

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
der Medizinischen Fakultät der Charite-Universitätsmedizin

DISSERTATION

Audiometrische Untersuchung der Hyperakusis

Zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr.med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charite
-Universitätsmedizin Berlin

von Anne Sophie Leckband
aus Berlin

Dekan: Prof. Dr. Martin Paul

Gutachter: 1. Prof. Dr. D. Mrowinski
2. Prof. Dr. rer. Nat. M. Walger
3. Priv.-Doz. Dr. med. G. Hesse

Datum der Promotion: 19.02.2007

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	5
1.1	EINFÜHRUNG UND AUFGABENSTELLUNG	5
1.2	GRUNDLAGEN	7
1.2.1	<i>Das Mittelohr</i>	7
1.2.2	<i>Das Innenohr</i>	8
1.2.3	<i>Reizübertragung</i>	11
1.2.4	<i>Die efferenten olivokochleären Bahnen</i>	12
1.3	HYPERAKUSIS	13
1.4	OTOAKUSTISCHE EMISSIONEN	15
1.4.1	<i>Transient evozierte otoakustische Emissionen (TEOAE)</i>	15
1.4.2	<i>Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen (DPOAE)</i>	17
1.5	KONTRALATERALE STIMULATION DES MEDIO-OLIVOKOCHLEÄREN SYSTEMS	18
1.6	TIEFTONMODULATION OTOAKUSTISCHER EMISSIONEN	19
2	METHODIK	22
2.1	AUSWAHL DER VERSUCHSPERSONEN	22
2.1.1	<i>Auswahl der Tinnitus-Patienten mit Hyperakusis</i>	22
2.1.2	<i>Auswahl der normalhörenden Testpersonen mit Hyperakusis</i>	22
2.1.3	<i>Auswahl der Normalhörenden</i>	23
2.2	VERSUCHSPLAN	23
2.3	HÖRFELDSKALIERUNG	24
2.4	MESSTECHNIK DER KONTRALATERALEN SUPPRESSION DER TEOAE	25
2.4.1	<i>TEOAE</i>	25
2.4.2	<i>Kontralaterale Suppression</i>	27
2.5	TIEFTONMODULATION VON DISTORSIONSPRODUKTEN OTOAKUSTISCHER EMISSIONEN	28
2.5.1	<i>DPOAE</i>	28
2.5.2	<i>Tieftonmodulation der DPOAE</i>	29
2.6	DATENVERARBEITUNG	31
2.6.1	<i>Audiometrische Standarduntersuchungen und Hörfeldskalierung</i>	31

2.6.2	<i>Kontralaterale Suppression der TEOAE</i>	31
2.6.3	<i>DP-Wachstumsfunktion und tieftonmodulierte DPOAE</i>	32
2.7	STATISTIK	33
3	ERGEBNISSE	34
3.1	AUDIOMETRISCHE VORUNTERSUCHUNGEN	34
3.2	SUBJEKTIVE HÖRFELDSKALIERUNG	35
3.3	TEOAE-MESSUNGEN	38
3.3.1	<i>TEOAE-Pegel ohne kontralaterale Stimulation</i>	38
3.3.2	<i>TEOAE-Pegel mit kontralateraler Suppression</i>	40
3.4	DISTORSIONSPRODUKTE OTOAKUSTISCHER EMISSIONEN	44
3.4.1	<i>Wachstumsfunktion der Distorsionsprodukte für $f_2=2$ kHz ohne Suppression</i>	44
3.4.2	<i>Tieftonmodulierte DPOAE</i>	47
3.5	AUSWERTUNG DER FRAGEBÖGEN	48
3.6	FALLSTUDIE: EINSEITIGE HYPERAKUSIS	50
4	DISKUSSION	53
4.1	VERGLEICH MIT ANDEREN STUDIEN	53
4.2	EMPFINDEN DER HYPERAKUSIS	55
4.3	TEOAE BEEINFLUSSENDE FAKTOREN	56
4.4	KONTRALATERALE SUPPRESSION OTOAKUSTISCHER EMISSIONEN	59
4.5	TIEFTONMODULATION VON DPOAE BEI PATIENTEN MIT HYPERAKUSIS	62
4.6	BEDEUTUNG DER ERGEBNISSE	64
4.7	KRITISCHE BEURTEILUNG DER VORLIEGENDEN STUDIE	67
5	ZUSAMMENFASSUNG	69
6	LITERATURVERZEICHNIS	72

