

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

## **Vestibulär evozierte myogene Potentiale (VEMP) im Vergleich von Klick-Reizen und Burst-Reizen**

Eglè Vabulaitè

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

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

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. K.-F. Hamann
2. apl. Prof. Dr. H. P. Niedermeyer

Die Dissertation wurde am 07.02.2007 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 26.09.2007 angenommen.

## Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS		Seite
1.	EINLEITUNG	6
1.1.	Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems	6
1.2.	Diagnostik des vestibulären Systems	12
1.2.1.	Untersuchungen der räumlichen Orientierung	12
1.2.2.	Untersuchungen der Blickmotorik	14
1.2.3.	Untersuchungen des vestibulospinalen Systems	16
1.2.3.1.	Untersuchungen der Körperhaltung und Körperbewegung	16
1.2.3.2.	Elektrophysiologische Untersuchungen der vestibulospinalen Reflexe (VEMP)	17
1.3.	Vestibuläre Erkrankungen	20
1.3.1.	Morbus Menière	20
1.3.2.	Neuritis vestibularis	21
1.3.3.	Kleinhirnbrückenwinkeltumor	22
1.3.4.	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPPV)	22
1.4.	Fragestellung	24
2.	METHODIK	25
2.1.	Ableitung der vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP)	25
2.1.1.	Apparativer Aufbau	25
2.1.2.	Reizparameter	26
2.1.3.	Durchführung	26
2.1.4.	Auswertung	28
2.2.	Diagnostik vestibulärer Erkrankungen	30
2.2.1.	Morbus Menière	30
2.2.2.	Neuritis vestibularis	31
2.2.3.	Kleinhirnbrückenwinkeltumor	31
2.2.4.	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPPV)	31
2.3.	Untersuchungskollektiv	32
2.3.1.	Kontrollgruppe	32

2.3.2.	Patientenkollektiv	32
2.4.	Statistische Methoden	33
3.	ERGEBNISSE	34
3.1.	Kontrollkollektiv	34
3.1.1.	Klick-evozierte VEMP	34
3.1.2.	Burst-evozierte VEMP	35
3.1.3.	Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP	39
3.2.	Patientenkollektiv	40
3.2.1.	Morbus Menière	40
3.2.1.1.	Klick-evozierte VEMP	40
3.2.1.2.	Burst-evozierte VEMP	40
3.2.1.3.	Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP	42
3.2.2.	Neuritis vestibularis	49
3.2.2.1.	Klick-evozierte VEMP	49
3.2.2.2.	Burst-evozierte VEMP	49
3.2.2.3.	Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP	50
3.2.3.	Kleinhirnbrückenwinkeltumor	58
3.2.3.1.	Klick-evozierte VEMP	58
3.2.3.2.	Burst-evozierte VEMP	59
3.2.3.3.	Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP	59
3.2.4.	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel	63
3.2.4.1.	Klick-evozierte VEMP	63
3.2.4.2.	Burst-evozierte VEMP	64
3.2.4.3.	Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP	64
3.3.	Vergleich der verschiedenen Krankheitsbilder	67
4.	DISKUSSION	68
4.1.	Klick-Reizung und Burst-Reizung im Vergleich	68

4.2.	Wert der Klick-Reizung und Burst-Reizung bei verschiedenen Krankheitsbilder	70
4.3.	Klinische Wertigkeit der Klick- und Burst-Reizung der VEMP im Vergleich	72
5.	ZUSAMMENFASSUNG	73
6.	LITERATURVERZEICHNIS	75
7.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	79
8.	TABELLENVERZEICHNIS	80
9.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	82
10.	DANKSAGUNG	85

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems

Das vestibuläre System erfährt Kopfbewegungen und nimmt damit an der Orientierung im Raum, an der Regulation der Blickmotorik, sowie an der geordneten Durchführung von Körperhaltung und Körperbewegungen teil. Das faßt der Kornhuber in seiner prägnanter Definition zusammen: „Das Vestibularorgan ist bekanntlich ein System von Mechanorezeptoren (Beschleunigungsrezeptoren), das der Stützmotorik, der Blickmotorik und der Orientierung im Schwerfeld dient“ (Kornhuber, 1966, S. 2150).

Der periphere Vestibularapparat besteht aus Mechanorezeptoren, die als Beschleunigungsaufnehmer fungieren. Sie liegen in drei Bogengängen und in den beiden Otolithenapparaten im Innenohr (Abb.1).

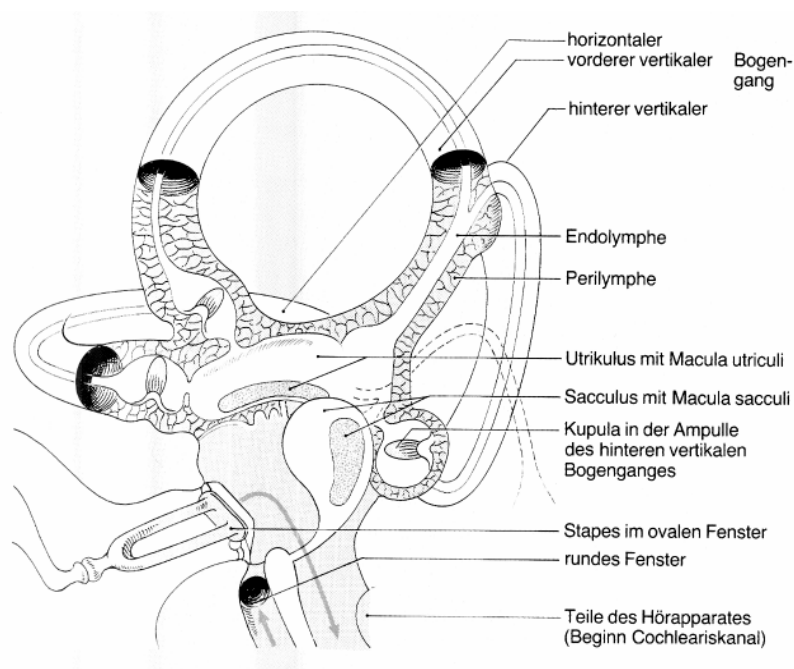


Abb.1: Lage der vestibulären Rezeptoren im Bogengangs- und Otolithenapparat (aus: Hamann, K.-F.: Physiologie und Pathophysiologie des vestibulären Systems. In: Helms, J., Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis. Thieme, Stuttgart-New York 1994, Band 1, S. 262.)

Das Bogengangssystem besteht aus dem vorderen, dem hinteren, und dem lateralen horizontalen Bogengang, die etwa senkrecht zueinander stehen und die Erkennung jeder Drehbewegung des Kopfes im Raum garantieren.

Jeder Bogengang trägt in einer Ausbuchtung der Ampulle eine vorspringende Struktur, Crista ampullaris, mit den Haarzellen, die nicht frei in die Endolymphe hineinragen, sondern mit ihren Spitzen in einer gallertartigen Masse, der Kupula, stecken (Boenninghaus, 2001), (Abb. 2).

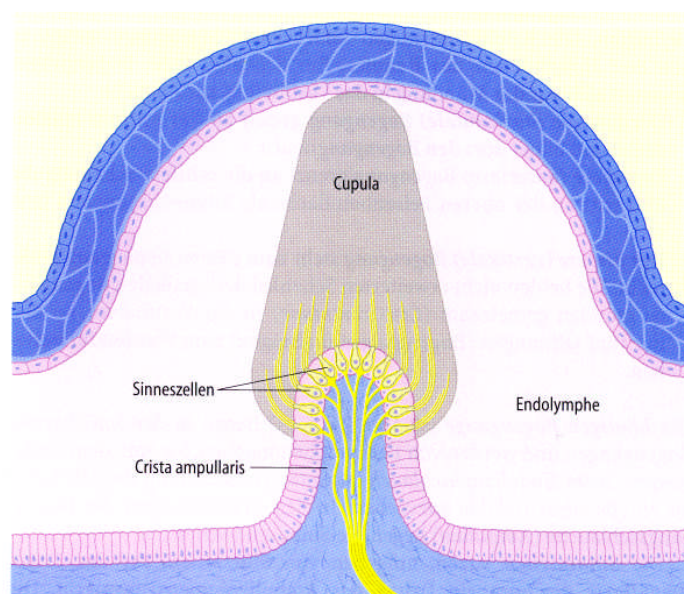


Abb.2: Schnitt durch die Crista ampullaris und Kupula in der Bogengangsampulle (aus: Boenninghaus, H.-G., Lenarz, T.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Springer, 2001, 11.Auflage, S. 30.)

Wenn die Bogengänge durch den Kopf in eine Drehbewegung versetzt werden, kommt es zu einer Auslenkung der in der Kupula liegenden Haarzellen. Die anatomische Besonderheit, daß die Bogengänge beider Seiten spiegelbildlich zueinander angelegt sind, bewirkt eine Erregung auf der einen Seite und eine Hemmung auf der Gegenseite. Dadurch wird der Reiz in den Vestibulariskernen wiederum verstärkt (Hamann, 1994).

Der Otolithenapparat besteht aus zwei zueinander senkrecht stehenden Rezeptororganen, von denen der Sacculus hauptsächlich für die Erkennung vertikaler Kopfbewegungen, der Utriculus vorwiegend für die Aufnahme horizontaler,

geradliniger Bewegungen zuständig ist. Der adäquate Reiz sind also lineare Translations- und Progressivbeschleunigungen. Die sogenannten Sinnesfelder, Macula utriculi und Macula sacculi, enthalten ebenfalls in eine gelatinöse Grundsubstanz hineinragenden Haarzellen (Beonninghaus, 2001).

Diese Grundsubstanz, die Otolithenmembran, enthält aus Calcit bestehenden Kristalle, Otolithen, auf die permanent die Gravitation einwirkt und somit die Kopflage im Raum wahrgenommen werden kann. Aufgrund seines bipolaren Reagierens besitzt jeder vestibuläre Rezeptor die Fähigkeit, zwei Richtungen zu erkennen (Abb.3).

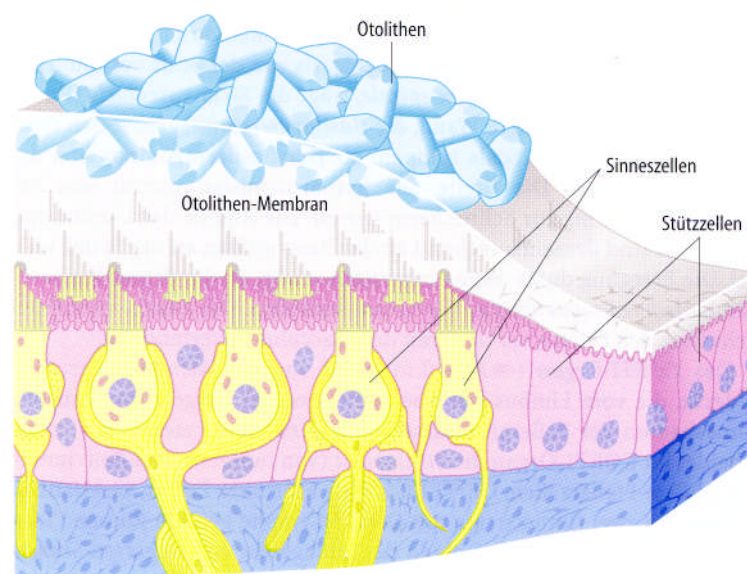


Abb.3: Macula mit Otolithen (aus: Boenninghaus, H.-G., Lenarz, T.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Springer, 2001, 11.Auflage, S. 28.)

Unterschiedlich ist die Nervenversorgung der einzelnen Rezeptororgane. Während der horizontale und der vordere Bogengang sowie der Utriculus ihre Informationen an den Nervus vestibularis superior abgeben, erreichen die Informationen des hinteren Bogengangs und des Sacculus den Nervus vestibularis inferior (Gacek, 1975). Erst später vereinigen sich beide Nervenäste zum Nervus vestibularis, der zusammen mit dem Nervus cochlearis als der 8. Hirnnerv durch den inneren Gehörgang in den Hirnstamm zieht (Abb.4).





an der Aufrechterhaltung der Körperhaltung. Einige der vestibulo-spinalen Bahnen laufen als „vestibulo-colic reflex“ zur Halsmuskulatur. Das Gebiet der Vestibulariskerne ist also der erste wichtige Integrationsort aller für die Gleichgewichtsregulation verantwortlichen Sinnessysteme (Abb.5).

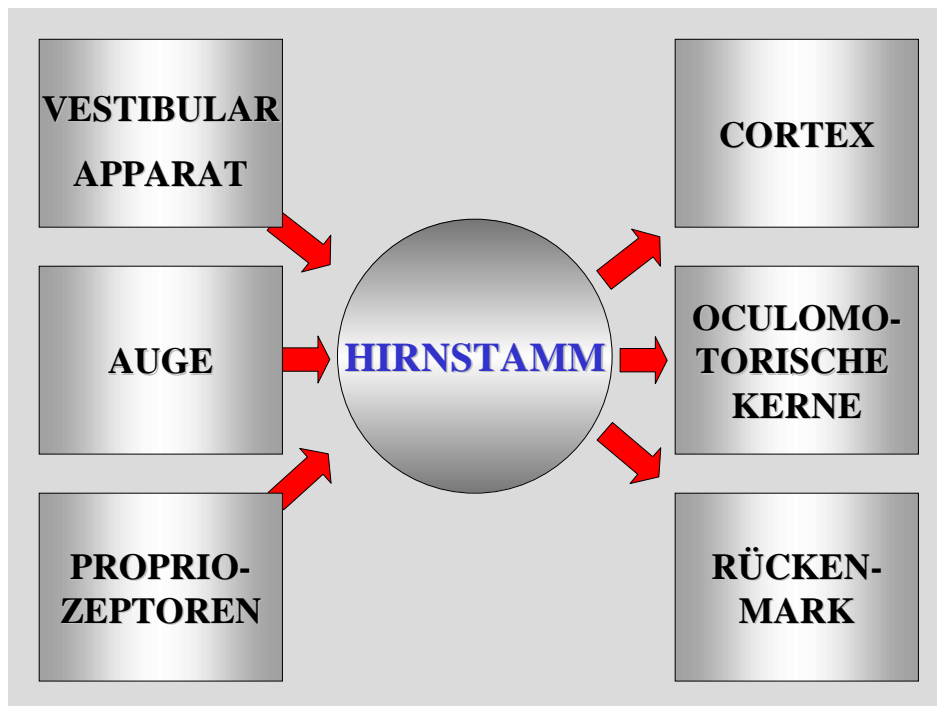


Abb.5: Modifizierte schematische Darstellung der Hauptafferenzen und -efferenzen der Vestibulariskerne (nach Hamann, K.-F.: Training gegen Schwindel, Springer, Berlin-Heidelberg 1987, S. 15.)

Im Fall pathologischer Ereignisse im Vestibularsystem kommt es zu einer Störung dieses abgestimmten Zusammenspiels.

