

- Mittels Drehstuhl

- computergesteuerte und kontrollierte Drehprüfungen: Variation der Geschwindigkeit, Beschleunigung und anderer Parameter -> Differenzierung zentraler und peripherer Gleichgewichtsstörungen
- Einsetzen / Abbremsen einer Drehbewegung führt zu Endolymphfluß
- Unterschied zu thermischer Reizung: beidseits gleichzeitig
- Beschleunigung nach rechts -> Rechtsnystagmus
- Bremsung aus Rechtsdrehung -> Linksnystagmus (siehe 5A-Regel)

### 5.6.2. Halsdrehtest

- Untersuchung, ob Gleichgewichtsstörung auf Schädigung im Halsbereich beruht
- Stuhl wird bei fixiertem Kopf um 60° gedreht
  - 1. Muskel-, Sehnen-, Gelenkrezeptoren haben Verbindung zu Kleinhirn-Gleichgewichtskernen, sofortiger Nystagmus
  - 2. Einengung A. vertebralis -> Gleichgewichtsstörung, Nystagmus setzt verzögert ein

### 5.6.3. oculomotorische Untersuchungen

- Prüfung
  - der langsamen Blickfolgebewegung: Sinusblickpendeltest
    - ▶ mit ENG gekoppelt, Blick auf schwingendes Pendel
    - ▶ normal: Sinuskurve
    - ▶ pathologisch: treppenförmig („sakkadiert“)
  - des optokinetischen Nystagmus bei bewegtem Objekt
    - ▶ Blick auf rotierendes Muster (z.B. Trommel) mit verticalen Streifen
    - ▶ reflektorische Folge- und schnelle Rückstellbewegung
    - ▶ zentrale Störungen: bei zentralen Schäden arrhythmisch bzw. deformiert / Stillstand
  - der Fixationssuppression (vestibulär ausgelöster Nystagmus durch optische Fixation unterdrückt)
    - ▶ Dominanz des optischen über vestibuläres System -> Nystagmus bei Punktfixation unterdrückt
    - ▶ experimentell (z.B. thermisch) erzeugten Nystagmus sistiert bei Betrachtung eines Lichtpunktes
    - ▶ funktioniert bei peripheren Störungen
    - ▶ ist bei zentralen Läsionen / Alkoholgenuß gestört

### 5.6.4. Nystagmus zur Anderen Seite (5-A-Regel)

- Ausfall des Vestibularorgans
- Kaltspülung
- Anhalten einer Drehung
- Aspiration zur Prüfung des Fistelsymptoms

## 6. Pädaudiologie

### 6.1. Ätiologie und Pathogenese von kindlichen Hörstörungen

- Ätiologie = Ursachen / Pathogenese = Vorgänge der Krankheitsentstehung
- [Ä]
  - genetisch
    - ▶ familiäre Schwerhörigkeiten (viele dominant / rezessiv erbliche)
    - ▶ Down-Syndrom
    - ▶ ...
  - pränatal erworben durch mütterliche
    - ▶ Röteln, Syphilis, Toxoplasmose
    - ▶ ototoxische und teratogene Medikamente, Alkoholabusus
    - ▶ Sauerstoffmangel
    - ▶ Diabetes mellitus
  - perinatal erworben
    - ▶ Geburtsgewicht <1500g
    - ▶ Meningitis

- ▶ Fruchtwasseraspiration (Einatmen von Fruchtwasser) bei der Geburt
- ▶ sehr starke Gelbsucht
- postnatal
  - ▶ Meningitis, Masern, Mumps, ...
  - ▶ Schädeltrauma (-verletzung)
  - ▶ ototoxische Medikamente

## 6.2.Höruntersuchungen

- angelehnt an die typischen Vorsorgeuntersuchungen U 2 bis U 7
- - U 2 (3. – 10. Lebenstag)
  - Hörtest für zu Hause: Lidreflex / Mororeflex bei überschwelligen Geräuschen, Bewegungsänderungen in der Mimik, Augenweitstellungen bei Beschallung vorhanden.
  - Subjektive Audiometrie: Reflexaudiometrie, Reaktionsaudiometrie
  - Screening mit objektiver Audiometrie verpflichtend: OAE oder AEP, bei auffälligen Befunden beide
- - U 3 (4. - 6. Lebenswoche)
  - Hörtest für zu Hause: Aufschrecken bei lauten Geräuschen und Verhaltensänderung, Blinzeln bei unerwartetem, lautem Geräusch (Lidreflex), Beruhigung bei Zuspruch durch die Mutter, Lauschen auf den Ton eines Glöckchens, Augenbewegungen in Richtung der Schallquelle.
  - Subjektive Audiometrie: Reflexaudiometrie, Reaktionsaudiometrie mit Knochenleitungshörer, Lärmtrummel (Baranytrummel)
  - Objektive Audiometrie: ALGO 2, TOAE, Stapediusreflexmessung, BERA
- - U 4 (3. - 4. Lebensmonat)
  - Hörtest für zu Hause: Versuch den Kopf in Richtung auf eine Schallquelle zu drehen, sichere Augenbewegungen zur Schallquelle, Lauschen auf einen Ton, Aufwachen beim Eintreten in das Schlafzimmer oder Herantreten an das Bettchen (ohne Berührung), Beruhigung durch Ansprache / Musik, Versuch mitzusprechen, wenn die Mutterstimme zu hören ist, Suchen der Schallquelle, wenn das Geräusch von der Seite kommt.
  - Subjektive Audiometrie: Reflexaudiometrie, Knochenleitungsaudiometrie, Richtungshörprüfung rechts-links, Lärmtrummel,
  - Objektive Audiometrie: ALGO 2, TOAE, BERA Stapediusreflex
- - U 5 (6. – 7. Lebensmonat)
  - Hörtest für zu Hause: Interessiertes Beobachten der Gespräche in der Umgebung, Reaktion auf Zuruf, Suchen und Finden der Schallquelle seitlich und unten, deutliches Lauschverhalten, Freude an Musik ( Lächeln und Schaukeln), weiter Lautieren, wenn Musik und Sprache plötzlich aufhören, vermehrtes Lallen melodisch (2.Lallphase).
  - Subjektive Audiometrie: Knochenleitungsaudiometrie, Richtungshörprüfungen-rechts-links-unten, Reaktionsaudiometrie, Lärmtrummel, Schreckreaktion
  - Objektive Audiometrie: TOAE, Stapediusreflexmessung, BERA
- - U 6 (10. - 12. Lebensmonat)
  - Hörtest für zu Hause: Verstehen von Verboten, Reaktion auf leise Zusprache (bei 1-2 m Entfernung), Reaktion auf Musik mit Suchen der Schallquelle seitlich, unterhalb und oberhalb der Ohren, verständliches Sprechen von 1-2 Wörtern, Verdoppelung von Silben, Sprechen mit sich selbst.
  - Subjektive Audiometrie: Richtungslokalisation (alle Ebenen), Verhaltensbeobachtungs-/ Ablenkungs-Audiometrie, Lärmtrummel
  - Objektive Audiometrie: TOAE, Stapediusreflex, BERA
- - U 7 (21. - 24. Lebensmonat)
  - Hörtest für zu Hause: Verstehen von Flüstern und leise gesprochener Aufforderung (1 m Abstand: Wo ist die Mama?- Wo ist deine Nase?); Verstehen, wenn leise in das Ohr gesprochen wird (Gib mir den Ball), Verstehen zweier kleiner Aufträge, wie: Hol das Auto und bringe es dem Papa.
  - Subjektive Audiometrie: Spieldaudiometrie (Konditionierungsaudiometrie)
  - Objektive Audiometrie: TOAE, BERA, Stapediusreflex

### 6.3. Akustische Stimuli für Kleinkinder

- Reize
  - gepulste Sinustöne, Wobbeltöne, interessante Geräusche (Pfeifen, Hundegebell, Säuglingsgeschrei, Kinderlieder)
- Barany-Lärmtrommel
  - NG / Sgl. mit Olive 5cm vor Ohr weckbar
  - ab 4. Monat mit 2 Lärmtrommeln auch Richtungshören überprüfbar (seitlich)
  - 7 Monate: unten lokalisierbar
  - 13 Monate: oben lokalisierbar
- Glocke / Tamburin
- Gasdruck-Signalhorn
  - über 120dB, lauteste verfügbare Schallquelle
  - bei V.a. Taubheit oder zur Feststellung von Resthörigkeit bei pathol. BERA

### 6.4. Reflexprüfungen

- Acustico-palpebral-Reflex
  - Aurikolo-palpebral-Reflex, der oberhalb von 80 dB Lautstärke auslösbar und durch ein Schließen der Augenlider (Lidreflex) gekennzeichnet ist. Als Reize sind Rasseln, Trommeln oder Händeklatschen geeignet. Dieser Reflex ist bei 96 % der gehörgesunden Kinder nachweisbar und bleibt während des gesamten Lebens in abgeschwächter Form erhalten
- Schreckreflex nach MORO
  - Schreckreflex, auslösbar bis zum Ende des 4. Monats. Dieser Reflex wird ebenfalls durch überschwellige akustische Reize (=Reize, die in ihrer Lautstärke oberhalb der Hörschwelle liegen) ausgelöst, z.B. durch eine Lärmtrommel

### 6.5. Screeningmethoden

- Geräuschzuwendungsaudiometrie
  - Weitere Möglichkeiten: Bei jüngeren Kindern (bis 2,5 Jahren) ist die Beobachtung der Reaktion (z.B. Kopfwendereaktionen) auf Hörprüfsignale im Freifeld (akustische Reize werden über Lautsprecher im Hörprüfraum dargeboten) möglich.
- TEOAE
- BERA

### 6.6. Audiometrie im Kleinkindalter

- Reaktionsschwellenaudiometrie im freien Schallfeld
  - Reaktionsschwellen (unbewußte Hörreaktion) durch Reifung der Hörbahn altersabhängig
    - ▶ NG 80dB
    - ▶ 3Mon 60dB
    - ▶ 6Mon 50dB
    - ▶ 1a 40dB
    - ▶ 18 mon 30dB
    - ▶ 2a 20dB
    - ▶ 4a 10dB
  - Seitentrennung nicht streng möglich (freies Schallfeld)
  - Lokalisation funktioniert nur bei Seitendifferenzen <20dB
  - Reaktionen (innerhalb 2s):
    - ▶ Wimpernzucken (Auropalpebralreflex)
    - ▶ leichtes Schütteln des Körpers
    - ▶ Augenöffnen
    - ▶ leichte Kopfbewegung zur Schallquelle
    - ▶ kurze Bewegung Arme / Beine
    - ▶ Atemhemmung (meist in Inspiration)
    - ▶ Kombination 1-6
- Zuwendungsaudiometrie
  - ab 4. Monat Lokalisationsfähigkeit

- ringförmige Lautsprecheranordnung, z.B. Mainzer Kindertisch
- örtlich wechselnde Stimuli -> Hinwendung
- Lautstärkeverringern -> Hinwendungsschwelle
- Spielaudiometrie
  - Verschiedene Möglichkeiten; Beispiel: Steckspiel
- für bisher genannte 2 Untersucher: einer bietet Stimuli an, zweiter beobachtet Kind, ohne Stimuli zu hören und signalisiert Reaktion
- Audiometrie nach eigenen Angaben des Kindes
  - ab ca. 3 Jahren möglich
  - Wie TSA des Erwachsenen
  - Kind muß angeben, wenn es einen Ton hört
  - Schwellenbestimmung für mehrere Frequenzen
  - erfordert aktive und konzentrierte Mitarbeit des Kindes; evtl. unmöglich

## 6.7. Objektive Methoden

- Impedanzaudiometrie
  - Stapediusreflexmessung und Tympanogramm
    - ▶ -> Druck im Mittelohr und die Beweglichkeit des Trommelfells
    - ▶ -> Nachweis von Paukenergüssen (flaches Tympanogramm)
    - ▶ normaler Mittelohrdruck (Mittelohrdruck = Außendruck +/- 50mmWS): Stapediusreflex auslösbar
    - ▶ Screeningmethode: (Suchtest/Siebttest) 1 000 Hz 95dB
- AEP
  - gebräuchlichste Form: frühen Hirnstammpotentiale (FAEP, BERA), d.h. die Ableitung der Potentiale der Hirnregionen, die dem Hörorgan benachbart sind.
  - besonders aussagekräftig im mittleren Frequenzbereich (1000 - 4000 Hz), Hörschwelle mit großer Genauigkeit
  - [I]: unsichere Hörschwelle: Hirnstammpotentialen untersuchen
  - an definierten Punkten der Kopfoberfläche EEG abgeleitet
  - rechnergestützt aufbereitet -> Kurve
  - neuer: frequenzspezifische BERA (notched noise BERA), Feststellung Hörschwelle in 4 Frequenzbereichen (500, 1000, 2000, 4000 Hz)
- OAE
  - Otoakustische Emissionen
  - T-OAE's (Transitorisch evozierte otoakustische Emissionen) haben sich durchgesetzt
  - Gehörgang mit Meßsonde mit Lautsprecher und Mikrophon abgedichtet
  - Lautsprecher: kurzer akustischer Reiz (Klick)
  - Innenohr nimmt diesen Reiz über Trommelfell und Gehörknöchelchen auf und produziert selbst Töne, die das Hörorgan rückwärts über Gehörknöchelchen und Trommelfell wieder verlassen und im Mikrophon der Meßsonde registriert werden.
  - Rechneraufarbeitung, graphische Darstellung
  - -> überschlägige Beurteilung des Hörvermögens im Bereich zwischen 1000 – 5000 Hz
  - Hörstörungen über 20 – 30 dB(A): Ausbleiben der OEA's.
  - Neugeborenen-Screening OAE
  - Sonderform der objektiven Audiometrie: Neugeborenen-Screening-Untersuchung
  - bereits in ersten Lebenstagen otoakustischer Emissionen (Echoscreen) oder mit einer vereinfachten Form der BERA (ALGO- Gerät)
  - Untersuchungsdauer Otoakustische Emissionen: 5 bis 20 Minuten
  - für das Kind nicht belastend, schmerzfrei.
  - Vgl: Untersuchungsdauer BERA etwa 45 Minuten, bei ruhigen Kindern im Wachzustand, bei unruhigen Kindern nach vorheriger Gabe von beruhigenden Medikamenten, ebenfalls schmerzfrei
- Allgemeine Voraussetzungen
  - Wichtig ist, daß alle diese Untersuchungen ohne akustische Störung durchgeführt werden. Aus diesem Grunde werden sie oft in einer schalldichten Kabine abgeleitet.

## 6.8. Sprachaudiometrie

- überwiegend zur Hörgeräteanpassung
- Mainzer Kindertest
  - Für 3-8jährige, 3 Stufen,
  - Einsilber und Zweisilber
  - Test I (4a): Tafel mit 5 sich wiederholenden Bildern
  - „Zeig mir den Bär!“ usw., ohne Nachsprechen
  - Test II (4-5a): 25 Wörter, je zweimal geprüft und nachgesprochen
  - Test III (6-8a): 50 Wörter, je einmal
  - Bewertung: Prozentzahl verstandener Wörter
    - ▶ 50% bei 20-22dB
    - ▶ Normalbefund: 100% Wortverständlichkeit bei 50dB
    - ▶ pathologisch: keine volle Wortverständlichkeit oder erst bei größeren Lautstärken
    - ▶ zusätzlich zu beurteilen
      - Wortschatz
      - Auffälligkeiten in der Artikulation
      - Motivation
      - zusätzliche Beeinträchtigungen
    - ▶ Achtung: intelligente Kinder über 5 Jahre können Begriffe raten, womit leichte SH übersehen werden kann
- Göttinger Kindersprachtest
  - für 3-6jährige, 2 Stufen
  - Test I: (3-4a, retardierte Kinder) 20 Wörter
  - Test II (5-6a) 100 Wörter
  - nur Einsilber, Bildertest
- Jakobi-Albrecht
  - kindgerechte Wörter (z. B. Ball, Hund, etc.)
  - ganze Sätze (z. B.: Rieche an der Blume!)
  - beziehen sich auf Spielzeug
- Uttenweiler
  - Dichotischer Diskriminationstest, ähnlich Feldmann-Test
  - modifiziert für Kinder
  - verschiedene Wörter gleichzeitig auf beide Ohren
  - Untersuchung auf Störungen der zentralen Hörbahn
  - frühestens ab Schulalter; 2.-3. Klasse 100% erreichbar
  - abhängig von Konzentration und Kurzzeitgedächtnis
  - Beispiel:
 

<i>Gruppe C:</i>	<i>rechtes Ohr</i>	<i>linkes Ohr</i>
	der Weihnachtsmann	das Schaukelpferd
	die Eisenbahn	das Kinderbett
	die Haustüre	der Luftballon
	der Fußboden	die Gießkanne
	die Autobahn	das Riesenrad

## 7. Hörgeräteversorgung / Apparative Rehabilitation

- Funktionsschema von Hörgeräten
  - vereinfacht: Mikro-Verstärker-Hörer
  - digitales Hörgerät: [Folie]

### 7.1. Bauformen von Hörgeräten

- HdO: Einsprechöffnung am Oberrand der Hörmuschel => Richtungshören; einige Geräte mit Richtmikrofonen
- IO: in der Concha oder im Gehörgang; CIC: completely in the canal, über Nylonfaden entnehmbar; Schallaufnahme am physiologischsten
- Custom-Made-im-Ohr-Geräte: individuell angepasstes Gehäuse

