

Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik der  
Technischen Universität München  
Klinikum rechts der Isar  
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. W. Arnold)

**Untersuchungen zum auslösenden Rezeptor  
des vibrationsinduzierten Nystagmus**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät  
für Medizin der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Zahnheilkunde

genehmigten Dissertation

vorgelegt von

Kathrin Wiblishauser

München 2003

Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik der  
Technischen Universität München  
Klinikum rechts der Isar  
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. W. Arnold)

**Untersuchungen zum auslösenden Rezeptor  
des vibrationsinduzierten Nystagmus**

Kathrin Wiblishauser

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der  
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades  
eines

Doktors der Zahnheilkunde

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. K.-F. Hamann
2. Univ.-Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. (UMF Temeschburg) H.-H. Horch

Die Dissertation wurde am 22.01.2003 bei der Technischen Universität  
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 09.04.2003  
angenommen.

**Meinem Mann**

# UNTERSUCHUNGEN ZUM AUSLÖSENDEN REZEPTOR DES VIBRATIONSINDUZIERTEN NYSTAGMUS

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	
1.1. Geschichte des vibrationsinduzierten Nystagmus (VIN)	1
1.2. Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems	2
1.3. Untersuchungsmethoden des vestibulären Systems	
1.3.1. Untersuchung der räumlichen Orientierung	7
1.3.2. Untersuchung der Blickmotorik	9
1.3.2.1. Testverfahren	9
1.3.2.2. Registriermethoden von Augenbewegungen	10
1.3.3. Untersuchung der Spinalmotorik	
1.3.3.1. Klassische Tests	12
1.3.3.2. Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)	13
1.4. Pathophysiologie des vestibulären Systems	14
1.5. Fragestellung	15

	Seite
2. METHODIK	
2.1. Videookulographie	
2.1.1. Apparative Voraussetzung	16
2.1.2. Auswertung	17
2.2. Thermische Reizung	
2.2.1. Apparative Voraussetzung	18
2.2.2. Untersuchungsablauf	19
2.2.3. Auswertung	20
2.3. Auslösung des vibrationsinduzierten Nystagmus (VIN)	
2.3.1. Apparative Voraussetzung	20
2.3.2. Untersuchungsablauf	21
2.3.3. Auswertung	22
2.4. Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)	
2.4.1. Apparative Voraussetzung	22
2.4.2. Untersuchungsablauf	22
2.4.3. Auswertung	24
2.5. Untersuchungskollektiv	
2.5.1. Kontrollgruppe	24
2.5.2. Patientengut	24
2.6. Statistik	25

	Seite	
3.	ERGEBNISSE	
3.1.	Thermische Reizung	
3.1.1.	Kontrollgruppe	26
3.1.2.	Patienten	26
3.2.	Vibrationsinduzierter Nystagmus (VIN)	
3.2.1.	Kontrollgruppe	29
3.2.2.	Patienten	30
3.3.	Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)	
3.3.1.	Kontrollgruppe	44
3.3.2.	Patienten	44
3.4.	Vergleich von vibrationsinduziertem Nystagmus mit thermischer Prüfung und mit Vestibulär Evozierten Myogenen Potentialen	
3.4.1.	Kontrollgruppe	47
3.4.2.	Patienten	47
4.	DISKUSSION	
4.1.	Ursache des vibrationsinduzierten Nystagmus	47
4.2.	Der vibrationsinduzierte Nystagmus bei verschiedenen Krankheitsbildern	59
4.3.	Die diagnostische Wertigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus	61

		Seite
5.	ZUSAMMENFASSUNG	65
6.	LITERATURVERZEICHNIS	67
7.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	72
8.	TABELLENVERZEICHNIS	73
9.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	75
10.	DANKVERMERK	78
11.	LEBENS LAUF	80

## 1. EINLEITUNG

### 1.1. **Geschichte des vibrationsinduzierten Nystagmus (VIN)**

Erstmalig beobachtete K. Lücke im Jahre 1973, daß bei zwei Patienten während der Benutzung eines Elektrorasierers Schwindelsensationen auftraten. In einer ersten Untersuchung stellte er fest, daß bei Patienten, die an einer vestibulären Störung litten, durch Vibrationsreize Nystagmen auszulösen waren.

Auch im Bereich der praktischen Zahnmedizin wird immer wieder von Patienten berichtet, daß bei Anwendung der elektrischen Zahnbürste sowie beim Exkavieren von Karies im retromolaren Bereich Schwindelsensationen auftreten. Dies war Anlaß, auch von zahnmedizinischer Seite mögliche Beziehungen zwischen Vibrationsreizen und dem vestibulären System zu untersuchen und aufzuklären.

Eine weitere Studie von Hamann und Schuster konnte zeigen, daß ein vibrationsinduzierter Nystagmus in einer Größenordnung von 90% bei Patienten mit einem einseitigen peripher-vestibulären Defizit nachzuweisen war (Hamann und Schuster, 1999).

Die Tatsache, daß VIN am besten auszulösen waren, wenn die Vibrationen über dem Mastoidknochen appliziert wurden, deutet darauf hin, daß der VIN tatsächlich von der Funktion des peripher-vestibulären Rezeptorenapparates abhängt und nicht von der Halsmuskulatur, da von dort aus nur in Ausnahmefällen Nystagmen ausgelöst werden konnten. Ergebnis dieser Untersuchungen war auch, daß sich VIN am besten mit einer Frequenz von 60 Hz auslösen lassen (Hamann, 1995).

In allen bisher durchgeführten Untersuchungen jedoch blieb offen, welcher der peripher-vestibulären Rezeptoren für den VIN verantwortlich ist.

## 1.2. Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems

Das vestibuläre System dient der bewußten Orientierung im Raum sowie der Blickmotorik und der Spinalmotorik. Bemerkenswert ist, daß keine Funktion vom vestibulären System allein erfüllt werden kann. Für den Funktionserfolg ist eine Kooperation mehrerer Sinnessysteme erforderlich. Hauptsächlich kooperiert das vestibuläre System mit dem visuellen und dem propriozeptiven System (Kornhuber, 1978). Der periphere Vestibularapparat umfaßt ein System von mechanischen Beschleunigungsrezeptoren (Abb. 1).

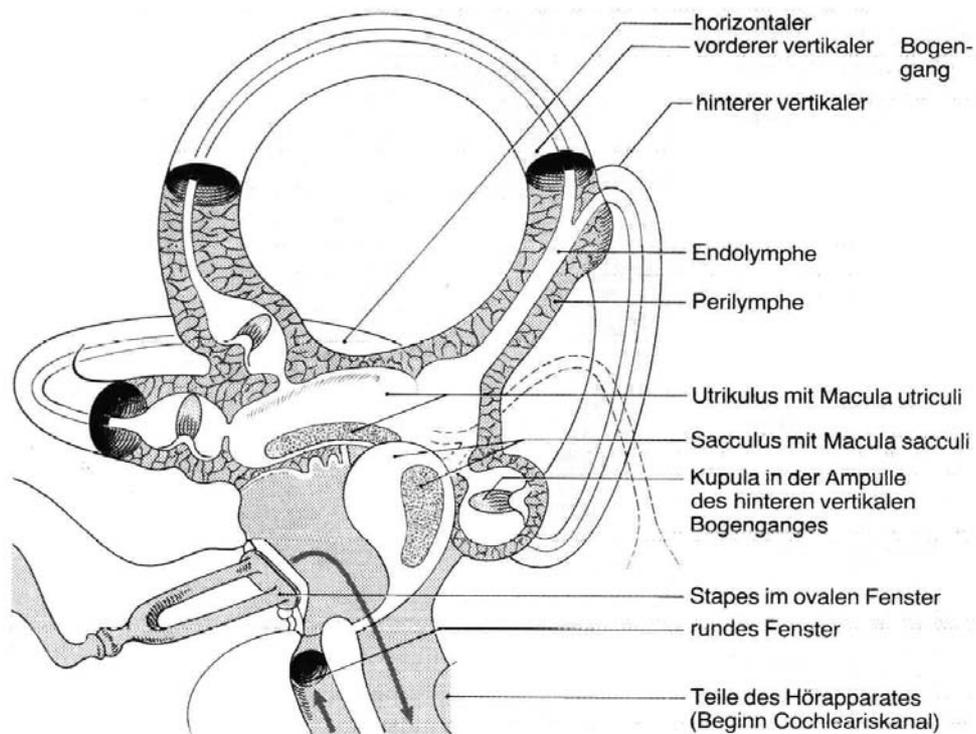


Abb. 1: Lage der vestibulären Rezeptoren im Bogengangs- und Otolithenapparat (aus: Hamann, K.-F.: Physiologie und Pathophysiologie des vestibulären Systems. In: Helms, J., Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis. Thieme, Stuttgart – New York 1994, Band 1, S. 262.)

Auf jeder Seite befinden sich drei zueinander senkrecht stehende Bogengangsorgane zur Erfassung von Drehbeschleunigungen bzw. Winkelbeschleunigungen sowie zwei Otolithenorgane: der Utriculus, dessen Basiliarmembran bei gerader Kopfhaltung etwa horizontal liegt, und der Sacculus, der senkrecht zu diesem steht. Beide dienen der Erfassung linearer, d.h. geradliniger Translations- und Progressiv- Beschleunigungen. Jeder vestibuläre Rezeptor für sich ist auf Grund seines bipolaren Reagierens in der Lage, zwei Richtungen zu erkennen.

Die über die Rezeptoren aufgenommene Beschleunigungsinformation wird in ein Geschwindigkeitssignal umgewandelt, das über die Fasern des Vestibularisnerven in die vestibulären Zentren im Hirnstamm geleitet wird. Dort findet eine erste Informationsverarbeitung statt (Büttner und Büttner-Ennever, 1985). In den Zellen der Vestibulariskerne werden nicht nur die Informationen einer Seite untereinander verglichen, sondern auch die Informationen beider Seiten untereinander. Das Ergebnis dieser Verarbeitung wird zu den Effektororganen gemeldet (Abb. 2):

- zu den kortikalen Projektionsfeldern für die bewußte Orientierung im Raum
- zu den Augenmuskelkernen für die Blickmotorik
- zu den Rückenmarksvorderhornzellen für die Spinalmotorik.



Erfolgt z.B. durch eine leichte Kopfdrehung ein adäquater Reiz für die Bogengänge, so bleibt die Flüssigkeitssäule der Endolymphe auf Grund ihrer Trägheit zunächst in Ruhe, die Bogengänge werden mitgedreht. Die daraus entstehenden Druckunterschiede auf beiden Seiten der Cupula bewirken eine Auslenkung dieser in die Gegenrichtung. Dies führt zu einer Scherung der Cilien zum Kinocilium hin und zur Aktivierung und damit zur Erhöhung der Entladungsrate der afferenten Fasern. Eine Scherung des Stereociliums vom Kinocilium weg bedeutet Reduzierung der Entladungsrate (Abb. 3).

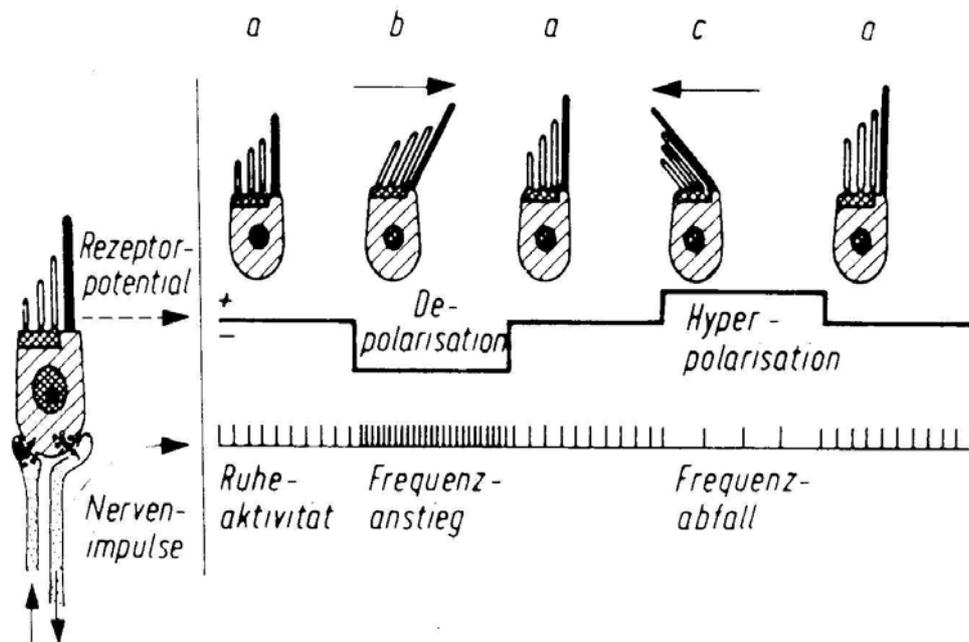


Abb. 3: Schematische Darstellung des Verhaltens des Rezeptorenpotentials und der Modulation der Nervenimpulse bei adäquater Reizung, nach Groen 1972 (aus: Hamann, K.-F.: Training gegen Schwindel. Springer, Berlin – Heidelberg 1987, S. 13.)

Eine Erhöhung der Nervenfaseraktivität erfolgt bei der Auslenkung der Cupula zum Utriculus hin (utriculopetal). Dieses Phänomen zeigt sich im linken horizontalen Bogengang bei der Kopfdrehung nach links, in den vertikalen Bogengängen erfolgt die umgekehrte Reaktion. Diese utriculofugale Cupulaauslenkung bewirkt eine Reduzierung der Entladungsrate der afferenten Nervenfasern. Für die Erkennung der Kopfbewegungen um 3 Achsen im Raum sind 3 Bogengänge notwendig. Das Gehirn erhält die Summe der Reizantworten der aktivierten und deaktivierten Nervenfasern, um vektoriell die tatsächliche Drehachse zu ermitteln (Klinke, 1993).

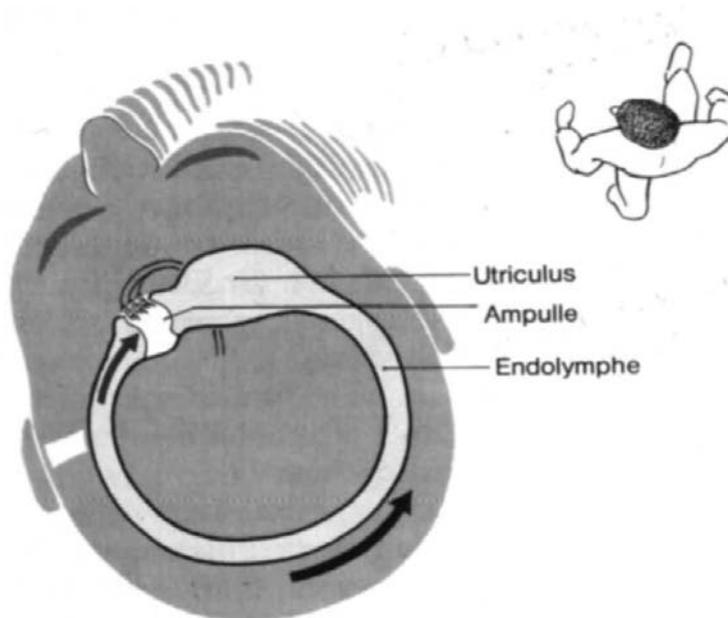


Abb. 4: Schema des linken horizontalen Bogengangs von oben gesehen (aus: Klinke, R.: Gleichgewichtssinn, Hören, Sprechen. In: Schmidt/Thews, „Physiologie des Menschen“. Springer, Berlin – Heidelberg 1993, 25. Auflage, S. 293.)

### **1.3. Untersuchungsmethoden des vestibulären Systems**

#### **1.3.1. Untersuchung der räumlichen Orientierung**

Da das vestibuläre System so beschaffen ist, daß es Kopfbewegungen, insbesondere ihre Bewegungsrichtung, erkennt, machen sich Störungen dieses Systems für den Patienten subjektiv als Scheinbewegungen bemerkbar. Es ist zu erwarten, daß Störungen im Bogengangssystem als Drehschwindel empfunden werden, Störungen des Otolithenapparates als „linearer Schwindel“, also als Liftgefühl oder als Laterotraktion.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen, richten sich die Fragen bei der Anamneseerhebung zunächst auf die Qualität des Schwindels (Abb. 5). Schwindelbeschwerden ohne Scheinbewegungen (ohne Dislokationsgefühl) deuten auf Erkrankungen außerhalb des vestibulären Systems hin. Ist erst einmal ein systematischer, mit Scheinbewegungen einhergehender Schwindel gesichert, erreicht man durch Bestimmung der zeitlichen Kriterien eine Zuordnung zu Krankheitsbildern (Abb. 5).

Aufbauend auf der Erkenntnis der Pathophysiologie bestimmter vestibulärer Störungen, lassen sich die Schwindelbeschwerden klassifizieren und Krankheitsbildern zuordnen (Hamann und Pinsker, 2002).

Da dem gutartigen Lagerungsschwindel eine Canalolithiasis zu Grunde liegt, dauern diese Schwindelbeschwerden, die bei Kopfbewegungen auftreten können, immer nur Sekunden an.