Einseitige Läsionen des peripheren Vestibularorgans bewirken zunächst einen stark asymmetrischen Input zu den Vestibulariskernen. Dies fehlt bei den beidseitigen Läsionen. In einem individuell unterschiedlichen Zeitraum kommt es aber zu einer mehr oder weniger guten Neuanspassung des Tonusgleichgewichts, die mit einem Rückgang der klinischen Symptome einhergeht. „Dank eines Systems kommissuraler Nervenfaserverbindungen zwischen den Vestibulariskernen beider Seiten ist eine Neuangleichung der neuronaler Aktivität mit dem Ziel eines neuen Tonusgleichgewichts und des damit einhergehenden Verschwindens der klinischen

Symptome, möglich, findet aber spontan nicht immer ausreichend statt“ (Hamann, 1999, S.2). Auf diesen präformierten vestibulären Kompensationsvorgängen bauen viele Therapiekonzepte für vestibuläre Erkrankungen auf.

## 1.2. Diagnostik des vestibulären Systems

Eine komplette Diagnostik des vestibulären Systems muß möglichst systematisch alle Leistungen dieses Sinnessystems berücksichtigen. Dazu gehören die bewußte Orientierung im Raum, die Blickmotorik und die Spinalmotorik.

### 1.2.1. Untersuchungen der räumlichen Orientierung

Unter physiologischen Bedingungen findet eine bewußte Empfindung durch das vestibuläre System praktisch nicht statt. Erst bei sehr starken Reizen, vor allem aber bei krankhaften Veränderungen im vestibulären System, treten vestibuläre Empfindungen ins Bewußtsein. Meist handelt es sich um Drehschwindel, manchmal wird aber auch über andere Arten von Dislokationsgefühl wie Liftgefühl oder Lateropulsion geklagt .

Um Störungen der bewußten Raumorientierung zu erfassen, bedient man sich hauptsächlich einer gezielten Anamnese. Sie muß sowohl qualitative Gesichtspunkte als auch zeitliche Kriterien berücksichtigen (Scherer, 1997). Für die Analyse der Schwindelempfindungen haben sich das sog. Frenzel-Schema oder spätere Modifikationen bewährt. Objektivierungen bewußter Phänomene wie auch des Schwindels sind schwierig bis unmöglich.

Da aber das vestibuläre System auch an meßbaren Phänomenen der Raumorientierung beteiligt ist, kann über diesen Weg eine Quantifizierung erreicht werden. Ein mittlerweile weit verbreitetes Verfahren ist die Bestimmung der Visuellen Subjektiven Vertikale, die hauptsächlich Informationen über die Funktion des Otolithensystems, insbesondere des Utriculus, liefert (Hamann und Bonkowsky, 1986).

In der klinischen Routine stützt man sich aber hauptsächlich auf das Frenzel-Schema (Abb.6).

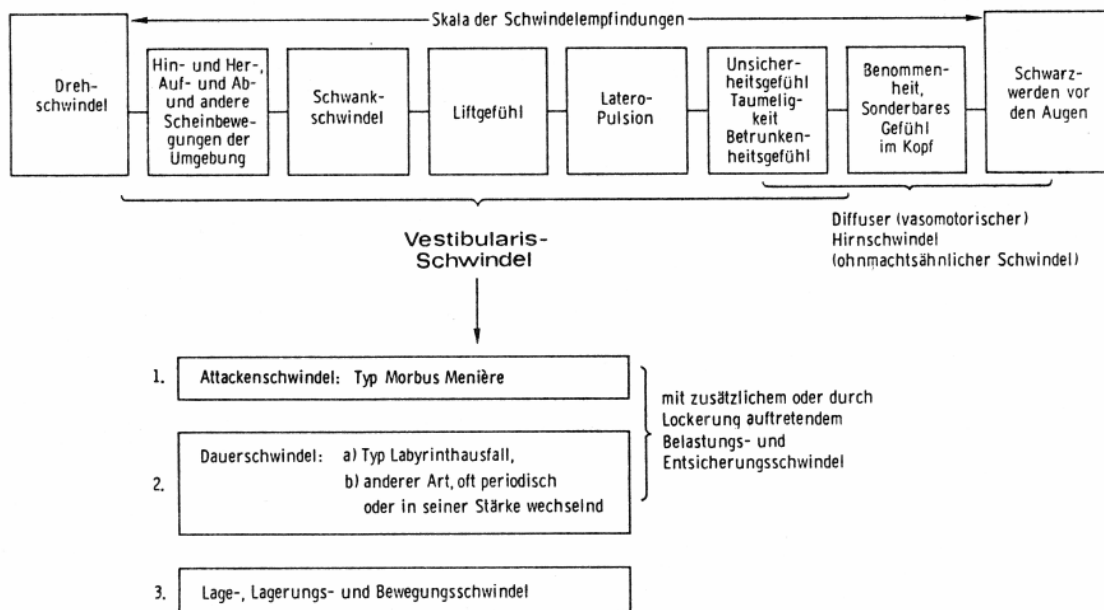


Abb.6: Modifiziertes Schwindelschema nach Frenzel (1961) (nach Stenger)

In diesem Schema wird ein systematischer Schwindel, also Schwindel mit Scheinbewegungen, von einem unsystematischem Schwindel, also ohne Scheinbewegungen, getrennt. Der unsystematische Schwindel deutet auf Erkrankungen außerhalb des vestibulären Systems hin (Frenzel, 1982). In Erweiterung des Frenzel-Schemas kann man versuchen, aus der Art der Schwindelbeschwerden Rückschlüsse auf das geschädigte Teil des Vestibularapparates zu ziehen. So spricht ein Drehschwindel für eine Läsion im Bogengangssystem, ein Liftgefühl eher für eine Störung im Sacculus.

Beim gutartigen Lagerungsschwindel (BPPV), dem freie Otolithen im Bogengangssystem ursächlich zur Grunde liegen, treten die Schwindelbeschwerden nur im Zusammenhang mit Kopfbewegungen auf und halten einige Sekunden an. Die Neuritis vestibularis, die durch eine zunächst irreversible Funktionseinschränkung gekennzeichnet ist, zeichnet sich durch tagelang anhaltende Schwindelbeschwerden aus, da die Kompensationsvorgänge zur Neueinrichtung vestibulärer Reflexe längere Zeit benötigen. Schwindelanfälle von Minuten und Stunden Dauer sind charakteristisch für die Menièresche Krankheit. Man nimmt an, daß beim Anfall die Reißnersche Membran platzt, der Endolymphhydrops sich entlädt und damit eine Vermischung von Endo- und Perilymphe zustande kommt. Dies führt, im Sinne einer Kalium-Intoxikation, zu einer

pathologischen Erregung der Vestibularrezeptoren. Nachdem sich der Endolymphhydrops entladen hat, legen sich die Lefzen in der alten Position aneinander und bilden eine Narbe. Dadurch können sich Endolymphe und Perilymphe wieder entmischen (Hamann und Arnold, 1998). Da diese Vorgänge Minuten bis Stunden benötigen, erklärt sich auch damit die Anfallsdauer.

Auch nach anderen neben dem Schwindel auftretenden Symptomen, wie z.B. der für Morbus Menière typische Tinnitus und die Schwerhörigkeit im Tieftonbereich, sollte gefragt werden. Bemerkenswert ist, daß Vestibularschwannome keine typische Schwindelanamnese haben. Die Schwindelbeschwerden sind oft am Anfang oder auch im fortgeschrittenen Zustand aufgrund der zentral-vestibulären Kompensation gar nicht vorhanden, obwohl der Tumor seinen Ausgang am Gleichgewichtsnerven nimmt. Die Patienten klagen viel mehr über eine einseitige Schallempfindungsschwerhörigkeit oder einen einseitigen Tinnitus.

### 1.2.2. Untersuchungen der Blickmotorik

Die Untersuchungen der Blickmotorik sind für die Diagnostik vestibulärer Störungen die wichtigsten, weil sie willentlich nicht beeinflussbar sind, also ein objektives Symptom darstellen (Scherer, H., 1997). Ein Hauptsymptom vestibulärer Störungen ist das Vorhandensein eines pathologischen Spontannystagmus. Als Nystagmus definiert man rhythmische Augenbewegungen, die aus einer langsamen und einer schnellen Komponente bestehen. Die Richtung hängt davon ab, ob das ein Reiznystagmus (in das kranke Ohr) oder ein Ausfallnystagmus (in das gesunde Ohr) ist. Es ist dem Menschen nicht möglich, Spontannystagmen willkürlich zu produzieren, ihr Auftreten ist aber pharmakologisch manipulierbar und vom Vigilanzgrad abhängig (Hamann, 2001). Der Spontannystagmus ist Ausdruck eines zentral-vestibulären Ungleichgewichtes, unabhängig davon, ob die Läsion peripher oder zentral liegt.

Mit Hilfe von unspezifischen Provokationsmaßnahmen wie Kopfschütteln, Applikation von Vibrationsreizen oder ungezielten Lagerungen, kann man einen latenten Spontannystagmus auslösen .

Um einzelne vestibuläre Funktionen quantitativ genauer zu erfassen, bedient man sich experimenteller Prüfungen. So gestattet die thermische Reizung mit definierten Wassermengen und -temperaturen eine seitengetrennte Beurteilung des horizontalen Bogenganges (Scherer, H., 1984, „Das Gleichgewicht“). Mit der rotatorischen Prüfung kann man den vestibulo-okulären Reflex untersuchen. Dabei werden bei der Drehung um die Kopfachse beide Vestibularapparate gereizt und der funktionelle Ausgleich dieser Aktion über die Augenbewegungen registriert. Symmetrische Drehungen führen im Normalfall zu symmetrischen Antworten. Das Überwiegen einer Nystagmusrichtung bedeutet ein zentrales Ungleichgewicht (Westhofen, 2001). Die zentralen okulomotorischen Bahnen, zu denen auch das Vestibularsystem einen Input liefert, werden durch rein okulomotorischen Tests untersucht. Die Prüfung des Systems der langsamen Augenbewegungen erfolgt in allgemeinen mit sinusförmigen Pendelreizen eines Blickziels, die Prüfung der schnellen Augenbewegungen durch Auslösung eines optokinetisch induzierten Nystagmus (Hamann, 2001).

Für die genaue Beurteilung okulomotorischer Reaktionen reicht die einfache Beobachtung der Augen nicht aus. Zum Nachweis eines pathologischen Spontannystagmus benutzt man routinemäßig zuerst die Frenzelbrille. Durch die Frenzelbrille ist Patient nicht mehr in der Lage, die Umgebung zu fixieren, womit die visuelle Fixationssuppression eines vestibulären Nystagmus aufgehoben wird. Letztlich ist es aber ein subjektives Verfahren mit allen damit zusammenhängenden Nachteilen. Heutzutage werden die Augenbewegungen vielmehr objektiv aufgezeichnet und sind damit einer quantitativen Auswertung zugänglich. Jahrzehntlang stand die Elektronystagmographie, die sich die Ableitung der Dipol-Eigenschaften des Auges zunutze macht, als Registriermethode im Vordergrund. In den letzten Jahren hat sich die Videookulographie mehr und mehr durchgesetzt, bei der die Augenbewegungen über eine Videokamera erfaßt werden und anhand von individuellen Merkmalen des Auges quantitativ ausgewertet werden können (Clarke und Scherer, 2001).

### 1.2.3. Untersuchungen des vestibulospinalen Systems

Die vestibulospinalen Prüfungen testen Ausführungen der Körperhaltung und der Körperbewegungen, zu denen das vestibuläre System Anteile liefert.

Die Prüfmethode umfassen zum einen standardisierte Körperhaltungen und -bewegungen, die vom Untersucher subjektiv beurteilt werden, zum anderen Muskelreflexe auf bestimmte Reize hin.

### 1.2.3.1. Untersuchungen der Körperhaltung und Körperbewegung

Der Romberg Stehversuch (Romberg, 1846) prüft eine der wichtigsten motorischen Funktionen des Menschen, das Geradestehen in Ruhe. Der Untersuchungsgang ist standardisiert. Der Patient steht mit geschlossenen Füßen und horizontal vor sich erhobenen Armen. Man beurteilt die bei offenen und/oder geschlossenen Augen auftretenden Körperschwankungen und Richtungsabweichungen. Wie für die anderen vestibulospinalen Prüfungen gilt, daß Richtungsabweichung oder Fallneigung auf die Seite der Unterfunktion hinweist.

Der Unterberger Tretversuch (Unterberger, 1938) prüft das dynamische Körpergleichgewicht. Ausgehend von der Romberg-Grundhaltung, soll der Patient forciert auf der Stelle treten. Körperschwankungen und -abweichungen werden in gleicher Weise beurteilt.

Beim Blindgang soll der Patient mit geschlossenen Augen auf einer gedachten Linie geradeaus laufen. Auch dieser Test prüft das dynamische Körpergleichgewicht. Seine Aussagekraft ist aber nicht so groß wie die des Unterberger Tretversuchs.

Andere vestibulospinale Prüfmethode wie der Sterngang, der Einbeinstand, Seiltänzerengang oder Schreibtest liefern keine wesentlich anderen Aussagen als die drei oben genannten Tests. Bei allen Tests ist zu berücksichtigen, daß das vestibuläre System nur einen geringen Anteil an der Gesamtfunktion liefert und eine krankheitsbedingte vestibuläre Ataxie sich meist innerhalb von wenigen Tagen zurückbildet.



### 1.2.3.2. Elektrophysiologische Untersuchungen der vestibulospinalen Reflexe (VEMP)

Objektive Methoden erfassen vestibulospinale Leistungen durch Ableitung von Muskelpotentialen, die meist reflektorische Muskelreaktionen auf definierte Reize sind. Beispielsweise kommt es bei Probanden durch quantitativ definierte Kippreize zu typischen, im EMG meßbaren Muskelantworten in verschiedenen Muskeln, die an der Haltungsregulation beteiligt sind. Bei Patienten mit vestibulären Störungen kommt es zu Veränderungen der Antwortamplitude und auch der zeitlichen Abläufe, die dann Rückschlüsse auf die Läsion erlauben. Diese Untersuchungsmethoden sind apparativ und zeitlich sehr aufwendig, so daß sie sich für die klinische Routine nicht durchgesetzt haben.

Vor gut 15 Jahren ist eine Methode eingeführt worden, die eine selektive seitengesetzte Beurteilung der Sacculusfunktion erlaubt (Murofushi et al., 1997). Dieser Reflex, der den „vestibulocollic“ Reflexen zuzuordnen ist, beruht auf einer reflektorischen Muskelerschlaffung der Halsmuskulatur, auf akustische Reizung des Sacculus hin, am besten ableitbar über den Musculus sternocleidomastoideus (Colebatch et al., 1994). Der Sacculus, der als erstes Sinnesorgan des Innenohrs hinter der Stapediusfußplatte liegt, wird durch Reize hoher Schallintensität mechanisch erregt. Die auf diese Weise erzeugten Erregungen werden zentral umgeschaltet und lösen an der Halsmuskulatur eine ipsilaterale Relaxation aus, die man mittels EMG dokumentieren kann.