- Modul-im-Ohr-Geräte: eigenes Hörgerätegehäuse in individuell angepasstem Ohr-/Gehörgangsstück
- Semimodulare im-Ohr-Geräte: Elektronik von individueller Schale trennbar
- Taschengeräte: Mikro und Verstärker in am Körper getragenen Gehäuse, Hörer in der Ohrmuschel; fast immer durch HdO ersetzbar, deshalb nur selten verordnet
- Hörbrillen: Hörgerät im Brillenbügel; Luftleitungshörbrillen: Schall über Ohrpassstück / Knochenleitungsbrillen: Ankopplung über Knochenleitungshörer (bei Otorrhoe / Gehörgangverschluss); Möglichst Ersatz durch HdO-Geräte mit Brillenadapter
- CROS-Versorgung (Contralateral routing of signals = Leitung des Signals von einer Kopfseite zur anderen): bei unsymmetrischen Hörstörungen, bei denen schlechteres Ohr (z.B. wegen Otorrhoe) nicht versorgt werden kann
- Digital programmierbare Hörgeräte: teildigitalisiert, ein- oder mehrkanalig programmierbar -> Einstellung zur verbesserten Sprachverständlichkeit, automatische Einstellung am Hörgerät (muß nicht ständig nachgeregelt werden); nichtlineare Hörgeräte, z.B. K-AMP (Killian-Amplifier): Anhebung leiser, Dämpfung lauter Geräusche => adäquate Kompensation von Innenohrverlusten; Zoom-Geräte: verbessertes Richtmikrofon
- Fernbedienung: Abrufen verschiedener voreingestellter Hörgeräteprogramme: Konversation, Musik, Partylärm; recht teuer
- CI
- BAHA: bone anchored hearing aid

## 7.2. Auswahlprinzipien für Hörgeräte bei Erwachsenen

- Schritte:
  - Indikationsstellung
  - Audiologische Untersuchungen
  - Vorwahl des Hörgerätes
  - Anpassung des Hörgerätes
  - Endwahl des Hörgerätes
  - Nachbetreuung
- Indikationsstellung
  - heute gering-, mittel- und hochgradige SH versorgt
  - nach Ausschluß operationsbedürftiger Veränderungen
  - so früh wie möglich
  - bds. (Insgesamt bei ca. 60% binaurale Versorgung indiziert)
  - in Deutschland: bei  $\geq 30$ dB HL zwischen 500 und 3000Hz auf besserem Ohr UND Einsilber bei 65dB  $\leq 80\%$  (bei Sprachaudiometrie mit Kopfhörern)
- [KI] gegen beidseitige Versorgung
  - mangelndes Fusionsvermögen
  - unzureichende Diskriminationsverbesserung im Störschall
  - mangelndes motorisches Geschick
  - Ablehnung trotz Beratung
- Audiologische Untersuchungen:
  - Tonaudiogramm,
  - Sprachaudiogramm,
  - Dynamikbereich
- Vorwahl des Hörgerätes:
  - HdO möglich?
  - Bei unsymmetrischer Schwerhörigkeit: Versorgung welches Ohres / beider?
  - mindestens 3 zur Auswahl
- Endwahl
  - nach bestem Ergebnis und
  - höchster subjektiver Akzeptanz
  - Sprachaudiometrie mit und ohne Störgeräusch
  - in-situ-Messungen mit Sondenmikro vor Trommelfell
    - ▶ Vergleich Schalldruck mit und ohne Hörgerät

- oberstes Ziel: Verbesserung des Sprachverständnisses in ruhiger und geräuschvoller Umgebung
- falls nicht beidohrig möglich: Versorgung auf schlechterem Ohr, um beidohrigem Hören nahezukommen
- Nachbetreuung:
  - Umgang mit Hörgerät erlernen
  - Kommunikationstraining:
    - ▶ Seminare in Absehn (Mundbewegungen, Gestik beobachten),
    - ▶ Hörtraining (Identifikation von Schallereignissen, Verbesserung der Diskrimination)
    - ▶ Hörtaktik (Verhalten des Hörgestörten)
    - ▶ Atemtechnik, ökonomisches Sprechen, Entspannungstechniken,
    - ▶ lautbegleitende Gebärden
  - Hörgeräteversorgung ermöglicht KEIN NORMALES HÖREN!

### 7.3. Hörgeräteversorgung bei Kindern

- Anderer Stellenwert als bei Erwachsenen:
- Hörstörung -> Einschränkung der gesamten Erfahrungswelt und bei hochgradiger Hörstörung fehlender Anstoß zur Sprachentwicklung
- Auch Versorgung bei „Gehörlosigkeit“, da meist noch verwertbares Resthörvermögen besteht
- Zeitpunkt: Entwicklungsalter von 6 Monaten (z.B. bei prä- / perinatalen Schäden)
- Hörgeräteanpassung
  - subjektive oder objektive Hörschwellenbestimmung
  - Unbehaglichkeitsschwelle
  - Hörprüfungen ohne und mit Hörgerät im freien Schallfeld (Aufblähkurve)
  - Digital programmierbare Hörgeräte erlauben bessere Anpassung
- Aufblähkurve
  - im Audiogramm eingetragene Hörschwelle für Sinustöne
  - über Lautsprecher ohne und mit Hörsystem
  - Darstellung des Hörgewinns, wenn sprachaudiometrische Messung nicht durchgeführt werden kann
  - auch bei Ausländern
  - Fläche zwischen beiden Hörschwellenkurven: Hörgewinn
  - Audiometrie-Raum ungeeignet: verfälschung möglich
    - ▶ sprachaudiometrischer Hörgewinn ist deshalb einer Aufblähkurve immer vorzuziehen

### 7.4. Technische Kommunikationshilfen

- Hörgeräte mit Anschlussmöglichkeiten für Induktionsspule, Audio-Anschluß
- Lichtsysteme: Lichtwecker, Lichtglocke
- Telefonadapter: Adapterkappen über Hörer, induktiv über T-Spule des Hörgerätes; Kabelverbindung zum Audioanschluß des Hörgerätes
- Drahtlose Kommunikationshilfen: induktive Ankopplung mit und ohne Hörgerät
- Fernbedienungen für Hörgeräte: US, IR, UKW
- Infrarot- und Funkübertragung: Meist an Schulen für Hörgeschädigte; Empfang über Kopfhörer oder Hörgerät
- Schreibtelefon: ähnlich Fernschreiber; Eingabe über Schreibmaschinentastatur; SMS; eMail, Internet
- Neue Angebote von Telekom, Rundfunk, Online-Diensten: Videotext, Untertitelte Sendungen, Gebärdensprache
- Vibro-taktile Hörhilfen: Umwandlung akustischer Signale in Vibrationen -> Wahrnehmung über Haut (z.B. Armbanduhr); alleinige Verständigung darüber nicht möglich

### 7.5. Cochlea-Implantat

- [Abb.]
- Prinzip: Schallwellen – Richtmikrophon – Sprachprozessor – Selektion / Codierung der Sprachanteile – retroauriculäre Sendespule – subcutane Empfängerspule – Umwandlung in

elektrische Signale – Elektrodenbündel – Stimulation der Hörnervenfasern – zentrale Wahrnehmung

- [I]: bds. Gehörlosigkeit bei erhaltener Hörnervenleitfähigkeit (Promontorialtest)
- Zeitpunkt im Kindesalter: 3.a, manchmal 2.a (z.B. bei Ertaubung nach Meningitis oder radiologisch nachgewiesener ossifizierender Cochleaobliteration)
- wichtig: Einteilung Gehörloser nach Zeitpunkt der Hörschädigung: prälingual / postlingual
- bei Kindern: Aufbau auditiven Umweltkontakts, in vielen Fällen Erkennung von Sprachsegmenten, in Einzelfällen offenes Wort- / Satzverständnis, Lippenlesen
- bei Erwachsenen: Ertaubung sollte nicht mehr als 15 Jahre zurückliegen
- bei postlingualer Ertaubung: häufig gutes Sprachverständnis erreichbar

## 7.6. Hörgerätemessungen

- Kuppler- Messung:
  - Gerät auf akustische Ohrsimulations-Kammer aufgesteckt- „angekuppelt“-
  - bei Im- Ohr- Geräten mit einer Dichtmasse über der Öffnung der Meßkammer fixiert
  - Übertragungsschlauch, die Bohrung des Paßstücks und der Restgehörgang mit einem ungefähren Volumen von 2 ccm simuliert.
  - Meßmikrophon mit Vorverstärker im unteren Teil der Kammer mißt den erreichten Verstärkungsgrad des Hörgerätes.
  - Hörgerät über Batterieadapter mit Strom versorgt, gleichzeitig Stromaufnahme gemessen.
  - Meßvorgang wenige Minuten in schalldichter Meßbox im Gerät ab. Referenzmikrophon in der Nähe des Hörgerätemikrophons mißt die vorhandenen Schalldrucke in diesem miniaturisierten freien Schallfeld.
  - Meßparameter vorher ausgewählt, im Standardprogramm automatisch hintereinander
  - Während des Meßvorgangs Meßbox lediglich einmal geöffnet und das Einstellrädchen des Hörgerätes auf normale Einstellung zurückgedreht, um neben der maximalen Leistung auch die natürlichen Bedingungen, z.B. bei der Messung der Stromaufnahme, zu simulieren.
  - Um ein Hörgerät in der Meßbox exakt zu messen und mit anderen Messungen (z. B. Datenblatt ) zu vergleichen zu können, müssen gewisse Begriffe definiert werden.
- Wichtige Parameter für die Überprüfung eines Hörgerätes:
  - Akustische Verstärkung = Differenz zwischen dem vom Hörgerät in der Kupplerkammer erzeugten Schalldruckpegel und den am Hörgerätemikrophon gemessenen Eingabepegeln.
  - OSPL-90 Kurve. Ohrsimulator: Eingangsschalldruck 90 dB; Standardfrequenz von 1587 Hz; maximal erreichter dB-Wert wird mit der dazugehörigen Frequenz ausgedruckt.
  - VAK-max- Maximale akustische Wiedergabekurve. Die mit dem Hörgerät erreichbare akustische Verstärkung, wenn sich der Verstärkungsregler in seiner max. Stellung befindet.
  - NAWK- Normale akustische Wiedergabekurve bei einem Eingangsschallpegel von 60 dB. Dieser Meßvorgang zeigt die Charakteristika des Gerätes: Hoch-, Tieftongerät oder aktivierte Klangblenden.
  - LE/LA Leistung-Eingang/Leistung-Ausgang, eigentliche Dynamikkennlinie des Hörgerätes. Es sind Verstärkungskennlinien bei eingestellten Pegeln und zeigen die Verstärkung bei einer genormten Standardfrequenz von 1587 HZ; mit dieser Dynamikkennlinie Begrenzungssysteme wie Peek-clipping oder automatische Verstärkungsregelungen(AGC) zu erkennbar. Bei einem Gerät mit AGC (Automatik gain control) zeigt die Dynamikkennlinie im oberen Anteil eine eingebogene Kurve; leistungsstarkes Gerät durch die nach oben verschobene Meßkurve zu erkennen. Bei Patienten mit einem positiven Rekrutment sollte die Dynamikkurve flach ansteigen und nach oben begrenzt sein.
  - Eigenrauschen des Gerätes in dB. Hier werden die Verstärkereigenschaften bei einem Eingangspegel von 60 dB bestimmt.
  - Harmonische Verzerrung, zeigt die Verzerrungs- und Klirrfaktoren für das gesamte akustische System (Mikrophon-Verstärker-Hörer) und sollte nicht über 10% liegen.
  - Telefonspule, mißt den Frequenzgang der induktiven Telefonspule.

- Stromaufnahme, bei normaler Rädchen-Einstellung (3-4) max. bis 1,5 mA. Ein normales Gerät liegt bei ca. 0,75 mA-Stromaufnahme
- in-situ-Messung, Hörfeldaudiometrie neben der Kupplermessung weitere Überprüfungs-möglichkeit eines Hörgerätes
  - in-situ: Anatomie und Impedanz von Gehörgang und Trommelfell komplex mitberücksichtigt
  - jeder Mensch an persönliche Gehörgangsresonanz adaptiert, Gleichgewicht kann bereits durch das Einsetzen einer Otoplastik gestört werden
  - Zunächst wird bei einer in-situ-Messung die Resonanzverstärkung am offenen Gehörgang bestimmt. -Open ear gain-
  - natürliche Verstärkung wird im Meßsystem gespeichert und in der weiteren Meßfolge berücksichtigt; nach Messung im Gehörgang platzierter Sondenschlauch (-Meßmikrofon-), Ohrpassstück, Hörgerät angeschlossen
  - Meßvorgänge werden per Menü ausgewählt; wenige Minuten. Die vorher bestimmten natürlichen Verstärkungsgrade-Gehörgangsresonanz- werden abgezogen; System zeigt tatsächlichen Verstärkungsgewinn durch das individuell angepasste Hörgerät.
  - Insertion gain-. Die in-situ gemessenen Kurven zeigen welcher Verstärkungsgewinn in welchem Frequenzbereich notwendig ist, damit der Proband eine bessere Sprachverständlichkeit erreicht
  - Bewertungsregeln zur Ermittlung eines geeigneten Verstärkungsgrades beruhen im wesentlichen auf einer Umrechnung -Umkehrung- der gemessenen Hörschwelle mit einer Berücksichtigung der Unbehaglichkeitsschwelle
- Sonstiges
  - vertrauensvolle Zusammenarbeit und ein wechselseitiger Informationsfluß zwischen HNO-Arzt und Hörgeräteakustiker
  - Durchführung von Kupplermessungen und die in-situ-Beurteilung eines verordneten Hörgerätes in der HNO-Praxis bedeutet nicht die totale Kontrolle des Hörgeräteakustikers oder eine Einmischung in das diffizile Handwerk der HG-Anpassung
  - deutliche Einsparungen durch eine sinnvolle Überprüfung von noch funktionstüchtigen Geräten, die ansonsten viel zu früh im Elektronikschrott gelandet wären

## 8. Ventilationsprüfungen

### 8.1. Anatomie und Physiologie der Nasenatmung

- Anatomie
  - Nasenloch (Naris)
  - Nasenvorhof (Vestibulum nasi)
  - Nasenenge (Isthmus, 0,8cm<sup>2</sup>)
  - vordere Nasenhöhle (Cavum nasi anterior)
  - hintere Nasenhöhle (Cavum nasi posterior, 1,8 cm<sup>2</sup>) mit
    - ▶ oberen, mittleren, unteren Nasenmuscheln (Conchoe)
  - Trichter (Choanae)
  - Nasenrachen (Epipharynx=Nasopharynx)
- Beitrag zum Atemwiderstand
  - Naseneingang: für den Atemwiderstand nur von Bedeutung, wenn die Fläche kleiner ist als der Isthmus.
  - Vorhof: große runde Öffnung, Verlegungen sind selten, typisch bei Septumhämatom
  - Isthmus (Enge): Sichelförmiger, enger Spalt zwischen Septum und Rand des Cavum-Eingangs. Physiologisch engste Stelle, ca. 60 % des Nasenwiderstandes. Ermöglicht schnelle Widerstandsänderungen.
  - Spalt zwischen Septum und Muschelvorderkante. Häufig Stenosen (Verengungen) durch Schwellgewebe.
  - Spalt zwischen Septum und Muscheln: ebenfalls durch Schwellung verengt.
  - Nasenausgang: große runde Öffnung
- laminare und turbulente Strömung
  - laminar:  $V/t = \Delta p/R$

- turbulent:  $(V/t)^2 = \Delta p/R$ 
  - ▶ Strömungsgeräusch
  - ▶ bei verstärkter Atmung
  - ▶ bei schnüffeln

- Nasenfunktion

Klimatisierung	Anwärmung, Anfeuchtung
Filterung	Abwehr infektiöser Keime und von Allergenen
Riechfunktion	Luftzufuhr zur Riechschleimhaut (Regio olfactoria)
Belüftung	Kieferhöhlen, Tubenfunktion
Befinden	Wohlbefinden bei freier Atmung, Reflex auf mechanische, chemische, thermische Reize

- Regulation des Atemwiderstandes

- Kurzzeitregulation
  - ▶ Erweiterung des Isthmus und des äußeren Nasenlochs durch Muskulatur im Bereich des Vestibulums und des vorderen Cavums
  - ▶ schnelle Reaktion auf Belastung -> stärkere O<sub>2</sub>-Zufuhr; bessere Aufnahme für Geruchsinformation
- Langzeitregulation
  - ▶ über den Schwellungsgrad der Nasenmuscheln
  - ▶ Nasenmuschelzyklus: Schwankung der Nasendurchgängigkeit in Rhythmus von 2-6 Std., Wechsel zwischen den Nasenlöchern
  - ▶ Klimaanpassung: Anwärmung und Befeuchtung in Abhängigkeit vom Außenklima
  - ▶ körperliche Belastung: Absenkung des Atemwiderstandes
  - ▶ Anpassung im Tagesverlauf: Atemwiderstand nimmt ab
  - ▶ Lageänderung: bei Seitenlage steigt Atemwiderstand auf untenliegender Seite an

## 8.2. Rhinomanometrie

- quantitative Bestimmung der Durchgängigkeit der Atemwege
- Messung des Durchflußvolumens (V/t) bei Ein- und Ausatmung in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen Naseneingang und Nasenrachenraum
- Druckdifferenz zwischen Beginn und Ende der Nasenhöhle
- Posteriore ("hintere") Rhinomanometrie
  - Druck im Rachenraum über Schlauch tief im Mund gemessen
  - Nachteil: Würgreflex!
  - Vorteile: Nase nicht verformt, Strömung beider Nasenhälften zusammen gemessen
  - seitentrennte Messung durch Verschluss einer Nasenhälfte möglich
- Anteriore ("vordere") Rhinomanometrie
  - nur für eine Nasenhälfte Atemwiderstand gemessen
  - andere Seite wird verschlossen: Meßverbindung zum Rachenraum
  - Differenzmessung durch Drucksonde im Nasenloch / Druck in Gesichtsmaske
  - Meßseite ist die offene Nasenhälfte!
  - Vorteil: angenehm und sicher
  - Nachteile: nur einseitig, Deformierung des Naseneingangs, nicht bei Septumperforation möglich
- Anschwellung: zur Abschätzung des Beitrages von Schleimhaut und starren Strukturen zum Atemwiderstand
- Durchführung
  - vor jeder Messung beachten:
    - ▶ Erkältungsinfekte sollten mindestens 14 Tage zurückliegen, Nasenoperationen 3 bis 4 Wochen.
    - ▶ Antihistaminika oder Kortisone müssen 3 Tage vorher abgesetzt werden, Dekongestiva eine Tag vorher. Möglicher Einfluß von Antihypertonika, Antiasthmatica u. ähnliche
    - ▶ Septumperforationen erlauben keine anteriore Meßtechnik, weil der Flow durch die Perforation auch in die Gegenseite gelangt.