LITERATURVERZEICHNIS

- Attias, J., Bresloff, I., Furmann, V.: The influence of the efferent system on otoacoustic emissions in noise induced tinnitus. Clinical relevance. *Acta Otolaryngol.* 1996 *116* 534-539
- Anari, M., Axelsson, A., Eliasson, A.: Hypersensitivity to Sound, Questionnaire data, audiometry and classification *Scandinavian Audiology* 1999 *28* 219-230
- Berlin, C. I., Hood, L. J., Cecola R. P.: Does Type I afferent neuron dysfunction reveal itself through lack of efferent suppression? *Hearing Research* 1993 *65* 40-50
- Berlin, C. I., Hood, L. J., Wen, H.: Contralateral suppression of non-linear click-evoked otoacoustic emissions. *Hearing Research* 1993 *71* 1-11
- Brandy, W.T., Lynn, J.M.: Audiologic Findings in Hyperacusis and Nonhyperacusis Subjects. *Am. J. of Audiol.* 1995 *44* 6-51
- Buno, W.: Auditory nerve activity influenced by contralateral ear sound stimulation. *Exp. Neurol.* 1978 *59* 62-74
- Chery-Croze, S., Collet, L., Morgon, A.: Medial olivo-cochlear system and tinnitus. *Acta Otolaryngol.* 1993 *11* 3285-290
- Citron, D., Adour, K. K.: Acoustic reflex and loudness discomfort in acute fascial paralysis. *Arch. Otolaryngol.* 1978 *104* 303-306
- Collet, L., Veuille, E., Duclaux, R.: Influence of Contralateral Auditory Stimulation on Evoked Otoacoustic Emissions. *Adv. Audiol.* 1990 *7* 164-170
- Collet, L., Veuille, E., Kemp, D.T.: Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micro-mechanical properties in human subjects. *Hearing*

Research 1990 43 251-62

De Ceulaer, G., Yperman, M., Daemers, K., Van Driessche, K., Somers, T., Offeciers, F.E., Govaerts, P.J.: Contralateral Suppression of transient Evoked Otoacoustic Emissions: Normative Data for a Clinical Test Set-Up. *Otology & Neurology* 2001 22 350-355

de Magalhaes, S.L., Fukudu, Y., Liriano, R.I., Chami, F.A., Barros, F., Diniz, F.L.: Relation of hyperacusis in sensorineural tinnitus patients with normal audiological assesment. *The international tinnitus journal*. 2003 9 (2) 79-83

Deatherage, B.H., Henderson, D.: Auditory Sensitization. *J. Acoust. Soc. Am.* 1967 42, 2 438-440

Frank, G., Kössl, M.: The acoustic two-tone distortions $2f_1-f_2$ and f_2-f_1 and their possible relation to changes in the operating point of the cochlear amplifier. *Hearing Research* 1996 98 104-115

Frank, G., Kössl, M.: Acoustical and electrical biasing of the cochlear partition: Effects on the two-tone distortions f_2-f_1 and $2f_1-f_2$. *Hearing Research* 1997 113 57-68

Goebel, G., Hiller, W.: Tinnitus-Fragebogen: Standardinstrument zur Graduierung des Tinnituschweregrades. Ergebnisse einer multicenterstudie mit dem Tinnitus-Fragebogen. *HNO* 1994 42 166-172

Guitton, M.J., Avan, P., Puel, J-L., Bonfils, P.: Medial olivocochlear efferent activity in awake guinea pigs. *NeuroReport* 2004 15, 9 1379-1382

Hesse, G.: Retraining und Tinnitustherapie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 1999

Hesse, G., Masri, S., Nelting, M., Brehmer, D.: Hypermobility of outer hair cells: DPOAE findings with hyperacusis patients. Sixth International Tinnitus Seminar 1999 342-343

Hirschfelder, A., Goßow-Müller-Hohenstein, E., Hensel, J., Scholz, G., Mrowinski, D.: Diagnostik des endolymphatischen Hydrops mit

tieftonmodulierten DPOAE HNO 2005 53 612-617

Hirschfelder, A.: Modulation von Distorsionsprodukt-Otoemissionen durch Töne tiefer Frequenz, Dissertation, Humboldt-Universität Berlin 2000

Hood, L.J., Berlin, C.I., Hurley, A.: Contralateral suppression of transient-evoked otoacoustic emissions in humans: intensify effects. *Hearing Research* 1996 101 113-118