Als die Methode der vestibulär evozierten myogenen Potentiale entwickelt wurde, stellte man fest, daß bei Klick-Reizen hoher Intensität im Elektromyogramm des Musculus sternocleidomastoideus zwei Potentialkomplexe auftraten.

Aus Untersuchungen an tauben Patienten und an Patienten mit Vestibularisneurektomie ließ sich folgern, daß der frühe P13N23-Komplex mit Latenzen von 13ms und 23ms dem Vestibularapparat, der spätere N34P44-Komplex mit Latenzen von 34ms und 44ms der Cochlea zuzuordnen ist (Colebatch, 1994). Die Latenzen der Wellenkomplexe unterliegen auch bei den gesunden einer großen Variationsbreite. An Mehrschweinchen durchgeführte Versuche mit Hilfe von Tracer-Methoden ließen die Schlußfolgerung zu,

daß der Sacculus für die frühere Reflexantwort verantwortlich ist (Murofushi and Curthoys, 1997).

Die Methode der VEMP ist an verschiedenen vestibulären Krankheitsbildern wie Neuritis vestibularis, Morbus Menière, Vestibularisschwannom, eingesetzt worden und findet heutzutage an HNO-Kliniken und Neurologischen Kliniken breite Anwendung, besonders, wenn man bestimmte vestibuläre Defizite erkennen kann, die mit anderen Methoden nicht erkannt werden wären. Zum Beispiel kommt es bei kleinen Vestibularisschwannomen mit Ausgangspunkt am inferioren Vestibularisnerven zu einem pathologischen VEMP Befund, während die thermische Prüfung des horizontalen Bogengangs, dessen Informationen über den superioren Vestibularisnerven vermittelt werden, unbeeinträchtigt bleibt (Hamann et al., 2002).

Als Standardreiz werden im allgemeinen Klick-Reize angewandt, wie sie auch routinemäßig für die Auslösung der akustisch evozierten Potentiale Anwendung finden. Sie sind Rechteck-Reize kurzer Dauer, die das gesamte Frequenzspektrum enthalten (Abb.7).

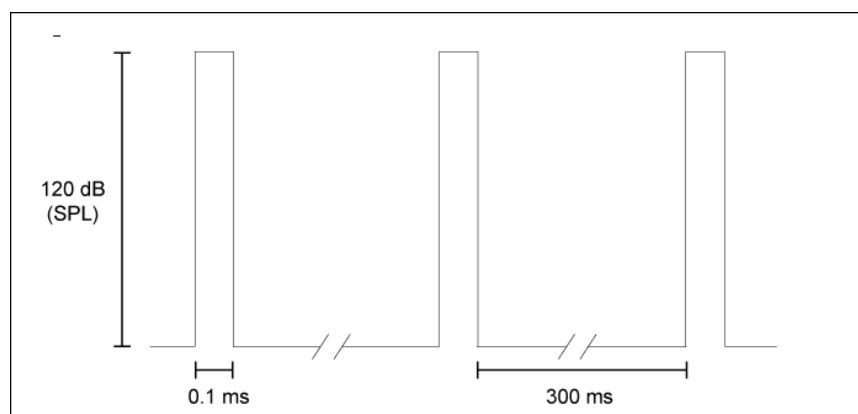


Abb.7.: Klick-Reiz Schema.

In manchen Fällen erscheinen Klicks als akustische Reize nicht ausreichend, so daß man begonnen hat, die Einsatzmöglichkeiten anderer akustischer Reize zu prüfen,

wie zB. die Burst-Reize. Sie haben einen tonalen Charakter mit einer Hauptfrequenz (Abb.8)

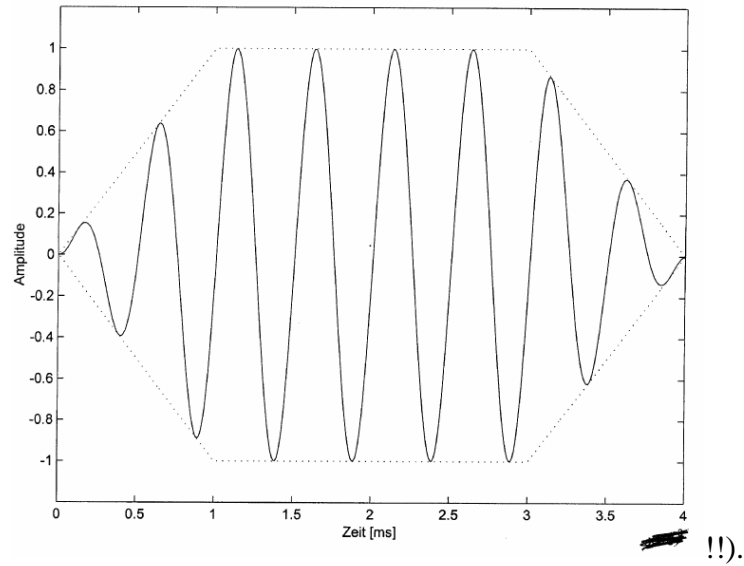


Abb.8.: Burst-Reiz Schema.

In der vorliegenden Arbeit soll prospektiv der Einsatz von Klick-Reizen im Vergleich zu Burst-Reizen untersucht werden.

### 1.3. Vestibuläre Erkrankungen

Grundsätzlich können alle Erkrankungen des vestibulären Systems zu Schwindelbeschwerden führen. Im folgenden sollen die vier Hauptkrankheitsbilder vestibulärer Störungen vorgestellt werden, die mehr als 90% aller peripheren vestibulär verursachten Schwindelbeschwerden ausmachen. Andere seltenere Krankheitsbilder wurden in die hier vorgelegten Untersuchungen nicht aufgenommen.

#### 1.3.1. Morbus Menière

Die Menièresche Erkrankung ist charakterisiert durch das anfallsweise Auftreten von systematischem Schwindel, meist einem Drehschwindel, sowie Schwerhörigkeit, überwiegend im Tieftonbereich, und Ohrgeräuschen, manchmal auch Ohrdruck verbunden mit Diplakusis (die Töne werden in beiden Ohren unterschiedlich hoch empfunden).

Die Krankheit ist nach dem Franzosen P. Menière benannt, der als erster erkannte, daß diese Symptomkombination auf eine Störung im Innenohr zurückzuführen ist und nicht, wie man bis dahin glaubte, auf eine Erkrankung des Gehirns. Die Diagnose der Menièreschen Erkrankung gestaltet sich manchmal schwierig, weil die Symptome bei diesem Krankheitsbild anfangs nicht in typischer Weise vorhanden sind. Die Beschwerden variieren stark und sind manchmal am Tag der Untersuchung gerade nicht vorhanden.

1938 wurde nachgewiesen, daß das pathologisch-anatomische Korrelat des Morbus Menière ein Endolymphhydrops ist (Hallpike, C., S., Cairns, H., 1938). Als Ursache für die Entstehung eines Endolymphhydrops nimmt man heute an, daß entzündliche Vorgänge am Saccus endolymphaticus, der verantwortlichen Struktur für die Rückresorption der Endolymph, zu einer Membranverdickung und damit zu einer verminderten Resorptionsleistung führen

Der endolymphatische Hydrops führt zu einem Überdruck in den endolymphatischen Räumen, der manchmal so groß werden kann, daß die Reißnersche Membran platzt.

Dadurch kommt es zu einer Vermischung von Perilymphe und kaliumreiche Endolympe mit den charakteristischen Merkmalen eines Menière-Anfalles. Angenommen wird eine Intoxikation der Haarzellen und der Dendriten durch das Kalium (Boenninghaus, 2001). Hat sich der Überdruck entladen, verschließt sich die Reißnersche Membran wieder, die Lymphen entmischen sich, und die Symptome verschwinden.

Unklar ist bis heute, ob es bestimmte Prädilektionsorte für die Einrisse an der Membran gibt. Grundsätzlich kann sich der Endolymphhydrops an allen Teilen des Labyrinths manifestieren, was auch die Vielzahl der klinischen Erscheinungen erklärt. Daher ist es interessant, mit spezifischen Untersuchungsmethoden, im Sinne einer Differentialdiagnostik, die von Morbus Menière betroffenen Strukturen zu lokalisieren (Hamann und Goedsche, 2003). Dazu dienen neben den klassischen Vestibularisprüfungen in den letzten Jahren auch VEMP.

### 1.3.2. Neuritis vestibularis

Als Neuritis vestibularis, auch Neuropathia vestibularis genannt, bezeichnet man ein Krankheitsbild, das durch eine akut auftretende Funktionseinbuße der peripheren vestibulären Funktion gekennzeichnet ist. Erst in den letzten Jahren hat man sich entschlossen, bei diesem monosymptomatischen Beschwerdebild von einer Neuritis zu sprechen, da zahlreiche Untersuchungsdaten darauf hinweisen, daß es sich auf die Folgen einer Herpes simplex Virus-Infektion zurückzuführen ist. Typisch ist der plötzlich auftretende heftige Drehschwindel, der über mehrere Tage anhält, an Stärke aber abnimmt. Diese spontane Besserung erklärt sich durch zentrale Kompensationsvorgänge, auch wenn die periphere Funktionseinbuße bestehen bleibt. Viele Untersuchungen sprechen dafür, daß diese Erkrankungen den unteren Vestibularnerven häufig ausspart (Fetter, M., Dichgans, J., 1996). Das würde bedeuten, daß bei dieser Erkrankung von Sacculus evozierte Potentiale, die über den unteren Vestibularnerven geleitet werden, weiterhin ableitbar sind, was aber nicht immer der Fall ist (Hamann, persönliche Mitteilung). Bei der thermischen Prüfung, die vorwiegend über den horizontalen Bogengang und damit über den oberen Vestibularnerven geleitet wird, findet sich eine vestibuläre Unter- oder Unerregbarkeit.

### 1.3.3. Kleinhirnbrückenwinkeltumor

Bei dem Vestibularisschwannom, das auch noch als Akustikusneurinom bezeichnet wird, handelt es sich um einen gutartigen Tumor der Schwannschen Scheide des Vestibularnerven (Schuknecht, 1974). Da diese Tumoren ihren Ausgangspunkt nahe dem Ganglion im inneren Gehörgang nehmen, kommt es durch Druck auf den kochleären Ast des achten Hirnnerven zu Funktionseinschränkungen, die sich als Schwerhörigkeit bemerkbar machen. Obwohl die eigentliche Läsion am Vestibularnerven liegt, wird das Vestibularisschwannom nur selten durch Schwindel auffällig, da die zentrale Kompensation mit dem Tumorwachstum Schritt hält. Findet sich bei einer einseitigen Schallempfindungsschwerhörigkeit eine vestibuläre Unterfunktion auf derselben Seite und eine verlängerte Interpeak-Latenz in der Hirnstammaudiometrie, sollte eine Kernspintomographie durchgeführt werden, um ein Vestibularisschwannom nachzuweisen oder auszuschließen. In manchen Fällen beginnt das Tumorwachstum aber am inferioren Ast des Vestibularnervs, so daß die thermische Prüfung in der Frühphase keine Auffälligkeiten zeigt. Mit Hilfe der VEMP gelingt es, auch frühe Läsionen am unteren Vestibularnerven zu erkennen.

### 1.3.4. Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPPV)

Der gutartige Lagerungsschwindel, abgekürzt BPPV (benign paroxysmal positioning vertigo), ist eine der häufigsten peripher-vestibulären Erkrankungen. Seit einigen Jahren gilt es als gesichert, daß die Ursache dieser Erkrankung darin besteht, daß sich frei flottierende Otolithen in das Bogengangsystem verirrt haben. Traumen, im höheren Alter auch degenerative Vorgänge, sind dafür verantwortlich, daß sich einige Otolithen aus ihrer Verankerung in der Otolithenmembran gelöst haben. In einem Fall ist es gelungen, die degenerierten Otolithen aus der Endolymphe eines Kranken zu identifizieren (Welling et al., 1977).

Durch gezielte Lagerungen ist es möglich, den betroffenen Bogengang, also die Canalolithiasis, zu bestimmen.

Die Therapie dieser Erkrankung besteht in einem sog. Befreiungsmanöver, dem Wegschleudern der dislozierten Otolithen an einen Ort im Vestibularapparat, wo sie nicht mehr zu übersteigerten Endolymphströmungen und damit zu krankhaften Erregungen führen können.

Aus der hier dargestellten Pathophysiologie des BPPV ergibt sich, daß die Funktion des Vestibularapparates insgesamt, aber auch die seiner Teilorgane nicht beeinträchtigt ist. Der Verlust von Otolithen an Utriculus und Sacculus fällt quantitativ so gering aus, daß keine Funktionseinbußen gemessen werden können.

## 1.4. Fragestellung

Die vorliegende Dissertation will auf die folgenden Fragen Antwort geben :

1. Gibt es bei der Ableitung der VEMP Unterschiede zwischen Klick- und Burst-Reizung?
2. Wie verhalten sich die VEMP auf Klick- und Burst-Reize bei verschiedenen Krankheitsbildern?
3. Gibt es bei Burst-Reizung eine bevorzugte Frequenz für die VEMP-Auslösung?
4. Wie ist die klinische Wertigkeit der Klick- und Burst-Reizung zur Auslösung der VEMP einzuschätzen?



## 2. METHODEN

### 2.1. Ableitung der vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP)

#### 2.1.1. Apparativer Aufbau

Für die Generierung der Klick-Reize und der Burst-Reize und für die Ableitung der vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP) wurde das Gerät NeuroScreen der Firma Erich Jaeger GmbH benutzt. Die Ableitelektroden (Ag/AgCl) zur Erfassung der Potentiale stammten von der Firma Hörniß und Zeisberg.

Das NeuroScreen-Basissystem besteht im wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Reizgenerator
- Computer mit A/D-Wandler und Steuerkarte
- 2-Kanal-AC-Verstärker
- NeuroScreen-Software incl. Patientendatenmanager und netzwerkfähiger Datenbank
- Schwarzweiß-Tintenstrahldrucker

Für die Generierung der Burst-Reize wurde der Reizgenerator entsprechend programmiert.

Die Ableitung, die Auswertung und die Dokumentation der durch den Burst-Reizen erhaltenen Sacculuspotentiale erfolgte auch durch das NeuroScreen Programm. Für die Registrierung des Spontan-EMGs wurde gleichfalls das NeuroScreen Programm eingesetzt.

#### 2.1.2. Reizparameter

Der Patient erhielt zuerst Klick-Reize von 0,1 ms Dauer, einer Intensität von 120 dB (SPL) und einer Reizfolge von 3 Hz angeboten. Nach 256 Mitteilungen erfolgte eine zweite Reizung auf der gleichen Seite, anschließend zwei Reizungen und Messungen auf der Gegenseite.

Dann schlossen sich jeweils zwei mal 256 Burst-Reizungen von 120 dB (SPL) Intensität mit 500 Hz sowie 1000 Hz an. Insgesamt erhielt der Proband/Patient also vier Burst-Reizungen auf jeder Seite.