- ▶ Bei Anstrengungen (Treppensteigen, schnelles Gehen) ist mit der Messung 10 bis 20 Minuten zu warten.
- ▶ In geheizten Räumen muß sich der Patient mindestens 20 Minuten an das Klima des Meßraumes gewöhnen.
- Ergebnisse:
  - Darstellung als „Atemzange“
  - V/t bei 150 Pa, normal: 500ml/s vor; 700ml/s nach Schleimhautabschwellung

Obstruktion	V/t bei $\Delta p=150\text{Pa}$ (ml/s)	
	eine Seite	gesamt
keine	>500	>800
leicht	300-500	500-800
mittelgradig	180-300	300-500
schwer	60-180	100-300
prakt. verschlossen	<60	<100

- prozentualer Flußanstieg zwischen 150 und 300 Pa (Flowzuwachs)
 
$$\frac{(V/t(300) - V/t(150)) * 100}{V/t(150)}$$
  - ▶ wäre theoretisch für laminare Strömung 100%
  - ▶ normal: 35-70%
- Meßfehler
  - Luftdichter Abschluß des Naseneingangs mit Schaumstoffadapter. Nasenoliven verformen den Naseneingang. Bei Nebenluft wird der Atemwiderstand zu gut gemessen.
  - Nebenluft an der Maske: Der Nasenwiderstand erscheint zu hoch. Sitz der Maske vor allem im Augen-Nasenwinkel kontrollieren.
  - Der Mund des Patienten muß geschlossen sein. Beobachtung in der Klarsichtmaske.
- Rhinomanometrie und nasale Provokation zur Allergiediagnostik
  - prüfgerechte Imitation des natürlichen Aller-geneinstroms
  - naturgetreue Verhältnisse in der Praxis nicht völlig nachahmbar, weder hinsichtlich Zeitdauer noch Art (native Stäube).
  - Cutanteste und RAST beweisen nur die Sensibilisierung des Patienten, liefern keine Aussage über Aktualität (Allergen aktuell an der Nase wirksam?)
  - Hautteste häufig falsch positiv (je nach Allergen bis zu 80%), 5% falsch negativ
  - Indikationen
    - ▶ perenniale Allergien
    - ▶ fehlende anamnestische Bezüge zu den Cutantesten, RAST usw.
  - Anamnese
    - ▶ Symptome / Leitsymptom
    - ▶ Wann, wo, wobei zuletzt aufgetreten?
    - ▶ Wann, wo, wobei waren sie am stärksten?
    - ▶ Wie lange?
  - Voraussetzungen
    - ▶ Patient beschwerdefrei oder beschwerdearm
    - ▶ mindestens zwei Tage vorher keine Antiallergika, vor allem keine Antihistaminika
    - ▶ kein Infekt der Luftwege, auch nicht vor kurzem
    - ▶ Nasenoperationen mindestens 3-8 Wochen zurückliegend
  - Applikation
    - ▶ mit Pumpdosierspray
      - Sprühflasche möglichst waagrecht in Richtung auf die untere Muschel
      - Allergen soll nicht inspiriert werden!

- durch: tief einatmen und den Atem anhalten lassen, 1-2 Sprühstöße während dieser Phase einsprühen, kurz zuwarten, unter Vorbeugen des Kopfes ausatmen lassen
- ▶ für Notfälle müssen die erforderlichen apparativen und medikamentösen Voraussetzungen bestehen!
- Reizantwort
  - ▶ Obstruktion, Sekretion und Irritation
  - ▶ Ausnahmen:
    - wenn anamnestisch trotz Sekretion und/oder Irritation keine Obstruktion, dann auch in Provokation nicht
    - Reaktionsunfähigkeit durch Antihypertonika. Psychopharmaka. Hormone usw.), durch Histaminprovokation überprüfbar → starke Sekretion bzw. ein Schleimhautödem
- Quantifizierung der Reaktion durch Rhinomanometrie
  - ▶ Einzelallergen
  - ▶ 3 - 4 Messungen
    - Leermessung beidseits. Provokation nur auf besserer Nasenseite
    - Messung 10 bis 15 Minuten nach Aufbringen des Lösungsmittels ohne Allergen
      - Flowreduzierung bis 10 (15%) → Lösung weitgehend irritationsfrei
    - Messung 10 bis 20 Minuten nach Einsprühen des Allergens
    - bei Zweifel an der Aktualität nach weiteren 20 bis 30 Minuten zusätzliche Kontrolle
- Bewertung
  - ▶ prozentuale Flowänderung nach Allergenprovokation bezogen auf Lösungsmittelwert
  - ▶ Weniger als 20% = negative Provokation,
  - ▶ mehr als 40% = positive Provokation,
  - ▶ 20 bis 40% = unsicheres Ergebnis. ■
    - dann zweite Kontrolle nach 15-20-30 Minuten
    - weiter unter 40% = Provokation negativ
    - über 40% = positiv
  - ▶ weitere Allergiesymptome einbeziehen:
    - Rhinorrhoe: gering-, mittel-, hochgradig
    - Konjunktivale Reizung: gering-, mittel-, hochgradig
    - Rachenreizung: gering-, mittel-, hochgradig
    - Dyspnoe: gering-, mittel-, hochgradig
    - Sonstiges: Hautjucken. Kollapsneigung. Atemnot

### 8.3. akustische Rhinometrie

- Bestimmung der Querschnittsflächen der Nasenhöhle in Abhängigkeit von der Entfernung zum Naseneingang
- Messung der Reflexion eines kurzen Schallimpulses; computergestützte Auswertung
- graphische Darstellung
- -> Quantifizierung von Engstellen; nicht belastend, also auch bei Kindern

### 8.4. Spirografie

- siehe Lungenfunktion

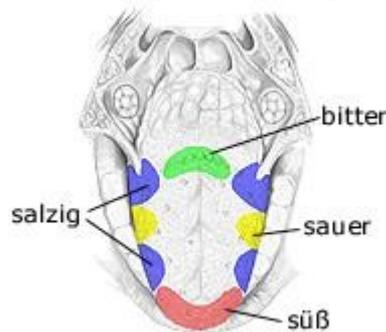
## 9. Gusto- und Olfaktometrie

- Geruch und Geschmack sind komplexe Wahrnehmungen
- viele für Geschmack gehaltene Wahrnehmungen sind Geruchswahrnehmungen
- verwendet bei Simulationsprüfungen

### 9.1. Gustometrie

- (Synonyme: Geschmacks-Test, Geschmacksprüfung, Schmeckprüfung)
- gemeinsame Leistung von Nn. trigeminus, facialis und glossopharyngeus
- vier Arten von Papillen mit insgesamt 9000 Geschmacksknospen auf dem Zungenrücken befinden
  - Fadenpapillen (Papillae filiformes)
    - ▶ über den ganzen Zungenrücken verteilt

- ▶ mechanische Reizwahrnehmung
  - Blätterpapillen
    - ▶ in zwei Reihen an Zungenseite
  - Pilzpapillen
    - ▶ am Zungenrand und auf der Zungenspitze.
  - Wallpapillen
    - ▶ hinterer Teil der Zunge.
- Geschmacksknospen der Papillen
  - 30-80 Rezeptorzellen
  - wandeln "Geschmack" (chemische Eigenschaften) in elektrische Impulse
  - Weiterleitungsfasern in sensorischen Nervenfasern im Zungenkörper
  - N VII / IX
- Geschmacksknospen für „bitter“ sind 10.000mal empfindlicher als jene für „süß“ → Erkennung bitterer giftiger Substanzen
- im Alter schrumpfen Geschmacksknospen → Verminderung der Geschmackswahrnehmung
- geschmacksbeeinflussende, tageszeitliche Schwankung des Cortisolspiegels
- Untersuchungen
  - einfache Schmeckprüfung
  - Geschmacksqualitäten
  - Geschmacksmischungen
  - Geschmacksempfindlichkeit
- Geschmacksqualitäten
  - [http://www.g-netz.de/Der\\_Mensch/sinnesorgane/geschmackssinn.shtml](http://www.g-netz.de/Der_Mensch/sinnesorgane/geschmackssinn.shtml)



- umami: auf ganzer Zunge
- gebräuchliche Teststoffe
  - Süß: Saccharose
  - Sauer: Zitronensäure
  - Salzig: Kochsalz
  - Bitter: Chininhydrochlorid
- Voraussetzungen
  - Geschmackslösungen Raumtemperatur
  - nach jeder Messung mit einer Konzentrationsstufe 30 Sekunden Pausen
  - 1 Stunde keine Nahrung
  - häusliche Zahnpflege mindestens 1 Stunde vor der Untersuchung
  - Raucherkarenz 1 Stunde
- Klassische Gustometrie = Chemogustometrie; subjektive Gustometrie
  - geschmacksintensive Stoffe auf Wattestäbchen
  - auf spezielle Zungenareale gelegt
  - z.B.
    - ▶ 10 prozentige Glucose-Lösung (der Prozentanteil spiegelt die Menge der Glucose in der Testflüssigkeit wider),
    - ▶ 7,5 und 15 prozentige NaCl-Lösung (Kochsalzlösung)
    - ▶ 5 und 10 prozentige Zitronensäure
    - ▶ 1 und 5 prozentiges Chinin (Bitterstoff)
  - Zunge herausstrecken
  - Bestreichen des jeweiligen Zungenareals mit dem Wattestäbchen durchgeführt

- Wechsel der Geschmacksqualität von „süß“ zu „sauer“ und von „salzig“ zu „bitter“ → keine Wechselbeziehungen
- zwischen Proben: Mundspülung mit Wasser
- immer im Seitenvergleich
- Angabe der Geschmacksqualität
- Patient zeigt mit offenem Mund auf einer Karte, was er schmecken kann (bei einer einseitigen Nervenläsion Geschmacksempfindung über gesunde Seite möglich)
- in BA:
  - Schmeckprüfung mit Sprühflaschen
  - einseitig möglich (andere Seite beim Sprühen abdecken)
  - süß: grün, sauer: blau; saltig: weiß; bitter: rot
  - Dokumentation auf Sniffin`-Sticks-Vordruck
- Elektrogustometrie
  - Geschmacksrezeptoren durch konstanten Strom gereizt (alter Trick zur Ladungskontrolle von Batterien: Kontakte anlecken, saure Empfindung bei Reizung der Zungenspitze)
  - Wahrnehmungsschwelle bestimmt = Geschmacksschwelle: geringste Reizung der Geschmacksrezeptoren dar, die zur Empfindung eines Geschmackes führt
  - Patient gibt Schwelle und Qualität an
  - immer im Seitenvergleich
  - auch subjektiv
- objektive Geschmacksprüfung: gustatorisch evozierte Potenziale (kein Routineverfahren)
- Indikationen
  - subjektiven Beeinträchtigung des Geschmackssinnes
  - Morbus Parkinson oder Morbus Alzheimer: Geschmacksstörung ist Frühsymptom
  - Nebenwirkungstestung von Medikamenten
  - Stoffwechselerkrankungen wie beispielsweise Diabetes mellitus Typ 1 und 2 (verminderte Geschmacksempfindung)
- Testung der Geschmacksempfindlichkeit

Konzentrationsstufe	Geschmacksqualitäten			
	Süß Saccharose (g/l)	Sauer Zitronensäure (mg/l)	Salzig Kochsalz (g/l)	Bitter Chininhydrochlorid (mg/l)
0	1	215	11	3,8
1	2	4300	220	280
2	4			
3	8			
4	16			
5	32			
6	64			
7	126			
8	256			
	nach Glöckner 1980 [54]	nach Jäger 1997 [75]	nach Jäger 1997 [75]	nach Jäger 1997 [75]

- Antwortmöglichkeiten

► „süß“, „sauer“, „salzig“, „bitter“, „nichts“

- Befund: Normogeusie / Hypogeusie

## 9.2. Olfaktometrie = Riechprüfung

- Diagnostisches Verfahren mittels verschiedener Reizstoffe zur Überprüfung des Geruchssinns
- Riechschleimhaut im oberen Nasengang
- Reizaufnahme und -leitung
  - Duftmoleküle
  - an Zilien: → Rezeptorbindung → Öffnen von Ionenkanälen → Ionenströme
  - am Zellkörper (in Riechschleimhaut): → Rezeptorpotential
  - am Axon: → Aktionspotential
  - Axone durch Siebbeinplatte zum Riechkolben
  - dort Umschaltung auf 2. Neuron → Riechnerv
- ab 40 vermindertes Riechvermögen
- Riechreizstoffe
  - reine Riechstoffe, die ausschließlich den Riechnerv reizen (z.B. Kaffee, Vanille, Wachs, Zimt, Lavendel)
  - Trigemiusreizstoffe: Ammoniak, Essigsäure, Ameisensäure
  - Riechstoffe mit Trigemiusreizkomponente: Formalin, Kampher, Pfefferminze
  - Riechstoffe mit zusätzlicher Geschmackskomponente: Chloroform, Pyridin
- Primärgerüche nach Amoore et al. (1964)

Primärgeruch	chem. Substanz	Trivials substanz
campherartig	Campher	Mottenpulver
moschusartig	Hydroxypentadekan-säurelacton	Angelikawurzelöl
blumig	Phenyläthylmethyl-äthylcarbinol	Rose
minzig	Menthon	Pfefferminzbonbon
ätherisch	Athylendichlorid	Fleckenwasser
stechend	Ameisensäure	Essig
faulig	Butylmercaptan	faule Eier

- stereochemische Theorie:
  - bestimmte Duftmoleküle passen an bestimmte Rezeptoren → bestimmte Geruchsempfindung
  - stechend und faulig durch Ladungen der Moleküle erzeugt
- subjektive und objektive Riechprüfungen
- Beurteilung der Wahrnehmungs- bzw. Erkennungsschwelle
- Indikationen für Olfaktometrie
  - Unfälle
  - Schadensgutachten
  - beruflich bedingte Geruchsminderung
- Ursachen von Riechstörungen
  - Erkältungen
  - Allergien (z.B. Heuschnupfen)
  - Nasenpolypen
  - Mandelentzündungen
  - Medikamenten / Giftstoffe
  - Allgemeinerkrankungen
    - Diabetes mellitus
    - Bluthochdruck
    - Mangel- oder Fehlernährung

- Frühsymptome bei
  - ▶ Parkinson
  - ▶ Alzheimer

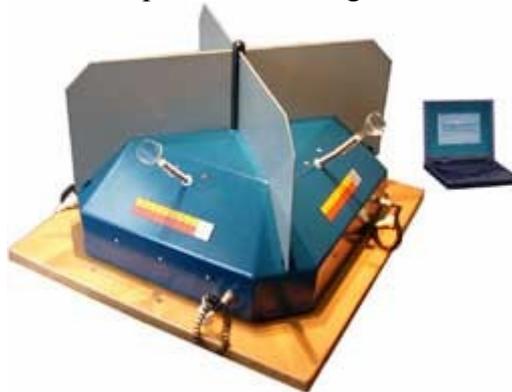
Art der Riechstörung	Zugrundeliegende Erkrankung
Anosmie (quantitativ)	Verlegung der Nasenatmung (Polypen, Tumoren) Veränderungen der Nasenschleimhaut (atrophische Rhinitis, Ozäna) Posttraumatisch (Abriß der Riechfäden) Postviral (nach grippalem Infekt) Psychogen Syndromal-hereditär
Parosmie (qualitativ)	Zentralnervöse Störung (z. B. Hirntumor) Psychiatrische Erkrankung Schädigung der Nasenschleimhaut durch toxisch-irritative Stoffe (z. B. Schwefeldioxid)

- Begriffe

	Normosmie	altersgerechtes Riechvermögen
quantitative Riechstörungen	Hyposmie	vorhandenes, aber gegenüber der Norm vermindertes Riechvermögen
	Anosmie	völliger Geruchsverlust
	Olfaktorische Intoleranz	Übersteigerte subjektive Empfindlichkeit gegenüber Duftstoffen bei normaler olfaktorischer Sensitivität
qualitative Riechstörungen	Parosmie	qualitativ veränderte Geruchswahrnehmung
	Phantosmie	Geruchswahrnehmung ohne Riechreiz
	Kakosmie	unangenehme Veränderung der Riechwahrnehmung
	Pseudosmie	Fantasievolle Umdeutung eines Geruchseindrucks unter dem Einfluss starker Affekte

- Raumbedingungen
  - geruchlos
  - gut belüftet
  - geflieste Wände
  - gleichbleibende angenehme Temperatur
  - gedämpfte Beleuchtung
- Ermittlung des SDI-Score
  - mit Riechstiften "Sniffin' Sticks"
  - jeweils getrennt für beide Nasenlöcher
  - Schwellentest: Ermittlung der geringsten wahrnehmbaren Konzentration
    - ▶ Geruchsstoff (Butanol) in 16 Verdünnungsstufen (1=höchste Konzentration)
    - ▶ pro Gruppe 3 Stifte, darunter zwei geruchsfreie Proben
    - ▶ Geruchsprobe muß erkannt werden
    - ▶ zuerst ansteigende Konzentration, bis erkannt
    - ▶ dann absteigend, bis nicht mehr erkannt
    - ▶ wieder ansteigend ...
    - ▶ insgesamt 7 Werte bestimmen, dann mitteln
  - Diskriminationstest: Ermittlung des Unterscheidungsvermögens für verschiedene Gerüche
    - ▶ besteht aus 16 Gruppen zu je 3 Stiften
    - ▶ jeweils zwei gleiche und eine andere Riechprobe
    - ▶ Patient muss den anders riechenden herausfinden
  - Identifikationstest: Erkennen von Gerüchen
    - ▶ besteht aus 8 / 12 Gruppen mit je einem Stift

- ▶ angeboten wird nacheinander je ein Testduft, der Patient wählt eine von 4 vorgegebenen Möglichkeiten
- Gustatorisches Riechen = Test nach Güttich
  - bei Anosmie keine Erkennung von Aromen
  - nur Geschmackswahrnehmung süß, sauer, bitter und salzig
  - Test: werden Aromen geschmeckt?
  - Nasenverschluß mit Klammer
  - Flüssigkeit in den Mund getropft
  - geschlossene Nase: nur Schmecken
  - Klammer abnehmen → bei (auch nur schwachem) Riechvermögen: Aromaerkennung
- objektive Olfaktometrie
  - mit Impuls-Olfaktometer
    - ▶ <http://www.nlp-insider.com/nlp-e-mail-training/texte/ankern-2-05.jpg>