Da die nach einer Minderfunktion oder einem einseitigen Ausfall eintretenden Kompensationsvorgänge mehrere Tage benötigen, hält auch der Schwindel bei Neuritis vestibularis oder nach einem Trauma mehrere Tage an, zeigt aber spontan eine Besserungstendenz. Der bei Morbus Menière auftretende Schwindel erstreckt sich über Minuten oder Stunden, da sich in diesem Zeitraum der Endolymphhydrops entleert (Anfall), die Reißnersche Membran sich wieder schließt und sich eine normale Ionenkonzentration in den Endo- und Perilympfen wieder aufbaut (Hamann und Arnold, 1998).

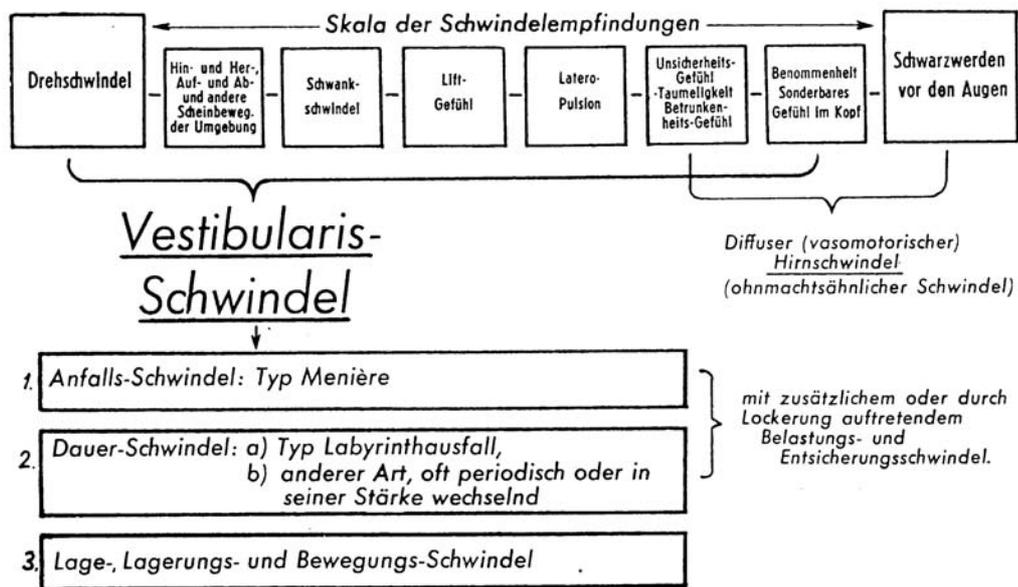


Abb. 5: Grundschemata des Vestibularisschwindels

(aus: Frenzel, H., Vestibularisschwindel, „Spontan- und Provokations-Nystagmus“. Springer, Berlin – Heidelberg – New York 1982, S. 13.)

### **1.3.2. Untersuchung der Blickmotorik**

Im Normalzustand führt in Ruhe die gleichseitige Innervation der Vestibularis-Augenmuskelkerne zu einer Ruheposition der Augen. Auch bei Kopfdrehungen bleibt über den vestibulär-okulären Reflex eine Blickfixation erhalten. Bei einem vestibulären Ungleichgewicht kommt es durch die Verschaltungen des vestibulären Systems mit den Augenmuskelkernen zu asymmetrischen blickmotorischen Reaktionen. Das wichtigste Zeichen eines vestibulären Ungleichgewichts ist ein Spontannystagmus. Er ist gekennzeichnet durch die rhythmische Abfolge langsamer und schneller Augenbewegungen, wobei die Richtung des Nystagmus nach seiner schnellen Komponente benannt wird. Ein latenter Spontannystagmus kann durch unspezifische Provokationsmaßnahmen aufgezeigt werden. Dazu sind Kopfschütteln, Körperlagerungen, aber auch alle anderen Reize zu rechnen, die unspezifisch die Vigilanz erhöhen (Scherer, 1984). Auch ein VIN ist letztlich als Provokationsnystagmus anzusehen. Eine Sonderstellung nimmt die gezielte Lagerungsprüfung ein. Sie dient dem Nachweis eines Lagerungsnystagmus, der für eine Canalolithiasis, die Ursache des BPPV (Benign paroxysmal positioning vertigo), typisch ist.

#### **1.3.2.1. Testverfahren**

Mit Hilfe der experimentellen Prüfungen werden bestimmte Reaktionen unter definierten Bedingungen hervorgerufen. Zur Auswertung wird vor allem der Seitenvergleich herangezogen, da das intakte vestibuläre System seitengleich und symmetrisch reagiert.

Die thermische Prüfung erlaubt eine seitengetrennte Beurteilung des peripheren Rezeptorapparates, genaugenommen des horizontalen Bogenganges.

Bei der rotatorischen Prüfung werden zwangsläufig beide Vestibularapparate synchron erregt und das Ergebnis ihrer gemeinsamen Reizung an Hand der perrotatorischen oder postrotatorischen Nystagmen beurteilt. Auch hier sind im Normalfall symmetrische Reaktionen zu erwarten, das Überwiegen einer Nystagmusrichtung deutet auf ein zentrales Tonusungleichgewicht hin (Westhofen, 2001).

Prüfungen der langsamen Folgebewegungen oder des optokinetisch ausgelösten Nystagmus dienen in erster Linie der Beurteilung der zentralen okulomotorischen Leistung. Diese Reaktionen hängen aber auch vom Funktionszustand des vestibulären Systems ab und lassen Rückschlüsse auf vestibuläre Reaktionen zu (Hamann, 2001).

Dank moderner Verfahren zur Aufzeichnung torsionaler Augenbewegungen (s.u.) ist es heutzutage sogar möglich, das Phänomen der Gegenrollung routinemäßig zu erfassen (Hamann, 1998).

Bei Seitwärtlagerung des Kopfes kommt es zu einer Gegenrollung der Augenbulbi. Dieser Test hängt, als statischer Test durchgeführt, hauptsächlich von der Funktion des Utriculus ab. Auch hier liegen im Normalfall symmetrische Reaktionen vor, Asymmetrien weisen auf eine einseitige Unterfunktion hin (Diamond et al., 1979).

### **1.3.2.2. Registriermethoden von Augenbewegungen**

Die Beobachtung der Augenbewegungen ohne Hilfsmittel oder mit dem Hilfsmittel der Lupenbrille nach Frenzel sind letztlich subjektive Verfahren. Daher bestand der Wunsch, für vergleichbare Untersuchungsergebnisse aus wissenschaftlichen Gründen, aber auch für die klinische Routine und nicht

zuletzt bei gutachterlichen Fragestellungen Methoden zu entwickeln, die eine Dokumentation erlauben.

Rund 50 Jahre lang stand die Elektronystagmographie im Vordergrund der Methoden zur Registrierung von Augenbewegungen. Sie nutzt die Dipoleigenschaften des menschlichen Auges aus, nämlich eine mehr positive Ladungsverteilung im Bereich der Cornea und mehr negative Ladungsträger im Bereich der Retina. Durch Abgriff der bei Augenbewegung auftretenden Spannungsänderung und entsprechender Verstärkung ist es möglich, Augenbewegungen in horizontaler und vertikaler Richtung zu registrieren. Durch vorangehende Eichung wird auch eine Quantifizierung möglich. Die Aufzeichnung rotierender Augenbewegungen, also von Torsionen, ist mit dem ENG (Elektronystagmographie) nicht möglich.

Seit etwa 15 Jahren setzt sich die Videookulographie für die Registrierung von Augenbewegungen mehr und mehr durch. Ihre leichtere Handhabung und die geringere Störanfälligkeit tragen dazu bei. Mit erst in den letzten Jahren entstandenen Auswertungsverfahren ist es jetzt auch möglich, routinemäßig Augentorsionen, also Augenbewegungen um die Sehachse selbst, zu registrieren und zu quantifizieren (Clarke und Scherer, 2001).

Die genaueste Methode zur Erfassung von Augenbewegungen besteht in der Anwendung von Magnetspulen, die über eine Kontaktlinse auf dem Auge fixiert werden. Die Bewegung der Spule in einem vorgegebenen Magnetfeld gestattet über die Messung der Induktionsströme eine Bestimmung der Augenbewegung bis auf 0,1 Winkelgrad genau (Scherer, 1997). Diese Methode ist apparativ aufwendig und nicht bei allen Patienten anwendbar. Sie hat daher in die klinische Routine keinen Eingang gefunden und wird gegenwärtig ausschließlich bei wissenschaftlichen Fragestellungen eingesetzt.

### **1.3.3. Untersuchung der Spinalmotorik**

#### **1.3.3.1. Klassische Tests**

Die Äußerungen des vestibulären Anteils an der Spinalmotorik werden grobklinisch im allgemeinen mit den sogenannten vestibulospinalen Tests erfaßt, dazu zählen der Romberg-Stehversuch (Romberg, 1846), der Unterberger-Tretversuch (Unterberger, 1938) und der Blindgang. Andere Verfahren wie der Zeichentest, der Sternengang oder der verschärfte Rombergtest haben allgemein keine klinische Bedeutung erlangt. Der Romberg- Stehversuch prüft eine der wichtigsten motorischen Grundfunktionen des Menschen, den aufrechten Stand. Unsicherheiten, aber vor allem gerichtete Abweichungen weisen auf eine vestibuläre Störung hin. Die Regulation des dynamischen Gleichgewichts wird mit dem Blindgang, d.h. dem Gehen auf einer gedachten geraden Linie oder dem Tretversuch, geprüft. Aus Platzgründen und auch wegen der höheren Aussagekraft wird meist nur der Unterberger-Tretversuch durchgeführt. Auch hier zeigen Richtungsabweichungen eine vestibuläre Störung an, wobei die Drehtendenz zur Seite der Unterfunktion gerichtet ist. Allen diesen Prüfungen der Körperhaltung haftet der Nachteil an, daß posturale Störungen schnell kompensieren. So kann ein Patient, der nach einem akuten Vestibularisausfall bettlägerig antransportiert wird, meist schon nach zwei Tagen sicher stehen.

### 1.3.2.3. Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)

Seit einigen Jahren bemüht man sich, durch die Erfassung von Muskelaktivität mittels des EMG (Elektromyographie) feine, durch eine vestibuläre Störung verursachte Innervationsunterschiede nachzuweisen. Dies kann entweder in Form des Spontan-EMG erfolgen oder in Form von EMG-Antworten auf destabilisierende Reize, hervorgerufen mit Hilfe einer Kipplatte.

Seit knapp 10 Jahren ist ein Reflex bekannt, der zu den vestibulo-kollikulären Reflexen gezählt werden muß (Colebatch et al., 1994). Durch weit überschwellige akustische Reizung von 120 dB SPL (Sound pressure level) wird der Vestibularapparat stimuliert und führt zu einer reflektorischen Antwort der Hals- und Nackenmuskulatur. Durch tierexperimentelle Ausschaltexperimente und mit Tracermethoden sowie durch Untersuchungen an Menschen, die an bestimmten, genau definierten Läsionen des vestibulären Systems litten, gilt es als erwiesen, daß der auslösende Rezeptor für die VEMP der Sacculus ist (Murofushi et al., 1997).

Als Ableitort wird im allgemeinen der Musculus sternocleidomastoideus benutzt, da an ihm die größten Antworten auftreten. Zahlreiche Arbeiten haben belegt, daß durch Ableitung der VEMP bestimmte vestibuläre Defizite erkannt werden können, die mit anderen Methoden nicht erkannt worden wären. So konnte gezeigt werden, daß kleine Vestibularisschwannome mit Ausgangspunkt vom inferioren Vestibularisnerven zwar zu einer Auslöschung der Sacculus- evozierten Potentiale führen, während die thermische Prüfung des horizontalen Bogenganges, dessen Informationen über den superioren Vestibularisnerven vermittelt werden, noch unbeeinträchtigt blieb (Hamann et al., 2002).

Mit der Methode der VEMP ist ein wichtiger Beitrag zur Differentialdiagnostik vestibulärer Störungen, insbesondere ihrer Topodiagnostik geleistet worden, da dieses Verfahren einen selektiven Sacculustest darstellt.

#### **1.4. Pathophysiologie des vestibulären Systems**

Für das normale Funktionieren des vestibulären Systems ist ein Tonusgleichgewicht zwischen den Neuronen beider Vestibulariskerngebiete die Voraussetzung. Dieses Tonusgleichgewicht läßt sich neurophysiologisch mit Parametern wie neuronale Spontanaktivität, Verstärkungsfaktor und Phasenverhalten definieren.

Läsionsexperimente an Tieren, bei denen ein Labyrinthorgan völlig ausgeschaltet war, haben gezeigt, daß sich sofort danach eine starke Asymmetrie der genannten Parameter ausbildet (Hamann und Lannou, 1988). Dies äußert sich im Spontanverhalten als ein zur gesunden Seite hin schlagender Nystagmus und vestibulospinalen Abweichreaktionen, die zur Seite des Ausfalls gerichtet sind. Beim Menschen macht sich zusätzlich ein heftiger Drehschwindel als Ausdruck der gestörten Raumorientierung bemerkbar.

Im Verlauf der Zeit, die individuell und von Spezies zu Spezies unterschiedlich lang ausgeprägt ist, kommt es zu einer mehr oder weniger vollständigen Erholung, also einer Rückbildung der Symptome. Dabei findet für die statischen Symptome wie Ruheschwindel, Spontannystagmus und Standataxie fast immer eine komplette Erholung statt. Dies entspricht auf neuronaler Ebene einer Wiederangleichung der Spontanaktivität vestibulärer Kernneurone zwischen intakter und lädierter Seite (Dieringer, 1995).

Unter dynamischen Bedingungen, wie beispielsweise bei rotatorischer Reizung oder bei optokinetischer Reizung, lassen sich auch nach längerer Zeit noch Asymmetrien je nach gewähltem Reizparameter nachweisen. Diese Beobachtungen treffen sowohl für den Menschen als auch für Tiere zu (Hamann et al., 1998).

Das neuronale Korrelat dieser letztlich inkompletten Kompensation ist wohl darin zu sehen, daß zwar Kernneurone mit gleicher Spontanaktivität vorhanden sind, auf der Läsionsseite aber weniger Neurone bereitstehen, bei spezifischer Reizung adäquat zu antworten.

Die klinische Diagnostik hat unter anderem die Aufgabe zu erkennen, in - wie weit eine „vestibuläre Kompensation“ stattgefunden hat oder nicht.

### **1.5. Fragestellung**

1. Welche Aussage erlaubt der Nachweis eines vibrationsinduzierten Nystagmus (VIN)?
2. Stimmt der vibrationsinduzierte Nystagmus mit dem Ergebnis der thermischen Prüfung überein?
3. Gibt es eine Übereinstimmung von vibrationsinduziertem Nystagmus und Vestibulär Evozierten Myogenen Potentialen?
4. Welche vestibulären Rezeptoren bewirken einen vibrationsinduzierten Nystagmus?
5. Erlaubt der vibrationsinduzierte Nystagmus Hinweise auf die Kompensation eines vestibulären Defizits?
6. Welchen Stellenwert haben die vibrationsinduzierten Nystagmen in der klinischen Diagnostik bei Schwindelerkrankten?

## 2. METHODIK

### 2.1. Videokulographie

#### 2.1.1. Apparative Voraussetzung

Zur Registrierung der Augenbewegungen wurde das System SMI der Firma Hörniß und Zeisberg mit der Software 2D-VOG-Videokulographie TM Version 3.02 verwendet. Die Anlage besteht aus zwei tauchermaskenartigen Brillen, eine für Registrierung der Augenbewegungen unter Lichtausschluß (Abb. 6) und eine bei freiem Gesichtsfeld.



Abb. 6: Lichtausschließende Maske zur Registrierung von Augenbewegungen (Originalfotografie)

In jeder Brille ist eine Videokamera eingebaut, die ihre Signale auf einen Monitor überträgt.

Auf dem Monitor erscheint das Bild des Auges in Echtzeit sowie die Aufzeichnung der Augenposition in horizontaler und vertikaler Richtung. Nach Ende der Registrierphase werden verschiedene Parameter von Augenbewegungen, wie Geschwindigkeit der langsamen Phase und Nystagmusfrequenz, auf Diagrammen dargestellt. Die Auswertung erfolgte über einen Papierausdruck der Registrierung.

### **2.1.2. Auswertung**

Die Frage nach einem Spontannystagmus wurde an Hand einer visuellen Analyse der spontanen Augenbewegungen beantwortet.

Auch für die Suche nach einem vibrationsinduzierten Nystagmus wurde eine visuelle Analyse der Augenbewegungen während der Vibrationsreizung an Hand eines Ausdruckes vorgenommen.

Bei der thermischen Prüfung wurden jeweils die Warmspülungen jeder Seite verglichen. Berücksichtigt wurde hauptsächlich die Geschwindigkeit der langsamen Phase, seltener auch die Nystagmusfrequenz.