Die komplette Untersuchung eines Patienten mit Klick- und Burst-Reizung dauerte ungefähr eine Stunde.

### 2.1.3. Durchführung

Die Hautstellen für die Ableitelektroden wurden zuerst zur Verringerung des Hautwiderstands mit Wundenbenzin und abrasivem Gel eingerieben und mit einem trockenem Tupfer gereinigt. Eine bei BERA gebräuchliche Erdelektrode wurde zentral an der Stirn, dicht unter dem Haaransatz, plaziert. Auf jeder Seite wurde jeweils eine Elektrode am Ansatz und Ursprung des Musculus sternocleidomastoideus geklebt. Der Patient erhielt dann einen Kopfhörer, über den die Reize jeweils auf das Messohr gegeben wurden (Abb.9).



Abb.9: Durchführung der VEMP-Messung

Vor jeder Messung wurde der Elektrodenwiderstand der zu messenden Seite durch das NeuroScreen Programm geprüft. Die Messungen erfolgten seitengetrennt, zuerst auf der linken, dann auf der rechten Seite. Um die Reproduzierbarkeit der einzelnen entstandenen Potentiale nachzuweisen, erfolgte jeweils für die Klick-Reizung, die Burst-Reizung bei 500 Hz und 1000 Hz zwei nacheinander folgende Messungen.

Zur Reflexbahnung mußte der Musculus sternocleidomastoideus der jeweils zu prüfenden Seite angespannt werden. Um einen gleichen Muskeltonus zu erreichen, wurden Patienten darüber aufgeklärt und mußten den Kopf zur nicht gereizten Seite drehen und gegen einen Widerstand, eine Hand des Untersuchers, drücken .

Um Artefakte und falsche Aussagen in Form eines seitendifferenten Muskeltonus verschiedener Ursachen zu vermeiden, erfolgte unmittelbar nach jeder Messung eine Registrierung der Spontan-EMG mit dem gleichen Programm über mindestens 5 Sekunden, von denen 1 Sekunde auf Papier dokumentiert wurde (Abb.10).

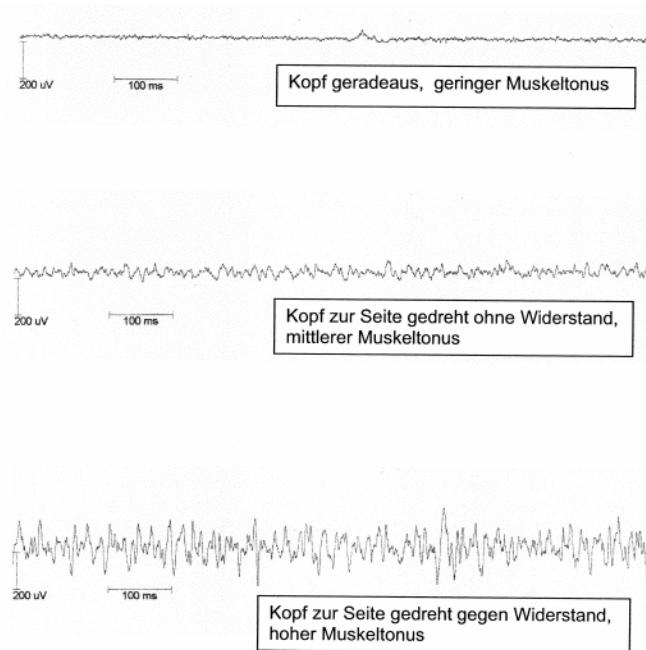


Abb.10: Abhängigkeit der Spontanelektromyogramme von verschieden ausgeprägtem Muskeltonus

Die komplette Untersuchung eines Patienten mit Klick- und Burst-Reizung dauerte ungefähr eine Stunde.

#### 2.1.4. Auswertung

Die im NeuroScreen Programm gespeicherten Daten wurden nach einer bildlichen Vorverarbeitung zur weiteren Analyse ausgedruckt.

Zur Auswertung kamen die Reproduzierbarkeit der Potentiale, die Größe der Antwortamplitude, ihr Fehlen oder die Größendifferenz zwischen den Potentialen beider Seiten. Für die Auswertung wurden nur die vom Sacculus generierten Wellenkomplexe berücksichtigt.

Als pathologischer Unterschied galt eine Differenz der Amplituden von mehr als 50%. Die Latenzen konnte man mit Hilfe des Cursors im Neuroscreenprogramm ausmessen. Das Bestimmen der Amplitude erfolgte von Hand.

Ein Seitenvergleich der Spontan-EMG sollte darüber Aufschluß geben, ob bei der Ableitung beider Seiten eine vergleichbare Muskelspannung bestand. Bestanden Seitenunterschiede in Spontan-EMG von mehr als 50%, kamen die VEMP dieser Probanden/Patienten nicht in die Auswertung.

## 2.2. Diagnostik vestibulärer Erkrankungen

Im folgenden sollen die diagnostischen Kriterien angegeben werden, nach denen die Diagnosen vestibulärer Erkrankungen gestellt wurden.

### 2.2.1. Morbus Menière

Die Wissenschaftliche Gesellschaft der Amerikanischen HNO Ärzte hat eine Einteilung der Menièreschen Krankheit nach Wahrscheinlichkeitskriterien der Diagnosesicherheit geschaffen (AAO-HNS) (Tab.1). Diese Einteilung ist pragmatisch aufgebaut und findet weltweit breite Anwendung. Die folgende Tabelle gibt die Übersetzung des Wortlautes wider.

**Tabelle 1.: Morbus Menière**

<b><u>MORBUS MENIERE</u></b>	
<b><u>BEWIESENER M. M.:</u></b>	<b>Sicherer M. M. mit histopathologischer Bestätigung</b>
<b><u>SICHERER M. M. (TRIAS):</u></b>	<b>&gt; = 2 Schwindelanfälle von wenigstens 20 Min. Dauer, wenigstens 1x audiometrisch dokumentierter Hörverlust, Tinnitus oder Druckgefühl</b>
<b><u>WAHRSCHEINLICHER M. M.:</u></b>	<b>Einmaliger Schwindelanfall, wenigstens 1 x audiometrisch dokumentierter Hörverlust, Tinnitus oder Druckgefühl</b>
<b><u>MÖGLICHER M. M.:</u></b>	<b>Schwindelepisode ohne Hörverlust, bleibende Innenohrschwerhörigkeit o. fluktuierendes Gehör mit Gleichgewichtsstörungen ohne definierte Anfälle</b>

In der vorliegenden Arbeit wurden nur die Patienten berücksichtigt, bei denen die Diagnose eines „sicheren“ Morbus Menière gestellt worden war, also rezidivierende Schwindelanfälle bekannt waren, eine Hörstörung nachgewiesen war, sowie entweder ein Tinnitus oder Ohrgeräusch bestand.

### 2.2.2. Neuritis vestibularis

Für die Diagnosestellung der Neuritis vestibularis war eine durch thermische Reizung nachgewiesene Unterfunktion eines horizontalen Bogenganges gefordert, unabhängig vom Kompensationsgrad. Außer den Schwindelbeschwerden, die länger als 24 Stunden gedauert haben mußten, durfte keine andere Symptomatik vorhanden sein, da es sich bei der Neuritis vestibularis um ein monosymptomatisches Krankheitsbild handelt.

### 2.2.3. Kleinhirnbrückenwinkeltumor

Die Diagnosesicherung eines Tumors im Kleinhirnbrückenwinkel erfolgte durch MRT mit Gadolinium-Kontrast, nachdem eine Diagnostik mit Audiogramm, BERA und Vestibularisprüfung einen Verdacht ergeben hatten. Nach der Lage der Tumoren kann man annehmen, daß es sich um Vestibularisschwannome gehandelt hatte, auch wenn eine histologische Sicherung nicht erfolgt war.

### 2.2.4. Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPPV)

Die Diagnose eines BPPV wurde nur dann gestellt, wenn neben den anamnestisch erfaßten kopfbewegungsabhängigen Drehschwindelattacken von Sekundendauer ein Lagerungsnystagmus nachgewiesen worden war.

## 2.3. Untersuchungskollektiv

### 2.3.1. Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe umfaßte 25 gesunde Probanden. Anamnestisch waren keinerlei Schwindelbeschwerden oder Gleichgewichtsstörungen bekannt. Es handelte sich um 8 Männer und 17 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren (von 18 bis 37).

### 2.3.2. Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv bestand aus insgesamt 100 Patienten, bei denen eine der genannten vestibulären Erkrankungen mittels klassischer Vestibularisdiagnostik nachgewiesen war. Die Diagnosestellung war nach den in 2.2. niedergelegten Kriterien erfolgt. Zum vollständigen Untersuchungsprogramm gehörte die Anamnese, die klinische Untersuchung mittels Frenzel-Brille, die thermische Prüfung und die rotatorische Prüfung. Durch Videookulographie wurde die Suche nach einem Spontannystagmus, sowie die Ergebnisse der thermischen und der rotatorischen Prüfung dokumentiert. Das gesamte Kollektiv bestand aus 38 Männer und 62 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren (11-76). Die zahlenmäßige Verteilung der einzelnen Krankheitsbilder ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

**Tabelle 2.: Untersuchungskollektiv**

Kontrolle	Patienten	M.M	N.V.	AKN	BPPV
n=25	n=100	n=36	n=45	n=13	n=6



## 2.4. Statistische Methoden

Zur Darstellung der Ergebnisse wurde die numerische tabellarische Auflistung von Daten mit ja/nein Kriterien eingesetzt. Um die kategoriale Merkmale zu vergleichen und Unterschiede zwischen Burst und Klick Signalen nachzuweisen wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Kontrollkollektiv

##### 3.1.1. Klick-evozierte VEMP

Bei allen 25 Personen der Kontrollgruppe konnten typische VEMP Antworten durch Klick-Reize, bestehend aus einem frühen positiven und einem späten negativen Potential, auf beiden Seiten ausgelöst werden. Die Spontan-EMGs beider Seiten wiesen keine Amplitudendifferenz von mehr als 50% auf. Ein pathologischer Seitenunterschied im Potentialkomplex, also eine Amplitudendifferenz von mehr als 50%, trat nur in einem Fall auf (Abb.11; Tab 3).

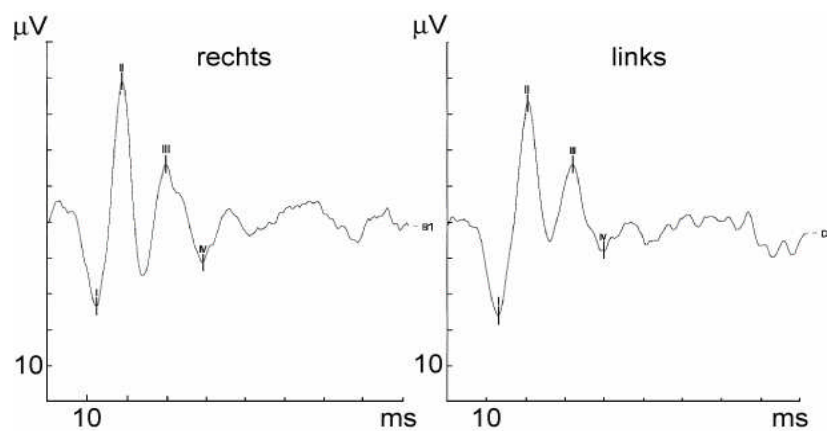


Abb.11: Originalregistrierung **seitengleich** ableitbarer, durch **Klick evozierter** VEMP bei einer **gesunden** Versuchsperson.

### 3.1.2. Burst-evozierte VEMP

Bei allen 25 Versuchspersonen ließen sich für beide Burst-Frequenzen typische VEMP ableiten (Abb.12). Nur bei drei Personen ergaben sich Seitenunterschiede der Amplitudenhöhe von mehr als 50% (Tab.4)

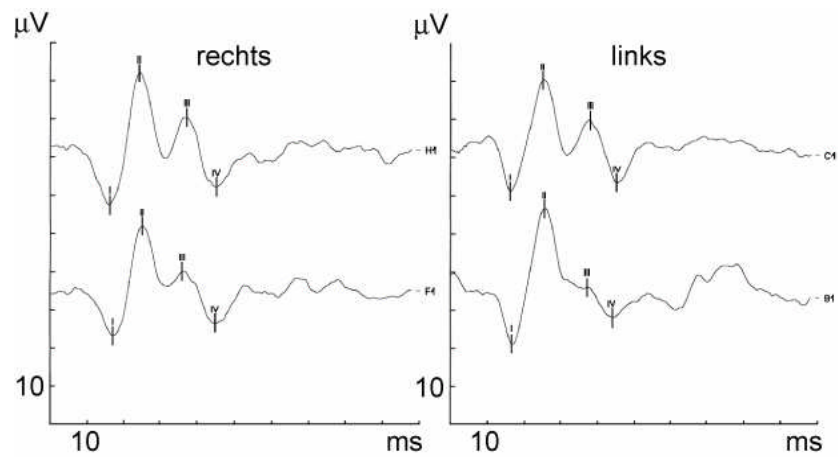


Abb.12: Originalregistrierung **seitengleich** ableitbarer, durch **Burst** bei **500 Hz** (die oberen Kurven) **und 1000 Hz** (die unteren Kurven) evozierter VEMP bei einer **gesunden** Versuchsperson.