- Riechprobe wird impulsartig (z.B. 40, 80, 120 und 160 ms) in Luftstrom eingebracht (Dauerluftstrom oder zeitlich begrenzter Luftstrom, z.B. 2,5s); über Einatmung getriggert
  - ▶ Luftstrom befeuchtet, vorgewärmt
- bestimmter Riechreiz, erzeugt OEP
  - ▶ gekoppelt mit Ton mit z.B. 1,5 s Verzögerung, Ton durch Knopfdruck des Patienten beendet → nach Gewöhnungsphase entsteht nach richtigem Riechreiz VOR dem Ton eine negative Erwartungsspannung (CNV=contingent negative variation), die mit dem AEP (durch Ton) endet
- anderer Riechreiz wird nicht mit Ton gekoppelt → nur OEP
- Leerwert (Wasser) nicht mit Ton gekoppelt → gar keine Antwort
- Antwortschema bei Riechstörungen

	Flieder (mit Ton)	Kampher (ohne Ton)	Wasser (ohne Ton)
Normosmie	OEP CNV AEP	OEP	keine Antwort
Hyposmie	OEP abgeflacht CNV AEP	OEP abgeflacht	keine Antwort
Anosmie	AEP	keine Antwort	keine Antwort
Parosmie	OEP AEP	OEP	keine Antwort

- Ableitung: Mastoid - Cz

### 9.3. Simulationstestverfahren

- Prüfung mit Trigemiusreizstoffen/ Riechreizstoffe mit Trigemiuskomponente
  - Ammoniak
  - Menthol
  - Kampfer
  - Essigsäure
  - Ameisensäure
  - Normosmotiker und Riechgestörter erkennt Trigemiusreizstoffe
  - Simulant leugnet alles, aber Olfactorius und Trigemius fallen nie zusammen aus
- Schmeckprobe mit Riechstoffen mit zusätzlicher Geschmackskomponente
  - Kakao-Nusslikör
  - Rum-Kirsche
  - Normosmotiker und Simulant erkennt Essenz
  - Riechgestörter: erkennt nur Geschmackskomponente
- Prüfung mit reinen Geruchsstoffen
  - Vanillin
  - Kaffee
  - Anis
  - Lavendel, erpentin
  - Benzaldehyd
  - Normosmotiker: gibt Reizstoff an
  - Riechgestörter und Simulant geben beide an, nichts zu riechen
- Schmeckprobe mit Riechreizstoffen
  - Zimt
  - Riechgestörter erkennt Probe nicht
  - Normosmotiker und Simulant erkennt Zimt
- objektive Olfaktometrie

## 10. Technische Assistenz bei Facialisdiagnostik

- Funktionen: motorisch, Geschmack, Sensibilität (XIII), viszeral
- Anatomie / Physiologie [Abb]
  - nur Stirnast gekreuzt und ungekreuzt, darunter nur gekreuzt: zentral / peripher [Skizze]
    - ▶ deshalb bei zentraler Lähmung Stirnrunzeln möglich
    - ▶ bei peripherer nicht
  - 3 Abschnitte:
    - ▶ intracraniell
      - KHBW
      - Porus acusticus
    - ▶ intratemporal
      - Meatus acusticus internus
      - Abzweig Pars vestibularis / cochlearis des N. VIII
      - Eintritt in Paukenhöhle
      - N. petrosus major (Tränendrüsen)
      - N. stapedius (SR)
      - Chorda tympani (Geschmack, Speicheldrüsen)
      - Foramen stylomastoideum
    - ▶ extratemporal
      - N. auricularis posterior (mot. für kleine Ohrmuskeln, sensibel für Ohrmuschelteile)
      - Hitselberger-Zeichen (N. intermedius): Sensibilitätsausfall des hinteren oberen Abschnittes des äußeren Gehörganges, z.B. Frühzeichen für Akustikusneurinom
      - durch Gl. parotis zur Peripherie
- Fragestellungen
  - Lokalisation, Ausmaß
  - Aussicht auf Erfolg von Operationen

### 10.1. ENG (Elektroneuromyographie)

- supramaximale Stimulation am Warzenfortsatz, unterhalb Ohrläppchen, For. stylomastoideum
- Ableitelektroden: auf Nasolabialfalten symmetrisch (Oberflächen-EMG-Ableiteinrichtung)
- Reizung bis zur Kontraktion der gesamten mimischen Muskulatur
- abschließend +20% (zur Erregung aller motorischen Einheiten)
- Rechteckreize 0,1ms, Steigerung um 2mA
- Auswertung: Verhältnis Amplitudengröße verletzte / intakte Seite => Ermittlung des Anteils blockierter Nervenfasern
- Amplitude A; gesunde Seite; G, kranke Seite: K

$$A_G - A_K \cdot 100 (\%)$$

-----

$$A_G + A_K$$

- Typische Beispiele
- bei Neurapraxie: Schädigung der Nervenscheiden, Axone erhalten (Verzögerung nicht dargestellt); Schädigung der Nervenscheiden; Konsequenz: keine OP
- Axonotmesis, bis 90% Seitendifferenz; Möglichkeit der Aussprossung; Konsequenz: OP bei Untergang der Nervenfasern zu 90% innerhalb 6 Tagen
- Neurotmesis, Durchtrennung, keine Reizantwort: absolute OP-Indikation

### 10.2.EMG

- Unterschied zu ENG: Einstichelektroden in Facialis-Muskelgruppen, Ableitung: Mm: frontalis, orbicularis oculi et oris
- Aufforderung an Pat.: willkürliche Innervation
- Beurteilung der Einstichaktivität: rasches Abklingen bei gesundem Nerv; Fibrillationspotentiale bei Durchtrennung (Neurotmesis) nach 5-8 Tagen
- Auswertung
  - Denervationspotentiale in Form von spontaner Muskelaktivität sind erst ca. 12 Tage nach Paresebeginn ableitbar
  - In den ersten Tagen ist daher EMG ohne Wert für eine prognostische Aussage.
  - einzige Methode die Reinnervation des Nerven sichern
  - Muster:
    - ▶ normales bis gelichtetes Interferenzbild
    - ▶ Übergangsmuster
    - ▶ Einzelentladungsmuster
    - ▶ Einzelentladungen
    - ▶ Null-EMG

### 10.3. Transkranielle Magnetstimulation

- Magnetische Induktion elektrischer Impulse in corticale Neurone
- zur Abgrenzung des Schädigungsortes (zentral/peripher)
- zur Differenzierung des Blockierungsgrades (zwischen Neurapraxie mit sehr günstiger Prognose und höheren Lähmungsgraden)
- Einsatz bereits zu sehr frühem Zeitpunkt möglich, wenn die elektrische Erregbarkeit des Nerven noch nicht pathologisch ist.
- auch bei bewußtlosen Patienten durchführbar
- Aussagen über die Kontinuitäts-erhaltung
- z.B. Felsenbeinfrakturen
- KI: Epilepsie
- intrazerebrale Metallimplantate (Clips, Stents)

### 10.4. Elektrodiagnostik der Gesichtsmuskulatur

- Trigemino-fazialer Reflex (TFR): Kontraktion des M. frontalis bei sensibler Reizung des N. supraorbitalis. Erfasst den gesamten Nervenverlauf; über die prognostische Wertigkeit wird noch diskutiert
- Nerve excitability test (NET): Seitenvergleich der Erregungsschwelle für eine sichtbare Muskelkontraktion bei präaurikulärer Reizung des Fazialisstammes; pathologisch bei mehr als 3,5 mA Seitendifferenz.
  - ▶ Ergebnis beeinflusst von Erkrankungen wie peripheren Neuropathien, Myasthenie, Myopathien
  - ▶ Cave: trotz großen Schädigungsausmaßes 2-3 Tage noch normale Erregbarkeit möglich
- Maximal Stimulation test (MST): Untersucher beurteilt Bewegungen der Gesichtsmuskulatur im Seitenvergleich bei perkutaner Reizung vom Schläfenbereich bis zur Halsregion.
  - ▶ früher pathologisch als NET
  - ▶ Schlechte Prognose bei deutlicher Reduktion auf einer Seite
  - ▶ Gute Prognose bei annähernd gleicher Reaktion
- Blinkreflex
  - ▶ Reizung N. supraorbitalis, Ableitung an Orbicularis oculi mit Oberflächen-EMG
  - ▶ Wichtig, weil: bei Bewußtlosen

### 10.5. Prüfung N. petrosus major, N. stapedius, Chorda tympani

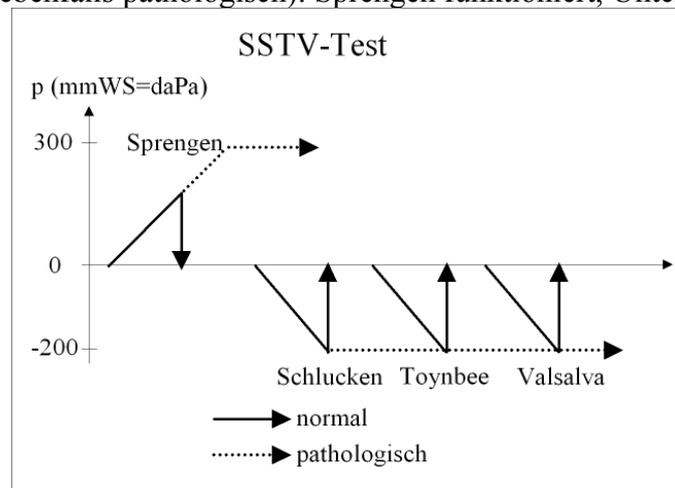
- Schirmer
  - ▶ 35 mm lange Filterstreifen
  - ▶ in unteres Augenlid eingehangen
  - ▶ 5 Minuten
  - ▶ >10mm normal
  - ▶ <5mm pathologisch
  - ▶ >30% Differenz pathologisch
- Geschmacksprüfungen
- Stapediusreflexmessung
  - ▶ Afferenz über N. acusticus, Efferenz über N. facialis; reflexleitende Faseranteile sind myelinreicher als übriger N. facialis und dadurch anfälliger gegenüber Kompression, daher ist eine Aussage über den Funktionszustand des restlichen Nerven, vor allem zu einem frühen Zeitpunkt, nur bedingt möglich. Insgesamt keine gute prognostische Wertigkeit.
- Gl. submandibularis, Gl. sublingualis, kleine Speicheldrüsen
  - ▶ Salivationstest = Sialometrie: nach Sondierung der Whartonschen Gänge bds. (Ausführungsgang von Gl. submandibularis und Gl. sublingualis) mit Silikonschläuchen ( 13.2.3)
    - Bestimmung der Flußrate in Ruhe und nach Stimulation mit Ascorbinsäure
    - Seitenvergleich über 1 Min. bzw. 5 Min.
    - Seitendifferenz  $\geq 25\%$  pathologisch
    - wird 2 Tage nach Paresebeginn pathologisch
    - korreliert sehr gut mit der Ausheilungsprognose
  - ▶ Speichel-pH Bestimmung kann mit dem Speichel aus der Flußratenbestimmung durchgeführt werden.
    - Je geringer Flußrate, desto niedriger Speichel-pH
    - Ungünstige Prognose wenn Speichel-pH < 6,2.

### 10.6. Intraoperatives Neuromonitoring

- Überwachung von Operationen
- 0,2-4mA, Einstichelektroden an EMG
- Fragestellung: OP-Belastung des Facialis, Ziel: maximale Schonung
- Einsatz bei: Acusticusneurinom, Parotidektomie

## 11. Tubenfunktionsprüfungen bei geschlossenem und defektem Trommelfell

- Valsalva
  - Einpressen von Luft in Mittelohren bei geschlossenem Mund und Nase
  - mit Hörschlauch objektivierbar (Silikonschlauch mit bds. Olive)
  - otoskopische Kontrolle der Trf.-Auslenkung
  - Politzer-Luftdusche
  - Erhöhung des Drucks im Nasopharynx durch Olive der Politzer-Luftdusche in Nasenloch, digitalem Verschluss des anderen, Kompression bei gleichzeitigem Schlucken oder „Kuckuck“-sagen (oder auch Coca-Cola)
  - Abhören mit Hörschlauch
  - Kinder: Aufblasen eines mit Politzer-Olive versehenen Luftballons
- Toynbee
  - Schlucken bei geschlossener Nase (-> Überdruck), Ausgleich durch Schlucken mit offener Nase
  - Otoskopische oder tympanometrische Kontrolle
  - Hinweis: intaktes Trf: Valsalva / Toynbee tympanometrisch messbar; Perforation: Nachweis der spontanen oder durch Schlucken erzeugten Tubenöffnung durch Tympanometrie
- SSTV - Test
  - Tubenfunktionsprüfung bei Trommelfelldefekt
  - mit Impedanzgerät mit Luftpumpe
  - Hochregeln des Luftdrucks +200...300mmWS
  - -> TubenSprengung (nicht bei Verlegung der Tubenöffnung durch Granulationen / Trommelfellreste); Druckabfall gegen 0
  - auch bei Undichtigkeit am Gehörgangseingang, deshalb vorher testen, ob bei +100mm WS Druck konstant
  - danach Unterdruck, 3 Manöver: Schlucken, Toynbee, Valsalva
  - bei normaler Tubenfunktion jeweils Druckanstieg gegen 0
  - bei gestörter Tubenfunktion konstanter Unterdruck
  - auch möglich (ebenfalls pathologisch): Sprengen funktioniert, Unterdruckmanöver nicht



## 12. Gutachten, Vorsorge- und Risikountersuchungen

### 12.1. Allgemeines zu Gutachten

- Unterschiede zu sonstiger ärztlicher Tätigkeit
  - auf psychologischem und wissenschaftlichem Gebiet
  - zu Begutachtender kommt meist nicht aus eigenem Antrieb
  - Arzt handelt im Auftrag einer Behörde, Versicherungsgesellschaft oder eines Gerichtes
  - keine vertrauensvolle Arzt-Patient-Beziehung, ist auch nicht das Ziel
    - ▶ keine Erfüllung von Wunschvorstellungen des zu Begutachtenden

- ▶ keine Vertretung von bspw. Versicherungsinteressen
- nüchtern und objektiv zur Sache (soweit möglich => Ermessensspielraum)
- zu Begutachtender muß überzeugt werden, daß über seinen Gesundheitszustand unvoreingenommen und sachlich geurteilt wird → Vertrauensbasis
- Gutachten werden (im Unterschied zu anderen ärztlichen Ergebnissen) sehr kritisch von den verschiedensten Seiten unter die Lupe genommen
  - ▶ Orientierung am allgemeinen Kenntnisstand, nicht an Außenseitern
- Schwerpunkte: vorheriger Zustand, Konstitution, Ursachen und Ausprägung, weniger Therapie
- Auswirkung auf spezielle Berufsausübung / Alternativen am Arbeitsmarkt
  - ▶ konkrete Angaben über noch zumutbare Arbeitsleistung
  - ▶ abstrakte GdS
- Fehler
  - Aktenstudium: wichtige Eintragungen übersehen
  - Anamnese: schematisch, nicht auf die speziellen gutachtlichen Fragen ausgerichtet, dadurch Übersehen von Widersprüchen zwischen Anamnese und Akteninhalt
  - Befunderhebung:
    - ▶ routinemäßige Reihe von Untersuchungen, auch unnötige, dafür nötige nicht
    - ▶ Simulation
    - ▶ fehlerhafte, von unzureichend geschultem Hilfspersonal erhobene Befunde
  - Beurteilung:
    - ▶ Unkenntnis der rechtlichen Grundlagen in den einzelnen Versicherungsbereichen
    - ▶ mangelnde Beachtung der gutachterlichen Fragestellungen
    - ▶ unnötige Fragen diskutiert (cave!: Ablehnung wegen Befangenheit)
    - ▶ Vorgriff auf rechtliche Entscheidungen (ursächlicher Zusammenhang „anerkannt“, GdS „festgesetzt“ usw.)
    - ▶ post hoc, ergo propter hoc statt kausales Denken
    - ▶ vage Begriffe (konstitutionell, endogen, altersbedingt)
    - ▶ Subjektive Willkür (wohlwollende / strenge Beurteilung)
  - Selbstkritik
    - ▶ oft einmal bezogene Stellungnahme nicht veränderlich, um Ansehen nicht zu gefährden
    - ▶ richtig: überdenken und eventuell revidieren
- Formen
  - Attest
    - ▶ durch Haus- oder Facharzt; erste Stufe
    - ▶ keine Bewertung, nur Feststellung einfacher Sachverhalte
  - Formulargutachten
    - ▶ Beantwortung gezielter Fragen
  - Aktengutachten
    - ▶ ohne Untersuchung anhand Aktenlage
    - ▶ aufgrund von Fremdbefunden
  - „Obergutachten“
    - ▶ Zusammenfassung und Beurteilung mehrerer vorhergehender Gutachten
  - Freies Gutachten
    - ▶ fachärztliche Beurteilung unter spezifischer Fragestellung
  - Neben- und Hauptgutachten
    - ▶ bei Einbeziehung mehrerer Fachgebiete
    - ▶ Hauptgutachter bestimmt über / veranlaßt erforderliche Nebengutachten
  - Gutachten bei Nachuntersuchungen und zur Feststellung der Dauerrente
    - ▶ bei Verlaufsbeurteilungen
- Schweigepflicht
  - kein „Arzt-Patient-Verhältnis“ => keine Schweigepflicht des Gutachters
  - bei Einholung von Befunden behandelnder Ärzte muß Entbindung von der Schweigepflicht durch den Patienten erfolgen
  - Patient ist Geheimhaltungsherr und allein und ausschließlich befugt, den Arzt von der Schweigepflicht zu befreien.