## 2.2. Thermische Reizung

### 2.1.2. Apparative Voraussetzung

Zur Registrierung einer kalorisch geprüften vestibulären Seitendifferenz wurde die Videookulographie mit dem dazugehörigen Programm 2D-Video-okulographie TM Version 3.02 und der Graph Kalorik verwendet. Das Spülgerät „Variotherm“ von der Firma Atmos enthält einen Durchlauferhitzer, der die Wassertemperatur auf 44° C konstant hält. Die Spülpistole dient der besseren Handhabung sowie der schonenderen Spülungsapplikation im äußeren Gehörgang. Daneben steht eine Meßzeituhr für eine exakte Spülungszeit von 30 Sek. zur Verfügung.



Abb. 7: Ohrspülgerät „Variotherm“ (Atmos) (Originalfotografie)

### 2.2.2. Untersuchungsablauf

Nachdem die Trommelfelle des Patienten otoskopisch auf Intaktheit geprüft worden waren, wurde dieser mit Hilfe eines kippbaren Stuhls in eine Optimumposition, 60° mit dem Kopf nach hinten, gebracht. In dieser Position steht der horizontale Bogengang senkrecht. Für die seitengetrennte Untersuchung des vestibulären Systems erfolgte anfangs die Kalibrierung der Pupillenhelligkeit über die lichtausschließende Maske. Als erstes wurde der rechte äußere Gehörgang für 30 Sek. mit 100 ccm Wasser mit einer Temperatur von 44° C gespült. Überschüssiges Wasser wurde in eine Nierenschale abgelassen. Die Registrierung des kalorisch ausgelösten Nystagmus erfolgte nach 10 Sek. Bis zur weiteren 30-Sek.-Spülung des linken äußeren Gehörgangs wurde mindestens 7 Min. gewartet.



Abb. 8: Kalorische Ohrspülung (Originalfotografie)

### 2.2.3. Auswertung

Bewertet wurden die Antworten im Seitenvergleich. Als Meßparameter wurden die Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphasen und die Gesamtzahl der Nystagmusschläge benutzt. Als pathologisch wurde eine Seitendifferenz dann angesehen, wenn der Unterschied größer als 20% war.

### 2.3. Auslösung des vibrationsinduzierten Nystagmus (VIN)

#### 2.3.1. Apparative Voraussetzung

Als Vibrationsstimulator wurde der von der Firma Ginder gebaute „Provonyst“<sup>®</sup> benutzt. Der Vibrationsauflagekopf des Gerätes hat die Maße von 1,2 x 1,2 x 0,5 cm und ermöglicht eine freie Wahl der Frequenzen in einem Frequenzband von 40 Hz bis 70 Hz in 5 Hz-Schritten. Die Amplitude lag unter 1mm.



Abb.9: Vibrationsstimulator „Provonyst“<sup>®</sup> (Originalfotografie)

### 2.3.2. Untersuchungsablauf

Nachdem der Patient in sitzender Position seinen Kopf orthograd ausgerichtet hatte und der Lichtausschluß für die Registrierung der Augenbewegungen sichergestellt worden war, erfolgte zunächst die Dokumentation eines eventuell bestehenden Spontannystagmus für eine Zeitdauer von 20 Sek. Im Anschluß daran wurde mit „Provonyst“<sup>R</sup> zuerst das Mastoid auf der rechten Seite mit den Frequenzen 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 Hz für jeweils 10 Sek. stimuliert. Nach Ende jeder einzelnen Stimulation wurde der Patient aufgefordert, die Augen zu schließen und bei Stimulationsbeginn zu öffnen und so wenig wie möglich zu zwinkern, um Artefakte auszuschließen sowie eine klare Dokumentation zu gewährleisten. Im Anschluß daran wurde das linke Mastoid in gleicher Weise gereizt, so daß sich eine Gesamtuntersuchungsdauer von ca. 170 Sek. ergab. Die Registrierung wurde mit einem PC aufgezeichnet und gespeichert.



Abb. 10: Versuchsablauf zur Registrierung eines VIN (Originalfotografie)

### **2.3.3. Auswertung**

Die Auslösung eines VIN wurde dann als positiv gewertet, wenn er bei mindestens 2 Reizfrequenzen auftrat. Als positive Antwort wurde gewertet, wenn entweder bei nichtvorhandenem Spontannystagmus während der Vibrationsstimulation ein Nystagmus auftrat oder ein bestehender Spontannystagmus verstärkt wurde, erkennbar als eine Frequenzbeschleunigung oder Amplitudenvergrößerung.

## **2.4. Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)**

### **2.4.1. Apparative Voraussetzung**

Um die Vestibulären Myogenen Evozierten Potentiale vom rechten und linken Musculus sternocleidomastoideus abzuleiten, wurde die Software Neuroscreen von Jaeger/Toennies und die Ableitelektroden (AG/AGCl) der Fa. Hörniß und Zeisberg verwendet, mit dem daran gekoppelten Clickgenerator und dem dazugehörigen Kopfhörer.

### **2.4.2. Untersuchungsablauf**

Zunächst wurden die für die Ableitelektroden vorgesehenen Hautstellen mit Cutasept desinfiziert und mit einem abrasiven Hautgel konditioniert. Die Bezugspunkte für die Ableitungen waren wie folgt: Eine Elektrode (Erde) zentral der Stirn, dicht unter dem Haaransatz; pro Seite eine Elektrode (positiv) unter dem Mastoid, dem Ursprung des Musculus sternocleidomastoideus, und jeweils eine Elektrode (negativ) über dem Ansatz des Ableitmuskels (Abb. 11).

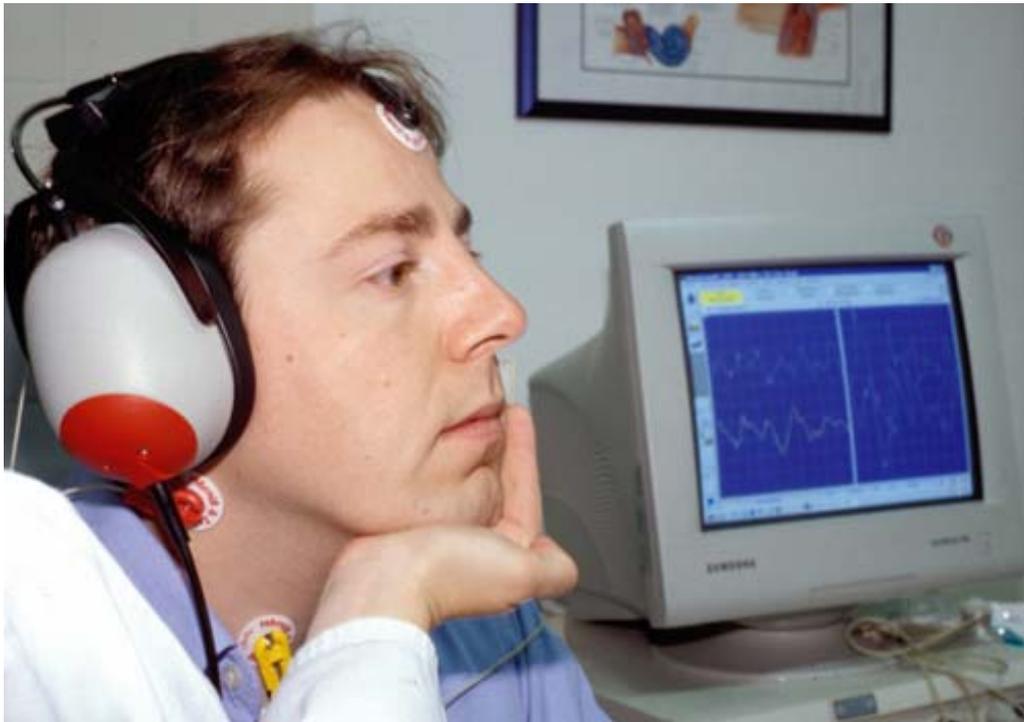


Abb. 11 VEMP Ableitung der rechten Seite (Originalfotografie)

Vor jeder Messung wurde der Elektronenwiderstand mit Neuroscreen überprüft. Um einen gleichmäßigen Muskeltonus zu erreichen, mußte der Patient den kontralateral gewendeten Kopf gegen einen Widerstand (Hand) drücken. Die Messung erfolgte erst auf der rechten Seite. Pro Seite erhielt der Patient jeweils 2 x 256 Reizungen von 0,1 ms Dauer mit der Intensität von 120 dB (SPL) sowie einer Reizfolgefrequenz von 3 Hz. Anschließend erfolgten wiederum 2 x 256 Reizungen auf der Gegenseite.

### **2.4.3. Auswertung**

Die Speicherung erfolgte auf dem Neuroscreen. Die gemittelten Potentiale wurden zur weiteren Auswertung ausgedruckt.

Beurteilt wurde das Fehlen einer Reizantwort oder die Differenz zwischen den Potentialen beider Seiten. Eine Einschränkung der Sacculusfunktion wurde bei mehr als 50 % Differenz der Amplituden angenommen. Berücksichtigt wurde ausschließlich der Wellenkomplex P13 und N23.

## **2.5. Untersuchungskollektiv**

### **2.5.1. Kontrollgruppe**

Die hier im Untersuchungskollektiv aufgenommenen 10 gesunden Probanden im Alter von 28 Jahren bis 47 Jahren gaben keinerlei Schwindelsensationen an. Das mittlere Lebensalter war 29 Jahre.

### **2.5.2. Patientengut**

Das Kollektiv von 60 Vestibularispatienten zum Vergleich der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN war im Alter von 30 Jahren bis 81 Jahren. Dies entspricht einem Durchschnittsalter von 59 Jahren. Von den 60 Patienten waren 28 weiblichen und 32 männlichen Geschlechts. Das Patientengut gliedert sich zu je einem Drittel in folgende Krankheitsbilder auf: das des Kleinhirnbrückenwinkeltumors, das der Neuropathia vestibularis und das des Morbus Menière.

## **2.6. Statistik**

Die Auswertung der Daten für die jeweiligen Korrelationen von Kalorik-VIN, Kolorik-VEMP, VEMP-VIN erfolgte durch reine „ja/nein-Kriterien“ (ja=1/nein=0), die tabellarisch dargestellt wurden.

Die statistischen Werte der Übereinstimmungen wurden aus dem Konfidenzintervall für n=60 ermittelt (Documenta Geigy, 1968).

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Thermische Reizung

##### 3.1.1. Kontrollgruppe

Alle gesunden Versuchspersonen (n=10) zeigten seitengleiche Antworten bei thermischer Reizung der horizontalen Bogengänge auf (Abb. 12a, b).

##### 3.1.2. Patienten

Rund 90% der Patienten zeigten eine einseitige Untererregbarkeit. 10% der Patienten wiesen keine pathologische Seitendifferenz auf. Nach endgültiger Diagnosestellung ergab sich, daß die thermische Prüfung nicht immer das einseitige Funktionsdefizit bzw. die thermische pathologische Seitendifferenz anzeigte (Tab. 1).

Tabelle 1: **Ergebnis der thermischen Prüfung**

Anzahl der Patienten	Pathologischer Befund	Ergebnis der thermischen Prüfung
n=60		
51	einseitig	einseitige Untererregbarkeit
5	einseitig	keine pathologische Seitendifferenz
2	beidseitig	einseitige Untererregbarkeit
2	beidseitig	beidseitige Unerregbarkeit

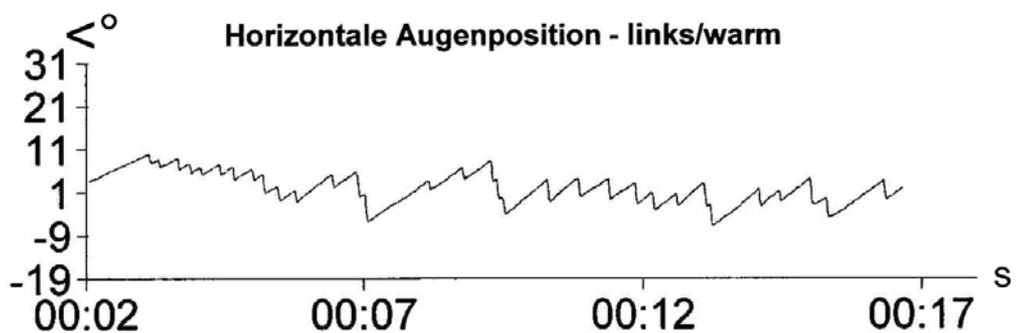
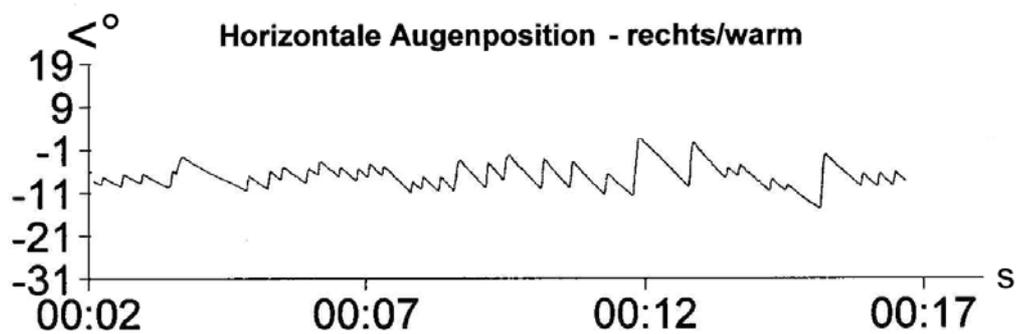


Abb. 12a: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, keine Seitendifferenz.

$^{\circ}$  : Winkelgrad, S: Sekunde.

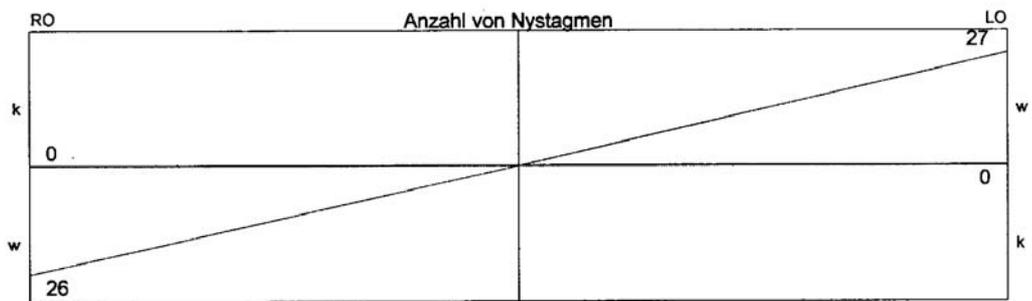
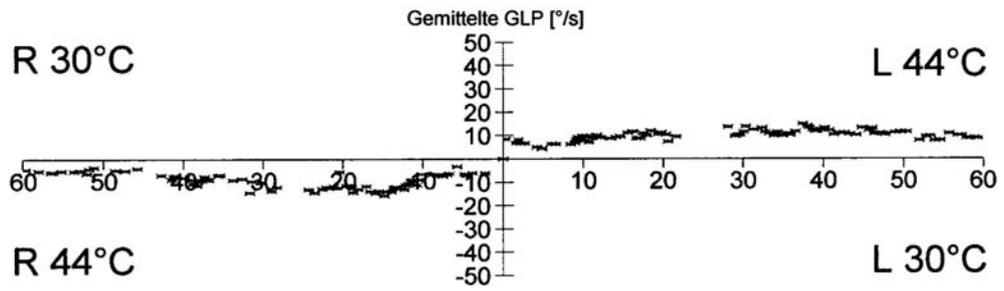


Abb. 12b: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, gemittelte GLP (der Kulmination), keine Seitendifferenz.

[°/s]: Grad/Sekunde, GLP: Geschwindigkeit langsamer Phase,

R: Rechts, L: Links, RO: Rechtes Ohr, LO: Linkes Ohr,

k: kalt, w: warm.

### 3.2. Vibrationsinduzierter Nystagmus (VIN)

#### 3.2.1. Kontrollgruppe

Alle gesunden Versuchspersonen (n=10) wiesen keinen VIN auf. Dies gilt für alle untersuchten Frequenzen von 40-70 Hertz ( in 5 Hertz-Schritten) für beide Seiten (Abb. 13).