**Tabelle 3: Klick-evozierte VEMP beim Kontrollkollektiv**

Nr.	Namen	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Regelrechte Potentiale bds.	>50% Amplitudendiff.	keine Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	F.K.	w	1981	23	ja	nein	nein
2.	K.K.	w	1981	23	ja	nein	nein
3.	D.V.	w	1978	26	ja	nein	nein
4.	B.B.	w	1986	18	ja	nein	nein
5.	A.D.	w	1982	22	ja	nein	nein
6.	P.B.	w	1980	24	ja	nein	nein
7.	S.K.	w	1981	23	ja	nein	nein
8.	M.G.	w	1979	25	ja	nein	nein
9.	M.T.	m	1978	26	ja	nein	nein
10.	L.A.	m	1978	26	ja	nein	nein
11.	D.K.	w	1981	23	ja	nein	nein
12.	K.A.	w	1977	27	ja	nein	nein
13.	R.T.	w	1979	25	ja	nein	nein
14.	D.C.	m	1977	27	ja	nein	nein
15.	M.F.	m	1976	28	ja	nein	nein
16.	M.C.	w	1980	24	ja	nein	nein
17.	H.M.	m	1979	25	ja	nein	nein
18.	W.K.	w	1979	25	ja	nein	nein
19.	M.M.	m	1978	26	ja	nein	nein
20.	W.M.	w	1980	24	ja	nein	nein
21.	V.E.	w	1982	22	ja	nein	nein
22.	P.S.	m	1981	23	nein	ja	nein
23.	H.N.	w	1981	23	ja	nein	nein
24.	W.I.	w	1967	37	ja	nein	nein
25..	F.C.	m	1980	24	ja	nein	nein

**Tabelle 4: Burst –evozierte VEMP beim Kontrollkollektiv**

Nr.	Namen	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Regelrechte Potentiale bds.		>50% Amplitudendifferenz		keine Potentiale	
					bei Burst 500 Hz	bei Burst 1000 Hz	bei Burst 500 Hz	bei Burst 1000 Hz	bei Burst 500 Hz	bei Burst 1000 Hz
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	F.K.	w	1981	23	ja	ja	nein	nein	nein	nein
2.	K.K.	w	1981	23	ja	ja	nein	nein	nein	nein
3.	D.V.	w	1978	26	ja	ja	nein	nein	nein	nein
4.	B.B.	w	1986	18	ja	ja	nein	nein	nein	nein
5.	A.D.	w	1982	22	ja	ja	nein	nein	nein	nein
6.	P.B.	w	1980	24	ja	ja	nein	nein	nein	nein
7.	S.K.	w	1981	23	ja	ja	nein	nein	nein	nein
8.	M.G.	w	1979	25	ja	ja	nein	nein	nein	nein
9.	M.T.	m	1978	26	ja	ja	nein	nein	nein	nein
10.	L.A.	m	1978	26	ja	ja	nein	nein	nein	nein
11.	D.K.	w	1981	23	ja	ja	nein	nein	nein	nein
12.	K.A.	w	1977	27	ja	nein	nein	nein	nein	ja
13.	R.T.	w	1979	25	ja	ja	nein	nein	nein	nein
14.	D.C.	m	1977	27	ja	ja	nein	nein	nein	nein
15.	M.F.	m	1976	28	nein	ja	ja	nein	nein	nein
16.	M.C.	w	1980	24	ja	ja	nein	nein	nein	nein
17.	H.M.	m	1979	25	ja	ja	nein	nein	nein	nein
18.	W.K.	w	1979	25	ja	ja	nein	nein	nein	nein
19.	M.M.	m	1978	26	ja	ja	nein	nein	nein	nein
20.	W.M.	w	1980	24	ja	ja	nein	nein	nein	nein
21.	V.E.	w	1982	22	nein	nein	ja	ja	nein	nein
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.

22.	P.S.	m	1981	23	nein	nein	ja	ja	nein	nein
23.	H.N.	w	1981	23	ja	ja	nein	nein	nein	nein
24.	W.I.	w	1967	37	ja	ja	nein	nein	nein	nein
25.	F.C.	m	1980	24	ja	ja	nein	nein	nein	nein

**Tabelle 5: Vergleich von durch Klick- und Burst evozierte VEMP beim Kontrollkollektiv**

Nr.	Namen	Geschlecht	Geburtsjahr	Alter	Übereinstimmende Aussagen zw. Klick- und Burst-VEMP	Nicht übereinstimmende Aussagen zw. Klick- und Burst-VEMP		
						Klick>Burst	Klick<Burst 500 Hz	Klick<Burst 1000Hz
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.	F.K.	w	1981	23	ja	nein	nein	nein
2.	K.K.	w	1981	23	ja	nein	nein	nein
3.	D.V.	w	1978	26	ja	nein	nein	nein
4.	B.B.	w	1986	18	ja	nein	nein	nein
5.	A.D.	w	1982	22	ja	nein	nein	nein
6.	P.B.	w	1980	24	ja	nein	nein	nein
7.	S.K.	w	1981	23	ja	nein	nein	nein
8.	M.G.	w	1979	25	ja	nein	nein	nein
9.	M.T.	m	1978	26	ja	nein	nein	nein
10.	L.A.	m	1978	26	ja	nein	nein	nein
11.	D.K.	w	1981	23	ja	nein	nein	nein
12.	K.A.	w	1977	27	ja	nein	nein	nein
13.	R.T.	w	1979	25	ja	nein	nein	nein
14.	D.C.	m	1977	27	ja	nein	nein	nein
15.	M.F.	m	1976	28	nein	ja	nein	nein
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.

16.	M.C.	w	1980	24	ja	nein	nein	nein
17.	H.M.	m	1979	25	ja	nein	nein	nein
18.	W.K.	w	1979	25	ja	nein	nein	nein
19.	M.M.	m	1978	26	ja	nein	nein	nein
20.	W.M.	w	1980	24	ja	nein	nein	nein
21.	V.E.	w	1982	22	nein	ja	nein	nein
22.	P.S.	m	1981	23	ja	nein	nein	nein
23.	H.N.	w	1981	23	ja	nein	nein	nein
24.	W.I.	w	1967	37	ja	nein	nein	nein
25.	F.C.	m	1980	24	ja	nein	nein	nein

### 3.1.3. Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP

Beim Vergleich zwischen Burst-Reizung und Klick-Reizung ergab sich eine hohe Übereinstimmung bezüglich der Aussage der Befunde (Tab.5). Nur bei zwei Probanden waren die Aussagen der beiden Reizungen unterschiedlich. Allerdings zeigte es sich, daß die Ablesbarkeit der Potentiale bei Burst-Reizung in einigen Fällen schlechter war als bei Klick-Reizung (Tab.5).

## 3.2. Patientenkollektiv

### 3.2.1. Morbus Menière

#### 3.2.1.1. Klick-evozierte VEMP

Bei Klick-Reizung ließen sich bei fast allen (bei 33 von 36) Menière-Patienten zumindest einseitig Sacculus-Potentiale auslösen (Abb.13). Nur bei 3 Patienten erfolgte beidseitig keine Reaktion (Tab.6).

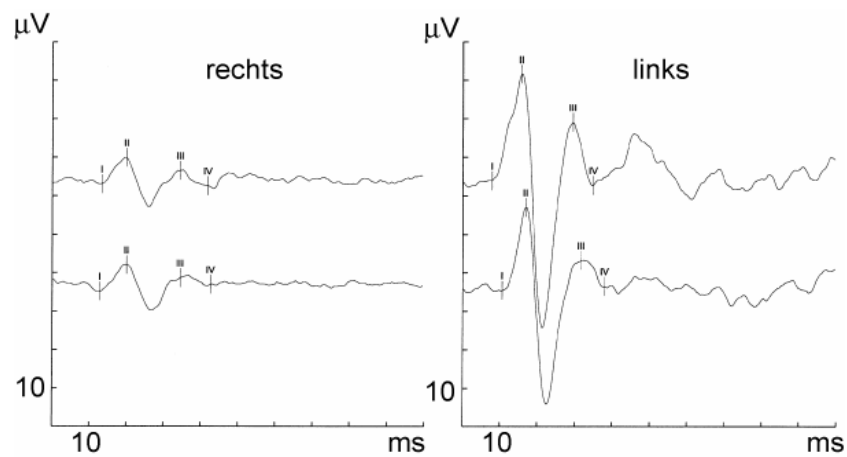


Abb.13: Originalregistrierung **nicht seitengleich** ableitbarer, durch **Klick** evozierter VEMP bei einem Patienten mit **Morbus Menière** der **rechten** Seite.

#### 3.2.1.2. Burst-evozierte VEMP

Durch Burst-Reize konnten bei 31 von 36 Patienten zumindest einseitig sowohl bei 500 Hz, als auch bei 1000 Hz VEMP abgeleitet werden (Abb.14), bei 5 von 36 Menière Patienten beidseitig nicht, weder bei 500 Hz, noch bei 1000 Hz (Tab.7, Tab.8; Abb.15).



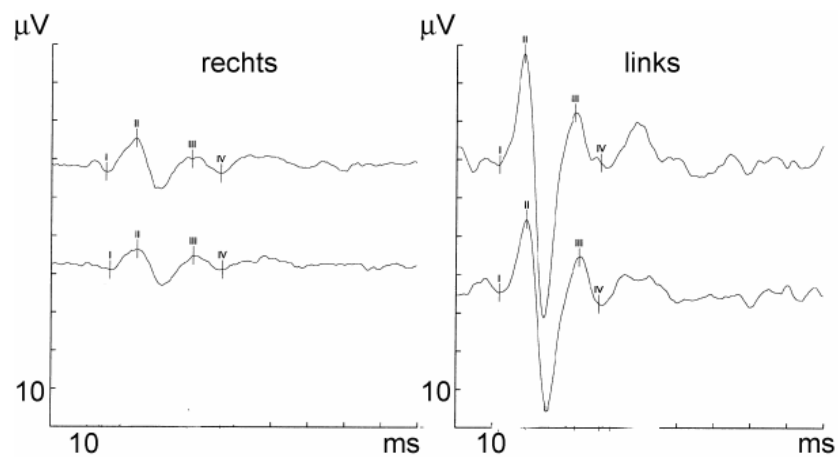


Abb.14: Originalregistrierung **nicht seitengleich** ableitbarer, durch **Burst bei 500 Hz** (die oberen Kurven) **und 1000 Hz** (die unteren Kurven) evozierter VEMP bei einem Patient mit **Morbus Menière** der **rechten** Seite.

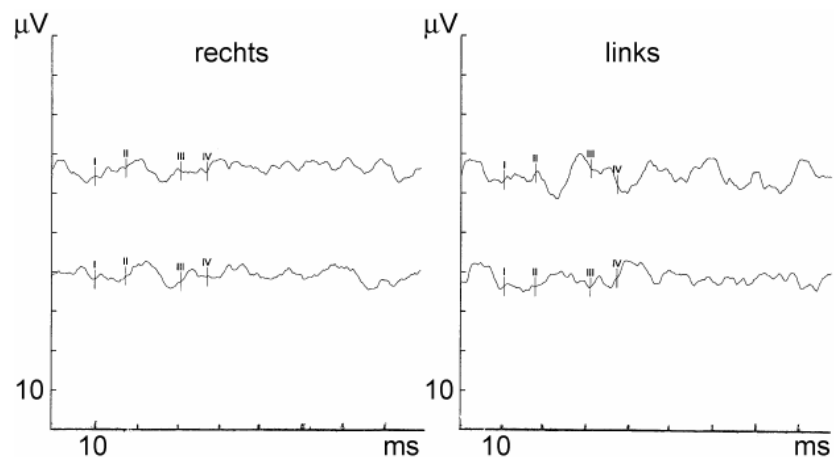


Abb.15: Originalregistrierung durch **Burst bei 500 Hz** (die oberen Kurven) **und 1000 Hz** (die unteren Kurven) evozierter VEMP mit **beidseitig nicht ableitbaren** Potentialen bei einer Patientin mit **Morbus Menière beidseits**.

### 3.2.1.3. Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP

Der Vergleich von Klick- und Burst-Reizung ergibt in 2/3 der Fälle eine Übereinstimmung der Aussage (Tab.9). Bei den Patienten, bei denen die Aussage widersprüchlich war, zeigte sich keine Überlegenheit einer Methode bezüglich der Ablesbarkeit ihrer Potentiale.

**Tabelle 6: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit Morbus Menière**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	B.J.	w	1950	54	M.M. re	ja	ja	nein	nein
2.	P.R.	w	1941	63	M.M. re	ja	nein	ja	nein
3.	O.E.	w	1935	69	M.M. li	ja	ja	ja	nein
4.	N.S.	w	1965	39	M.M. re	ja	ja	nein	nein
5.	C.R.	m	1964	40	M.M. bds.	ja	ja	ja	nein
6.	F.C.	w	1948	56	M.M. re	ja	ja	nein	nein
7.	T.M.	w	1961	43	M.M. li	ja	ja	nein	nein
8.	W.M.	w	1976	28	M.M.re	ja	nein	ja	nein
9.	G.K.	w	1958	46	M.M. li	ja	ja	nein	nein
10.	T.G.	m	1968	36	M.M. li	nein	ja	ja	nein
11.	M.M.	m	1943	61	M.M. re	ja	ja	ja	nein
12.	K.K.	w	1966	38	M.M. li	ja	ja	nein	nein
13.	Z.B.	w	1966	38	M.M. bds	nein	nein	nein	ja
14.	H.B.	w	1974	30	M.M. li	nein	nein	nein	ja