## 12.2. Wichtige Begriffe

- Krankheit
  - Def (RVA 1920!): „Krankheit ist ein regelwidriger Körper- oder Geisteszustand, der eine Heilbehandlung erforderlich macht oder Arbeitsunfähigkeit zur Folge hat.“ (BSG vom 12.11.1985 - 3 RK 45/ 83-BSGE 59,16)
  - zusätzliche Urteile:
    - ▶ Krankheit ist auch schon dann anzunehmen, wenn „der Zustand zwar noch keine Schmerzen oder Beschwerden bereitet, durch ärztliche Behandlung aber eine wesentliche Besserung oder gar Beseitigung des Leidens und damit eine günstige Wirkung auf die spätere Erwerbsfähigkeit erreicht werden kann.“ (BSG vom 28.10.1960-3 RK 29/59 - BSGE 13,134).
    - ▶ „Die Regelwidrigkeit eines Körper- oder Geisteszustandes ist bereits mit der Abweichung von der durch das Leitbild des gesunden Menschen geprägten Norm gegeben“ (BSG vom 28.4.1967-3 RK 12/65 - BSGE 26/240).
    - ▶ „Eine Heilbehandlung ist dann erforderlich, wenn sich Schmerzen einstellen oder die Gefahr der Verschlimmerung des Zustandes droht“ (BSG vom 13. 10.1978-3 RK 81/77 - BSGE 47,83,85).
- Arbeitsunfähigkeit
  - Versicherter kann nicht oder nur mit der Gefahr einer unmittelbaren Verschlimmerung seiner Krankheit seine bisherige Tätigkeit ausüben, fortführen oder wieder aufnehmen
  - „arbeitsfähig“ oder „arbeitsunfähig“: „Alles-oder-Nichts“
  - bezieht sich nur auf bisher ausgeübte Tätigkeit
  - stufenweise Wiederaufnahme der Arbeit als Teil der Rehabilitation ist möglich (Status Arbeitsunfähigkeit, voller Versicherungsschutz, Kooperation aller Beteiligten)
- Dienstunfähigkeit
  - Beamtenengesetz (§42 BBG)
  - wegen körperlichen Gebrechens oder wegen Schwäche seiner körperlichen oder geistigen Kräfte zur Erfüllung seiner Dienstpflichten dauernd unfähig
  - Beamte, Richter, Soldaten, sinngemäß Wehr- und Zivildienstleistende
- Berufsunfähigkeit
  - „Berufsunfähig sind Versicherte, deren Erwerbsfähigkeit wegen Krankheit oder Behinderung auf weniger als die Hälfte derjenigen von körperlich, geistig und seelisch gesunden Versicherten mit ähnlicher Ausbildung und gleichwertigen Kenntnissen und Fähigkeiten gesunken ist ...“
- Erwerbsunfähigkeit
  - erwerbsunfähig sind Versicherte, die wegen Krankheit oder Behinderung auf nicht absehbare Zeit außerstande sind, eine Erwerbstätigkeit in gewisser Regelmäßigkeit auszuüben oder Arbeitsentgelt oder Arbeitseinkommen zu erzielen, das ein Siebtel der monatlichen Bezugsgröße übersteigt (irgendein nennenswerter Verdienst).  
Erwerbsunfähig ist nicht, wer eine selbständige Tätigkeit ausübt
  - völlige Erwerbsunfähigkeit entspricht GdS von mindestens 90%
- Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE): Begriff der gesetzlichen Unfallversicherung; Grad der Schädigungsfolgen (GdS): ähnlich, aus sozialem Entschädigungsrecht, hat tw. MdE ersetzt; Grad der Behinderung (GdB): aus Schwerbehindertengesetz (SchwbG), beschreibt Beeinträchtigung ohne Berücksichtigung der Ursache
  - Ausmaß eines Körperschadens, der einen Entschädigungsanspruch begründet: (%)

## 12.3. GdS

- Einschätzung des GdS / der MdE
  - Einzelfallentscheidung durch Gericht bzw. Verwaltungsbehörde
  - Einschätzung der GdS ist keine Aufgabe des ärztlichen Sachverständigen
  - Gericht hat Ermessensspielraum
  - im allgemeinen GdS-Werte, die sich durch 10 teilen lassen, in Unfallversicherung 5%-Abstufung üblich
  - nicht nur vorübergehende Gesundheitsstörung
    - ▶ wenigstens 6 Monate

- ▶ in der Unfallversicherung: über 13. Woche nach dem Unfall hinaus andauert.
- GdS nicht auf „normalen“ Menschen bezogen, sondern auf Erwerbsfähigkeit des Verletzten im Zeitpunkt des Arbeitsunfalles
- Seelische Begleiterscheinungen und Schmerzen sind zu berücksichtigen
- Berufliches Betroffensein
  - ▶ GdS höher zu bewerten, wenn
    - a) infolge der Schädigung weder seinen bisher ausgeübten, begonnenen oder den nachweisbar angestrebten noch einen sozial gleichwertigen Beruf ausüben kann,
    - b) zwar seinen vor der Schädigung ausgeübten oder begonnenen Beruf weiter ausübt oder den nachweisbar angestrebten Beruf erreicht hat, in diesem Beruf durch die Art der Schädigungsfolgen aber in einem wesentlich höheren Grade als im allgemeinen Erwerbsleben erwerbsgemindert ist, oder
    - c) infolge der Schädigung nachweisbar am weiteren Aufstieg in seinem Beruf gehindert ist."
- Grenzwerte der GdS zur Auszahlung einer Rente; Stütz-GdS
  - ▶ Eine GdS 25% → Rente 30% entschädigt = GdS-Schwellenwert für Rente im sozialen Entschädigungsrecht
  - ▶ Unfallversicherung: ab GdS 20%, außer, vorher bestand schon andere GdS
- GdS aus einem oder mehreren Unfällen
  - ▶ mehrere Versicherungsfälle getrennt entschädigt
  - ▶ bei Schäden an mehreren Körperteilen GdS zusammenfassen.
- Änderung der GdS
  - ▶ bei mehr als 6 Monaten um wenigstens 10 % oder wenn 25 % erreicht oder unterschritten werden (Unfall: 20%)
- Adäquanztheorie
  - Haftung nur für vorhersehbare Schäden
- Theorie der wesentlichen Bedingung
  - Ursachen sind die Bedingungen, die wegen ihrer besonderen Beziehung zum Erfolg zu dessen Eintritt wesentlich mitgewirkt haben
  - mehrere Teilursachen, aber eine wesentliche → diese als einzige
  - mehrere Teilursachen gleichwertig → nebeneinander stehende Mitursachen
  - Gelegenheitsursachen (banale äußere Einflüsse) führen zu Ausbruch eines konstitutionellen Leidens → keine wesentlichen Bedingungen
- Wahrscheinlichkeit des ursächlichen Zusammenhanges
  - genügt, da Zusammenhang oft schwer beweisbar ist
- Ursächlicher Zusammenhang im Sinne der Entstehung
  - war Schädigungsereignis oder die schädigende Einwirkung Teil der versicherten Tätigkeit?
  - hat Ereignis in der behaupteten Weise stattgefunden?
  - Beweislast liegt beim Anspruchsteller
    - ▶ rechtzeitige Unfallmeldung!
    - ▶ Zeugen für Wegeunfall!
  - => „haftungsausfüllende Kausalität“, zu der sich der Arzt als Sachverständiger äußern muß
- Beispiele:
  - ▶ - Unmöglich ist die Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit, wenn die Lärmexposition während des ganzen Arbeitslebens nie über 80 dB (A) gelegen hat.
  - ▶ - Unmöglich ist auch die Entstehung einer Schalleitungsstörung durch Lärm.
  - ▶ - Wissenschaftlich nicht hinreichend gesichert sind Schwerhörigkeit und Gleichgewichtsstörungen als Folge elektromagnetischer Felder.
- war die schädigende Einwirkung in dem zu begutachtenden Fall die wesentliche Bedingung für den Eintritt des Körperschadens?
  - ▶ angemessene zeitliche Beziehung
  - ▶ Brückensymptome zwischen primärer Unfallfolge und späterer Verschlechterung
- Beispiele:
  - ▶ - Entwicklung der Hörstörung während der Lärmexposition, kein Fortschreiten nach Beendigung der Lärmexposition.

- ▶ - Latenzzeit von Stunden bis höchstens wenige Tage zwischen Trauma und Manifestation einer Fetteibohlie, einer HWS-Gefügestörung.
- ▶ - Latenzzeit von vielen Jahren der Holzstaubexposition bis zur Entstehung eines Adenokarzinoms des Naseninneren usw.
- waren andere schädigungsunabhängige Faktoren wesentlich an der Entstehung des Körperschadens mitbeteiligt?
  - ▶ Beispiel: Eine 28jährige Verkäuferin leidet seit dem Kindesalter an einer genuinen Epilepsie. Durch entsprechende Medikation war sie in den letzten 5 Jahren anfallsfrei geblieben, mit Ausnahme eines Grand-mal-Anfalles vor einem Jahr nach vorübergehender Unterbrechung der Medikation. Auf dem Weg von der Arbeitsstätte auf holprigem Pflaster stürzt sie, schlägt mit dem Hinterkopf auf, erleidet einen Schädelbruch, subdurale und epidurale Hämatome sowie eine Kontusion. Zeugen beobachten gleich nach dem Sturz Zeichen eines Krampfanfalles. Medizinisch kann nicht entschieden werden, ob ein genuiner Grand-mal-Anfall den Sturz verursacht hat - was als „gut möglich“ bezeichnet wird - oder ob der Anfall durch den Sturz im Sinne einer „immediate seizure“ ausgelöst wurde. Die Epilepsie war zwar erwiesen, aber es fehlte an der Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Epilepsie als innere Ursache mittelbar über einen Krampfanfall vor dem Unfall die allein wesentliche Bedingung und damit Ursache des Unfalles im Rechtssinne war. Der Unfall mußte daher als Wegeunfall nach §550 Abs. 1 RVO anerkannt werden (jetzt §8 (2) SGB VII).
- Kausalität unteilbar
  - ▶ überwiegen schädigungsbedingte oder schädigungsunabhängige Faktoren → Entschädigung oder nicht
  - ▶ nur bei Gesundheitsstörungen, die ätiologisch nicht sicher voneinander abgegrenzt werden können, z.B. Hochtenschwerhörigkeit
  - ▶ Beispiele:
    - Unzulässig wäre etwa die Aussage: Die beiderseitige Innenohrschwerhörigkeit im Hochtonbereich ist zur einen Hälfte Folge der Lärmeinwirkung, zur anderen Hälfte auf vorzeitige Alterung und Arteriosklerose zurückzuführen. Es muß vielmehr eine klare Aussage getroffen werden: entweder überwiegt die Lärmeinwirkung, dann gilt der ganze Schaden als lärmbedingt, oder es überwiegen die altersbedingten Faktoren, dann bleibt der lärmbedingte Anteil unberücksichtigt.
    - Dagegen wäre diese Abgrenzung möglich: Die Schalleitungsstörung ist Folge schädigungsunabhängiger Faktoren; die gleichzeitig bestehende Innenohrschwerhörigkeit ist überwiegend Folge der berufsbedingten Lärmeinwirkung, und damit ist diese versicherungsrechtlich die alleinige Ursache der Innenohrkomponente der kombinierten Schwerhörigkeit. Dabei muß unberücksichtigt bleiben, daß der Mittelohrprozeß selbst auch eine Hochtenschwerhörigkeit (wahrscheinlich geringeren Ausmaßes) verursacht hat.
    - Oder: Die beiderseitige Hochtenschwerhörigkeit ist überwiegend (d.h. versicherungsrechtlich allein) durch die berufliche Lärmeinwirkung hervorgerufen worden; die Tieftenschwerhörigkeit auf dem einen Ohr ist Folge einer schädigungsunabhängigen Erkrankung, z.B. des vor einem Jahr erlittenen Hörsturzes
- Verschlimmerung - Besserung
  - Körperschaden an Organ, das dann von der Schädigung getroffen wurde: Vorschaden und dessen Verschlimmerung
  - schädigungsbedingter Körperschaden und schädigungsunabhängige Erkrankung: Verschlimmerung durch schädigungsunabhängigen Nachschaden
  - schädigungsunabhängige Nachschäden gehen nicht in GdS ein, aber in GdB
- Duldungspflicht – Zumutbarkeit
  - für jeden diagnostischen oder therapeutischen Eingriff ist die Einwilligung des Patienten erforderlich
  - kein Zwang zur Duldung eines ärztlichen Eingriffes; aber andererseits muß derjenige Rechtsnachteile in Kauf nehmen, der einen zumutbaren Eingriff ablehnt
  - „Wer wegen Krankheit oder Behinderung Sozialleistungen beantragt oder erhält, soll sich auf Verlangen des zuständigen Leistungsträgers einer Heilbehandlung unterziehen,

wenn zu erwarten ist, daß sie eine Besserung seines Gesundheitszustandes herbeiführen oder eine Verschlechterung verhindern wird."

- Mitwirkungspflicht des Versicherten gilt nicht für Behandlungen und Untersuchungen, bei denen im Einzelfall ein Schaden für Leben oder Gesundheit nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann, die mit erheblichen Schmerzen verbunden sind oder die einen erheblichen Eingriff in die körperliche Unversehrtheit bedeuten
- Notwendigkeit und Aussichten einer ärztlichen Behandlung oder eines ärztlichen Eingriffes müssen festgestellt werden
- Als zumutbar gilt eine ärztliche Maßnahme, insbesondere eine Operation, wenn nach ärztlicher Ansicht
  - ▶ a) der Eingriff mit hoher Wahrscheinlichkeit gefahrlos ist,
  - ▶ b) eine angemessene Aussicht auf Besserung bietet (eine Garantie auf Erfolg wird nicht verlangt),
  - ▶ c) bei Mißlingen keine Verschlechterung zu befürchten ist und
  - ▶ d) der Eingriff nicht mit übermäßigen Schmerzen verbunden ist.

## 12.4. Gutachtliche Untersuchung

- Aktenstudium
- Erhebung der Vorgeschichte
- Allgemeines zur gutachtlichen Untersuchung
  - auf Fragestellung abgestimmt
  - muß alle erforderlichen Befunde liefern
  - keine überflüssigen Untersuchungen
  - bei eingreifenderen Untersuchungen, z.B. Punktionen, Biopsien, muß die ausdrückliche Einwilligung des Untersuchten vorliegen
  - nicht nur Hilfskräfte, auch eigene Befunderhebungen zur Kontrolle
    - ▶ durch eigene Untersuchungen oder Beisein
- HNO-Untersuchungsprogramm
  - Inspektion / einfache Funktionstests
    - ▶ äußerlich sichtbare, eventuell kosmetisch beeinträchtigende Befunde: Fotos zur Dokumentation
    - ▶ Spiegelbefunde
      - Auffälligkeiten der Ohrmuscheln und der äußeren Gehörgänge
      - Trommelfellbefund
      - Beweglichkeit im Siegle-Trichter (sog. pneumatische Ohrlupe; otoskopisches Gerät zur Prüfung der Trommelfellbeweglichkeit. Dabei wird ein mit einer Lupe versehener, luftdichter Trichter in den äußeren Gehörgang eingeführt. Über einen seitlich in das Trichterlumen eingebrachten Schlauch mit Gummiballon kann Luft eingeblasen bzw. abgesaugt u. dadurch ein Über- bzw. Unterdruck im äußeren Gehörgang erreicht werden. Durch die Lupenöffnung wird das Trommelfell begutachtet.)
      - Tubendurchgängigkeit.
    - ▶ Nase: Äußerer Aspekt, Stellung des knorpeligen und knöchernen Gerüsts, Septum, Nasenlumina, Muscheln, Luftdurchgängigkeit.
    - ▶ Nasen-Rachen-Raum: Choanen, Tubenwinkel und -Öffnungen, Rachendach.
    - ▶ Mundhöhle: Zustand des Gebisses, Zungen- und Mundschleimhaut, Beweglichkeit der Zunge, Beweglichkeit des Unterkiefers bzw. Kiefergelenkes.
    - ▶ Rachen: Zustand der Tonsillen, Motilität der Gaumenbögen.
    - ▶ Kehlkopf: Zustand der Stimmbänder, Motilität, Qualität der Stimme.
    - ▶ Hals: Eventuell Halslymphknoten, Struma, Tracheostoma, Narben.
  - Standardprogramm Funktionsprüfungen:
    - ▶ Klassische Hörprüfung (Hörweiten für Umgangs- und Flüstersprache, Stimmgabelversuch nach Weber und Rinne) und Tonaudiogramm.
    - ▶ Vestibularisfunktion: Prüfung auf spontanen und latenten Nystagmus
  - je nach Fragestellung und Verdacht
    - ▶ ausführliche audiologische Untersuchung,

- ▶ vollständige Vestibularisprüfung,
- ▶ Riech- und Geschmacksprüfung,
- ▶ Rhinomanometrie,
- ▶ Stimm- und Sprachstatus,
- ▶ Röntgenuntersuchungen und andere bildgebende Verfahren,
- ▶ Blutdruck, Blutbild, BKS u.a.