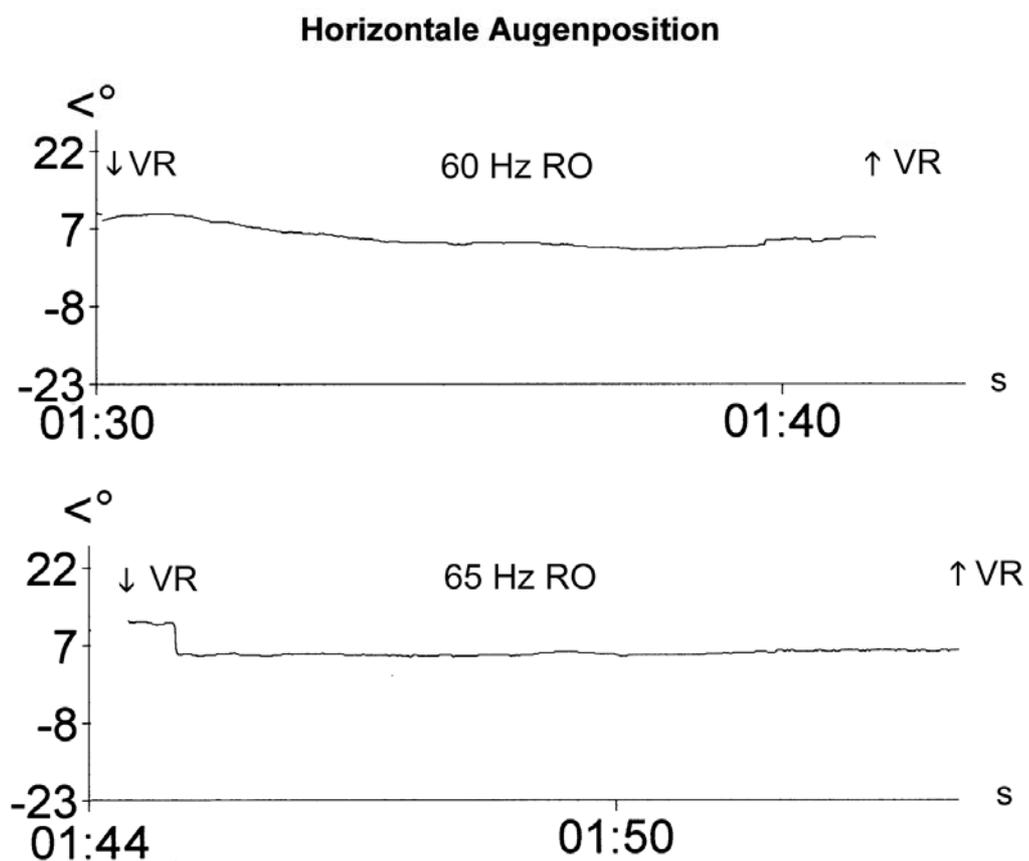


Abb. 13: Originalregistrierung eines nichtvorhandenen Nystagmus bei Vibrationsreizung mit 60 Hz und 65 Hz bei einer Normalperson.

<math>\angle^\circ</math>: Winkelgrad, S: Sekunde, Hz: Hertz, RO: Rechtes Ohr.

↓VR: Beginn der Vibration, ↑VR: Ende der Vibration.

### **3.2.2. Patienten**

Bei allen 60 Patienten mit einem einseitigen peripheren Defizit ließ sich bei mindestens 2 Reizungen ein VIN auslösen (Tab. 3a-c, s. S. 37-39).

Beim Vergleich der Reizseiten ergab sich eine leichte Überlegenheit von 68,3 % (55%-80%) für die Seite der positiven Reizantworten, die auf Grund der thermischen Prüfung stärker erregbar war (Tab. 5a-c, s. S. 41-43).

Besonders deutlich war der Effekt bei den Patienten, die keinen Spontannystagmus aufwiesen, bei denen jedoch durch Vibrationsreize ein Nystagmus in horizontaler Richtung zu induzieren war (Abb. 14a, b).

In den anderen Fällen zeigten sich die positiven Reizantworten in einer Beschleunigung der Nystagmusfrequenz (Abb. 15a, b).

Es muß betont werden, daß die Reizantwort direkt mit der Reizdauer gekoppelt war. Der VIN zeigte sich mit Beginn des Reizes und verschwand mit Ende des Reizes. In 3 Fällen kehrte sich die Richtung des Spontannystagmus um (Abb. 16a), die Richtung des VIN war zur Seite des thermisch stärker erregbaren horizontalen Bogengangs gerichtet (Abb. 16b, c).

In einem anderen Fall mit Morbus Menière fiel die Vibrationsreizung negativ aus.

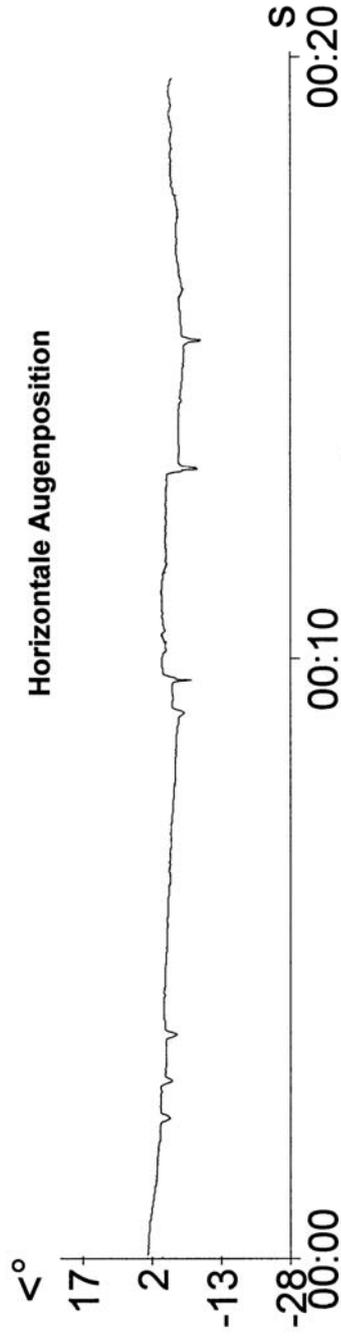


Abb. 14a: Originalregistrierung der horizontalen Augenbewegungen ohne Spontannystagmus. Abkürzungen siehe Abb. 12a.

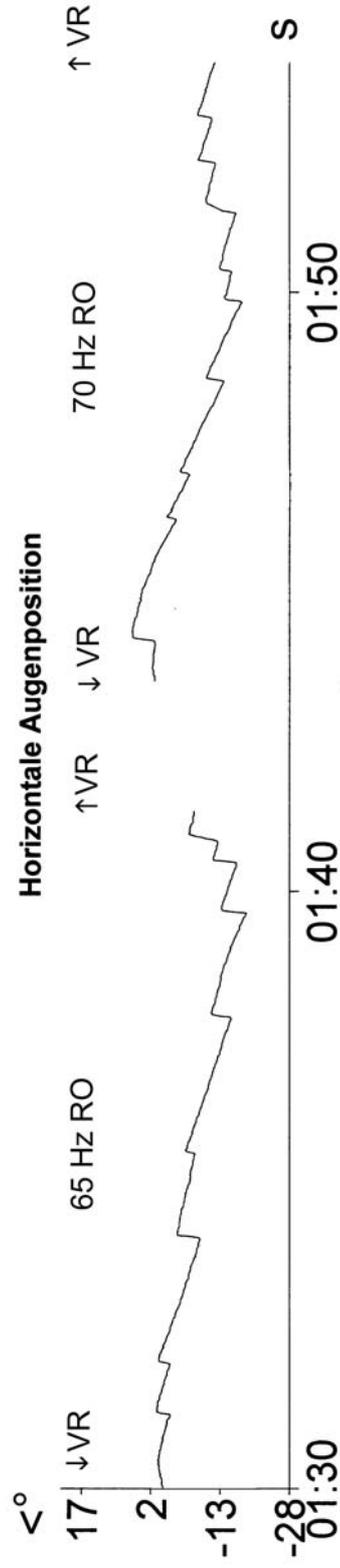


Abb. 14b: Originalregistrierung eines vibrationsinduzierten Nystagmus bei demselben Patienten (vgl. 14a). Abkürzungen siehe Abb. 13.

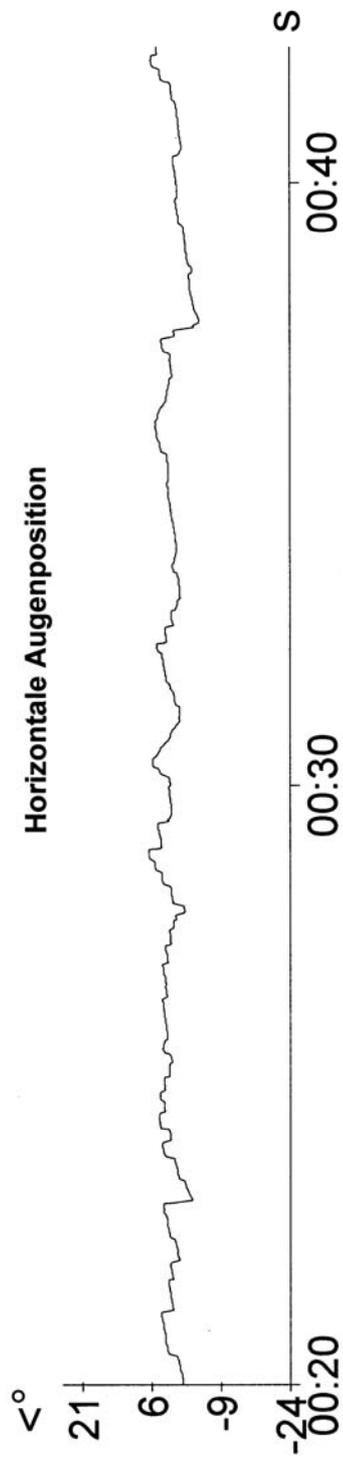


Abb. 15a: Originalregistrierung eines Spontannystagmus nach links.  
Abkürzungen siehe Abb. 12a.

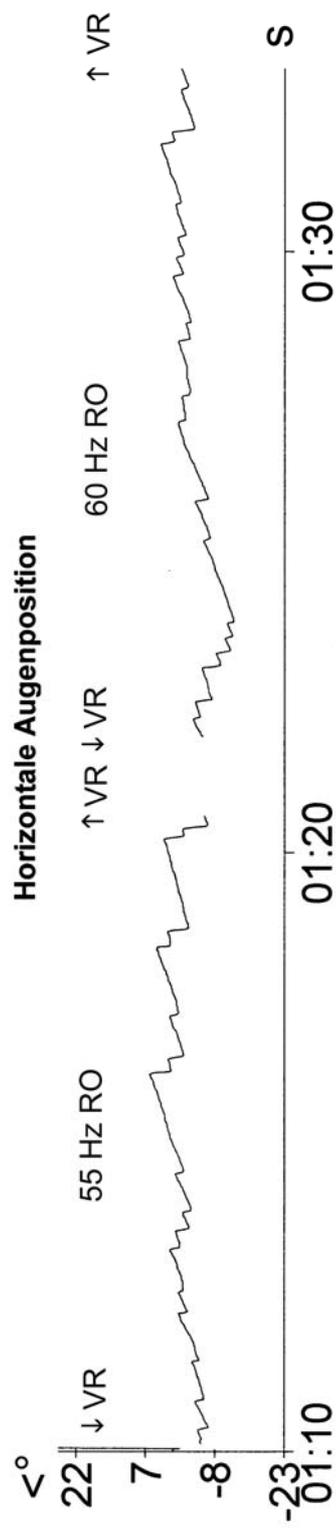


Abb. 15b: Originalregistrierung des beschleunigten Spontannystagmus (vgl. Abb. 15 a) durch Vibrationsreizung.  
Abkürzungen siehe Abb. 13.

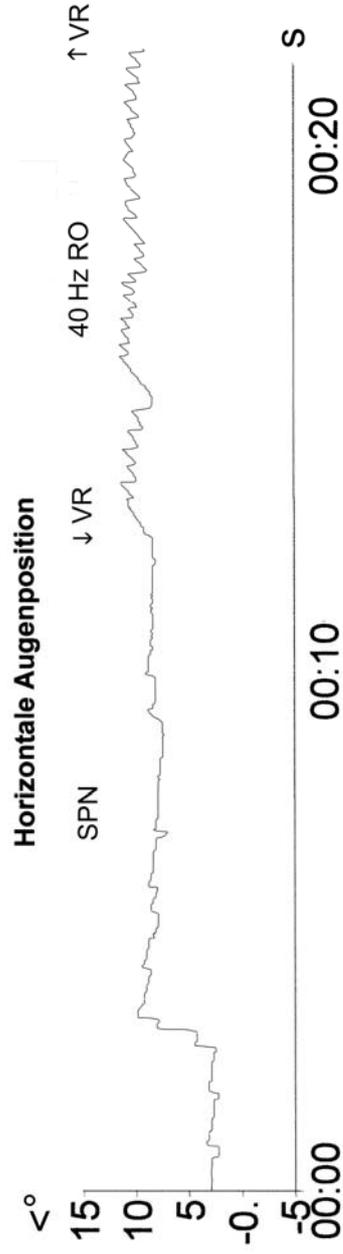


Abb. 16a: Originalregistrierung eines Spontanystagnus nach rechts (Patientin F.K.) mit Umkehr durch Vibrationsreizung mit 40 Hz nach links, Diagnose : Kleinhirnbrückenwinkeltumor der rechten Seite. Abkürzungen siehe Abb. 13.

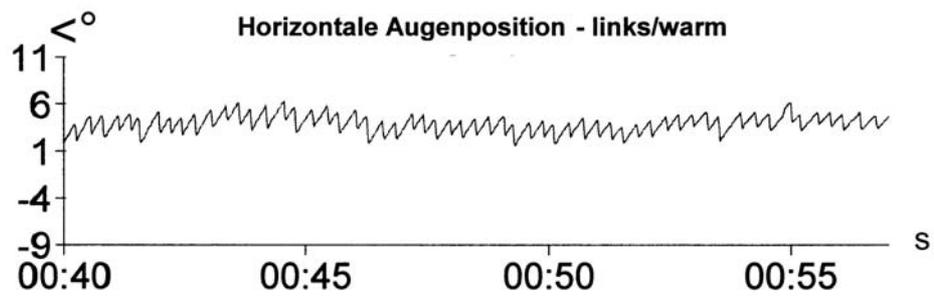
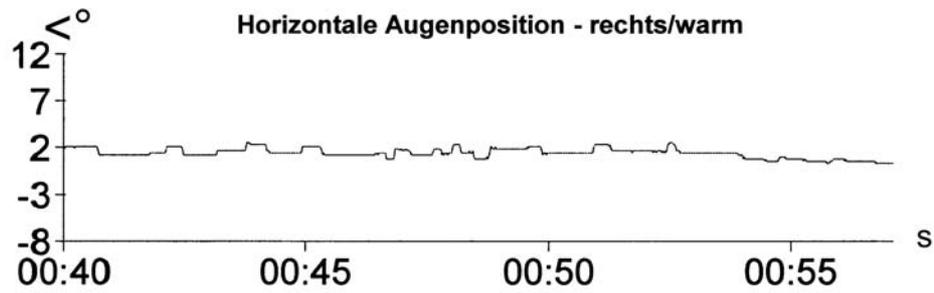


Abb. 16b: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser bei Unerregbarkeit des rechten Vestibularapparates.

Abkürzungen siehe Abb. 12a.

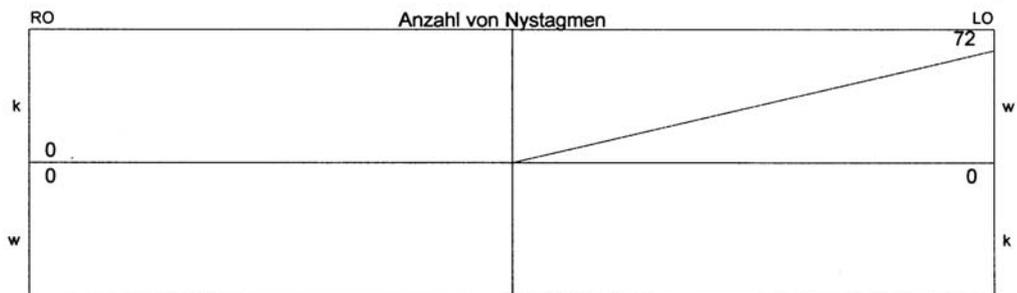
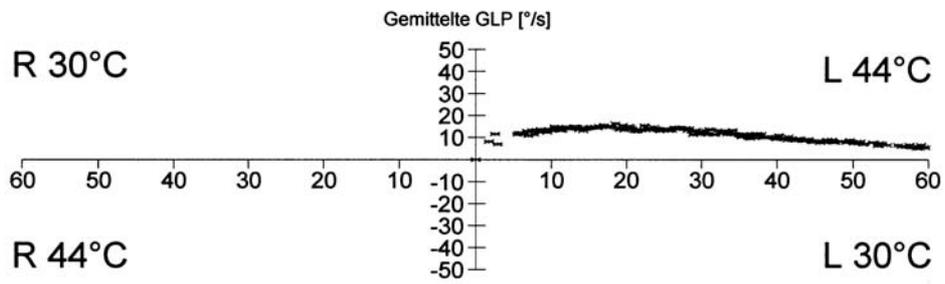


Abb. 16c: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, gemittelte GLP (der Kulmination) bei Unerregbarkeit rechts. Abkürzungen siehe Abb. 12b.