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
15.	D.G.	w	1950	54	M.M. li	ja	ja	nein	nein
16.	H.H.	w	1944	60	M.M. re	ja	ja	ja	nein
17.	S.J.	m	1949	55	M.M. li	ja	ja	ja	nein
18.	E.M.	m	1963	41	M.M. li	ja	ja	ja	nein
19.	S.C.	w	1969	35	M.M. li	nein	ja	ja	nein
20.	D.L.	w	1934	70	M.M. re	ja	nein	ja	nein
21.	S.E.	w	1960	44	M.M. li	ja	nein	ja	nein
22.	S.K.	m	1949	55	M.M. re	ja	nein	ja	nein
23.	H.A.	w	1933	71	M.M. re	ja	ja	nein	nein
24.	L.K.	w	1971	33	M.M. re	ja	ja	ja	nein
25.	T.V.	w	1939	65	M.M. li	nein	nein	nein	ja
26.	D.R.	w	1953	51	M.M. li	ja	ja	nein	nein
27.	R.L.	w	1957	47	M.M. li	nein	ja	ja	nein
28.	K.J.	m	1965	39	M.M. li	ja	ja	nein	nein
29.	S.H.	m	1946	58	M.M. li	nein	ja	ja	nein
30.	K.G.	w	1943	61	M.M. li	ja	nein	ja	nein
31.	K.H.	w	1940	64	M.M. li	ja	nein	ja	nein
32.	W.H.	w	1993	11	M.M. li	ja	ja	nein	nein
33.	H.L.	w	1937	67	M.M. re	ja	nein	ja	nein
34.	G.J.	m	1960	44	M.M. li	nein	ja	ja	nein
35.	O.B.	w	1964	40	M.M. li	ja	ja	nein	nein
36.	T.M.	m	1965	39	M.M. li	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 7: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Morbus Menière**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	B.J.	w	1950	54	M.M. re	nein	nein	nein	ja
2.	P.R.	w	1941	63	M.M. re	ja	ja	nein	nein
3.	O.E.	w	1935	69	M.M. li	ja	ja	nein	nein
4.	N.S.	w	1965	39	M.M. re	ja	ja	nein	nein
5.	C.R.	m	1964	40	M.M. bds	ja	ja	nein	nein
6.	F.C.	w	1948	56	M.M. re	nein	ja	ja	nein
7.	T.M.	w	1961	43	M.M. li	ja	ja	nein	nein
8.	W.M.	w	1976	28	M.M. re	ja	nein	ja	nein
9.	G.K.	w	1958	46	M.M. li	ja	ja	nein	nein
10.	T.G.	m	1968	36	M.M. li	nein	ja	ja	nein
11.	M.M.	m	1943	61	M.M. re	ja	ja	ja	nein
12.	K.K.	w	1966	38	M.M. li	ja	ja	ja	nein
13.	Z.B.	w	1966	38	M.M. bds.	nein	nein	nein	ja
14.	H.B.	w	1974	30	M.M. li	nein	nein	nein	ja
15.	D.G.	w	1950	54	M.M. li	ja	ja	nein	nein
16.	H.H.	w	1944	60	M.M. re	ja	ja	ja	nein
17.	S.J.	m	1949	55	M.M. li	ja	ja	ja	nein
18.	E.M.	m	1963	41	M.M. li	ja	ja	nein	nein
19.	S.C.	w	1969	35	M.M. li	ja	nein	ja	nein
20.	D.L.	w	1934	70	M.M. re	ja	ja	ja	nein
21.	S.E.	w	1960	44	M.M. li	ja	ja	ja	nein
22.	S.K.	m	1949	55	M.M. re	ja	nein	ja	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
23.	H.A.	w	1933	71	M.M. re	ja	nein	ja	nein
24.	L.K.	w	1971	33	M.M. re	ja	ja	nein	nein
25.	T.V.	w	1939	65	M.M. li	nein	ja	nein	nein
26.	D.R.	w	1953	51	M.M. li	nein	ja	ja	nein
27.	R.L.	w	1957	47	M.M. li	ja	ja	nein	nein
28.	K.J.	m	1965	39	M.M. li	ja	ja	nein	nein
29.	S.H.	m	1946	58	M.M. li	ja	ja	nein	nein
30.	K.G.	w	1943	61	M.M. li	nein	ja	nein	nein
31.	K.H.	w	1940	64	M.M. li	ja	nein	ja	nein
32.	W.H.	w	1993	11	M.M. li	ja	ja	nein	nein
33.	H.L.	w	1937	67	M.M. re	nein	nein	nein	ja
34.	G.J.	m	1960	44	M.M. li	nein	nein	nein	ja
35.	O.B.	w	1964	40	M.M. li	ja	ja	nein	nein
36.	T.M.	m	1965	39	M.M. li	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 8: Burst 1000 Hz–evozierte VEMP bei Patienten mit Morbus Menière**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	B.J.	w	1950	54	M.M. re	ja	nein	ja	nein
2.	P.R.	w	1941	63	M.M. re	ja	nein	ja	nein
3.	O.E.	w	1935	69	M.M. li	ja	ja	nein	nein
4.	N.S.	w	1965	39	M.M. re	ja	ja	nein	nein
5.	C.R.	m	1964	40	M.M. bds	ja	ja	ja	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
6.	F.C.	w	1948	56	M.M. re	ja	ja	nein	nein
7.	T.M.	w	1961	43	M.M. li	ja	ja	nein	nein
8.	W.M.	w	1976	28	M.M. re	ja	nein	ja	nein
9.	G.K.	w	1958	46	M.M. li	ja	ja	nein	nein
10.	T.G.	m	1968	36	M.M. li	nein	ja	ja	nein
11.	M.M.	m	1943	61	M.M. re	ja	ja	ja	nein
12.	K.K.	w	1966	38	M.M. li	ja	ja	ja	nein
13.	Z.B.	w	1966	38	M.M. bds.	nein	nein	nein	ja
14.	H.B.	w	1974	30	M.M. li	nein	nein	nein	ja
15.	D.G.	w	1950	54	M.M. li	ja	ja	nein	nein
16.	H.H.	w	1944	60	M.M. re	ja	ja	ja	nein
17.	S.J.	m	1949	55	M.M. li	ja	ja	nein	nein
18.	E.M.	m	1963	41	M.M. li	ja	ja	nein	nein
19.	S.C.	w	1969	35	M.M. li	ja	nein	ja	nein
20.	D.L.	w	1934	70	M.M. re	ja	nein	ja	nein
21.	S.E.	w	1960	44	M.M. li	ja	ja	ja	nein
22.	S.K.	m	1949	55	M.M. re	ja	nein	ja	nein
23.	H.A.	w	1933	71	M.M. re	ja	nein	ja	nein
24.	L.K.	w	1971	33	M.M. re	ja	ja	ja	nein
25.	T.V.	w	1939	65	M.M. li	nein	ja	ja	nein
26.	D.R.	w	1953	51	M.M. li	nein	ja	ja	nein
27.	R.L.	w	1957	47	M.M. li	ja	ja	ja	nein
28.	K.J.	m	1965	39	M.M. li	ja	ja	nein	nein
29.	S.H.	m	1946	58	M.M. li	ja	ja	mein	nein
30.	K.G.	w	1943	61	M.M. li	nein	ja	ja	nein
31.	K.H.	w	1940	64	M.M. li	ja	nein	ja	nein
32.	W.H.	w	1993	11	M.M. li	ja	ja	nein	nein
33.	H.L.	w	1937	67	M.M. re	nein	nein	nein	ja
34.	G.J.	m	1960	44	M.M. li	nein	nein	nein	ja

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
35.	O.B.	w	1964	40	M.M. li	ja	ja	nein	nein
36.	T.M.	m	1965	39	M.M. li	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 9: Vergleich von durch Klick-Reize und Burst-Reize evozierten VEMP bei Patienten mit Morbus Menière**

Nr.	Name	G	Jahr-gang	A	Diagnose	C=B Aussage	C≠B Aussage	C>B 500Hz	C>B 1000 Hz	C<B 500Hz	C<B 1000 Hz	C=B Ables- barkeit
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	B.J.	w	1950	54	M.M. re	nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja
2.	P.R.	w	1941	63	M.M. re	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein
3.	O.E.	w	1935	69	M.M. li	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein
4.	N.S.	w	1965	39	M.M. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
5.	C.R.	m	1964	40	M.M.bds	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
6.	F.C.	w	1948	56	M.M. re	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein
7.	T.M.	w	1961	43	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
8.	W.M.	w	1976	28	M.M. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
9.	G.K.	w	1958	46	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
10.	T.G.	m	1968	36	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
11.	M.M	m	1943	61	M.M. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
12.	K.K.	w	1966	38	M.M. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
13.	Z.B.	w	1966	38	M.M.bds	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
14.	H.B.	w	1974	30	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
15.	D.G.	w	1950	54	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
16.	H.H.	w	1944	60	M.M. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
17.	S.J.	m	1949	55	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
18.	E.M.	m	1963	41	M.M. li	nein	ja	nein	nein	nein	nein	ja
19.	S.C.	w	1969	35	M.M. li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
20.	D.L.	w	1934	70	M.M. re	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
21.	S.E.	w	1960	44	M.M. li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
22.	S.K.	m	1949	55	M.M. re	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
23.	H.A.	w	1933	71	M.M. re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
24.	L.K.	w	1971	33	M.M. re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
25.	T.V.	w	1939	65	M.M. li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
26.	D.R.	w	1953	51	M.M. li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
27.	R.L.	w	1957	47	M.M. li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
28.	K.J.	m	1965	39	M.M. li	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein
29.	S.H.	m	1946	58	M.M. li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
30.	K.G.	w	1943	61	M.M. li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
31.	K.H.	w	1940	64	M.M. li	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
32.	W.H.	w	1993	11	M.M. li	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
33.	H.L.	w	1937	67	M.M. re	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
34.	G.J.	m	1960	44	M.M. li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
35.	O.B.	w	1964	40	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
36.	T.M.	m	1965	39	M.M. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja



### 3.2.2. Neuritis vestibularis

#### 3.2.2.1. Klick-evozierte VEMP

Nur bei einem kleinen Teil der Patienten (4 von 45), die an einer Neuritis vestibularis litten, traten beidseitig nach Klick-Reizung keine meßbaren Potentiale auf. In 30 von 45 Fällen waren auch auf der erkrankten Seite regelrechte Potentiale vorhanden, bei 8 von 30 waren die Amplituden aber mehr als 50% kleiner als auf der gesunden Seite (Tab.10), (Abb. 16).

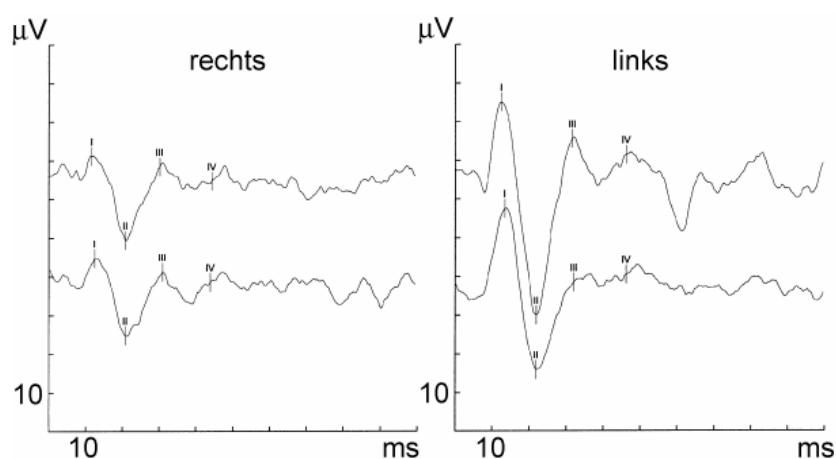


Abb.16: Originalregistrierung durch **Klick** ausgelöster, **seitenungleicher** VEMP bei einem Patient mit **Neuritis vestibularis** der **rechten** Seite.

#### 3.2.2.2. Burst-evozierte VEMP

Auch bei Burst-Reizung ließen sich in einigen Fällen beidseitig keine VEMP nachweisen (Abb.17). Diese Beobachtung war für 500 Hz Burst häufiger als für die 1000Hz Burst (Tab.11, 12). Die Seitendifferenz war bei den ableitbaren Potentialen in 17 Fällen bei 500 Hz und in 16 Fällen bei 1000 Hz normal.

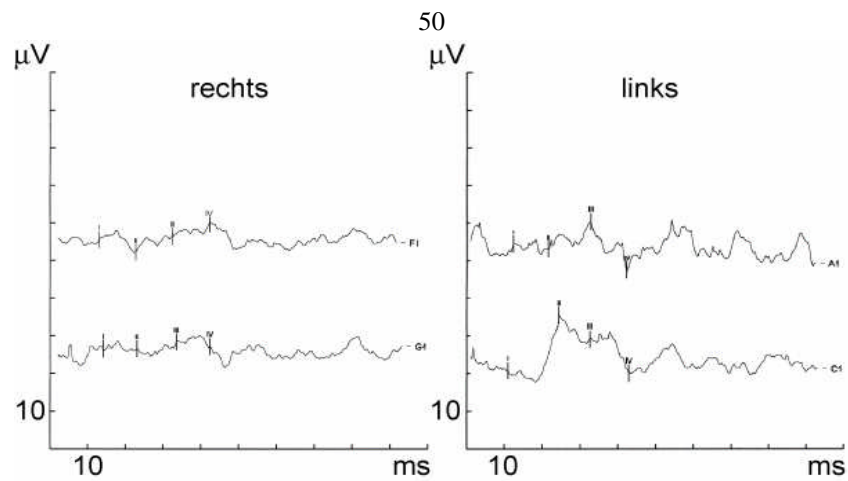


Abb.17: Originalregistrierung durch **Burst bei 500 Hz** (die oberen Kurven) und **1000 Hz** (die unteren Kurven) ausgelöster VEMP mit **nicht auslösbaren Potentialen beiderseits** bei einem Patient mit **Neuritis vestibularis der rechten Seite**.

### 3.2.2.3. Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP

In der großen Mehrzahl der Fälle, nämlich bei 2/3 der Patienten, ergab sich eine Übereinstimmung zwischen den Befunden bei Klick-Reizen und Befunden bei Burst-Reizen.

In den Fällen, in denen keine Übereinstimmung bestand, erwies sich aber keine Methode der anderen überlegen (Tab.13).