### 12.4.1. Gehör

- Hörweitenprüfung
  - ▶ Ergänzung und Bestätigung des Eindruckes vom Sprachverständnis (bei Anamnese) zur Plausibilitätsprüfung aller Hörbefunde
  - ▶ Kontrolle für audiologische Befunde
  - ▶ Hinweis auf Simulation oder Aggravation
  - ▶ Umgangssprache und Flüstersprache
  - ▶ Vervierfachung des Abstandes entspricht -10 dB

Distanz (m)	a.c.	0,05	0,25	1	4	16
US in dB	90	80	70	60	50	40

- ▶ bestimmte genaue Weite nicht sinnvoll, besser 2-3m / 5-6m
- ▶ Hörweite ist diejenige Entfernung, in der Zahlwörter zu mehr als der Hälfte verstanden und richtig nachgesprochen werden
- ▶ geeichtes Vertäubungsgeräusch oder Wagner-Schüttelversuch (schüttelnde Bewegungen mit dem Finger bei Druck auf den Tragus)
- Stimmgabelprüfungen
  - ▶ zur Kontrolle der тонаudiometrischen Befunde
  - ▶ Lateralisation bei einseitiger Schallempfindungsstörung ist weniger deutlich und zuverlässig
  - ▶ Rinne: bei einseitiger Taubheit entweder anderes Ohr lateralisiert oder als Vibration wahrgenommen → scheinbar negativer Rinne
  - ▶ sonst ist Rinne bei Schalleitungs-komponenten ab 15-20 dB sehr zuverlässig
- Tonschwellenaudiogramm
  - ▶ Luft- und Knochenleitung
  - ▶ Schalleitungs- oder Schallempfindungsstörungen
  - ▶ Fehler:
    - a) Mangelhafte Eichung des Audiometers
    - b) Schlechter Sitz der Kopfhörer bzw. mangelhafter Andruck des Knochenleitungshörers, dadurch unter Umständen Knochenleitung schlechter als Luftleitung.
    - c) Mangelhafte Audiometriertechnik mit Überfahren der Schwelle; dadurch insgesamt zu schlechte Hörwerte.
    - d) Mangelhafte Schalldämmung im Audiometrie-raum, zuviel Störlärm; dadurch insgesamt zu schlechte Hörwerte, besonders in den tiefen Frequenzen. Das gilt vornehmlich für praktisch normales Hörvermögen.
    - e) Mangelhafte Vertäubung bei einseitiger Schallempfindungsstörung oder Taubheit; dadurch Befund einer scheinbaren kombinierten Schalleitungs-Schallempfindungsschwerhörigkeit (Kontrolle durch Weber-Versuch!).
    - f) Übervertäubung bzw. überflüssige Vertäubung, z.B. bei symmetrischem Gehör; dadurch insgesamt zu schlechte Hörwerte.
    - g) Fälschliche Interpretation von Fühlwerten bei der Knochenleitung als Hörwerte; dadurch wird eine reine Schallempfindungsschwerhörigkeit in den tiefen Frequenzen als Schalleitungsstörung oder kombinierte Hörstörung gedeutet.
    - h) Kollabieren des Gehörganges durch den fest anliegenden Kopfhörer. Dadurch Darstellung einer Schalleitungsstörung, die nicht durch andere Befunde (Rinne, Tympanogramm) bestätigt werden kann,
    - i) Nichterkennen einer Simulation oder Aggravation bzw. psychogenen Hörstörung (s. unten).
- Audiometrische Differentialdiagnostik

- ▶ überschwellige Prüfmethode
  - Rekrutment:
    - immer mehrere Methoden, da keine für sich allein zuverlässig genug ist
      - SISI-Test
      - der Fowler-Test (bei einseitiger Hörstörung)
      - die Geräuschaudiometrie
      - die Bestimmung der Unbehaglichkeitsgrenze
      - Bestimmung der Stapediusreflexschwelle (Metz-Rekrutment)
    - → Rekrutment: kochleäre Hörstörung, kein Rekrutment: retrokochleär
    - oft ein scheinbar negatives Rekrutment wegen Aggravationstendenz: zur Betonung der Schwerhörigkeit verneint der Untersuchte die Wahrnehmung der kleinen Intensitätssprünge
  - Hörermüdung (Carhart, Bekesy, Feldmann u.a.)
    - Sicherung einer retrokochleären Hörstörung
    - evtl. zum Nachweis eines besonders vulnerablen Innenohrs bei schalltraumatischen Schädigungen.
- ▶ Tinnitus
  - Geräuschcharakter
  - Tonhöhe bei tonalem T. anhand Audiometertönen
  - Verdeckung → Verdeckungskurven
    - mit weißem Rauschen
    - mit Audiometertönen oder Schmalbandgeräuschen (Feldmann, 1992).
  - Verdeckungskurven sind Kontrolle für Tonschwellenkurven
    - Tonlautstärken tinnitusverdeckend, die nicht gehört wurden angegeben werden
  - wichtige differentialdiagnostische Hilfe, um die ätiologische Einheit mit zu entschädigender Hörstörung wahrscheinlich machen zu können
- ▶ Impedanzaudiometrie / Tympanometrie
  - Stapediusreflexschwelle:
    - Abschätzung wahrscheinlicher Hörschwelle
    - Rekrutment
    - Schallaufnahme durch das Trommelfell => pathologische Zustände im Mittelohr
    - Reflexbahnen
- ▶ Diagnostik zentraler Hörstörungen (dichotischer Dis-kriminationstest nach Feldmann, binauraler Sprachsynthesetest nach Matzker)
  - Abgrenzung peripherer Schäden von diffusen Schäden (z.B. bei Zerebralsklerose)
- ▶ objektive Audiometrie ERA und BERA/TEOAE, DPOAE
  - entscheidend bei Simulation und Aggravation
- ▶ Sprachaudiometrie
  - Freiburger Sprachtest
  - entscheidende Grundlage für die quantitative Bemessung des Hörschadens
  - wichtige Hinweise für die Möglichkeit der Rehabilitation durch Hörgerät
  - Bestimmung des prozentualen Hörverlustes: Einsilberversandnis bei 60, 80 und 100 dB (80/100dB zur Abschätzung Hörgerätewirkung)
  - bei Hörgeräteversorgung auch Prüfung mit HG, aber einfache Sprachabstandsprüfung genügt (s.o.)
  - verschiedene Kritikpunkte an Sprachverständlichkeitsprüfung in Ruhe unter Kopfhörern (keine Alltagsbedingungen) – aber unmöglich ist, standardisierte alltagsnahe Bedingungen zu schaffen
    - Ausgehend von den Arbeiten von Feldmann (1963) und Schenkel (1974) war in der früheren DDR ein „Beidohriger Zahlentest im Störgeräusch (BZT)“ entwickelt worden (Sauer 1982). Er liegt als Schallplatte vor und ist auf einem zweikanaligen Audiometer einsetzbar. Ab 1989 war in der DDR vorgeschrieben, diesen Test bei der Begutachtung berufsbedingter Hörschäden zu berücksichtigen.
  - Fehlerquellen:
    - a) Mangelnde Mitarbeit des Untersuchten: Aggravation, zu schlechtes Ergebnis
    - b) Untersucher bietet einzelne Wörter mehrmals an oder wertet nicht ganz richtig wiederholte Wörter als richtig: zu gutes Ergebnis.

- c) Untersucher
- Simulation / Aggravation
  - Abgrenzung einer psychogenen Hörstörung ist oft schwierig (s. unten).
  - Dissimulation: Versuch des Untersuchten, einen Körperschaden zu verheimlichen. Leicht zu erkennen.
  - nur einige praxisrelevante Hinweise:
    - ▶ Simulant
      - demonstratives Verhalten: legt Hand hinter das Ohr, um besser hören zu können, wendet den Kopf mit dem angeblich besser hörenden Ohr zum Untersucher, fixiert den Mund des Untersuchers mit weit aufgerissenen Augen, um „ablesen“ zu können. Er versteht oft einfachste, sich aus der Situation ergebende Aufforderungen oder Fragen angeblich nicht, reagiert dann aber wieder überraschend richtig.
      - Achtung bei Lärmarbeitern: können oft Lippenlesen, gute Kommunikation bei Anamnese, schlechtes Testergebnis
      - Simulation einseitiger Taubheit
        - leicht enttarnbar: Scheinverschluß des guten Ohres. Man steckt die durchbohrte Olive eines Politzer-Ballons fest in das „gute“ Ohr und spricht in das angeblich taube Ohr. Behauptet der Untersuchte, nichts zu hören, ist seine Simulation erwiesen
        - Überhörversuche und dem Stenger-Versuch: Hörvermögen des angeblich tauben Ohres auf etwa 10 dB genau bestimmbar; auch mit Sprache → Aussage über Sprachgehör
        - einseitige Taubheit, Schwerhörigkeit oder Normalhörigkeit macht nur GdS von höchstens 20% aus
      - Simulation / Aggravation beiderseitiger Schwerhörigkeit / Taubheit (GdS bis 80%)
        - Hörweitenprüfung: antwortet sehr zögernd, spricht oft nur eine Hälfte nach, falsche Antworten haben zu dem angebotenen Wort eine gedankliche, logische Beziehung (der echte Schwerhörige rät dagegen phonetisch), Simulant läßt sich bei der Hörweitenprüfung überraschen (zwischen den Zahlwörtern, die er aus einer gewissen Entfernung angeblich nicht versteht, einfache Aufforderungen „Augen zu!“ / „Jetzt mal das andere Ohr zuhalten!“)
        - Simulanten über Enttarnung nicht informieren, bis keine Zweifel mehr über sein tatsächliches Hörvermögen bestehen
        - Tonaudiometrie stark schwankende Werte, meist flache Kurve; mehrfach wiederholen, die Technik ändern, den Untersuchten zur Mitarbeit anhalten → oft bessere, d.h. richtigere Werte
        - Geräuschschwelle muß mit dem Optimum der Tonschwellen übereinstimmen
        - Ton- und Sprachaudiogramm: Tongehörverlust im Frequenzbereich von 500-1000 Hz mit a1-Wert übereinstimmend
        - Aggravation: Tonaudiogramm meist schlechter als Sprachaudiogramm
        - Sprachaudiogramm kann nie zu gute Werte ergeben
        - Sprachaudiometrie ergibt keine vernünftigen Kurven
        - wenn 100%iges Zahlenverständnis erreicht, in Zickzackstufen zu geringeren Lautstärken vordringen; Vorgehen:
          - Große Lautstärke
          - (80 dB): 100% verstanden
          - Lautstärke um 20 dB
          - erniedrigt (60 dB): 0% verstanden
          - Lautstärke wieder um
          - 15 dB erhöht (75 dB): 100% verstanden
          - Lautstärke um 20 dB
          - erniedrigt (55 dB): 0% verstanden
          - Lautstärke wieder um
          - 15 dB erhöht (70 dB): 100% verstanden
          - usw.
          - jede Lautstärkenstufe 2-3 Zahlwörter

- Simulant glaubt, bei Erhöhung um 15 dB sei die Lautstärke eingestellt, bei der er nachgesprochen hatte, und spricht nach; bei Zögern ruhig ermuntern: „Das haben Sie doch vorhin auch verstanden!“
- Doerfler-Stewart-Test:
  - geringste Lautstärke mit 100% Zahlenverständnis
  - Zahlwörter plus weißes Rauschen steigender Lautstärke
  - Normalhörige und organisch Schwerhörige werden nicht gestört, auch wenn Geräusch so laut wie die Zahlwörter
  - Simulation / psychogene Schwerhörigkeit: Sprachverständnis sehr beeinträchtigt, oft bei Geräuschlautstärken unterhalb der zugegebenen Geräuschschwelle
  - Zusatzaussage: tatsächliche Geräuschschwelle
- weiterer Test
  - Lautstärke 100% Zahlenverständnis, über Mikro selbst gesprochen, bestimmen
  - Patienten Zahlenreihe sprechen lassen, z.B. von 100 in 3er Schritten abwärts
  - unterhalb der angeblichen Zahlenverständnislautstärke Zahlen dazwischensprechen
  - falls verstanden, kommt Patient durcheinander
- Im Bekesy-Audiogramm Typ V:
  - Schwellen für unterbrochene Töne schlechter als für Dauertöne (umgekehrt gegenüber organischer Hörrermündung)
- Der Lombard-/Leetest erfordern große Lautstärken und gestatten nur recht grobe Aussagen
- Stapediusreflex: Hörschwellen aus Reflexschwellen berechenbar (Niemeyer u. Sesterhenn 1974)
- ERA (Folie 2)
- OAE (keine Aussage über Hörverlusten > 30-40dB)

### 12.4.2. Vestibularisprüfung

- häufige Fragestellung, besonders nach Schädeltraumen
- 3 Fragen
  - Gleichgewicht objektivierbar gestört?
  - Auswirkungen im Alltag / Beruf?
  - kausaler Zusammenhang mit angegebenem Ereignis?
- Anamnese
  - 1. Charakter des Schwindels: Drehschwindel, Schwankschwindel, Liftschwindel, Gefühl der Lateropulsion, Schwarzwerden vor den Augen
  - 2. Zeitlicher Verlauf des Schwindels: Anfallsschwindel, Dauerschwindel, Belastungsschwindel.
  - 3. Bei Belastungsschwindel provozierende Situationen: Plötzliche Kopfwendungen, Bücken, Lagewechsel, Höhenschwindel, Schwindel nur im Dunkeln.
  - 4. Begleitende Symptome: Übelkeit, Erbrechen, Schweißausbruch, Schwerhörigkeit, Ohrensausen.
  - 5. Konkrete allgemeine Auswirkungen: Gangabweichungen, Fallneigung, Unsicherheit, Orientierung im Dunkeln, Radfahren, Autofahren, Schwimmen; kann der Untersuchte im Gehen lesen (Reklameschrift, Hinweisschilder), Dandy-Syndrom (beidseitiger Vestibularisausfall)?
  - 6. Konkrete Auswirkungen im Beruf: Stehen auf Leitern, Gerüsten, Über-Kopf-Arbeit, an gefährlichen Maschinen (Kreissägen, Stanzen, Schlagscheren usw.).
- Untersuchungen
  - Verfahren
    - ▶ Romberg,
      - Stehen auf einem Bein,
      - Stehen im Seiltänzerschritt
    - ▶ Unterberger-Tretversuch,
    - ▶ Blindgang vor und zurück,
    - ▶ Kehrtwendung mit geschlossenen Augen,

- ▶ Armhalteversuch (geschlossene Augen, Arme vorgestreckt, Supination)
- ▶ Zeigeversuch,
- ▶ Finger-Nase-Versuch.
- Simulationszeichen
  - ▶ groteske Unsicherheit: breitbeiniger, tapsiger Gang, torkelnde Bewegungen
  - ▶ selten eine systematische Abweichung oder Fallneigung
  - ▶ keine anderen objektiven Zeichen einer Vestibularisstörung (Spontannystagmus, Befunde der experimentellen Erregbarkeit)
  - ▶ Simulationsproben:
    - beim Romberg-Versuch Zahlen auf die Stirn schreiben, die er erkennen soll
    - Hörprüfung im Stehen mit geschlossenen Augen
    - Beobachtung beim Ausziehen der Schuhe
- Nystagmusprüfungen
  - ▶ Frenzelbrille
    - Schlagrichtung, Amplitude und Frequenz (am besten Schlagzahl pro Minute) vermerken
  - ▶ Provokation durch Kopfschütteln, Bücken, Lagewechsel
    - Kopfschüttelnystagmus besonders wichtig, da er natürliche Situation nachahmt (ruckartige Beschleunigungen)
  - ▶ Nystagmus kann fehlen (z.B. bei beiderseitigem Vestibularisausfall typisch)
  - ▶ Simulation ist nicht überzeugend möglich
  - ▶ vertebrogenen Schwindel:
    - bei fixiertem Kopf Drehstuhl pendelförmig gedreht (Kopf behält seine Stellung im Schwerfeld, keine Beschleunigungen)
    - normal: keine Nystagmen
    - während der Drehung: wahrscheinlich Ursache in den Halswirbelgelenken oder propriozeptiven System
    - erst in der Endstellung der Drehung mit Verzögerung: Störung wahrscheinlich an Aa. vertebrales
  - ▶ thermische Vestibularisprüfung immer mit Kalt- und Warmreiz
    - Methode und Ergebnis genau beschreiben (keine verbindliche Norm)
  - ▶ rotatorische Prüfung testet Zusammenspiel beider Seiten sowie zentrale Kompensation (wichtig bei Nachuntersuchungen)
  - ▶ nach Möglichkeit mit elektronystagmographischer Aufzeichnung
  - ▶ Parameter: Nystagmusdauer, Schlagzahl, Frequenz, Gesamtamplitude, Geschwindigkeit der langsamen Phase u.a.
  - ▶ weitere Untersuchungsverfahren
    - galvanische Reizung
    - Kupulometrie
    - Blickfolgebewegungen / optokinetischer Nystagmus

### 12.4.3. Geruchs- und Geschmacksprüfung

- Riechstörungen bei 10% aller Schädeltraumen
- dadurch auch Schmeckstörung => immer Geruch und Geschmack
- a) Reine Riechstoffe    Bittermandelwasser    (wie Weihnachtsgebäck)  
                                  Oleum rusci                                    (wie Geräuchertes)
- b) Riechstoff mit        Menthol                                    (wie Hustenbonbon, kühl)  
    Trigeminus-  
    komponente
- c) Riechstoff mit        Chloroform                                (wie Krankenhaus, leicht süßlich).  
    Geschmacks-  
    komponente
- Riechstoffe negiert, Trigemi-nus- und Geschmacksreize wahrgenommen => echte Anosmie / Hyposmie
- Gleichzeitiger Ausfall von Geruch und Geschmack kommt selten aber vor (0,5 - 1 % nach Schädeltraumen) (? Thalamusschaden)

- zusätzlich Ausfall der Sensibilität der Nase (Trigeminuskomponente) => Verdacht auf Simulation bzw. psychogene Störung
- Simulationstest einer Anosmie: gustatorische Riechprüfung
  - Liköressenzen (wäßrige Lösung zum Schmecken)
    - ▶ 1. Reine Riechstoffe: Kakao mit Nuß, Apricot.
    - ▶ 2. Mischreizstoffe: Halb und Halb (Bittereindruck), Kirsch mit Rum (Sauereindruck)
  - bei Anosmie: 1. nicht wahrnehmbar, 2. bitter / sauer
  - Simulant negiert Geschmackskomponenten der zweiten Gruppe
- Simulationstest über Atemfrequenz / -tiefe
  - bei Einwirkung eines starken Geruchsreizes ändern sich unwillkürlich Atemrhythmus / Atemtiefe ändert
  - „Prüfung der Atmung“: Augen verbinden, Atmen über Narkosemaske
  - Registrierung der Atembewegungen / des Atemstroms an der Nase / über der Trachea / über Rhinomanometer
  - unerwartet Riechreiz → apnoische Pausen oder Hyperventilation; kann von Simulanten nicht unterdrückt werden
- Geschmacksprüfung
  - mit Zucker, Salz, Zitronensäure, Chinin
  - zur genauen Lokalisation / quantitativen Bewertung: Elektrogustometrie
    - ▶ z.B. bei isolierter Geschmacksstörung am Zungengrund (Schädigung des N. glossopharyngeus nach Tonsillektomie)
- bildgebende Verfahren
  - Röntgen
    - ▶ zu wenig geröntgt / Format zu klein bemessen
    - ▶ oder auch nichtindizierte Röntgenaufnahmen
    - ▶ oder unnötige Wiederholungen, obwohl Voraufnahmen vorliegen

#### 12.4.4. Untersuchung von Stimme und Sprache

- selten bei Begutachtungen
- Sache des Phoniaters (außer z.B. nach Laryngektomie)
- Stimmstörungen und Sprechstörungen streng trennen (Originalformulierung im Buch – Sprachstörungen – ist falsch)
  - meist isoliert → einzeln betrachten
- Stimmstörungen: Heiserkeit oder Aphonie durch
  - Funktionsstörung des Kehlkopfes (organischer oder funktionell)
- Sprechstörungen: fehlerhaften Artikulation (Stammeln, Näseln) oder einer Störung des Redeflusses (Stottern, Poltern)
- (Sprachstörungen (Aphasien, Agrammatismus u.ä.) sind Sache des Neurologen)
- Fragestellungen
  - Zusammenhang mit Ereignis
  - Verständlichkeit der Sprache → Kommunikationsfähigkeit des Erkrankten
  - Beeinträchtigung der Ausübung des Berufes
  - Verständlichkeit der Ersatzsprache bei Laryngektomierten
- Stimmstörung
  - Anamnese
    - ▶ Stimme in der Kindheit: Längere Heiserkeit? Schreiknötchen? Infekte?
    - ▶ Mutation: Wann? Wie lange? Störungen?
    - ▶ Stimmgebrauch: Überbeanspruchung privat oder beruflich? Durch Sprechen oder Singen?
    - ▶ Chorgesang: Seit wann? Welche Stimmlage?
    - ▶ Stimmerzziehung: Gesangsausbildung?
    - ▶ Sprecherziehung: Welcher Art?
    - ▶ Beginn und Entwicklung der Stimmstörung: Wann? Dauernd oder nur bei Belastungen? Bei welchen?
    - ▶ Symptome der Stimmstörung: Mißempfindungen im Hals, Trockenheit, Schleimbildung, Druck- und Globusgefühl, Brennen, Verspannung, Schmerzen, Räusper- oder Hustenzwang, Heiserkeit, vollständiges Versagen, Umkippen der Stimme?