Tabelle 2: **Legende für Tabellen 3a-c:**

w	weiblich
m	männlich
T	Tumor
N. vestibularis	Neuropathia vestibularis
M. Menière	Morbus Menière
li	links
re	rechts
bds.	beidseits
OP	Operation
Hz	Hertz
x	positive Antwort im Sinne eines VIN

Tabelle 3a: Frequenzabhängigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus bei Patienten mit  
Kleinhirnbrückenwinkeltumor

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	Frequenzen in Hz														
					40	45	50	55	60	65	70								
1	F.F.	w	1937	T li			x		x										
2	B.H.	m	1951	T li		x											x		
3	S.A.	w	1944	T re		x		x								x			
4	K.O.	m	1933	T re					x										
5	L.A.	w	1930	T bds.					x										
6	S.W.	m	1955	T re		x		x								x			
7	C.A.	w	1923	T li			x												
8	M.J.	m	1929	T bds.					x										
9	S.S.	m	1962	T bds., li OP, re bestrahit	x												x		
10	L.K.	m	1948	T re			x							x					
11	B.M.	w	1922	T re			x												
12	H.T.	w	1944	T re										x					
13	H.H.	w	1926	T re										x					
14	H.F.	m	1927	T li			x							x					
15	F.A.	w	1950	T li			x							x					
16	R.G.	m	1924	T li	x									x					
17	A.W.	m	1933	T re										x					
18	G.H.	m	1951	T li			x							x					
19	L.A.	w	1933	T li										x			x		
20	F.K.	w	1941	T re	x		x							x			x		

Tabelle 3b: Frequenzabhängigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus bei Patienten mit Neuropathia vestibularis

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	Frequenzen in Hz											
					40	45	50	55	60	65	70					
1	E.W.	m	1950	Neuropathia vest. re		x	x	x	x	x						
2	S.J.	w	1969	Neuropathia vest. li	x		x	x								
3	F.M.	w	1960	Neuropathia vest. li		x										
4	B.A.	w	1954	Neuropathia vest. li	x	x	x	x	x	x	x					
5	R.F.	m	1935	Neuropathia vest. li	x	x	x	x	x	x	x					
6	S.M.	w	1954	Neuropathia vest. li												
7	Y.A.	m	1949	Neuropathia vest. re			x	x	x	x	x					
8	T.H.	m	1936	Neuropathia vest. re												
9	B.E.	w	1936	Neuropathia vest. re												
10	K.N.	w	1948	Neuropathia vest. li												
11	K.W.	m	1941	Neuropathia vest. li		x	x	x	x	x	x					
12	S.W.	m	1941	Neuropathia vest. li												
13	Z.J.	m	1945	Neuropathia vest. li			x	x	x	x	x					
14	H.W.	m	1932	Neuropathia vest. li		x	x	x	x	x	x					
15	R.G.	m	1922	Neuropathia vest. re												
16	U.D.	m	1954	Neuropathia vest. re			x	x								
17	P.T.	w	1937	Neuropathia vest. re												
18	H.W.	w	1932	Neuropathia vest. bds.			x	x	x	x	x					
19	H.H.	m	1933	Neuropathia vest. re												
20	G.W.	w	1970	Neuropathia vest. li												
21	A.F.	m	1946	Neuropathia vest. li		x										
22	M.M.	m	1956	Neuropathia vest. re	x		x	x	x	x	x					

Tabelle 3c: Frequenzabhängigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus bei Patienten mit Morbus Menière

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	Frequenzen in Hz												
					40	45	50	55	60	65	70						
1	M.K.	m	1952	M. Menière, Tumarkin li						x							
2	A.M.	w	1929	M. Menière re							x						
3	H.M.	w	1921	M. Menière, Tumarkin li					x							x	
4	V.J.	m	1947	M. Menière li					x								
5	H.E.	w	1934	M. Menière re					x								
6	D.A.	m	1963	M. Menière li					x								
7	W.G.	m	1952	M. Menière re										x		x	
8	J.J.	w	1936	M. Menière re										x		x	
9	L.M.	m	1973	M. Menière li										x			
10	R.A.	w	1963	M. Menière li												x	
11	Z.H.	m	1949	M. Menière re										x			
12	S.M.	w	1937	M. Menière re													
13	S.S.	w	1944	M. Menière re												x	
14	N.W.	w	1938	M. Menière re										x		x	
15	A.W.	m	1937	M. Menière li													
16	H.I.	w	1955	M. Menière li													
17	S.O.	m	1948	M. Menière re										x		x	
18	H.E.	m	1950	M. Menière re										x			

Tabelle 4: **Legende für Tabellen 5a-c**

m	männlich
w	weiblich
T	Tumor
bds.	beidseits
OP	Operation
vest.	vestibularis
M. Menière	Morbus Menière
therm.	thermisch
vibr.	vibratorisch
li	links
re	rechts
0	negative Antwort
1	positive Antwort

Tabelle 5a: Übereinstimmung der thermisch stärker erregbaren Seite mit der vibratorisch stärker erregbaren Seite bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	Thermisch stärker erregbare Seite		Vibratorisch stärker erregbare Seite		Übereinstimmung der stärker erregten Seiten
					Therm. li	Therm. re	Vibr. li	Vibr. re	
1	F.F.	w	1937	T li	0	1	0	1	ja
2	B.H.	m	1951	T li	0	1	0	1	ja
3	S.A.	w	1944	T re	1	0	1	1	nein
4	K.O.	m	1933	T re	1	0	1	0	ja
5	L.A.	w	1930	T bds.	1	0	1	0	ja
6	S.W.	m	1955	T re	1	0	1	0	ja
7	C.A.	w	1923	T li	0	1	1	1	nein
8	M.J.	m	1929	T bds.	1	0	1	0	ja
9	S.S.	m	1962	T bds., li OP., re bestrahlt	0	1	0	1	ja
10	L.K.	m	1948	T re	1	0	1	0	ja
11	B.M.	w	1922	T re	1	0	0	1	nein
12	H.T.	w	1944	T re	1	0	1	0	ja
13	H.H.	w	1926	T re	1	0	1	1	nein
14	H.F.	m	1927	T li	1	1	0	1	nein
15	F.A.	w	1950	T li	0	1	0	1	ja
16	R.G.	m	1924	T li	0	1	0	1	ja
17	A.W.	m	1933	T re	1	0	1	0	ja
18	G.H.	m	1951	T li	1	1	0	1	nein
19	L.A.	w	1933	T li	0	1	1	1	nein
20	F.K.	w	1941	T re	1	0	1	0	ja

Tabelle 5b: Übereinstimmung der thermisch stärker erregbaren Seite mit der vibratorisch stärker erregbaren Seite  
bei Patienten mit Neuropathia vestibularis

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	Thermisch stärker erregbare Seite		Vibratorisch stärker erregbare Seite		Übereinstimmung der stärker erregten Seiten
					Therm. li	Therm. re	Vibr. li	Vibr. re	
1	E.W.	m	1950	Neuropathia vest. re	1	0	1	0	ja
2	S.J.	w	1969	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
3	F.M.	w	1960	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
4	B.A.	w	1954	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
5	R.F.	m	1935	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
6	S.M.	w	1954	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
7	Y.A.	m	1949	Neuropathia vest. re	1	0	1	0	ja
8	T.H.	m	1936	Neuropathia vest. re	1	0	1	0	ja
9	B.E.	w	1936	Neuropathia vest. re	1	0	1	1	nein
10	K.N.	w	1948	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
11	K.W.	m	1941	Neuropathia vest. li	0	1	1	1	nein
12	S.W.	m	1941	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
13	Z.J.	m	1945	Neuropathia vest. li	1	0	0	1	nein
14	H.W.	m	1932	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
15	R.G.	m	1922	Neuropathia vest. re	1	0	1	1	nein
16	U.D.	m	1954	Neuropathia vest. re	1	0	1	0	ja
17	P.T.	w	1937	Neuropathia vest. re	1	0	1	0	ja
18	H.W.	w	1932	Neuropathia vest. bds.	1	0	1	0	ja
19	H.H.	m	1933	Neuropathia vest. re	1	0	1	0	ja
20	G.W.	w	1970	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
21	A.F.	m	1946	Neuropathia vest. li	0	1	0	1	ja
22	M.M.	m	1956	Neuropathia vest. re	1	0	0	1	nein

Tabelle 5c: Übereinstimmung der thermisch stärker erregbaren Seite mit der vibratorisch stärker erregbaren Seite bei Patienten mit Morbus Menière

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	Thermisch stärker erregbare Seite		Vibratorisch stärker erregbare Seite		Übereinstimmung der stärker erregten Seiten
					Therm. li	Therm. re	Vibr. li	Vibr. re	
1	M.K.	m	1952	M. Menière, Tumarkin li	1	1	1	0	nein
2	A.M.	w	1929	M. Menière re	1	0	1	0	ja
3	H.M.	w	1921	M. Menière, Tumarkin li	0	1	0	1	ja
4	V.J.	m	1947	M. Menière li	0	1	1	0	nein
5	H.E.	w	1934	M. Menière re	1	0	1	0	ja
6	D.A.	m	1963	M. Menière li	1	1	0	1	nein
7	W.G.	m	1952	M. Menière re	1	0	1	0	ja
8	J.J.	w	1936	M. Menière re	1	0	1	1	nein
9	L.M.	m	1973	M. Menière li	1	0	1	0	ja
10	R.A.	w	1963	M. Menière li	1	0	1	0	ja
11	Z.H.	m	1949	M. Menière re	0	1	0	1	ja
12	S.M.	w	1937	M. Menière re	1	0	1	0	ja
13	S.S.	w	1944	M. Menière re	1	0	1	0	ja
14	N.W.	w	1938	M. Menière re	1	0	1	0	ja
15	A.W.	m	1937	M. Menière li	0	1	0	1	ja
16	H.I.	w	1955	M. Menière li	0	1	1	1	nein
17	S.O.	m	1948	M. Menière re	1	0	1	1	nein
18	H.E.	m	1950	M. Menière re	1	0	0	1	nein

### **3.3. Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)**

#### **3.3.1. Kontrollgruppe**

Bei allen Probanden der Kontrollgruppe (n=10) waren seitengleiche Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale ableitbar (Abb. 17).

#### **3.3.2. Patienten**

Bei einem Drittel der Patienten waren beidseits seitengleiche Potentiale ableitbar.

Bei mehr als der Hälfte waren entweder einseitig keine Potentiale (Abb. 18) auslösbar oder mit einer über 50% kleineren Amplitude als auf der Gegenseite.

Bei 6 Patienten waren beidseits keine Potentiale ableitbar (Tab. 6).

**Tabelle 6: Ergebnis der VEMP**

<b>Anzahl der Patienten n=60</b>	<b>Ergebnis der VEMP</b>
21	beidseits seitengleiche Potentiale
27	einseitiges Fehlen der Potentiale
6	einseitig auslösbare Potentiale mit Amplitudenverlust > 50%
6	beidseits keine Potentiale auslösbar

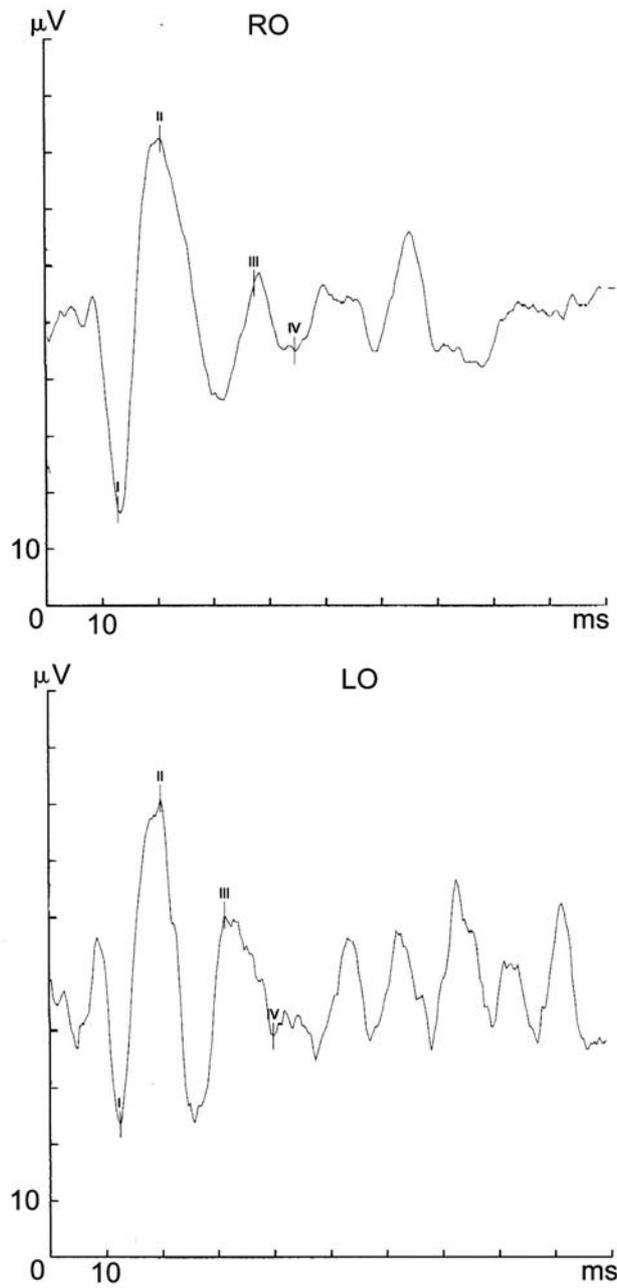


Abb. 17: Originalregistrierung seitengleich ableitbarer VEMP.  
 $\mu V$ : Mikrovolt, ms: Millisekunde, RO: Rechtes Ohr, LO: Linkes Ohr.  
I-II: myogene Potentiale, III-IV: cochleäre Potentiale.

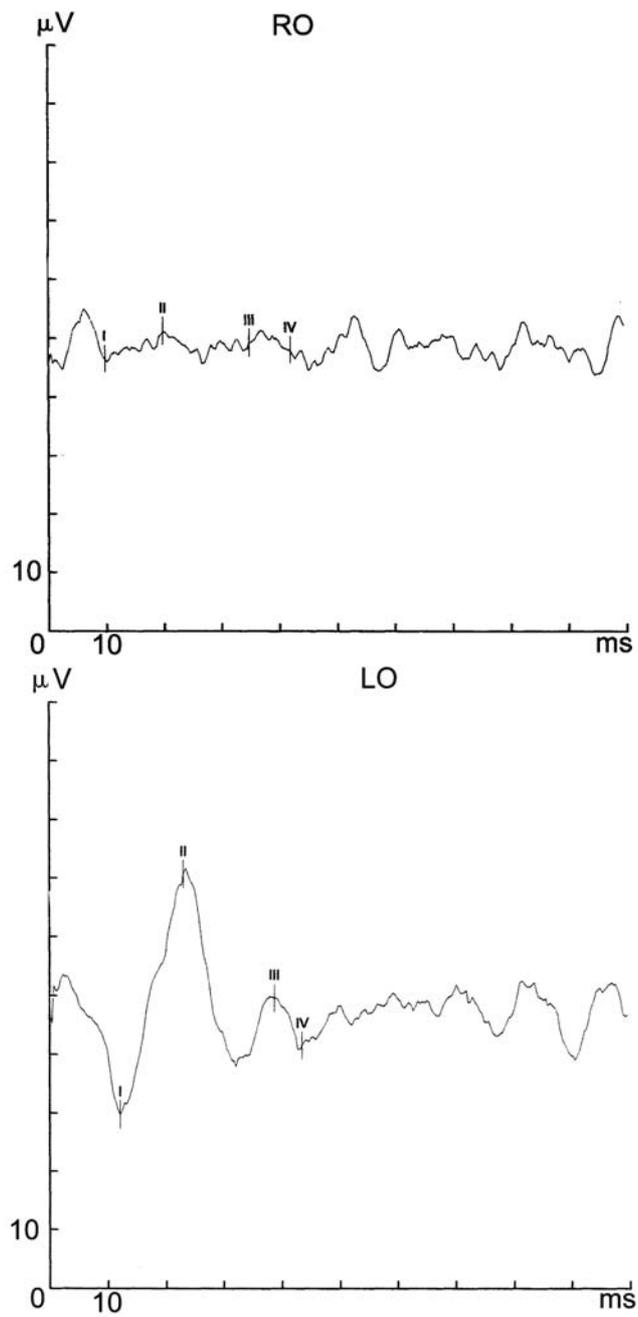


Abb. 18: Originalregistrierung der VEMP, rechts keine Potentiale ableitbar, links normale Potentiale ableitbar, bei einem Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor der rechten Seite. Abkürzungen siehe Abb. 17.

### **3.4. Vergleich von vibrationsinduziertem Nystagmus mit thermischer Prüfung und mit Vestibulär Evozierten Myogenen Potentialen**

#### **3.4.1. Kontrollgruppe**

Die an den 10 Versuchspersonen erhobenen Daten zeigten mit ihren Normalbefunden eine komplette Übereinstimmung (Abb. 12a + b, 13, 17; s. S. 27 ff. und S. 45 ff). Alle zeigten eine seitengleiche thermische Erregbarkeit auf, alle wiesen seitengleiche VEMP auf, bei keinem ließ sich ein VIN auslösen.

#### **3.4.2. Patienten**

Vergleicht man zunächst einmal die Ergebnisse der thermischen Prüfung mit den Ergebnissen der Vibrationsstimulation (Tab. 8a-c; s. S. 54-56) ergibt sich eine Übereinstimmung von 93,3% (84%-98,2%).

Bei 4 Fällen bestand eine seitengleiche thermische Erregbarkeit, dennoch aber ein VIN. Unter diesen 4 Fällen waren 2 Patienten, die einen Tumor im Kleinhirnbrückenwinkel, höchstwahrscheinlich ein Vestibularisschwannom, hatten, der durch MRT (Magnetresonanztomographie) festgestellt worden war. Die thermische Prüfung mit 44°C Wasser ergab bei beiden keine pathologische Seitendifferenz, jedoch ließen sich durch Vibrationsreizung Nystagmen zur gesunden Seite hin hervorrufen. Die VEMP waren bei diesen beiden Patienten auf beiden Seiten auslösbar. Da die Kalorik in den beiden hier dargestellten Fällen mit Kleinhirnbrückenwinkeltumoren eindeutig keine Information zur Seitenlokalisation lieferte, muß von einer höheren Übereinstimmung als von 96,7% (88,5%-99,6%) ausgegangen werden.