Hoth, S., Lenarz, T.: Otoakustische Emissionen. Grundlagen und Anwendungen. 6. Auflage Georg Thieme Verlag Stuttgart 1993

Janssen, T.: Otoakustische Emissionen in Praxis der Audiometrie Lehnhardt, E. 7. Auflage Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 2001 83-112

Jastreboff, P.J., Hazell, J.W.P.: A neurophysiological approach to tinnitus: clinical implications. *Br. J. Audiol.* 1993 27 7-17

Kemp, D.T., Ryan, S., Bray, P.A.: Guide to the Effective Use of Otoacoustic Emissions. *Ear Hear.* 1990 11, 2 93-105

Kemp, D.T.: Stimulated acoustic emissions from the human auditory system. *J. Acoust. Soc. Am.* 1978 64 1386-1391

Khalfa, S., Collet, L.: Functional asymmetry of medial olivocochlear system in humans. Towards a peripheral auditory lateralization. *NeuroReport* 1996 7 993-996

Khalfa, S., Morlet, T., Micheyl, C., Morgan, A., Collet, L.: Evidence of peripheral hearing asymmetry in humans: Clinical implications. *Acta Otolaryngol.* 1997 117 192-196

Khalfa, S., Micheyl, C., Veuille, E., Collet, L.: Peripheral auditory lateralization assessment using TEOAEs. *Hearing Research* 1998 121 29-34

Khalfa, S., Bougeard, R., Morand, N.: Evidence of peripheral auditory activity modulation by the auditory cortex in humans. *Neuroscience* 2001 104, 2 347-358

Kummer, P., Janssen, T., Arnold, W.: The level and growth behaviour of the

- 2f1-f2 distortion product otoacoustic emissions and its relationship to auditory sensitivity in normal hearing and cochlear hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am.* 1998 *103* 3431-3444
- Liberman, M.C., Puria, S., Guinan, J.J.: The ipsilaterally evoked olivocochlear reflex causes rapid adaptation of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic emission. *J. Acoust. Soc. Am.* 1996 *99* (6) 3572-3584
- Lookwood, A.H., Salvi, R.J., Coad, M.L., Towsley, M.L., Wack, D.S., Murphy, M.S.: The functional neuroanatomy of tinnitus. *Neurology* 1998 *50* 350-355
- Marquardt, T.: Strukturanalyse modulierter otoakustischer Emissionen
Diplomarbeit im Studiengang Technische Informatik. Technische Universität Berlin 1998
- Marriage, J., Barnes, N.M.: Is central hyperacusis a symptom of 5-hydroxytryptamine (5-HT) dysfunction? *J. Laryng. Otol.* 1995 *109* 915-921
- Mathisen, H.: Phonophobia after stapedectomy. *Acta Otolaryngol.* 1969 *68* 73-77
- McCandless, G., Schumacher, M.: Auditory dysfunction with facial paralysis. *Arch Otolaryngol.* 1979 *105* 271-274
- McFadden, D.: A speculation about the parallel ear asymmetries and sex differences in hearing sensitivity and otoacoustic emissions. *Hearing Research* 1993 *68* 143-151
- Mrowinski, D., Gerull, G., Nubel, K., Scholz, G.: Masking and pitch shift of tone bursts and clicks by low-frequency tones. *Hearing Research* 1995 *85* 95-102
- Mrowinski, D., Scholz, G., Krompaß, S.: Diagnosis of endolymphatic hydrops by low-frequency masking. *Audiol. Neurootol.* 1996 *1* 125-134
- Mühlnickel, W., Elbert, T., Taub, E., Flor, H.: Reorganization of auditory cortex in tinnitus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the*

United States of America 1998 95 10340-10343

Nelting, M.: Hyperakusis- Frühzeitig erkennen, aktiv handeln. 1. Auflage Georg Thieme Verlag Stuttgart 2003 S.96-106

Patuzzi, R., Sellick, P.M., Johnstone, B.M.: The modulation of the sensitivity of the mammalian cochlea by low frequency tones. I. Primary afferent activity. *Hearing Research* 1984 13 1-8

Pfadenhauer, K., Weber, H., Rösler, A., Stöhr, M.: Zentrale Hyperakusis mit Phonophobie bei Multipler Sklerose. *Nervenarzt* 2001 72 928-931

Philibert, B., Veuillet, E., Collet, L.: Functional asymmetries of crossed and uncrossed medial olivocochlear efferent pathways in humans. *Neuroscience Letters* 1998 99-102