- Spiegeluntersuchung
  - ▶ ganzer HNO-Status
  - ▶ Beurteilung des Kehlkopfes:
    - Beschaffenheit der Stimmbänder und der Schleimhaut,
    - Beweglichkeit der Stimmbänder,
    - Stimmlippenschluß bei Phonation, Husten,
    - Stroboskopie.
  - ▶ funktionelle Untersuchung
    - Qualität der Sprechstimme, Rufstimme, Singstimme,
    - Hustenstoß,
    - Stimmeinsatz,
    - Stimmumfang,
    - mittlere Sprechstimmlage,
    - Tonhaldedauer,
    - Vitalkapazität,
    - Atmungstyp.
- Stimmumfang und Dynamikbreite messen
  - ▶ → Stimmfeld (graphisch) (Folie 3)
- Sprechstörungen (HNO)
  - Artikulationsstörungen (Verletzungen der Zunge, des Gaumens, der Nase)
  - Stottern als Folge eines Schreckerlebnisses.
  - Anamnese
    - ▶ Entwicklung der Sprache in der Kindheit,
    - ▶ Schulleistungen, berufliche Entwicklung,
    - ▶ Intelligenz, Mehrsprachigkeit
  - Spiegeluntersuchung
    - ▶ Mimik, Funktion des N. facialis,
    - ▶ Zahnstellung,
    - ▶ Beweglichkeit der Zunge,
    - ▶ Beweglichkeit des Gaumens,
    - ▶ Nase, Nasenrachenraum, Nebenhöhlen, Kehlkopf.
  - funktionelle Untersuchung
    - ▶ Bestandsaufnahme der Sprachlaute zur Definition von Stammelfehlern,
    - ▶ Proben auf Nasalität (mit AI-Probe, Spiegel oder Auskultation), Atmung,
    - ▶ Redefluß im freien Sprechen, Lesen (tonische oder klonische Störungen), Singen, Mitbewegungen

## 12.5. Auswertung und Beurteilung

### 12.5.1. Quantitative Bemessung des Hörvermögens

- Schweregrad ohne technische Hilfsmittel für GdS
- GdB, Berufs- und Erwerbsunfähigkeit mit Hörgerät
- Hörweite (Mittermaier) nach US
  - geringgradige Schwerhörigkeit mehr als 4 m
  - mittelgradige Schwerhörigkeit 1 -4 m
  - hochgradige Schwerhörigkeit 0,25-1 m
  - an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit weniger als 0,25 m
  - Taubheit 0
  - Flüstersprache ohne genaue Festlegungen
- Sprachverständnis
  - Tabellen nach Boenninghaus u. Röser, 2 Werte (Folie 4, 5)
    - ▶ 1. Verständniswerte bei 3 definierten Lautstärken (60 dB, 80 dB und 100 dB) addiert → „Gesamtwortverstehen Ws“
    - ▶ 2. Hörverlust für Sprache in dB (a1) am Abstand der gemessenen Zahlenkurve von der Normalkurve. Mit diesen beiden Werten, Gesamtwortverstehen Ws und Hörverlust für Zahlen ai, geht man in die Tabelle (Tab. 2) ein und findet so den prozentualen Hörverlust.

- Durch Verbesserung der Technik wurde Sprache nach Entwicklung des Tests besser verstanden => geringe Schwerhörigkeiten wurden unterbewertet, deshalb:
  - ▶ 60 dB mit 3facher, 80 dB mit doppelter, 100 dB mit einfacher Wichtung => „gewichtetes Gesamtwortverstehen“ Wsgw
  - ▶ (3 x Verständnisquote in % bei 60 dB + 2 x Verständnisquote in % bei 80 dB + 1 x Verständnisquote in % bei 100 dB) / 2
  - ▶ also wieder maximal 300
- Jetzt gibt's also 2 mögliche Ergebnisse. Was nun? (Laut Königsteiner Merkblatt)
  - ▶ 1. Man bestimmt zunächst unter Verwendung des gewichteten Gesamtwortverstehens und des Hörverlustes für Zahlwörter den prozentualen Hörverlust. Ergibt sich hierbei ein Wert von 20% bis 40% (beide Werte eingeschlossen), so soll dieser verbindlich und ohne weitere Berechnungen für den prozentualen Hörverlust gelten.
  - ▶ 2. Ergibt sich aber mit dem gewichteten Gesamtwortverstehen ein prozentualer Hörverlust von 50% oder mehr, so sollen die sprachaudiometri-schen Daten noch einmal unter Verwendung des einfachen Gesamtwortverstehens in Verbindung mit dem Hörverlust für Zahlwörter ausgewertet werden. Ergibt sich hierbei ein Wert von 40% oder mehr, so soll dieser verbindlich für den prozentualen Hörverlust gelten. Ergibt sich aber mit dem einfachen Gesamtwortverstehen ein Wert von weniger als 40%, so soll der Grenzwert zwischen beiden Berechnungs-arten, also 40%, verbindlich für den prozentualen Hörverlust gelten.
  - ▶ 3. Ergibt die Berechnung mit dem gewichteten Gesamtwortverstehen einen prozentualen Hörverlust von weniger als 20%, so ist für die Entscheidung, ob eine versicherungsrechtlich relevante Schwerhörigkeit vorliegt oder nicht, noch das Tonaudiogramm heranzuziehen und mit der Dreifrequenztafel (Röser 1980) auszuwerten (s. weiter unten). Es sollten bei dieser Berechnungsweise und Konstellation (relativ gutes Sprachverständnis) aber nur Werte bis maximal 20% für den als verbindlich anzusehenden prozentualen Hörverlust akzeptiert werden.
- Ausländer mit unzureichenden Deutschkenntnissen:
  - ▶ Zahlwörter meist ausreichend beherrscht, um Aggravation im Tonaudiogramm nachzuweisen
  - ▶ bei Einsilbern größere Lautstärke für un- oder schlecht bekannte Wörter nötig, eingeschränkte Diskrimination möglich
  - ▶ dann Beurteilung des prozentualen Hörverlusts aus Hörweitenprüfung mit Flüster- und Umgangssprache und Zahlwörtern in Verbindung mit Tab. 3 (Folie 5)
    - prozentualer Hörverlust für Hörweiten für Umgangs- und Flüstersprache sollte mit Sprachaudiogramm übereinsimmen
      - hat (außer bei Ausländern) nur historischen Wert
      - Hörweiten bis 64m(!)
- Bewertung nach dem Tonaudiogramm
  - Abgrenzung zwischen Normalhörigkeit und geringgradiger Schwerhörigkeit nach Sprachaudiogramm unsicher, wenn trotz starkem Hochtonverlust Sprachverständnis noch gut ist
  - wenn nach Sprachaudiogramm mit gewichtetem Gesamtwortverstehen weniger als 20% prozentualer Hörverlust: Dreifrequenztafel von Röser (1980) (Folie 5, Tab. 6)
    - ▶ bei noch sehr gutem Sprachverständnis darf nicht mehr als 20% angesetzt werden
  - auch wenn Sprachgehörprüfung unmöglich (z.B. bei Ausländern)
  - bei unregelmäßiger Kurve gemäß Hörverlusten bei 500, 1000, 2000 und 4000 Hz (Folie 5, Tab. 5)
- neben Prozentwerten noch Gradeinteilung angeben

Hörverlust in %	Gradeinteilung
0	normales Hörvermögen
10	annähernd normales Hörvermögen
20	annähernd geringgradige Schwerhörigkeit
30	geringgradige Schwerhörigkeit

40	gering- bis mittelgradige Schwerhörigkeit
50	mittelgradige Schwerhörigkeit
60	mittel- bis hochgradige Schwerhörigkeit
70	hochgradige Schwerhörigkeit
80	hochgradige bis an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit
90	an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit
100	Taubheit

- Aus dem prozentualen Hörverlust bzw. dem Schweregrad, für jedes Ohr einzeln bestimmt, ergibt sich nach Tab. 7 die GdS. (Folie 7)
- Probleme bei der Gradeinteilung
  - Es gibt keine naturwissenschaftlich zu begründende allein richtige Methode der gradmäßigen Unterteilung von Hörstörungen.
  - Es gibt keine medizinische, psychologische oder soziologische Methode, die es gestatten würde, allgemein verbindlich Hörstörungen in einer Skala mit anderen Körperschäden (Auge, Hand ...) in eine feste Beziehung zu setzen.
  - Behinderung durch Hörstörungen wird meistens unterschätzt
  - GdS-Werte für Hörstörungen sind daher früher öfter als zu hoch kritisiert worden
- GdS-Bewertung von Hörstörungen bei Vorschäden
  - Abzüge entsprechend Konstellation (Vorschaden gleiches Ohr, Gegenohr, beider Ohren)
  - Für Vorschaden Gegenohr: (Folie 9)

### 12.5.2. GdB/GdS-Richtsätze für vestibuläre Störungen

- entscheidend: Auswirkung auf die Körpergleichgewichtsregulation
  - ▶ nicht experimentelle Befunde
- Gradeinteilung der vestibulären Störungen anhand der Symptomatik (Folie 10/11)
- Kombination der Belastungsstufen und der Intensitätsstufen der vestibulären Reaktion → GdB/ GdS

### 12.5.3. Weitere GdB/GdS-Richtsätze

- für Fehlbildungen, Verletzungen, Entzündungen usw., z.B.:
  - Ohr
    - ▶ Verlust einer Ohrmuschel 20
    - ▶ Verlust beider Ohrmuscheln 30
    - ▶ Chronische Mittelohrentzündung
      - ohne Sekretion oder einseitig zeitweise Sekretion 0
      - einseitig andauernde Sekretion oder zeitweise beidseitige Sekretion 10
      - andauernd beidseitige Sekretion 20

### 12.6. Einzelne Krankheitsbilder - Beispiele

- Siehe Arbeitsblätter

### 12.7. Tauglichkeitsuntersuchungen - Begutachtung der Eignung für bestimmte Tätigkeiten und Berufe

- Eine ausführliche Darstellung aller Berufe vom Aalkorbmacher bis zur Zytologieassistentin mit den typischen körperlichen und geistigen Anforderungen und Gefahren findet sich bei Scholz u. Wittgens (1981).
- Eignung zum Führen eines Kraftfahrzeuges
  - ärztliche Untersuchung nicht generell erforderlich
  - Anforderungen im allgemeinen und an das Gehör ist durch Gesetzesvorschriften nicht festgelegt → individuell durch Sachverständigengutachten
  - Schwerhörigkeit oder Gehörlosigkeit wie auch mangelhafte Sprachentwicklung machen nicht für Führen von Kraftfahrzeugen ungeeignet

- gehörlose Kraftfahrer begehen im Vergleich zu Normalhörenden weniger Übertretungen, verursachen aber etwas mehr Unfälle; sind im ganzen pflichtbewußte, aber leicht behinderte Fahrer
- Ausnahme: Fahrgastbeförderung (Taxi, Omnibus): Hörweite für Umgangssprache mindestens 5 m (auch mit HG, individuelle Entscheidung) und Lkw-Fahrer
- alle anderen Sinnesfunktionen, insbesondere das Sehvermögen, müssen intakt sein, keine geistigen Mängel
- Gleichgewichtsstörungen: zum Führen eines Kraftfahrzeuges ungeeignet, falls Vestibularisausfall noch nicht kompensiert ist
- Arzt muß jeden Patienten, der durch seine Krankheit verkehrsgefährdend geworden ist, darauf hinweisen, daß er kein Kraftfahrzeug mehr führen darf
- Urteil des Bundesgerichtshofes vom 8. 10. 1968 (VI ZR 168/67), in dem u.a. ausgeführt wird (zitiert nach Brammer 1975): „Ein Arzt kann trotz seiner grundsätzlichen Schweigepflicht nach den Grundsätzen über die Abwägung widerstreitender Pflichten oder Interessen berechtigt sein, die Verkehrsbehörde zu benachrichtigen, wenn sein Patient mit einem Kraftwagen am Straßenverkehr teilnimmt, obwohl er wegen seiner Erkrankung nicht mehr fähig ist, ein Kraftfahrzeug zu führen, ohne sich und andere zu gefährden. Voraussetzung ist jedoch, daß der Arzt vorher den Patienten auf seinen Gesundheitszustand und auf die Gefahren aufmerksam gemacht hat, die sich beim Steuern eines Kraftwagens ergeben, es sei denn, daß ein Zureden des Arztes wegen der Art der Erkrankung oder wegen der Uneinsichtigkeit des Patienten von vornherein zwecklos ist.“
- keine Meldepflicht!
- Fahrerflucht nach Kollision häufig, Ausrede: Anstoßweder gehört noch gespürt → HNO-Gutachten
- Begutachtung der Tauglichkeit des Luftfahrtpersonals
  - Das Luftfahrtpersonal ist 3 Tauglichkeitsklassen zuzuordnen:
    - ▶ Tauglichkeitsklasse I:
      - Berufsflugzeugführer I. Klasse
      - Linienflugzeugführer
      - Linienhubschrauberführer
    - ▶ Tauglichkeitsklasse II:
      - Berufsflugzeugführer II. Klasse
      - Berufshubschrauberführer
      - Luftschiffführer
      - Flugnavigatoren
      - Flugingenieure/Bordwarte
      - Bordfunker
    - ▶ Tauglichkeitsklasse III:
      - Privatflugzeugführer
      - Privathubschrauberführer
      - Segelflugzeugführer
      - Freiballonführer
      - Fallschirmspringer
      - Personal des FS-Kontrolldienstes
      - (hierzu besondere Bestimmungen des Bundesministers für Verkehr für Flugsicherung)
  - Anforderungen etwas verschieden für erstmalige Untersuchung (a) oder eine Nachuntersuchung (b)
  - alle Tauglichkeitsgrade: keine akuten, chronischen oder progressiven pathologischen Veränderungen des äußeren, mittleren oder inneren Ohres haben, Durchgängigkeit der Tuben muß gegeben sein
  - Tauglichkeitsgrade I und II: bei 500, 1000, 2000, 3000 Hz Hörverlust nicht mehr als 20 dB, bei 4000 Hz nicht mehr als 40 dB; Nachuntersuchungen: Hörverlust generell bis zu 40 dB
  - Tauglichkeitsgrad III: Prüfung mit Flüstersprache mindestens 1 m, bei Umgangssprache mindestens 5 m betragen

- I-III untauglich:
  - ▶ a) Mißbildungen von Ohrmuscheln und Gehörgängen, sowie Atresien, starke Exostosen, Narbenbildungen und chronische Hauterkrankungen, sofern sie die Funktion einschränken oder das Tragen von Kopfhörern und Einsteckhörern behindern.
  - ▶ b) Chronische Tubenverschlüsse und Mittelohrkatarrhe.
  - ▶ c) Chronische Mittelohrentzündungen mit Trommelfellperforationen jeder Art sowie Cholesteatom.
  - ▶ d) Ausgedehnte atrophische Trommelfellnarben und Adhäsionen mit Einschränkung der Trommelfellbeweglichkeit.
  - ▶ e) Zustand nach operativen Eingriffen am Mittelohr, insbesondere am Stapes, wenn durch gestörten Druckausgleich im Sinkflug das Operationsergebnis gefährdet wird oder aber plötzliche Hör- und Gleichgewichtsstörungen ausgelöst werden können, die die Flugsicherheit gefährden (HNO-ärztliche Stellungnahme -möglichst vom Operateur selbst - anfordern).
  - ▶ f) Otosklerose.
  - ▶ g) Meniere-Krankheit und andere vestibuläre Gleichgewichtstörungen. Wenn subjektive Störungen des Gleichgewichtssinnes angegeben werden oder die Prüfung ein stark überempfindliches Vestibularorgan ergibt, ist ebenfalls Untauglichkeit gegeben.
  - ▶ Nase und Nebenhöhlen:
    - a) Allergische sowie starke vasomotorische Rhinitis.
    - b) Eitrige, hyperplastische und atrophische Rhinitis chronica.
    - c) Nasenpolypen, chronische Sinusitis.
    - d) Zustand nach Nebenhöhlenoperationen, wenn erhebliche chronische Restbeschwerden bestehen.
    - e) Nicht mit Sicherheit zu behebende erhebliche Behinderungen der Nasenatmung durch Mißbildungen, Formfehler oder Traumen.
  - ▶ Rachen, Kehlkopf:
    - a) Rachenmandelhyperplasie.
    - b) Mißbildungen und Narben, wenn sie die Funktion behindern.
    - c) Chronische Tonsillitis.
    - d) Chronische Erkrankungen des Kehlkopfes mit Funktionseinschränkungen, Stimmbandlähmungen.
    - e) Sprachfehler, die die Sprachverständigung beeinträchtigen.
    - f) Einseitige Stimmbandlähmung, insbesondere nach Operation eines Kropfrezidivs (Postikus-parese), macht nicht untauglich, wenn Stimme normal und Atmung nicht gestört. Für Tauglichkeitsgrad III kann ein erweiterter Maßstab angelegt und die Beurteilung individueller gestaltet werden. In jedem Falle darf die sichere Ausübung der beabsichtigten Tätigkeit während der gesamten Laufzeit der Tauglichkeit durch den Gesundheitszustand des Bewerbers nicht gefährdet sein (eventuell frühere Nachuntersuchung).
- Zeitlich untauglich
  - ▶ a) Akute Erkrankungen des äußeren Ohres (Entzündungen, Ekzeme, Mykosen), wenn dadurch das Tragen von Kopfhörern nicht möglich ist oder die Ausheilung behindert wird.
  - ▶ b) Akute Mittelohrkatarrhe und Mittelohrentzündungen sowie frische Trommelfellperforationen (z.B. traumatisch) bis nach Ausheilung und nachweisbarem Druckausgleich.
  - ▶ c) Akute Innenohrstörungen (z.B. Hörsturz) und akute vestibuläre Störungen bis zur Ausheilung.
  - ▶ d) Stärkere Rhinitis jeder Art, bis Nasenatmung frei und Druckausgleich seitens Nebenhöhlen und Mittelohren gewährleistet ist.
  - ▶ e) Stärkere Septumdeviationen, Muschelhyperplasien, Nasenpolypen, Rachenmandelhyperplasien mit Behinderung von Nasenatmung und Druckausgleich.
  - ▶ f) Akute Sinusitis.