Die beiden anderen Patienten, bei denen die thermische Prüfung ebenfalls keine Seitendifferenz anzeigte, jedoch ein VIN bestand, litten an einem Morbus

Menière. Der VIN schlug bei einem dieser Fälle zur Seite der Irritation hin, in beiden Fällen waren die VEMP gleichseitig ableitbar.

In allen anderen Fällen lag eine Übereinstimmung von thermischer Prüfung mit dem VIN vor, die Richtung des VIN entsprach der thermisch stärker erregbaren Seite.

Bei 24 Patienten entsprachen sich die Befunde in allen 3 Prüfungen.

Trotz seitengleicher Sacculuspotentiale konnte ein VIN und somit die erkrankte Seite nachgewiesen werden (Tab. 8a-c; s. S. 54-56).

In 4 Fällen entsprach der Ausfall der VEMP nicht dem Ergebnis der thermischen Prüfung und der Vibrationsreizung. Das heißt, die Funktionseinbuße des Sacculus (Abb. 19a) befand sich auf der anderen Seite, nicht auf der Seite der thermischen Untererregbarkeit (Abb. 19b + c).

Die Übereinstimmung sowohl der thermischen Prüfung als auch der Vibrationsreizung mit den VEMP, die selektiv die Sacculusfunktion prüfen, war mit 40% (27,6%-53,5%) deutlich geringer (Tab. 8a-c).

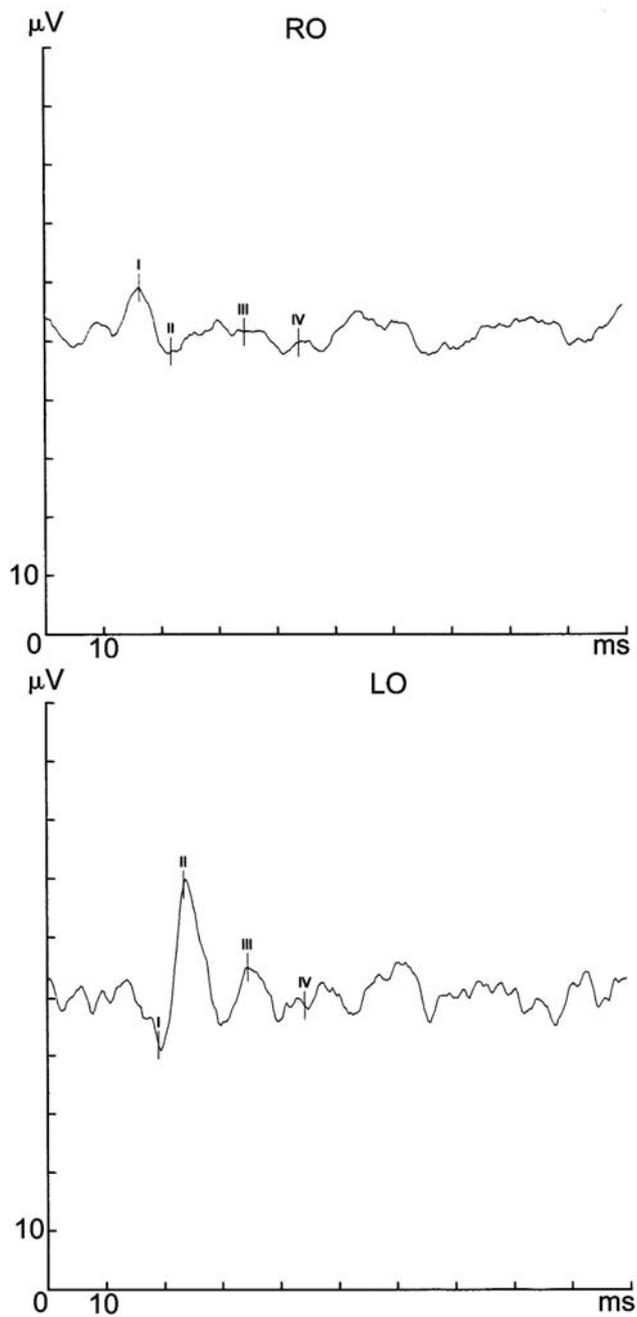


Abb. 19a: Originalregistrierung eines Sacculuspotentials der linken Seite (Patientin F. M.), bei thermischer Reizung Untererregbarkeit links. (vgl. Abb.19b+c).

Abkürzungen siehe Abb. 17.

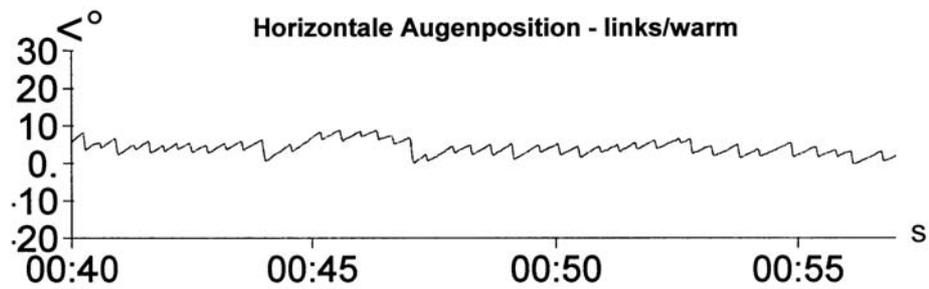
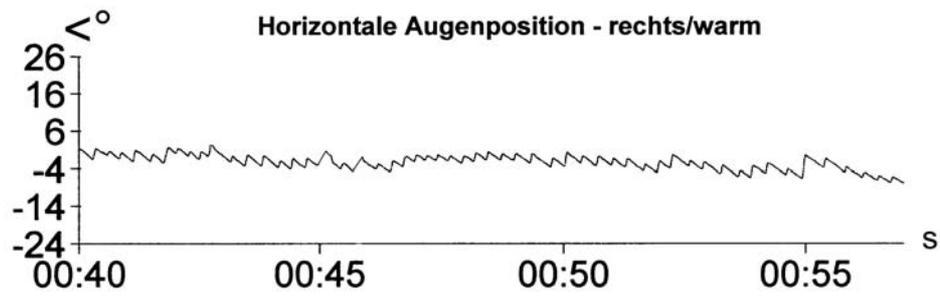


Abb. 19b: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser bei Untererregbarkeit links.

Abkürzungen siehe Abb. 12a.

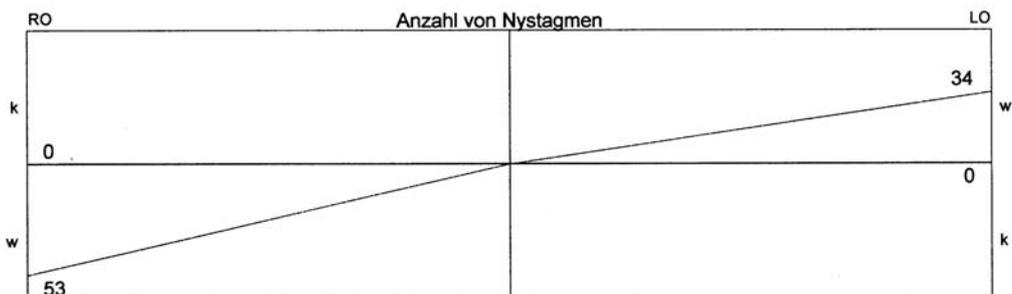
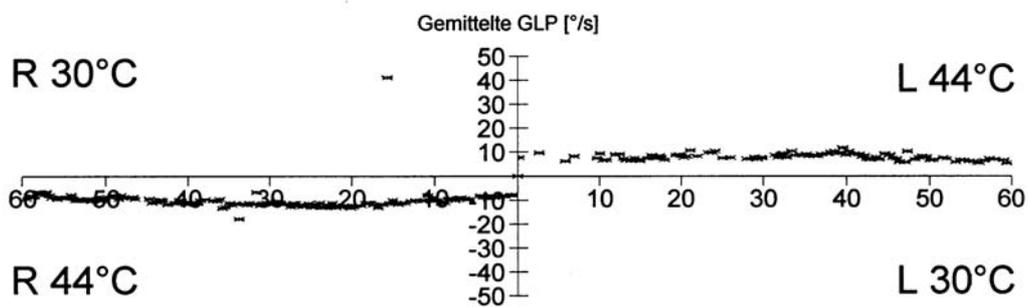


Abb. 19c: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, gemittelte GLP (der Kulmination) bei Untererregbarkeit links. Abkürzungen siehe Abb. 12b.

Tabelle 7: **Legende für Tabellen 8a-c**

m	männlich
w	weiblich
T	Tumor
vest.	vestibularis
M. Menière	Morbus Menière
VOG	Videookulographie
Kalorik-VIN	Korrelation zwischen Kalorik und VIN
Kalorik-VEMP	Korrelation zwischen Kalorik und VEMP
VEMP-VIN	Korrelation zwischen VEMP und VIN
re	rechts
li	links
bds.	beidseits
komp.	kompensiert
Komp.	Kompensation
begr.	begriffen
SPN	Spontannystagmus
UF	Unterfunktion
Resterreg.	Resterregbarkeit
Seitendiff.	Seitendifferenz
Asym.	Asymmetrie
n.	nicht
vollst.	vollständig
hochgr.	hochgradig
ingeschr.	eingeschränkt
beurteilb.	beurteilbar
ausgegl.	ausgeglichen

ger.	gering
periph.-vest.	peripher-vestibulär
zentr. n. ausgegl.	zentral nicht ausgeglichen
d. horiz.	der horizontalen
Unerreg.	Unerregbarkeit
Untererreg.	Untererregbarkeit
k. path.	keine pathologische
sp	spontan
+	Sacculuspotential ableitbar
-	Sacculuspotential nicht ableitbar
(+)	Sacculuspotential mit mindestens 50 % geringerer Amplitude ableitbar
0	keine Korrelation
1	Korrelation Kalorik-VIN
2	Korrelation Kalorik-VEMP
3	Korrelation VEMP-VIN

Tabelle 8a: Ergebnisse der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	VOG-Befund	Kalorik	VEMP	VIN	Kalorik-VIN	Kalorik-VEMP	VEMP-VIN
1	F.F.	w	1937	T li	Ausfall li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
2	B.H.	m	1951	T li	in Komp. begr. UF li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
3	S.A.	w	1944	T re	Komp. Ausfall d. re Vest.	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
4	K.O.	m	1933	T re	n. vollst. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
5	L.A.	w	1930	T bds.	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
6	S.W.	m	1955	T re	hochgr. UF re n. vollst. komp.	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
7	C.A.	w	1923	T li	n. komp. Ausfall li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
8	M.J.	m	1929	T bds.	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li-	li	1	0	0
9	S.S.	m	1962	T bds., II OP, re bestrahlt	bds. hochgr. eingeschr. Seitendiff., n. beurteilb.	bds. Unerreg. mit Resterregbarkeit re	re- li-	re	1	0	0
10	L.K.	m	1948	T re	hochgr. UF re	Unerreg. re	re+ li+	li	1	0	0
11	B.M.	w	1922	T re	Ausfall re zentr. n. ausgegl.	Unerreg. re	re- li(+)	li	1	2	3
12	H.T.	w	1944	T re	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
13	H.H.	w	1926	T re	Ausfall re, in Komp. begr.	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
14	H.F.	m	1927	T li	im Normb.	keine Seitendifferenz	re+ li+	re	0	2	0
15	F.A.	w	1950	T li	n. komp. Ausfall li	Unerreg. li	re+ li+	re	1	0	0
16	R.G.	m	1924	T li	hochgr. UF li n. komp.	hochgr. Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
17	A.W.	m	1933	T re	UF re zentral n. komp.	Unerreg. re	re+ li+	li	1	0	0
18	G.H.	m	1951	T li	kein sicherer Hinweis auf Störung d. horiz. Bogengänge	k. path. Seitendifferenz	re+ li+	re	0	2	0
19	L.A.	w	1933	T li	in Komp. begr. Ausfall li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
20	F.K.	w	1941	T re	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li+	re sp, li	1	2	3

Tabelle 8b: Ergebnisse der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN bei Patienten mit Neuropathia vestibularis

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	VOG-Befund	Kalorik	VEMP	VIN	Kalorik-VIN	Kalorik-VEMP	VEMP-VIN
1	E.W.	m	1950	Neuropathia vest. re	hochgr. UF re n. komp.	Unerreg. re	re(+) li+	li	1	0	0
2	S.J.	w	1969	Neuropathia vest. li	n. komp. UF li	Unerreg. li	re + li+	re	1	0	0
3	F.M.	w	1960	Neuropathia vest. li	n. komp. UF li	Unerreg. li	re- li+	re	1	0	0
4	B.A.	w	1954	Neuropathia vest. li	n. komp. Funktionsausfall li	Unerreg. li	re+ li+	re	1	0	0
5	R.F.	m	1935	Neuropathia vest. li	n. komp. Ausfall li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
6	S.M.	w	1954	Neuropathia vest. li	hochgr. n. komp. UF li.	hochgr. Untererreg. li	re+ li+	re	1	0	0
7	Y.A.	m	1949	Neuropathia vest. re	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re(+) li+	li	1	0	0
8	T.H.	m	1936	Neuropathia vest. re	n. komp. UF re	Unerreg. re	re+ li+	li	1	0	0
9	B.E.	w	1936	Neuropathia vest. re	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
10	K.N.	w	1948	Neuropathia vest. li	in Komp. begr. UF li	Unterreg. li	re(+) li+	re	1	0	0
11	K.W.	m	1941	Neuropathia vest. li	n. komp. Ausfall linker Bogengang	Unerreg. li	re- li+	re	1	0	0
12	S.W.	m	1941	Neuropathia vest. li	UF li n. komp.	Unterreg. li	re+ li+	re	1	0	0
13	Z.J.	m	1945	Neuropathia vest. li	bis auf SPN n. re noch im Normbereich	k. path. Seitendifferenz, geringe Untererreg. li	re+ li+	re	1	0	0
14	H.W.	m	1932	Neuropathia vest. li	n. komp. Ausfall li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
15	R.G.	m	1922	Neuropathia vest. re	Ausfall re	Unerreg. re	re+ li-	li	1	0	0
16	U.D.	m	1954	Neuropathia vest. re	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li-	li	1	0	0
17	P.T.	w	1937	Neuropathia vest. re	n. komp. Ausfall re	Unerreg. re	re- li-	li	1	0	0
18	H.W.	w	1932	Neuropathia vest. bds.	Ausfall re + li	bds. hochgr. Funktionseinschränkung d. horiz. Bogengänge mit Resterreg. li	re+ li+	li	1	0	0
19	H.H.	m	1933	Neuropathia vest. re	n. komp. Ausfall re	Unterreg. re	re- li+	li	1	2	3
20	G.W.	w	1970	Neuropathia vest. li	n. komp. UF li	Unterreg. li	re+ li+	re	1	0	0
21	A.F.	m	1946	Neuropathia vest. li	n. komp. Ausfall li	Unerreg. li	re- li-	re	1	0	0
22	M.M.	m	1956	Neuropathia vest. re	n. komp. UF re	Unterreg. re	re+ li(+)	li	1	0	0

Tabelle 8c: Ergebnisse der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN bei Patienten mit Morbus Menière

Anzahl	Patient	Geschlecht	Geburtsjahr	Diagnose	VOG-Befund	Kalorik	VEMP	VIN	Kalorik-VIN	Kalorik-VEMP	VEMP-VIN
1	M.K.	m	1952	M. Menière, Tumarkin li	Irritation li	k. path. Seitendifferenz	re+ li+	li	0	2	0
2	A.M.	w	1929	M. Menière re	in Komp. begr. UF re	Unterreg. re	re- li+	li	1	2	3
3	H.M.	w	1921	M. Menière, Tumarkin li	n. vollst. komp. UF li	Unterreg. li	re+ li-	re	1	2	3
4	V.J.	m	1947	M. Menière li	hochgr. UF li	Unterreg. li	re+ li+	re	1	0	0
5	H.E.	w	1934	M. Menière re	komp. UF re.	Unterreg. re	re+ li+	li	1	0	0
6	D.A.	m	1963	M. Menière li	k. Anhalt auf periph.-vest. Störung, aber zentrale Asym., die zu UF li führt	k. path. Seitendifferenz	re+ li+	re	0	2	0
7	W.G.	m	1952	M. Menière re	komp. UF re.	Unterreg. re	re- li+	li	1	2	3
8	J.J.	w	1936	M. Menière re	hochgr. UF re.	Unterreg. re	re- li+	li	1	2	3
9	L.M.	m	1973	M. Menière li	ger. UF re n.komp.	ger. Unterreg.re	re+ li+	li	1	0	0
10	R.A.	w	1963	M. Menière li	n. komp. UF re/Irritation li	Unterreg. re	re+ li+	re sp.li	1	0	0
11	Z.H.	m	1949	M. Menière re	Irritation re	Unterreg. li	re+ li+	re	1	0	0
12	S.M.	w	1937	M. Menière re	n. komp. UF re	Unerreg. re	re- li+	li	1	2	3
13	S.S.	w	1944	M. Menière re	komp. UF re.	Unterreg. re	re- li-	li	1	0	0
14	N.W.	w	1938	M. Menière re	n. komp. UF re	Unterreg. re	re+ li+	re sp.li	1	0	0
15	A.W.	m	1937	M. Menière li	weitgehend komp. UF li	Unterreg. li	re+ li-	re	1	2	3
16	H.I.	w	1955	M. Menière li	n. komp. Ausfall li	Unerreg. li	re+ li-	re	1	2	3
17	S.O.	m	1948	M. Menière re	ger. UF re n. komp.	ger. Unterreg. re.	re+ li-	li	1	0	0
18	H.E.	m	1950	M. Menière re	n. komp. UF re	Unterreg. re	re(+)+ li+	li	1	0	0

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Ursache des vibrationsinduzierten Nystagmus

Mit der Erstbeschreibung eines VIN durch Lücke 1973 wurde bereits eine Verbindung zur Funktion des peripheren Vestibularapparates hergestellt. Auch in einer späteren Arbeit von Hamann und Schuster wurde auf einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines VIN und der peripher-vestibulären Funktion geschlossen. Allerdings konnte keine Erklärung über den eigentlichen Entstehungsmechanismus gegeben werden. Da in den letzten Jahren neuere Methoden entwickelt worden sind, einzelne Teilorgane des Vestibularapparates seitengetreunt zu untersuchen, sind wir der Frage nachgegangen, ob der VIN eher mit der Funktion des horizontalen Bogenganges oder der des Sacculus korreliert.