Puria, S., Guinan, J.J., Liberman, M.C.: Olivocochlear reflex assays: Effects of contralateral sound on compound action potentials versus ear-canal distortion products. *J. Acoust. Soc. Am.* 1996 99 500-507

Ryan, S., Kemp, D.T.: The influence of evoking stimulus level on the neural suppression of transient evoked otoacoustic emissions. *Hearing Research* 1996 94 140-147

Sammeth, C.A., Preves, D.A., Brandy, W.T.: Hyperacusis: Case studies and evaluation of electronic loudness suppression devices as a treatment approach. *Scand. Audiol.* 2000 29 28-36

Schaaf, H., Klofat, B., Hesse, G.: Hyperakusis, Phonophobie und Recruitment. *HNO* 2003 51 1005-1011

Scholz, G., Hirschfelder, A., Marquardt, T.: Low-frequency modulation of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic emission in the human ear. *Hearing Research* 1999 130 189-196

Sininger, Y.S., Cone-Wesson, B.: Asymmetric Cochlear Processing Mimics Hemispheric Specialization. *Science* 2004 305 1581

Skarzynski, H., Rogowski, M., Bartnik, G.: Organization of Tinnitus Management in Poland. *Acta Otolaryngol.* 2000 120 225-226

- Velenovsky, D.S., Glatke, T.J.: The effect of noise bandwidth on the contralateral suppression of transient evoked otoacoustic emissions. *Hearing Research* 2001 *164* 1-2 39-48
- Veuille, E., Collet, L., Duclaux, R.: Effects of Contralateral Acoustic Stimulation on Active Cochlear Micromechanical Properties in Human Subjects: Dependence on Stimulus Variables. *J. Neurophys.* 1991 *65*, 3 724-735
- Veuille, E., Khalfa, S., Collet, L.: Clinical relevance of medial efferent auditory pathways. *Scandinavian Audiology* 1999 *Vol. 28 Suppl. 51* 53-61
- Warren, E.H. III, Liberman, M.C.: Effects of contralateral sound on auditory-nerve responses. I. Contributions of cochlear efferents. *Hearing Research* 1989 *37* 89-104
- Williams, E.A., Brookes, G.B., Prasher, D.K.: Effects of Olivocochlear Bundle Section on Otoacoustic Emissions in Humans: Efferent Effects in Comparison with Control Subjects. *Acta Otolaryngol.* 1994 *114* 121-129
- Zenner, H.P.: Physiologische und biochemische Grundlagen des normalen und gestörten Gehörs. *Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis*. Hrsg.: Neumann, H., Helms, J., Herberholdt, C., Kastenbauer, E.. Band 1 Georg Thieme Verlag Stuttgart 1994 81-211
- Zwicker, E.: Masking-period patterns produced by very-low-frequency maskers and their possible relation to basilar membrane displacement. *J. Acoust. Soc. Am.* 1977 *61* 1031-1040

Abbildungsnachweis:

Abbildung 1.1: Das Ohr aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S. 1: Abb. 1.1

Abbildung 1.2: Schneckenquerschnitt aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S. 3: Abb. 1.2

Abbildung 1.3: Schallübertragung aus: Zenner H-P: Hören. Physiologie, Biochemie, Zell- und Neurobiologie. 1. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1994, S. 14: Abb. 1.78

Abbildung 1.4: Passive und aktive Wanderwelle aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S. 5: Abb. 1.4

Abbildung 1.5: Efferenzen und Afferenzen modifiziert nach: Maison und Liberman, 2000: Predicting Vulnerability to Acoustic Injury with a Noninvasive Assay of Olivocochlear Reflex Strength. Journal of Neuroscience 20(12); S. 4701-4707: Abb. 1

Abbildung 1.6: Die Hörbahn (modifiziert) aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S. 89: Abb. 13.1

Abbildung 1.7: Mediale olivokochleäre Bahnen modifiziert nach: Liberman et al., 1996: The ipsilaterally evoked olivocochlear reflex causes rapid adaptation of the 2f1-2f2 distortion product otoacoustic emission. J Acoust Soc Am 99; S. 3572-3584: Abb. 1

Abbildung 1.8: Entstehung der TEOAE aus: Lehnhardt E: Praxis der Audiometrie. 8. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2000, S.81: Abb. 8.1