**Tabelle 10: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Pot.bds
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	R.H.	m	1953	51	N.V. re	nein	nein	nein	ja
2.	S.O.	m	1951	53	N.V. li	nein	ja	ja	nein
3.	A.G.	w	1951	53	N.V. re	ja	ja	ja	nein
4.	L.E.	w	1927	77	N.V. li	ja	ja	ja	nein
5.	E.E.	w	1933	71	N.V. re	ja	ja	nein	nein
6.	K.B.	w	1966	38	N.V. re	nein	ja	ja	nein
7.	H.H.	m	1959	45	N.V. re	ja	ja	nein	nein
8.	H.L.	w	1932	72	N.V. li	ja	ja	nein	nein
9.	K.M.	m	1978	26	N.V. re	ja	nein	ja	nein
10.	S.E.	w	1939	65	N.V. re	nein	ja	ja	nein
11.	W.K.	w	1964	40	N.V. re	nein	ja	ja	nein
12.	B.D.	w	1952	52	N.V. li	nein	ja	ja	nein
13.	D.C.	w	1965	39	N.V. li	ja	ja	nein	nein
14.	S.G.	m	1963	41	N.V. li	ja	ja	nein	nein
15.	M.R.	m	1964	40	N.V. re	ja	nein	ja	nein
16.	E.R.	w	1964	40	N.V. li	ja	ja	nein	nein
17.	F.S.	w	1961	43	N.V. re	ja	ja	nein	nein
18.	J.U.	m	1953	51	N.V. li	ja	ja	ja	nein
19.	M.S.	w	1974	30	N.V. li	ja	ja	nein	nein
20.	S.G.	m	1955	49	N.V. re	ja	ja	nein	nein
21.	H.F.	m	1932	72	N.V. li	nein	ja	ja	nein
22.	B.I.	w	1935	69	N.V. li	ja	ja	ja	nein
23.	C.M.	w	1963	41	N.V. li	ja	ja	ja	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
24.	C.I.	w	1949	55	N.V. re	ja	ja	ja	nein
25.	N.K.	m	1945	59	N.V. li	ja	ja	nein	nein
26.	F.E.	w	1933	71	N.V. re	ja	ja	nein	nein
27.	H.R.	m	1968	36	N.V. li	ja	ja	nein	nein
28.	K.I.	w	1950	54	N.V. re	ja	nein	ja	nein
29.	B.C.	w	1970	34	N.V. li	ja	ja	nein	nein
30.	K.D.	m	1955	49	N.V. re	ja	ja	nein	nein
31.	F.R.	w	1938	66	N.V. re	nein	nein	nein	ja
32.	E.D.	w	1946	58	N.V. li	nein	ja	ja	nein
33.	G.B.	w	1966	38	N.V. re	ja	ja	nein	nein
34.	L.G.	w	1967	37	N.V. re	nein	nein	nein	ja
35.	L.H.	m	1946	58	N.V. re	ja	ja	ja	nein
36.	B.W.	m	1935	69	N.V. re	ja	ja	ja	nein
37.	R.I.	m	1948	56	N.V. li	nein	ja	ja	nein
38.	K.B.	w	1965	39	N.V. li	ja	ja	nein	nein
39.	S.R.	m	1928	76	N.V. li	ja	nein	ja	nein
40.	M.A.	m	1971	33	N.V. re	ja	nein	ja	nein
41.	K.M.	m	1978	26	N.V. re	ja	ja	nein	nein
42.	W.H.	m	1943	61	N.V. li	nein	ja	ja	nein
43.	K.H.	w	1950	54	N.V. re	nein	nein	nein	ja
44.	F.A.	m	1963	41	N.V. li	ja	ja	nein	nein
45.	L.B.	w	1976	28	N.V. re	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 11: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Pot.bds
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	R.H.	m	1953	51	N.V. re	ja	nein	ja	ja
2.	S.O.	m	1951	53	N.V. li	nein	ja	ja	nein
3.	A.G.	w	1951	53	N.V. re	ja	ja	ja	nein
4.	L.E.	w	1927	77	N.V. li	nein	ja	ja	nein
5.	E.E.	w	1933	71	N.V. re	nein	nein	nein	ja
6.	K.B.	w	1966	38	N.V. re	nein	nein	nein	ja
7.	H.H.	m	1959	45	N.V. re	ja	ja	nein	nein
8.	H.L.	w	1932	72	N.V. li	ja	ja	nein	nein
9.	K.M.	m	1978	26	N.V. re	ja	ja	nein	nein
10.	S.E.	w	1939	65	N.V. re	ja	nein	ja	nein
11.	W.K.	w	1964	40	N.V. re	ja	ja	nein	nein
12.	B.D.	w	1952	52	N.V. li	nein	ja	ja	nein
13.	D.C.	w	1965	39	N.V. li	ja	ja	nein	nein
14.	S.G.	m	1963	41	N.V. li	ja	ja	nein	nein
15.	M.R.	m	1964	40	N.V. re	ja	nein	ja	nein
16.	E.R.	w	1964	40	N.V. li	ja	ja	nein	nein
17.	F.S.	w	1961	43	N.V. re	ja	ja	nein	nein
18.	J.U.	m	1953	51	N.V. li	ja	ja	ja	nein
19.	M.S.	w	1974	30	N.V. li	ja	ja	nein	nein
20.	S.G.	m	1955	49	N.V. re	ja	ja	nein	nein
21.	H.F.	m	1932	72	N.V. li	nein	nein	nein	<b>ja</b>
22.	B.I.	w	1935	69	N.V. li	nein	ja	ja	nein
23.	C.M.	w	1963	41	N.V. li	ja	ja	ja	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
24.	C.I.	w	1949	55	N.V. re	ja	nein	ja	nein
25.	N.K.	m	1945	59	N.V. li	ja	ja	nein	nein
26.	F.E.	w	1933	71	N.V. re	ja	nein	ja	nein
27.	H.R.	m	1968	36	N.V. li	ja	ja	ja	nein
28.	K.I.	w	1950	54	N.V. re	ja	ja	nein	nein
29.	B.C.	w	1970	34	N.V. li	ja	ja	nein	nein
30.	K.D.	m	1955	49	N.V. re	ja	ja	nein	nein
31.	F.R.	w	1938	66	N.V. re	nein	nein	nein	ja
32.	E.D.	w	1946	58	N.V. li	nein	nein	nein	ja
33.	G.B.	w	1966	38	N.V. re	ja	nein	ja	nein
34.	L.G.	w	1967	37	N.V. re	ja	nein	ja	nein
35.	L.H.	m	1946	58	N.V. re	ja	ja	nein	nein
36.	B.W.	m	1935	69	N.V. re	nein	nein	nein	ja
37.	R.I.	m	1948	56	N.V. li	nein	ja	ja	nein
38.	K.B.	w	1965	39	N.V. li	ja	ja	nein	nein
39.	S.R.	m	1928	76	N.V. li	nein	nein	nein	ja
40.	M.A.	m	1971	33	N.V. re	ja	ja	ja	nein
41.	K.M.	m	1978	26	N.V. re	ja	ja	nein	nein
42.	W.H.	m	1943	61	N.V. li	nein	ja	ja	nein
43.	K.H.	w	1950	54	N.V. re	nein	nein	nein	ja
44.	F.A.	m	1963	41	N.V. li	ja	ja	ja	nein
45.	L.B.	w	1976	28	N.V. re	nein	ja	ja	nein

**Tabelle 12: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	R.H.	m	1953	51	N.V. re	ja	nein	ja	ja
2.	S.O.	m	1951	53	N.V. li	nein	ja	ja	nein
3.	A.G.	w	1951	53	N.V. re	ja	ja	nein	nein
4.	L.E.	w	1927	77	N.V. li	nein	ja	ja	nein
5.	E.E.	w	1933	71	N.V. re	nein	nein	nein	ja
6.	K.B.	w	1966	38	N.V. re	nein	ja	ja	nein
7.	H.H.	m	1959	45	N.V. re	ja	ja	nein	nein
8.	H.L.	w	1932	72	N.V. li	ja	ja	nein	nein
9.	K.M.	m	1978	26	N.V. re	ja	ja	nein	nein
10.	S.E.	w	1939	65	N.V. re	ja	ja	nein	nein
11.	W.K.	w	1964	40	N.V. re	ja	nein	ja	nein
12.	B.D.	w	1952	52	N.V. li	nein	ja	ja	nein
13.	D.C.	w	1965	39	N.V. li	ja	ja	nein	nein
14.	S.G.	m	1963	41	N.V. li	ja	ja	nein	nein
15.	M.R.	m	1964	40	N.V. re	ja	nein	ja	nein
16.	E.R.	w	1964	40	N.V. li	nein	ja	ja	nein
17.	F.S.	w	1961	43	N.V. re	ja	ja	nein	nein
18.	J.U.	m	1953	51	N.V. li	ja	nein	ja	nein
19.	M.S.	w	1974	30	N.V. li	ja	ja	nein	nein
20.	S.G.	m	1955	49	N.V. re	ja	ja	nein	nein
21.	H.F.	m	1932	72	N.V. li	nein	ja	ja	nein
22.	B.I.	w	1935	69	N.V. li	ja	ja	ja	nein
23.	C.M.	w	1963	41	N.V. li	ja	ja	ja	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
24.	C.I.	w	1949	55	N.V. re	ja	ja	ja	nein
25.	N.K.	m	1945	59	N.V. li	nein	ja	ja	nein
26.	F.E.	w	1933	71	N.V. re	ja	nein	ja	nein
27.	H.R.	m	1968	36	N.V. li	ja	nein	ja	nein
28.	K.I.	w	1950	54	N.V. re	ja	ja	nein	nein
29.	B.C.	w	1970	34	N.V. li	ja	ja	nein	nein
30.	K.D.	m	1955	49	N.V. re	ja	ja	nein	nein
31.	F.R.	w	1938	66	N.V. re	nein	nein	nein	ja
32.	E.D.	w	1946	58	N.V. li	nein	ja	ja	nein
33.	G.B.	w	1966	38	N.V. re	ja	ja	ja	nein
34.	L.G.	w	1967	37	N.V. re	ja	nein	ja	nein
35.	L.H.	m	1946	58	N.V. re	ja	ja	ja	nein
36.	B.W.	m	1935	69	N.V. re	nein	nein	nein	ja
37.	R.I.	m	1948	56	N.V. li	ja	ja	ja	nein
38.	K.B.	w	1965	39	N.V. li	ja	ja	nein	nein
39.	S.R.	m	1928	76	N.V. li	nein	nein	nein	ja
40.	M.A.	m	1971	33	N.V. re	ja	ja	nein	nein
41.	K.M.	m	1978	26	N.V. re	ja	ja	nein	nein
42.	W.H.	m	1943	61	N.V. li	nein	ja	ja	nein
43.	K.H.	w	1950	54	N.V. re	ja	nein	ja	nein
44.	F.A.	m	1963	41	N.V. li	ja	ja	ja	nein
45.	L.B.	w	1976	28	N.V. re	nein	ja	ja	nein



**Tabelle 13: Vergleich von durch Klick-Reizen und Burst-Reizen ausgelösten VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis**

Nr.	Name	G	Jahr-gang	A.	Diagnose	C=B Aussage	C≠B Aussage	C>B 500Hz	C>B 1000Hz	C<B 500Hz	C<B 1000Hz	C=B Ables-barkeit
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	R.H	m	1953	51	N.V. re	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
2.	S.O	m	1951	53	N.V. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
3.	A.G	w	1951	53	N.V. re	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein
4.	L.E	w	1927	77	N.V. li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
5.	E.E	w	1933	71	N.V. re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
6.	K.B	w	1966	38	N.V. re	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein
7.	H.H	m	1959	45	N.V. re	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
8.	H.L	w	1932	72	N.V. li	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
9.	K.M	m	1978	26	N.V. li	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
10.	S.E	w	1939	65	N.V. re	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
11.	W.K	w	1964	40	N.V. re	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
12.	B.D	w	1952	52	N.V. li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
13.	D.C	w	1965	39	N.V. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
14.	S.G	m	1963	41	N.V. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
15.	M.R	m	1964	40	N.V. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
16.	E.R	w	1964	40	N.V. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
17.	F.S	w	1961	43	N.V. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
18.	J.U	m	1953	51	N.V. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
19.	M.S	W	1974	30	N.V. li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
20.	S.G	m	1955	49	N.V. re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
21.	H.F	m	1932	72	N.V. li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
22.	B.I	w	1935	69	N.V. li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
23.	C.M	w	1963	41	N.V. li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
24.	C.I	w	1949	55	N.V. re	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
25.	N.K	m	1945	59	N.V. li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
26.	F.E	w	1933	71	N.V. re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein

### 3.2.3. Kleinhirnbrückenwinkeltumor

#### 3.2.3.1. Klick-evozierte VEMP

Nur bei einem von 13 Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor waren beidseits keine VEMP ableitbar. Auf der befallenen Seite fehlten bei 8 Patienten die Sacculus-Potentiale (Abb.18). In 5 Fällen von 13 waren die Potentiale auch auf der erkrankten Seite ableitbar (Abb. 19, Tab.14).

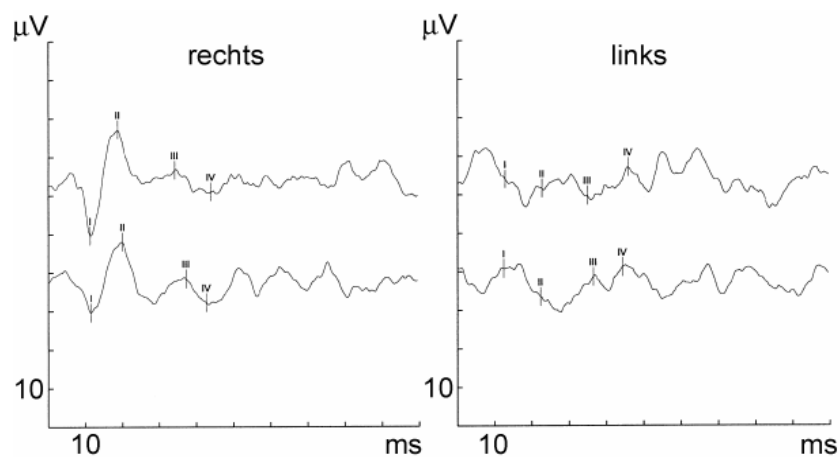


Abb.18: Originalregistrierung durch **Klick** ausgelöster VEMP mit **fehlenden Sacculus-Potentiale**n auf **der linken** Seite bei einem Patient mit **AKN der linken Seite**.

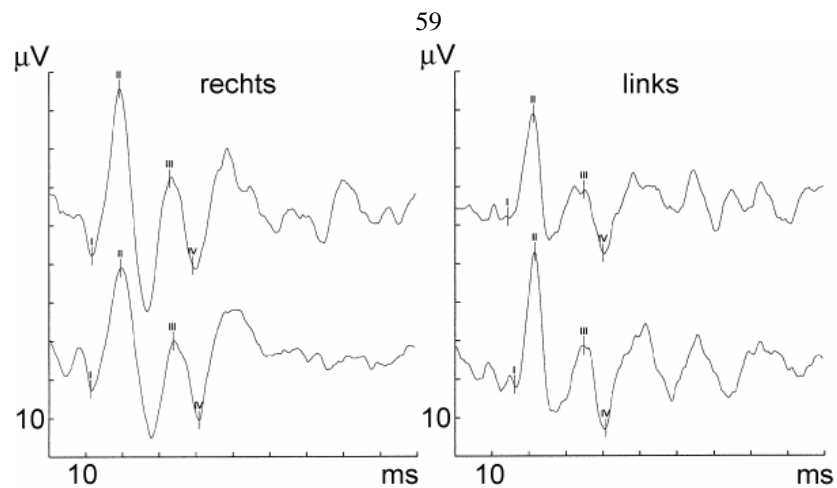


Abb.19: Originalregistrierung durch **Klick** ausgelöster VEMP mit **seitengleichen Potentialen** bei einem Patienten **mit AKN** auf der **linken** Seite.

### 3.2.3.2. Burst-evozierte VEMP

Auch bei der Burst-Reizung gab es nur einen Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor, bei dem beidseitig weder durch 500 Hz noch durch 1000 Hz Burst VEMP auslösbar waren. Die VEMP zeigten auf der befallenen Seite bei 500 Hz in 5 Fällen und bei 1000 Hz in 4 Fällen Reizantworten (Tab.15, Tab.16).

### 3.2.3.3. Vergleich von Klick-evozierten und Burst- evozierten VEMP

Bei dem kleinen Kollektiv der Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor bestand in mehr als der Hälfte der Fälle eine Übereinstimmung der Potentialbefunde für Klick- und Burst-Reize (Tab.17).

Auffallend war, daß in den Fällen, in denen keine Übereinstimmung der Potentiale zu finden war, die Burst-Reizung zu besser erkennbaren Potentialen geführt hat.