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß eine hohe Korrelation zwischen dem Auftreten eines VIN und dem Ergebnis der thermischen Prüfung, also der Reizung des horizontalen Bogenganges besteht. Dagegen stimmt in deutlich weniger Fällen das Ergebnis der Vibrationsreizung mit dem des Sacculustests überein. Auf Grund dieser Daten läßt sich folgern, daß der Nachweis eines VIN auf eine Seitendifferenz der Funktion des horizontalen Bogenganges hinweist, wobei die funktionell stärkere Seite durch die Schlagrichtung des VIN angezeigt wird.

Die Möglichkeit, daß auch die beiden anderen Bogengänge an der Generierung des VIN beteiligt sind, ließ sich mit den uns zur Verfügung stehenden Methoden nicht ausschließen. Die Schlagrichtung des VIN war immer überwiegend horizontal. In Ausnahmefällen fanden sich auch vertikale Komponenten, allerdings mit deutlich geringerer Amplitude. Ob auch

torsionale Anteile beim VIN bestehen, kann hier nicht entschieden werden, da nur Registrierungen in vertikaler und horizontaler Richtung erfolgten.

A priori ist nicht auszuschließen, daß durch die Vibrationsreize auch eine Erregung der utriculären Rezeptoren stattfindet, die sich an einer Generierung des VIN mitbeteiligen könnte. Diese Fragestellung könnte durch Utriculusreizung mit Registrierung der okulären Gegenrollung bearbeitet werden, ist jedoch gegenwärtig Thema einer anderen Studie.

Die Möglichkeit der Sacculusbeteiligung ist für den Einzelfall nicht auszuschließen, ist jedoch auf Grund der Tatsache, daß in 24 Fällen von 60 Fällen die Sacculusfunktion bei nachgewiesenem VIN besteht, sehr unwahrscheinlich. Auf Grund der vorliegenden Daten kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Generierung des VIN durch Reizung der horizontalen Bogengänge verursacht wird.

Dagegen spricht nicht, daß in Einzelfällen bei thermischer seitengleicher Erregbarkeit ein VIN auslösbar ist. Vielmehr kann daraus der Schluß gezogen werden, daß die Methode der Vibrationsreizung empfindlicher ist als die der thermischen Prüfung. In 2 Fällen mit existentem Kleinhirnbrückenwinkeltumor ist keine Seitendifferenz in der thermischen Prüfung beobachtet worden. Dieses Ergebnis zeigt an, daß noch eine Resterregbarkeit auf der dem Tumor entgegengesetzten Seite vorhanden war, die aber mit der thermischen Prüfung nicht erkannt werden konnte. Immerhin hatten alle Tumore einen Durchmesser von mehr als 12 mm.

In einem anderen Fall handelte es sich um einen Morbus Menière, bei dem vorrangig der Otolithenapparat betroffen war (Tumarkin). Der Patient befand sich in der Irritationsphase, was sich in erhöhten Sacculuspotentialen sowie einem zur erkrankten Seite hin ausgelösten VIN ausdrückte.

Es ist bekannt, daß die thermische Prüfung eine hohe physiologische Schwankungsbreite besitzt. Mit der Methode des Thermoscannings konnte gezeigt werden, wie stark die Unterschiede der Thermokonvektion bei Gehörgangsspülung sind. Einige Faktoren wie Dicke der Gehörgangshaut, Dicke des Trommelfells und Pneumatisationsgrad des Mastoidknochens beeinflussen die Reizausbreitung (Nishizawa, 2002 ).

Eine andere Möglichkeit der Entstehung eines VIN ist, daß die Vibrationsreizung einen starken unspezifischen Weckreiz darstellt, der im Sinne einer „Arousal“ einen latenten Spontannystagmus aktiviert. Dagegen spricht aber, daß der vibrationsinduzierte Nystagmus immer reizsynchron auftritt, das heißt, daß er das Ende des Reizes nicht überdauert, was bei einer Weckreaktion der Fall sein müßte. Daher ist es am wahrscheinlichsten, daß der VIN einen seitendifferenten Erregungszustand der horizontalen Bogengänge widerspiegelt.

#### **4.2. Der vibrationsinduzierte Nystagmus bei verschiedenen Krankheitsbildern**

Für die vorliegende Studie wurden ausschließlich Patienten berücksichtigt, die eindeutige Diagnosen aufwiesen. Es handelte sich um Tumore im Kleinhirnbrückenwinkel, nach ihrer Form im MRT kontrolliert, höchstwahrscheinlich um Vestibularisschwannome.

Die Neuropathia vestibularis ließ sich durch einen meist vorhandenen SPN sowie die thermische Untererregbarkeit und die typische Anamnese diagnostizieren.

Bei den Patienten mit der Diagnose eines Morbus Menière handelte es sich nach den Kriterien der American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery (AAO-HNS, 1995) um einen gesicherten Morbus Menière.

Da das Vestibularisschwannom gekennzeichnet ist durch eine Faserschädigung am Vestibularnerven, und zwar entweder an seinem inferioren oder superioren Ast, ist eine einseitige Beeinträchtigung der entsprechenden Rezeptorfunktion zu erwarten. Bei allen Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumoren ließ sich die Tumorseite an Hand des VIN lokalisieren. Hier erweist sich der Nachweis eines VIN als ein zuverlässiges Kriterium zum Aufspüren eines Kleinhirnbrückentumors. In 2 Fällen lieferte die thermische Prüfung seitengleiche Befunde und ergab keinen Hinweis auf das Vorliegen eines Tumors, der VIN wies aber bei allen auf eine Unterfunktion hin.

Die Neuritis vestibularis (Neuropathia vestibularis) ist durch eine einseitige peripher-vestibuläre Funktionseinschränkung gekennzeichnet. Erwartungsgemäß schlug der VIN in allen 22 Fällen zur funktionell stärkeren Seite hin. In einem Fall bestand eine beidseitige hochgradig eingeschränkte Funktion, auf einer Seite lag nur noch eine geringfügige Restfunktion vor. Auch in diesem Fall zeigte der VIN die funktionell noch stärkere Seite an. Damit erweist sich bei der Neuritis vestibularis die Auslösbarkeit eines VIN als zuverlässige Methode zur Feststellung einer peripher-vestibulären Seitendifferenz sowie zur Erkennung der Seite der stärkeren Funktion.

Ein Charakteristikum der Menièreschen Erkrankung ist neben dem wechselhaften anfallartigen Verlauf der Symptomatik auch der wechselnde Erregungszustand der peripher-vestibulären Rezeptoren. In der Phase des Anfalls lassen sich Irritationszeichen nachweisen, bei längerem Verlauf der Erkrankung verbleiben Destruktionszeichen. Bei den hier dargestellten 18 Fällen von Morbus Menière überwogen bei weitem die Patienten mit Destruktionszeichen. Der thermisch nachgewiesenen Untererregbarkeit auf der kranken Seite entsprach auch das Ergebnis der Vibrationsprüfung, wobei der VIN meist zur funktionell stärkeren Seite hin schlug. In 4 Fällen schlug der VIN aber zur erkrankten Seite hin. Aber auch in 3 von diesen wenigen Fällen

zeigte die thermische Prüfung relative Übererregbarkeit der kranken Seite (Irritation) an. In Relation zum aktuellen Funktionszustand der Menièreschen Erkrankung wechselt, wie dies typisch ist, auch die peripher-vestibuläre Erregbarkeit. Dies spiegelt sich sowohl in der thermischen Prüfung wie in der Auslösung eines VIN wider, wobei sich dann aber beide Methoden in ihrem Ergebnis entsprechen.

Für andere peripher-vestibuläre Krankheitsbilder, die hier nicht untersucht worden sind, kann nicht sicher prognostiziert werden, ob es zum Auftreten eines VIN kommt oder nicht. Alle Krankheiten, bei denen eine einseitige Läsion mit Beteiligung des horizontalen Bogenganges besteht, müßten einen VIN aufweisen. Beim gutartigen Lagerungsschwindel, einer der häufigsten Krankheiten mit Schwindelbeschwerden überhaupt, besteht keine Seitendifferenz zwischen beiden Rezeptorenapparaten. Daher ist beim gutartigen Lagerungsschwindel nicht mit dem Auftreten eines VIN zu rechnen. Im eigenen Untersuchungsgut wurden keine Patienten mit zentral-vestibulären Läsionen berücksichtigt. In der Studie von Hamann und Schuster sind 40 Patienten mit einer zentral-vestibulären Erkrankung untersucht worden, von denen 5 einen VIN aufwiesen. Die Läsionen lagen bei diesen Patienten im Kleinhirn oder lateralen Hirnstamm. Es kann vermutet werden, daß in diesen Fällen Bahnen des horizontalen vestibulären Systems betroffen waren.

#### **4.3. Die diagnostische Wertigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus**

Die in dieser Studie erhobenen Daten lassen den Schluß zu, daß durch Vibrationsreize bei bestimmten vestibulären Erkrankungen Reaktionen ausgelöst werden, die dem Ergebnis der thermischen Prüfung entsprechen. Da die thermische Prüfung hauptsächlich, wahrscheinlich sogar ausschließlich den horizontalen Bogengang stimuliert, ist anzunehmen, daß die Vibrationsreizung

gleichfalls bevorzugt den horizontalen Bogengang aktiviert. Die eigenen Beobachtungen, gestützt auf Daten der VEMP, schließen eine Verursachung durch den Sacculus aus. Damit ist dem Untersuchenden eine Methode an die Hand gegeben, die, weitere Bestätigungen vorausgesetzt, die thermische Prüfung ersetzen kann. In den 4 Fällen, in denen ein Widerspruch zwischen dem Ergebnis der thermischen Prüfung und dem Nachweis eines VIN bestand, ließ sich in 2 Fällen eindeutig klären, daß der VIN die richtige Aussage erbracht hat. In den beiden anderen Fällen, beide mit einem Morbus Menière, bleibt die Frage offen. Trotz dieser 2 Abweichungen, deren Ursache nicht geklärt werden kann, halten wir die Auslösung eines VIN für ein eindeutiges Zeichen für eine Seitendifferenz in Höhe der horizontalen Bogengänge.

Der praktische Vorteil ist offensichtlich. Das für Patient wie Arzt lästige Spülen der Ohren entfällt. Auch wenn von manchen Patienten die Vibrationsreize als unangenehm empfunden werden, ziehen die meisten Patienten diesen Test einer thermischen Reizung vor. Es ist bekannt, daß einzelne Patienten auf die thermische Reizung mit heftiger Übelkeit, bis hin zum Erbrechen, reagieren. Diese Nebenerscheinungen treten bei Vibrationsreizungen nicht auf.

Eindeutig ist der Zeitgewinn, den man durch Anwendung der Vibrationsreize erzielt, denn für die Beurteilung einer Reizstufe reichen schon 10 Sek. aus. Lassen sich bei 2 Reizstufen eindeutige Nystagmen beobachten, kann der Test abgebrochen werden, da bei weiteren Reizstufen mit keinem anderen Ergebnis zu rechnen ist. Zusätzlich entfallen die bei mehreren thermischen Prüfungen notwendigen Intervalle zwischen den einzelnen Reizstimulationen. Ein Abwarten nach Ende der Stimulation erübrigt sich, da die Reizantwort reizsynchron ist, sie überdauert das Reizende nie.

Die Aussage des VIN ist immer wegen seiner Alternativfragestellung eindeutig, denn der Nachweis eines VIN bedeutet eine peripher-vestibuläre

Seitendifferenz im Bogengangssystem. Die Richtung des Nystagmus erlaubt schnell und eindeutig eine Aussage über die funktionell stärkere Seite.

Eine Abhängigkeit des VIN vom zentral-vestibulären System ist nicht bekannt. Vielmehr haben Untersuchungen an kompensierten Patienten mit einer noch bestehenden peripheren Seitendifferenz gezeigt, daß der VIN auslösbar war (Hamann und Schuster, 1999). Auch eigene Beobachtungen entsprechen dieser Feststellung. Bei 2 der Patienten mit Morbus Menière zeigten die okulomotorischen Untersuchungen an, daß eine zentrale Kompensation in Gang gesetzt war. Der VIN wies aber immer auf die Läsionsseite hin. Dies bedeutet auch, daß zentral-vestibuläre Zeichen, wie ein Richtungsüberwiegen des Nystagmus mit Hilfe der Vibrationsreizung, nicht erkannt werden können. Stehen keine anderen Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung, so müssen weiterhin Spülungen mit kaltem und warmem Wasser durchgeführt werden.

Zum Gesichtspunkt der Kosten lassen sich keine Aussagen treffen, da der hier benutzte Prototyp auf dem Markt noch nicht eingeführt worden ist.

Obwohl mit hoher Sicherheit dank der Vibrationsreizung ein Seitenunterschied in Höhe des Bogengangssystems aufgedeckt werden kann, darf nicht der Fehler begangen werden, allein auf Grund eines VIN eine Diagnose zu stellen. Die Diagnose einer vestibulären Erkrankung ergibt sich nur im Kontext von Anamnese, klinischem Inspektionsbefund und mehreren Vestibularisbefunden, denn eine einseitige Untererregbarkeit findet man auch beim Morbus Menière, beim Vestibularschwannom, Zoster Oticus und noch vielen anderen Erkrankungen.

Obwohl der hier verwendete Prototyp eines Vibrationsstimulators die Möglichkeit besitzt, 7 verschiedene Reizfrequenzen zu prüfen, ist es für die klinische Diagnostik ausreichend, wenn bereits bei 2 Reizstufen ein VIN

eindeutig nachweisbar ist. Die Handhabung des Vibrationsstimulators ist einfach und ohne aufwendige Einweisung möglich. Für die Untersuchung genügt es, mit dem Stimulator die Fläche über dem Planum mastoideum abzufahren.

Die Vibrationsreizung hat sich in der hier vorgelegten Untersuchung als sichere und aussagekräftige Methode erwiesen, eine funktionelle Seitendifferenz zwischen den beiden horizontalen Bogengängen aufzudecken.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Studie soll gezeigt werden, welcher Teil des Vestibularapparates bei Vibrationsreizung über das Mastoid stimuliert wird und einen VIN hervorruft.

Die Gruppe der zu untersuchenden 60 Patienten mit einer vestibulären Störung waren beiderlei Geschlechts und hatten ein Durchschnittsalter von 59 Jahren. Sie gliederte sich zu jeweils einem Drittel in eine Gruppe mit Tumoren im Kleinhirnbrückenwinkel, eine Gruppe mit Neuropathia vestibularis und in eine Gruppe mit Morbus Menière. Die Diagnosen wurden durch einen VOG-Befund sowie bei den Tumorpatienten zusätzlich durch ein MRT gesichert. Patienten mit zentral-vestibulären Läsionen wurden im Patientengut nicht berücksichtigt.

Um den Wirkungsort des VIN bestimmen zu können, wurden zwei etablierte Methoden verwendet, deren Rezeptororgane bekannt sind. Bei dem kalorischen Test ist es der horizontale Bogengang, bei den VEMP ist es der Sacculus. Bei jedem Patienten wurden zunächst die Erregbarkeit der horizontalen Bogengänge selektiv mit 44°C warmem Wasser getestet. Die beidseitige Sacculusfunktion ließ sich mit Hilfe der VEMP seitengetreunt prüfen. Anschließend erfolgte die Erfassung des VIN, ausgelöst durch dem Vibrationsstimulator „Provonyst“<sup>R</sup> jeweils am rechten und linken Mastoid mit niederen Frequenzen von 40 Hz bis 70 Hz (in 5Hz-Schritten). Die Ergebnisse des kalorischen Tests, die der VEMP und die des VIN, wurden mittels einer Software gespeichert und dokumentiert.