- ▶ g) Akute Tonsillitis sowie starke Rachenkatarrhe, insbesondere wenn diese mit Stimmstörungen und Reizhusten verbunden sind.
- ▶ h) Akute Erkrankungen des Kehlkopfes mit Heiserkeit, Reizhusten und Atembeschwerden, ebenso gutartige Tumoren.
- nahezu ein Drittel aller Bewerber für den Pilotenberuf wegen Erkrankungen im HNO-Bereich abgelehnt
- Eignung für den Dienst bei der Bundesbahn
  - pro Bundesbahndirektion je ein „Bahnhorenarzt“
  - Tauglichkeitsgruppenliste und Tauglichkeitsstufenliste
  - Einstellungsuntersuchungen für den Fahrdienst: Flüstersprache auf 5 m mit jedem Ohr einzeln, Wiederholungsuntersuchungen nur ein Verstehen von Umgangssprache auf 5 m mit jedem Ohr einzeln.
  - Benutzung von Hörgeräten kommt im Fahrdienst nicht in Frage
- Seedienst und der Binnenschifffahrt
  - Ärzte von der Seeberufsgenossenschaft ermächtigt
  - Besatzungsmitglieder des Deckdienstes sowie Seefunker Flüstersprache auf eine Entfernung von 5 m auf beiden Ohren; Nachuntersuchungen genügt eine Hörweite für Flüstersprache von 3 m mit jedem Ohr oder 1 m mit dem schlechteren und 5 m mit dem besseren Ohr. US mit jedem Ohr auf 5 m
  - Führen von Sportbooten: Bootsführerscheine
    - ▶ Voraussetzung: ärztliches Zeugnis auf Vordruck über ausreichendes Sehvermögen, Farbunterscheidungsvermögen, Hörvermögen und „sonstige die Tauglichkeit beeinflussende Befunde“
    - ▶ US 3 m Entfernung mit jedem, 5 m mit beiden Ohren zugleich ohne Hörhilfe
- Tauglichkeitsanforderungen im Bergbau
  - untersuchungen, Nachuntersuchungen und vorzeitige Nachuntersuchungen
  - Richtlinien des berufsgenossenschaftlichen Grundsatzes G 20 „Lärm“, zusätzlich aber auch bei
    - ▶ - persistierender Trommelfellperforation,
    - ▶ - chronischer Otitis media,
    - ▶ - deutlicher und nicht therapierbarer Behinderung der Nasenatmung,
    - ▶ - chronischer Heiserkeit,
    - ▶ - Wurzelstümpfen und herdverdächtigen Zähnen,
    - ▶ - chronischen Rachen- und Kehlkopftzündungen.
- Eignungsuntersuchung für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten
  - G 25
  - Flüstersprache binaural 5 m
  - Überwachungstätigkeiten mit niedrigen Anforderungen Umgangssprache auf 5 m
  - Umgangssprache 5 m auch bei Nachuntersuchung
- Eignung zu Arbeiten unter Überdruck, Tauchen
  - betrifft Taucher (Arbeiter) mit Druckluft-Tauchgerät und
  - Druckluftarbeiter in Überdruck von mehr als 10kPa (0,1 bar)
  - Ausschluß: weniger als 5 m Umgangssprache, Trommelfellperforationen und atrophische Trommelfellnarben bei Tauchern, chronischer Tubenverschluß und chronische Erkrankungen der Nasennebenhöhlen, Neigung zu wiederholten oder schweren Erkrankungen durch Überdruck, negatives Ergebnis bei mehrfachen Probeschleusungen
  - Sporttauchen: nach ähnlichen Kriterien
- Tauglichkeitsbestimmungen bei der Bundeswehr
  - zentrale Dienstvorschrift ZDv 46/1
  - Musterungsuntersuchung
    - ▶ keine Veränderungen an Ohrmuschel, Warzenfortsatz, Gehörgang und Trommelfell
    - ▶ Nasenatmung frei
    - ▶ keine Veränderungen an Mundhöhle und Rachen
    - ▶ keine Sprachfehler (Fehler 36), Erkrankungen des Kehlkopfes (Fehler 39) und der Speiseröhre (Fehler 40)
    - ▶ gelegentlich fachärztliche Untersuchung

- ▶ Hörprüfung: 500, 1000, 2000 und 4000 Hz in 5dB-Stufen, beginnend mit 20 dB
- ▶ Hörtest darf mit Flüster- und Umgangssprache nur, wenn Audiometer fehlt
- ▶ hier: Doppelzahlen vorzusprechen, z.B. 99, 55, 77 usw.
- ▶ Kriterien für jedes Ohr in die Stufen 1-5 eingeteilt (Abb. 43).
  - 1 = Normalhörigkeit
  - Umgangssprache, Flüstersprache mindestens 6 m
  - 2 = Annähernde Normalhörigkeit
  - Umgangssprache, Flüstersprache mindestens 4 m
  - 3 = Geringgradige Schwerhörigkeit
  - Umgangssprache mindestens 6 m, Flüstersprache mindestens 1 m
  - 4 = Mittelgradige Schwerhörigkeit
  - Umgangssprache 1 - 4 m, Flüstersprache am Ohr
  - 5 = Hochgradige Schwerhörigkeit und darüber
  - Umgangssprache 1 m
- ▶ Tauglichkeitsgrad: Gradation:
  - wehrdienstfähig = I —IV
  - vorübergehend nicht wehrdienstfähig = V
  - nicht wehrdienstfähig = VI
  - Unter den Stufen der Wehrdienstfähigkeit bedeutet:
    - Gradation I ohne Einschränkung voll verwendungsfähig
    - Gradation II-III verwendungsfähig mit Einschränkungen für bestimmte Tätigkeiten
    - Gradation IV verwendungsfähig mit Einschränkungen in der Grundausbildung und für bestimmte Tätigkeiten.

## ● Abkürzungen

a. C.	ad concham / ante concham: an der Ohrmuschel; Angabe bei Hörweitenbestimmung
ABG	Air-bone-gap; Luft-Knochenleitungsdifferenz
AT	Adenotomie: Entfernung der Rachenmandel
AUB	Allgemeine Unfallversicherungsbedingungen
AVG	Angestelltenversicherungsgesetz
BBG	Bundesbeamtengesetz
BEG	Bundesentschädigungsgesetz (Bundesgesetz zur Entschädigung für Opfer der nationalsozialistischen Verfolgung)
BeKV	Berufskrankheitenverordnung
BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry: Messung des Hörvermögens durch Ableitung der durch Schallreize ausgelösten elektrischen Reaktionen vom Hirnstamm
BG	Berufsgenossenschaft
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGH	Bundesgerichtshof
BGH VersR	Entscheidungen des Bundesgerichtshofs in Fragen des Versicherungsrechts
BGH SozR	Entscheidungen des Bundesgerichtshofs in Fragen des Sozialrechtes
BGHZ	Entscheidungen des Bundesgerichtshofs in Zivilsachen (Zeitschrift)
BIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
BK	Berufskrankheit
BKVO	Berufskrankheitenverordnung
BMA	Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung
BKS	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit
BSeuchG	Bundeseseuchengesetz
BSG	Bundessozialgericht
BSGE	Entscheidung des Bundessozialgerichtes
BU	Berufsunfähigkeit
BVersBl	Bundesversorgungsblatt
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BVG	Bundesversorgungsgesetz
BZT	Beidohriger Zahlentest im Störgeräusch
CERA	Cortical Evoked Response Audiometry: Messung des Hörvermögens durch Ableitung der durch Schallreize ausgelösten elektrischen Reaktionen von der Hirnrinde
CT	Computertomogramm
dB	Dezibel, Maß für die Schallstärke in einer logarithmischen Skala
dB (A)	Schallstärke in Dezibel, mit Filter „A“ bewertet
dB SPL	Schalldruckpegel (Sound Pressure Level), in „dB absolut“, d. h. gemessen ohne Bewertung durch ein Filter

DIN	Deutsche Industrie-Norm
DPOAE	Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen
DV-BEG	Durchführungsverordnung zum Bundesentschädigungsgesetz
EDG	Gesetz über den zivilen Ersatzdienst
EM	Erwerbsminderung
ERA	Electric Response Audiometry: Messung des Hörvermögens durch Ableitung der durch Schallreize ausgelösten elektrischen Reaktionen vom Gehirn
EStG	Einkommensteuergesetz
GdB	Grad der Behinderung
GdS	Grad der Schädigungsfolgen
GOÄ	Gebührenordnung für Ärzte
HHG	Häftlingshilfegesetz
HL	Hearing loss / level, Hörverlust
HWS	Halswirbelsäule
Hz	Hertz: Schwingungen pro Sekunde
ISO	International Organization for Standardization
ITN	Intubationsnarkose
KB	Kriegsdienstbeschädigung
KG	Kammergericht
KIT	Kopfpulstest
KL	Knochenleitung (inoffiziell, aber gebräuchlich)
kHz	1000 Hz
KOV	Kriegsopferversorgung
KS	Körperschaden, Bewertungsmaß in der früheren DDR, etwa analog der GdS
KV	Krankenversicherung
LG	Landgericht
LL	Luftleitung (inoffiziell, aber gebräuchlich)
LSG	Landessozialgericht
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
NJW	Neue Juristische Wochenschrift
OAE	Otoakustische Emissionen; TE-transitorisch evoziert, DP-Distorsionsprodukte
OEG	Gesetz über die Entschädigung für Opfer von Gewalttaten
OLG	Oberlandesgericht
pTNM	Klassifikation der Ausdehnung von bösartigen Tumoren: pT Ausdehnung des Primärtumors, N Fehlen oder Vorhandensein regionärer Lymphknotenmetastasen, M Fehlen oder Vorhandensein von Fernmetastasen
PTS	Permanent Threshold Shift: bleibende Hörschwellenabwanderung nach Schallbelastung
RG	Reichsgericht
RV	Rentenversicherung
RVA	Reichsversicherungsamt

RVO	Reichsversicherungsordnung
Schwbg	Schwerbehindertengesetz
SGB	Sozialgesetzbuch
SGG	Sozialgerichtsgesetz
SH	Schwerhörigkeit (inoffiziell, aber gebräuchlich)
SISI	Short Increment Sensitivity Index: audiologischer Test
StGB	Strafgesetzbuch
StPO	Strafprozeßordnung
STVO	Straßenverkehrsordnung
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
SVG	Soldatenversorgungsgesetz
TE	Tonsillektomie: Entfernung der Gaumenmandeln
TEOAE	Transitorisch evozierte otoakustische Emissionen
TRK	Technische Richtkonzentration
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TTS	Temporary Threshold Shift: vorübergehende Hörschwellenabwanderung nach Schallbelastung
UV	Unfallversicherung
UVV	Unfallverhütungsvorschrift
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VfG	Gesetz über das Verwaltungsverfahren der Kriegsopferversorgung
VEMP	Vestibulär evozierte myogene Potentiale; c-cervical; o-orbital
VV	Verwaltungsvorschriften
VVG	Versicherungsvertragsgesetz
VVBVG	Allgemeine Verwaltungsvorschriften zum Bundesversorgungsgesetz
WDB	Wehrdienstbeschädigung
WHO	World Health Organisation
ZDG	Zivildienstgesetz
ZPO	Zivilprozeßordnung
ZR	Zivilrecht
ZSEG	Gesetz über die Entschädigung von Zeugen und Sachverständigen

● Einteilung der Schwerhörigkeit nach dem Schweregrad (WHO) und allgemeine klinische Empfehlungen\*<sup>1</sup> (aus Deutsches Ärzteblatt | Jg. 108 | Heft 25 | 24. Juni 2011)

Grad der Schwerhörigkeit	mittlerer Hörverlust im Reinton-Audiogramm	klinischer Befund	Empfehlung
0 - normalhörig	25 dB oder besser	keine oder nur leichte Probleme bei der Kommunikation, Patient kann Flüstersprache hören	Beratung, Verlaufskontrolle, bei Schallleitungsschwerhörigkeit OP-Indikation prüfen
1 - geringgradige Schwerhörigkeit	26-40 dB	Umgangssprache wird 1 m vor dem Ohr verstanden	Beratung, Hörgerät gegebenenfalls empfehlenswert, bei Schallleitungsschwerhörigkeit oder kombinierter Schwerhörigkeit gegebenenfalls operative Versorgung
2 - mittelgradige Schwerhörigkeit	41-60 dB	lautes Sprechen wird 1 m vor dem Ohr verstanden	Hörgerät ist zu empfehlen, bei Schallleitungsschwerhörigkeit oder kombinierter Schwerhörigkeit gegebenenfalls operative Versorgung
3 - hochgradige Schwerhörigkeit	61-80 dB	einige Worte werden bei sehr lautem Sprechen auf dem besseren Ohr verstanden	Hörgerät nötig. Falls kein Hörgerät möglich, prüfen, ob andere Hörsysteme in Frage kommen (implantierbares Hörgerät, Cochlea-Implantat) Lippenlesen und Zeichensprache unterstützend
4 - Hörreste oder Taubheit	81 dB oder mehr	keinerlei Sprachverständnis bei maximaler Lautstärke	Hörgerätetrageversuch, bei Scheitern in der Regel heute Indikation zur Cochlea-Implantation gegebenenfalls auch Hirnstammimplantatversorgung, ergänzend gegebenenfalls Lippenlesen/ Zeichensprache

\*<sup>1</sup> Für den Mittleren Hörverlust werden für jedes Ohr getrennt die Mittelwerte des Hörverlustes aus den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz ermittelt, modifiziert nach WHO: Grades of hearing impairment; [www.who.int/pbd/deafness/hearing\\_impairment\\_grades/en/index.html](http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/index.html)

## Literatur

Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter

Autor. Böhme, Welzl-Müller

Auflage: 4

Erschienen bei: AZ Druck und Datentechnik, Kempten

Erschienen: 1998

ISBN: 3-456-82972-8

Lehnhardt, Ernst:

Praxis der Audiometrie / Ernst Lehnhardt.

6., Neubearb. u. erw. Aufl. - Stuttgart; New York : Thieme, 1987.

ISBN3-13-369006-X

Böhme, Gerhard:

Audiometrie : Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter ; ein Lehrbuch / Gerhard

Böhme und Kunigunde Welzl-Müller. -4., Überarb. und erg. Aufl. - Bern ; Göttingen ;

Toronto ; Seattle ; Huber, 1998

ISBN 3-456-82972-8

Arne Ernst, Rolf-Dieter Battmer

Audiometrie und Funktionsdiagnostik in der HNO

© Chapman & Hall GmbH, D-69469 Weinheim (Bundesrepublik Deutschland), 1998 ISBN

3-8261-0158-8

Audiometrie : eine Anleitung für die HNO-Praxis / hrsg von Dieter Mrowinski ... Bearb. von

G. Gerall ... - Stuttgart; New York : Thieme, 1994 NE: Mrowinski, Dieter [Hrsg.]; Gerull,

Günther

ISBN 3-13-118001-3

Audiometrie : eine Anleitung für die praktische Hörprüfung ; 6 Tabellen : mit CD-ROM

AUDIOSIM-Lernprogramm für die Tonschwellenaudiometrie mit Vertäubung / hrsg. Von

Dieter Mrowinski ; Günther Scholz. Unter Mitarb. Von W. Keck . . . —2., aktualisierte und

erw. Auflage. -Stuttgart; New York : Thieme, 2001

ISBN 3-13-118002-1

Thomas Spillmann, Christoph Wille

Audiometrie

eine Anleitung für die Praxis

Innoforce/Otis (Theoriebuch zur professionellen Audiometrieausbildung mit virtuellen

Patienten, Zubehör zu Otis-Software)

Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde

A. Berghaus, G. Rettinger, G. Böhme

Hippokrates Verlag, Stuttgart 1996: 456-487, ISBN 3-7773-0944-3

Medizinlexikon:

<http://www.gesundheit.de/roche>

Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde

F-W. Oeken

VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin, ISBN 3-333-00130-6

Systematische Anatomie des Menschen, 2. Aufl.

Bertolini/Leutert

VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin 1982

Bestell-Nr. 532 880 0

Schwindel und Gleichgewichtsstörungen  
Wolfgang Stoll Eckhard Most Martin Tegenthoff  
4., überarbeitete Auflage  
Georg Thieme Verlag Stuttgart • New York  
ISBN 3-13-663204-4

Das Gutachten des Hals-Nasen-Ohren-Arztes  
Harald Feldmann  
4., neubearbeitete und erweiterte Auflage  
Georg Thieme Verlag Stuttgart • New York 1997

<http://www.aerzteblatt.de/archiv/93893/Differenzialdiagnose-der-Schwerhoerigkeit>