Abbildung 1.9: Entstehung der DPOAE aus: Lehnhardt E: Praxis der Audiometrie. 8. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2000, S.81: Abb. 8.2a

Abbildung 2.1: Guter Sondensitz nach: Kemp et al., 1990: A Guide to the Effective Use of Otoacoustic Emissions. Ear and Hearing 11: S.93-105: Abb. 5a

Abbildung 2.2: Schlechter Sondensitz nach: Kemp et al., 1990: A Guide to the Effective Use of Otoacoustic Emissions. Ear and Hearing 11: S.93-105: Abb. 5b

Abbildung 2.3: Emissionsspektrum aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2.Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S.84: Abb. 12.3a

Abbildung 2.4: TEOAE-Signal aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2.Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S.84: Abb. 12.3b

Abbildung 2.5: Frequenzspektrum der DPOAE aus: Mrowinski D, Scholz G: Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 2.Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2002, S.86: Abb.12.5b

Abbildung 2.6: Zeitverlauf der DPOAE-Amplitude nach: Hirschfelder et al., 2005: Diagnostik des endolymphatischen Hydrops mit tieftonmodulierten DPOAE; HNO 2005: Abb.1

Abbildung 2.7: Wachstumsfunktion aus: Lehnhardt E: Praxis der Audiometrie. 7. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1996, S.97: Abb. 8.9

Hyperakusisfragebogen

1) Seit wann besteht Ihre Geräuschüberempfindlichkeit?

2) Wie hat die Geräuschüberempfindlichkeit eingesetzt?

plötzlich schleichend

3) Gab es einen Auslöser für die Geräuschüberempfindlichkeit?

4) Wie stark empfinden Sie Ihre Geräuschüberempfindlichkeit?

unerträglich sehr stark mittelstark

wenig überhaupt nicht

5) Wie stark belastet Sie Ihre Geräuschüberempfindlichkeit?

privat:

unerträglich sehr stark mittelstark

wenig überhaupt nicht

im Beruf:

unerträglich sehr stark mittelstark

wenig überhaupt nicht

6) Wie stark beunruhigt Sie Ihre Geräuschüberempfindlichkeit?

unerträglich sehr stark mittelstark

wenig überhaupt nicht

7) Hat sich die Geräuschüberempfindlichkeit im Verlauf verändert?

nein ja: zunehmend

abnehmend

schwankend

8) Wenn ja, gab es bestimmte Auslöser für diese Veränderung?

Schmerz

andere Reize

18) Bestehen bei Ihnen

Migräne

Kopfschmerzen

Depression

Probleme der Halswirbelsäule

Kiefergelenksprobleme

19) Sind sie zur Zeit oder waren Sie regelmäßig einer Lärmbelastung ausgesetzt?

beruflich:

privat:

Arbeit als:

über den Zeitraum von:

20) Was haben Sie bisher gegen Ihre Geräuschüberempfindlichkeit unternommen?

Vermeidung von Schallreizen

Entspannungsübungen

Hörschutz

Hörgeräte seit:

Medikamente

Tinnitus Retraining-Geräte seit:

anderes:

21) Wie häufig tragen Sie Hörschutz?

Nie

mehrmals in der Woche

selten

mehrmals im Monat

täglich

22) Was hat bisher gegen die Geräuschüberempfindlichkeit geholfen?

Danksagung

In erster Linie möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Mrowinski und Herrn Dr. rer. medic. Dipl.-Ing. G. Scholz für die interessante Themenstellung und hervorragende Betreuung dieser Arbeit danken.

Herrn Dipl.-Ing. K. Siebold danke ich für die Hilfe bei den Grafiken und diversen Formatierungsproblemen, Herrn Dipl.-Ing. R. Becker für das Erstellen von Programmen, Herrn Dipl.-Ing. J. Hensel für die Einführung in die Messungen und Herrn M. Bischoff für die Postergestaltung und Hilfe bei der Formatierung.

Frau J. Winzer und Frau M. Bochynek danke ich für Unterstützung bei der Audiometrie und Frau T. Schink für die statistische Bearbeitung der Daten.

Meinen Eltern, Geschwistern und Freunden danke ich für die Unterstützung und für das „zur Verfügung stellen“ diverser Ohren.

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

Erklärung an Eides Statt

Ich, Anne Sophie Leckband, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „ Audiometrische Untersuchung der Hyperakusis“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, dass sie ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst wurde und auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten darstellt.

Berlin, den 19.02.2007

Anne Sophie Leckband