Die Ergebnisse zeigten, daß es eine hohe Korrelation zwischen der Kalorik und dem VIN gab. Dagegen gab es keine signifikante Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Kalorik bzw. des VIN und denen der VEMP.

Damit darf es als erwiesen gelten, daß die Vibrationsstimulation die Rezeptoren des horizontalen Bogengangs reizte und die Seite der thermisch besser erregbaren Seite anzeigte. Dies erfolgte zum einen mit einer Bestfrequenz von 60 Hz und überwiegend auf der Seite, die thermisch besser erregbar war. Eine Reizung der Rezeptoren des Sacculusorgans kann als Ursache für den VIN ausgeschlossen werden.

Der VIN ist eine spezifische Reaktion, da sie an die Dauer der Vibrationsreizung direkt gekoppelt ist. Die Möglichkeit, ob neben dem horizontalen Bogengang auch die beiden anderen Bogengänge an der Entstehung des VIN beteiligt sind, kann nicht ausgeschlossen werden. Die Schlagrichtung des in dieser Studie untersuchten VIN war überwiegend horizontal, nur in wenigen Fällen vertikal mit geringer Amplitude. Torsionale Anteile des VIN ließen sich aus registriertechnischen Gründen nicht erfassen.

Patienten mit einer kompensierten vestibulären Störung zeigten bei Stimulation des Mastoids mit Provonyst<sup>R</sup> einen VIN. Das heißt, daß die besser erregbare Seite des Vestibularapparates somit nachgewiesen wurde. Selbst bei Patienten mit seitengleicher Erregbarkeit bei thermischer Reizung konnte ein VIN nachgewiesen werden. Dies zeigt die höhere Empfindlichkeit der Vibrationsreizung gegenüber der thermischen Prüfung.

Die Methode des VIN ist von Vorteil, da sie nicht nur die Untersuchungsdauer erheblich reduziert, sondern auch dem Patienten gewisse Unannehmlichkeiten wie Übelkeit und starkes Wasserrauschen im Gehörgang erspart. Zum anderen treten bei der thermischen Prüfung Schwankungsbreiten auf, wie in einer Untersuchung durch Thermoscanning gezeigt werden konnte.

Die Auslösung des VIN hat sich als sichere Methode erwiesen, eine seitendifferente Erregbarkeit des horizontalen Bogengangs bei Patienten mit einer vestibulären Störung aufzuzeigen.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- 1.) AAO-HNS:  
Guidelines for the diagnosis and evaluation in Menière`s disease.  
Otolaryngol. Head Neck Surg. 113 (1995) 181-185.
- 2.) BÜTTNER, U., BÜTTNER-ENNEVER, J. A.:  
Schwindel- Physiologie und anatomische Grundlagen der  
gestörten Eigenbewegungswahrnehmungen.  
MMW 127 ( 1985 ) 1124 - 1144.
- 3.) CLARKE, A. H., SCHERER, H.:  
Videookulographie.  
In: "Vestibuläre Untersuchungsmethoden".  
Westhofen, M. (Hrsg.),  
PVV Science Publications, Ratingen, 2001, 43 - 51.
- 4.) COLEBATCH, J. G., HALMAGYI, G. M., SKUSE, N. F.:  
Myogenic potentials generated by a click evoked vestibulocollic  
reflex.  
Neurol. Neurosurg. Psychiatry 57 (1994 ) 190 - 197.
- 5.) DIAMOND, S. G., MARKHAM, C. H., SIMPSON, N. E., CURTHOYS, I. S.:  
Binocular counterrolling in humans during dynamic rotation.  
Acta Otolaryngol. 87 (1979) 490 - 498.
- 6.) DIERINGER, N.:  
"Vestibular compensation": Neural plasticity and its relations to  
functional recovery after labyrinthine lesions in frogs and other  
vertebrates.  
Progress in Neurobiology 46 (1995) 97-129.

- 7.) DOCUMENTA GEIGY:  
Wissenschaftliche Tabellen.  
Geigy Pharma, Basel, 1968, 7. Auflage, 90.
- 8.) HAMANN, K.-F., LANNOU, J.:  
Dynamic characteristics of vestibular nuclear neurons responses  
to vestibular and optokinetic stimulation during vestibular  
compensation in the rat.  
Acta otolaryngol. 445 (1988) 1-19.
- 9.) HAMANN, K.-F.:  
Frequenzabhängigkeit des Vibrationsnystagmus.  
HNO Informationen 4 (1995) 188-189.
- 10.) HAMANN, K.-F.:  
Differentialdiagnose zwischen Erkrankungen der Bogengänge  
und des Otolithenapparates.  
In: "Differentialdiagnose Schwindel".  
Stoll, W. (Hrsg.),  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1998, 49-55.
- 11.) HAMANN, K.-F., ARNOLD, W.:  
Menière's Disease.  
Adv Otorhinolaryngol. 55 ( 1998 ) 169 - 194.
- 12.) HAMANN, K.-F., REBER, A., HESS, B.J.M., DIERINGER, N.:  
Long-term deficits in otolith, canals and optokinetic ocular  
reflexes of pigmented rats after vestibular nervsection.  
Exp. brainres. 118 (1998) 331-340.
- 13.) HAMANN, K.-F., SCHUSTER, E.-M.:  
Vibration induced nystagmus: a sign of a unilateral vestibular  
deficit.  
ORL 61 (1999) 74 - 79.

14.) HAMANN, K.-F.:

Optokinetische Prüfungen.  
In: "Vestibuläre Untersuchungsmethoden".  
Westhofen, M.(Hrsg.),  
PVV Science Publications,  
Ratingen, 2001, 100 - 103.

15.) HAMANN, K.-F., ULM, T., HUNOLD, A., PINSKER, K.:

Vestibulär ausgelöste Muskelpotentiale bei sogenannten  
Akustikusneurinomen.  
HNO Informationen 2 (2002) 125.

16.) HAMANN, K.-F., PINSKER, K.:

Pathophysiologische Grundlagen vestibulärer  
Schwindelerscheinungen.  
In: "Das neurootologische Gutachten".  
Stoll, W. (Hrsg.),  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 2002,  
4. Hennig-Symposium, 113-118.

17.) KLINKE, R.:

Gleichgewichtssinn, Hören, Sprechen.  
In: "Physiologie des Menschen".  
Schmidt, R., F., Thews, G., ( Hrsg. )  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1993,  
25. Auflage, 291 - 328.

18.) KORNHUBER, H. H.:

Blickmotorik.  
In: Gauer, O. H., Kramer, K., Jung, R. (Hrsg.):  
Sehen, Sinnesphysiologie III,  
Physiologie des Menschen, Bd. 13.  
Urban & Schwarzenberg,  
München - Wien - Baltimore, 1978, 357 - 426.

19.) LÜCKE, K.:

Eine Methode zur Provokation eines pathologischen Nystagmus durch Vibrationsreize von 100 Hz.  
Z. Laryngol. Rhinol. 52 (1973), 716-720.

20.) MUROFUSHI, T., CURTHOYS, I. S.:

Physiological and Anatomical Study of Click-Sensitive Primary Vestibular Afferents in the Guinea Pig.  
Acta Otolaryngol. 117 ( 1997 ) 66 - 72.

21.) NISHIZAWA, S.:

Observations on Conduction of Caloric Stimulation to the Middle Ear Cavity by Thermoscanning.  
The Laryngoscope 112 ( 2002 ) 504 - 508.

22.) ROMBERG, M. K. :

Lehrbuch der Nervenheilkunde des Menschen  
A. Dunker, Berlin 1846.

23.) SCHERER, H.:

Das Gleichgewicht I,  
Praktische Gleichgewichtsdagnostik.  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo  
1984 a, S. 1  
1984 b, S. 97 - 109  
1984 c, S. 23 - 24  
1984 d, S. 132.

24.) SCHERER, H.:

Registrierung von Augenbewegungen.  
In: " Das Gleichgewicht".  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1997,  
2. Auflage, 110 - 152.

25.) UNTERBERGER, S.:

Neue objektiv registrierbare Vestibularis-Körperdrehaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle.

Der "Tretversuch".

Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlkopfheilkunde 145 ( 1938 ) 478 - 492.

26.) WESTHOFEN, M.:

Rotatorische Tests.

In: "Vestibuläre Untersuchungsmethoden".

Westhofen, M. (Hrsg.),

PVV Science Publications, Ratingen, 2001, 70 - 83.

7. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BPPV	Benign paroxysmal positioning vertigo
ENG	Elektronystagmographie
EMG	Elektromyographie
SPL	Sound pressure level
MRT	Magnetresonanztomographie

8. TABELLENVERZEICHNIS

- 1.) Tabelle 1: Ergebnis der thermischen Prüfung
- 2.) Tabelle 2: Legende für Tabellen 3a-c
- 3.) Tabelle 3a: Frequenzabhängigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor
- 4.) Tabelle 3b: Frequenzabhängigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus bei Patienten mit Neuropathia vestibularis
- 5.) Tabelle 3c: Frequenzabhängigkeit des vibrationsinduzierten Nystagmus bei Patienten mit Morbus Menière
- 6.) Tabelle 4: Legende für Tabellen 5a-c
- 7.) Tabelle 5a: Übereinstimmung der thermisch stärker erregbaren Seite mit der vibratorisch stärker erregbaren Seite bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor
- 8.) Tabelle 5b: Übereinstimmung der thermisch stärker erregbaren Seite mit der vibratorisch stärker erregbaren Seite bei Patienten mit Neuropathia vestibularis
- 9.) Tabelle 5c: Übereinstimmung der thermisch stärker erregbaren Seite mit der vibratorisch stärker erregbaren Seite bei Patienten mit Morbus Menière

- 10.) Tabelle 6: Ergebnis der VEMP
- 11.) Tabelle 7: Legende für Tabellen 8a-c
- 12.) Tabelle 8a: Ergebnisse der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor
- 13.) Tabelle 8b: Ergebnisse der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN bei Patienten mit Neuropathia vestibularis
- 14.) Tabelle 8c: Ergebnisse der Meßparameter Kalorik, VEMP und VIN bei Patienten mit Morbus Menière

## 9. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- 1.) Abbildung 1: Lage der vestibulären Rezeptoren im Bogengangs- und Otolithenapparat (aus: Hamann, K.-F., 1994)
- 2.) Abbildung 2: Darstellung der Hauptafferenzen und -efferenzen der Vestibulariskerne (aus: Hamann, K.-F., 1987)
- 3.) Abbildung 3: Schematische Darstellung des Verhaltens des Rezeptorpotentials und der Modulation der Nervenimpulse bei adäquater Reizung, nach Groen 1972 (aus: Hamann, K.-F., 1987)
- 4.) Abbildung 4: Schema des linken horizontalen Bogengangs von oben gesehen (aus: Klinke, R., 1993)
- 5.) Abbildung 5: Grundschema des Vestibularisschwindels (aus: Frenzel, H., 1982)
- 6.) Abbildung 6: Lichtausschließende Maske zur Registrierung von Augenbewegungen (Originalfotografie)
- 7.) Abbildung 7: Ohrspülgerät „Variotherm“ (Atmos) (Originalfotografie)
- 8.) Abbildung 8: Kalorische Ohrspülung (Originalfotografie)
- 9.) Abbildung 9: Vibrationsstimulator „Provonyst“<sup>R</sup> (Originalfotografie)

- 10.) Abbildung 10: Versuchsablauf zur Registrierung eines VIN (Originalfotografie)
- 11.) Abbildung 11: VEMP Ableitung der rechten Seite (Originalfotografie)
- 12.) Abbildung 12a: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, keine Seitendifferenz
- 13.) Abbildung 12b: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, gemittelte GLP (der Kulmination), keine Seitendifferenz
- 14.) Abbildung 13: Originalregistrierung eines nichtvorhandenen Nystagmus bei Vibrationsreizung mit 60 Hz und 65 Hz bei einer Normalperson
- 15.) Abbildung 14a: Originalregistrierung der horizontalen Augenbewegungen ohne Spontannystagmus
- 16.) Abbildung 14b: Originalregistrierung eines vibrationinduzierten Nystagmus bei demselben Patienten
- 17.) Abbildung 15a: Originalregistrierung eines Spontannystagmus nach links
- 18.) Abbildung 15b: Originalregistrierung des beschleunigten Spontannystagmus durch Vibrationsreizung
- 19.) Abbildung 16a: Originalregistrierung eines Spontannystagmus nach rechts (Patientin F.K.) mit Umkehr durch Vibrationsreizung mit 40 Hz nach links, Diagnose : Kleinhirnbrückenwinkeltumor der rechten Seite

- 20.) Abbildung 16b: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser bei Unerregbarkeit des rechten Vestibularisapparates
- 21.) Abbildung 16c: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, gemittelte GLP (der Kulmination) bei Unerregbarkeit rechts
- 22.) Abbildung 17: Originalregistrierung seitengleich ableitbarer VEMP
- 23.) Abbildung 18: Originalregistrierung der VEMP, rechts keine Potentiale ableitbar, links normale Potentiale ableitbar, bei einem Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor der rechten Seite
- 24.) Abbildung 19a: Originalregistrierung eines Sacculuspotentials der linken Seite (Patientin F. M.), bei thermischer Reizung Untererregbarkeit links
- 25.) Abbildung 19b: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser bei Untererregbarkeit links
- 26.) Abbildung 19c: Originalregistrierung der thermischen Prüfung mit 44°C Wasser, gemittelte GLP (der Kulmination) bei Untererregbarkeit links

## 10. DANKVERMERK

Sehr herzlich danken möchte ich Herrn Prof. Dr. med. K.-F. Hamann, der mir dieses Thema überließ, mir unzählige Bände von Quellenmaterial und Forschungsliteratur zur Verfügung stellte und mir durch sein großes persönliches Engagement während der Betreuung, sowohl im experimentellen Teil dieser Arbeit als auch ihrer theoretischen Grundlagen, in vielen Gesprächen und Diskussionen zu einem großen Vorbild als Mensch und wissenschaftlicher Lehrer geworden ist.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. med. W. Arnold für die Möglichkeit, die für diese Dissertation benötigte Untersuchungsmethode an der von ihm geleiteten Klinik und Poliklinik für Hals- Nasen- und Ohren-Krankheiten durchzuführen.

Frau Regina Lorenz, MTA (VOG-Labor am Lehrstuhl für Hals-Nasen- und Ohren-Heilkunde der TU München), danke ich für die engagierte und nette Zusammenarbeit bei den Patientenuntersuchungen.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei Frau Dipl.-Math. R. Busch (Lehrstuhl für Medizinische Statistik und Epidemiologie, TU München, Direktor: Prof. Dr. rer. nat. A. Neiß) für die statistische Beratung.

Für die photographische Unterstützung bedanke ich mich herzlich bei Herrn M. Stobrawe (Photo-Labor der HNO-Abteilung, TU München).

Meiner lieben Familie danke ich für den immerwährenden Rückhalt und die moralische Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

## 11. LEBENSLAUF

Am 21. Februar 1969 wurde ich in Hamburg als Tochter von Rainer Korfsmeyer, Offizier der Bundeswehr, und Renate Korfsmeyer, geb. Grabe, Großhandelskauffrau, geboren.

Meine Grundschulzeit verbrachte ich von 1975-1978 in der Finkenburgschule in Wittmund und von 1977-1979 in der Gemeinschaftsschule in Wegberg-Merbeck.

Im September 1979 wechselte ich auf das Städtische Gymnasium in Wegberg und nach Umzug in die Niederlande besuchte ich die International Afcent School in Brunssum von 1983-1986. Nach einer weiteren Versetzung meines Vaters ging ich von 1986-1987 auf das Städtische Gymnasium in Niederkassel und trat 1987 in das Vöhlin Gymnasium in Memmingen über, wo ich im Juli 1989 meine allgemeine Hochschulreife erhielt.

Im September 1989 begann ich eine Berufsausbildung als Zahnarzhelferin in der Praxis für Kieferorthopädie Dr. med. dent. E. Balzereit in Memmingen, die ich 1991 abschloß.

Vom Wintersemester 91/92 an studierte ich Zahnmedizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main und erhielt dort im Sommersemester 1999 meine zahnärztliche Approbation.

Im Rahmen meiner zahnärztlichen Assistenz war ich von Juli 1999 bis Februar 2000 in der Praxis Dr. med. dent. D. Knupfer in Heroldstatt und von März 2000 bis Juli 2001 in der Praxis Dr. med. dent. G. Iglhaut in Memmingen tätig und konnte mich dort im Bereich der chirurgischen Zahnheilkunde, der Implantologie, der Parodontologie sowie der operationsmikroskopischen Endodontie fortbilden.

Seit 2001 bin ich mit Johann Wiblishauser, Dipl.-Ing. (Univ.) Architektur, verheiratet. Im Oktober 2002 wurde unser Sohn Johannes geboren.

Seit Februar 2002 arbeite ich an meiner Dissertation an der TU München, am Lehrstuhl für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde unter Prof. Dr. med. K.-F. Hamann.