**Tabelle 14: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit AKN**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	D.B.	w	1950	54	AKN li	nein	ja	ja	nein
2.	P.S.	w	1961	43	AKN re	ja	ja	nein	nein
3.	S.S.	w	1959	45	AKN re	ja	ja	nein	nein
4.	E.R.	m	1964	40	AKN li	nein	nein	nein	ja
5.	K.K.	w	1945	59	AKN li	ja	ja	nein	nein
6.	V.I.	m	1948	56	AKN li	nein	ja	ja	nein
7.	H.G.	w	1956	48	AKN re	ja	nein	ja	nein
8.	S.E.	w	1951	53	AKN li	nein	ja	ja	nein
9.	H.K.	m	1936	68	AKN li	nein	ja	ja	nein
10.	B.H.	w	1946	58	AKN li	ja	ja	nein	nein
11.	M.K.	w	1950	54	AKN re	ja	nein	ja	nein
12.	M.S.	w	1969	35	AKN li	ja	ja	nein	nein
13.	S.M.	m	1975	29	AKN re	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 15: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit AKN**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	D.B.	w	1950	54	AKN li	ja	ja	nein	nein
2.	P.S.	w	1961	43	AKN re	ja	ja	ja	nein
3.	S.S.	w	1959	45	AKN re	ja	ja	ja	nein
4.	E.R.	m	1964	40	AKN li	nein	ja	ja	nein
5.	K.K.	w	1945	59	AKN li	nein	ja	ja	nein
6.	V.I.	m	1948	56	AKN li	nein	ja	ja	nein
7.	H.G.	w	1956	48	AKN re	ja	ja	ja	nein
8.	S.E.	w	1951	53	AKN li	nein	ja	ja	nein
9.	H.K.	m	1936	68	AKN li	ja	ja	nein	nein
10.	B.H.	w	1946	58	AKN li	ja	ja	nein	nein
11.	M.K.	w	1950	54	AKN re	ja	nein	ja	nein
12.	M.S.	w	1969	35	AKN li	nein	nein	nein	ja
13.	S.M.	m	1975	29	AKN re	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 16: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit AKN**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	D.B.	w	1950	54	AKN li	nein	ja	ja	nein
2.	P.S.	w	1961	43	AKN re	ja	ja	nein	nein
3.	S.S.	w	1959	45	AKN re	ja	ja	ja	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
4.	E.R.	m	1964	40	AKN li	nein	ja	ja	nein
5.	K.K.	w	1945	59	AKN li	nein	ja	ja	nein
6.	V.I.	m	1948	56	AKN li	nein	ja	ja	nein
7.	H.G.	w	1956	48	AKN re	ja	ja	ja	nein
8.	S.E.	w	1951	53	AKN li	nein	ja	ja	nein
9.	H.K.	m	1936	68	AKN li	ja	ja	nein	nein
10.	B.H.	w	1946	58	AKN li	nein	ja	ja	nein
11.	M.K.	w	1950	54	AKN re	ja	nein	ja	nein
12.	M.S.	w	1969	35	AKN li	nein	nein	nein	ja
13.	S.M.	m	1975	29	AKN re	ja	nein	ja	nein

**Tabelle 17: Vergleich von durch Klick-Reize und Burst-Reize ausgelösten VEMP bei Patienten mit AKN**

Nr.	Name	G	Jahr- gang	A.	Diagnose	C=B Aussage	C≠B Aussage	C>B 500Hz	C>B 1000 Hz	C<B 500Hz	C<B 1000 Hz	C=B Ables- barkeit
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	D.B.	w	1950	54	AKN li	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein
2.	P.S.	w	1961	43	AKN re	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
3.	S.S.	w	1959	45	AKN re	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
4.	E.R.	m	1964	40	AKN li	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
5.	K.K.	w	1945	59	AKN li	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
6.	V.I.	m	1948	56	AKN li	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
7.	H.G.	w	1956	48	AKN re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
8.	S.E.	w	1951	53	AKN li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
9.	H.K.	m	1936	68	AKN li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
10.	B.H.	w	1946	58	AKN li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
11.	M.K.	w	1950	54	AKN re	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein
12.	M.S.	w	1969	35	AKN li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
13.	S.M.	m	1975	29	AKN re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja

### 3.2.4. Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel

#### 3.2.4.1. Klick-evozierte VEMP

Bei allen Patienten mit gutartigem Lagerungsschwindel waren durch die Klick Reizung eindeutige VEMP auslösbar. In 3 von 6 Fällen bestand eine pathologische Seitendifferenz (Abb.20, Tab.18).

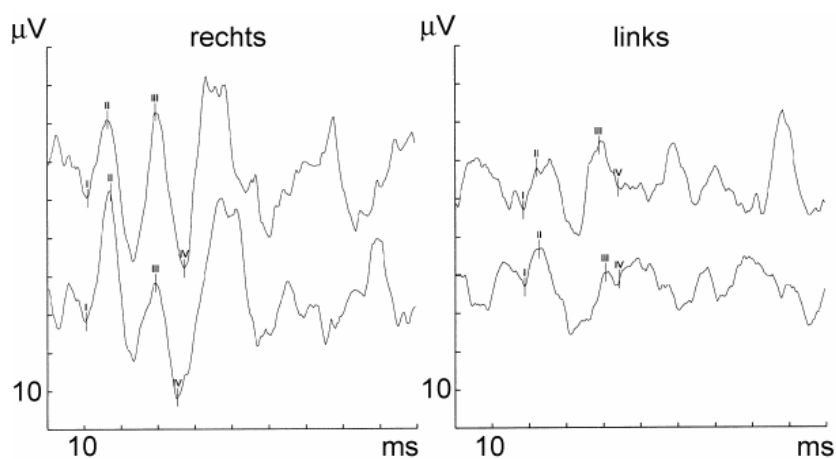


Abb.20: Originalregistrierung durch **Klick** ausgelöster VEMP mit **seitenungleichen** Potentialen bei einer Patientin **mit BPPV** auf der **linken** Seite.

### 3.2.4.2. Burst-evozierte VEMP

Sowohl die 500 Hz Burst-Reize als auch die 1000 Hz Burst-Reize führten immer zur Ausbildung typischer VEMP. Allerdings zeigte sich in 3 von 6 Patienten eine Seitendifferenz von mehr als 50% (sowohl bei 500 Hz als auch bei 1000 Hz) (Tab.19, Tab.20; Abb. 21).

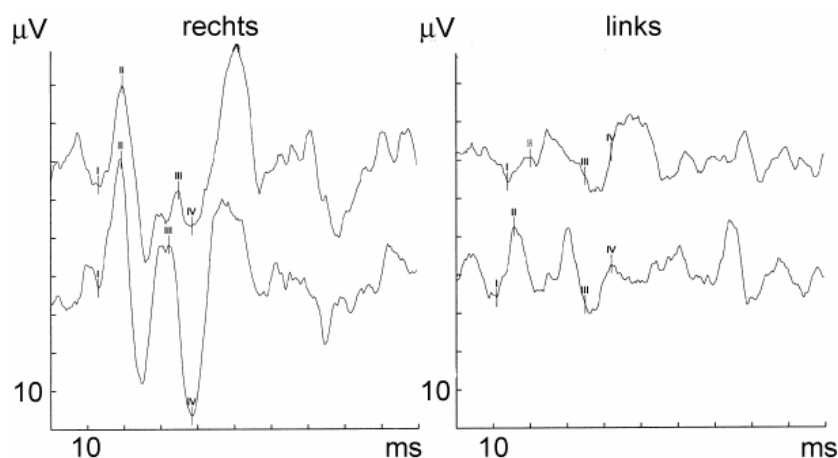


Abb.21: Originalregistrierung durch **Burst bei 500Hz** (die oberen Kurven) **und 1000 Hz** ( die untern Kurven) evozierter VEMP mit **fehlenden Sacculus-Potentialen** auf der **linken** Seite bei einer Patientin mit **BPPV der linken** Seite.

### 3.2.4.3. Vergleich von Klick-evozierten und Burst-evozierten VEMP

In dem hier gewählten Patientenkollektiv, die an gutartigem Lagerungsschwindel litten, war die Aussage für beide Reizmethoden bis auf eine Ausnahme übereinstimmend. In diesem einem Fall waren die durch Klick-Reize evozierte Potentiale deutlicher erkennbar als die durch Burst-Reize evozierten (Tab. 21).



**Tabelle 18.: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	K.H.	w	1939	65	BPPV li	ja	ja	ja	nein
2.	W.G.	m	1965	39	BPPV	ja	ja	ja	nein
3.	K.S.	m	1965	39	BPPV	ja	ja	nein	nein
4.	A.R.	m	1963	41	BPPV	ja	ja	nein	nein
5.	S.D.	m	1961	43	BPPV	ja	ja	ja	nein
6.	M.A.	w	1955	49	BPPV re	ja	ja	nein	nein

**Tabelle 19: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	K.H.	w	1939	65	BPPV li	nein	ja	ja	nein
2.	W.G.	m	1965	39	BPPV	ja	ja	ja	nein
3.	K.S.	m	1965	39	BPPV	ja	ja	nein	nein
4.	A.R.	m	1963	41	BPPV	ja	ja	nein	nein
5.	S.D.	m	1961	43	BPPV	nein	ja	ja	nein
6.	M.A.	w	1955	49	BPPV re	ja	ja	nein	nein

**Tabelle 20: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV**

Nr.	Name	Geschlecht	Jahrgang	Alter	Diagnose	auslösbare Potentiale links	auslösbare Potentiale rechts	>50% Amplitudendifferenz	keine auslösbare Potentiale bds.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	K.H.	w	1939	65	BPPV li	nein	ja	ja	nein
2.	W.G.	m	1965	39	BPPV	ja	ja	ja	nein
3.	K.S.	m	1965	39	BPPV	ja	ja	nein	nein
4.	A.R.	m	1963	41	BPPV	ja	ja	nein	nein
5.	S.D.	m	1961	43	BPPV	ja	nein	ja	nein
6.	M.A.	w	1955	49	BPPV re	ja	ja	nein	nein

**Tabelle 21: Vergleich von durch Klick-Reize und Burst-Reize evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV**

Nr.	Name	G	Jahrgang	Alter	Diagnose	C=B Aussage	C≠B Aussage	C>B 500Hz	C>B 1000Hz	C<B 500Hz	C<B 500Hz	C=B Ablesbarkeit
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	K.H.	w	1939	65	BPPV li	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
2.	W.G.	m	1965	39	BPPV	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
3.	K.S.	m	1965	39	BPPV	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
4.	A.R.	m	1963	41	BPPV	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
5.	S.D.	m	1961	43	BPPV	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
6.	M.A.	w	1955	49	BPPV	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja

### 3.3. Vergleich der verschiedenen Krankheitsbilder

Faßt man alle hier untersuchten Krankheitsbilder zusammen, so liefern Klick-Reize und Burst-Reize bei rund 2/3 der Patienten übereinstimmende Potentialbefunde.

Bei den Patienten mit widersprüchlichen Potentialbefunden erwies sich bei der einen Hälfte die Klick-Reizung, bei der anderen Hälfte die Burst-Reizung überlegen (Tab. 9, 13, 17, 21). Dies gilt für alle Krankheitsbilder mit Ausnahme des Vestibularisschwannoms.

Die Ablesbarkeit der Potentiale selbst zeigte nur in knapp 40% eine Übereinstimmung zwischen beiden Reizmethoden. In rund 30% war die Identifikation jeweils für die Klicks oder die Bursts besser (Tab. 9, 13, 17, 21).

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Klick-Reizung und Burst-Reizung im Vergleich

Während die Klick-Reize alle hörbaren Frequenzen enthalten, besitzen die Burst-Reize einen tonalen Charakter. Daher ist es zunächst einmal fraglich, ob die beiden Reizarten zu den selben Ergebnissen der VEMP führen.

Da zwar zur Auslösung der VEMP akustische Reize benutzt werden, primär aber der Sacculus und nicht die Cochlea erregt wird, dürfte a priori kein Unterschied bezüglich der Potentialauslösung zu erwarten sein, es sei denn, daß der Sacculus als Rezeptor eine „Bestfrequenz“ für seine Erregbarkeit besitzt.

Bei Analyse der Literatur wird erkennbar, daß weltweit überwiegend Klick-Reize für die Auslösung der VEMP eingesetzt werden (Murofushi et al., 1997). Die mit dieser Methode erhobenen Befunde sind reproduzierbar und haben zu einer Standardisierung der Methode geführt. Es gibt aber Labors, die bevorzugt mit Burst-Reizungen als Auslöser der VEMP arbeiten (Murofushi T., et al., 1999).

Die vorliegende prospektive Arbeit hatte zum Ziel, beide Methoden an denselben Personen zu einem bestimmten Messzeitpunkt zu vergleichen.

Sowohl bei der Kontrollgruppe, als auch beim Gesamtkollektiv der Patienten konnte keine Überlegenheit für eine der beiden Methoden ermittelt werden. Bei fast allen Versuchspersonen und bei 2/3 der Patienten bestand eine Übereinstimmung der Aussage. Was die Ablesbarkeit der Potentiale betrifft, erweist sich ebenfalls keine besser als die andere. Hier nicht dargestellte Vorversuche hatten ergeben, daß 2000 Hz und 4000 Hz Burst-Reizungen nur schlecht reproduzierbare Potentiale auslösten. Sie wurden daher nicht weiter benutzt. Die Reizung mit 500 Hz und 1000 Hz ergibt gut reproduzierbare Potentiale. Für 500 Hz ist die Auslösung genauso sicher wie für 1000 Hz.

Es bleibt festzustellen, daß zur Auslösung der VEMP sowohl mit Klick-Reizung als auch mit Burst-Reizung (500 Hz, 1000 Hz) vergleichbare Aussagen bezüglich der Sacculusfunktion getroffen werden können.

#### 4.2. Wert der Klick-Reizung und Burst-Reizung bei verschiedenen Krankheitsbilder

Nach der zusammenfassenden Betrachtung aller Patienten stellt sich die Frage, ob sich die Gesamtaussage auch für einzelne Krankheitsbilder aufrechterhalten läßt, oder, ob krankheitsspezifische Unterschiede bestehen. Im folgenden sollen daher Übereinstimmung und Ablesbarkeit der VEMP nach Klick- und Burst-Reizung, getrennt nach Krankheiten, analysiert werden.

VEMP-Ableitungen bei der Neuritis vestibularis sind besonders unter dem Aspekt interessant, daß in vielen Fällen die Erkrankung nur den oberen Vestibularnerven betrifft und den inferioren Ast ausspart (Fetter, M., Dichgans, J., 1996). Da die Afferenzen des Sacculus über den Nervus vestibularis inferior geleitet werden, besteht mit dem VEMP die Möglichkeit, diese Fragestellung zu beantworten.

Die Neuritis vestibularis stellt im hier untersuchten Krankengut das größte Kollektiv dar. Es ergab sich, daß auch hier in fast 2/3 der Fälle eine Übereinstimmung der Befunde nach Klick- und Burst-Reizung vorlag. Die Ablesbarkeit, ergab keinen Unterschied für Klick- und Burst-Reizung (Tab.13). Damit spiegeln die für die Patienten mit Neuritis vestibularis erhobenen Daten die Daten des Gesamtkollektivs wider.

Bei der Menièreschen Krankheit gestattet die Ableitung der VEMP die Beantwortung der Frage, ob der Sacculus in den Krankheitsprozeß einbezogen ist. In einigen Fällen findet man sogar auf der erkrankten Seite größere Potentialamplituden als auf der gesunden Seite. Dieser Befund kann als Äquivalent des endolymphatischen Hydrops betrachtet werden (Hamann, K.,-F., Goedsche, D., 2003). Man kann nämlich annehmen, daß die Sacculusmembran, die ja dem ovalen Fenster am nächsten liegt, durch den Hydrops näher an die Steigbügel Fußplatte herangebracht wird und damit die Schallübertragung im Vergleich zur gesunden Seite verbessert wird.

Auch die Patienten mit Menièreschen Krankheit zeigten in 2/3 eine Übereinstimmung der VEMP-Befunde. Die Ablesbarkeit war in den meisten Fällen gleich, in den anderen

Fällen zeigte sich eine leichte Überlegenheit der Klick- Reizung. Auch hier entsprechen die Befunde der Menière Patienten denen des Gesamtkollektivs.

Für das Krankheitsbild der Kleinhirnbrückenwinkeltumore besitzt die Ableitung der VEMP eine besondere Indikation. Mit ihrer Hilfe können nämlich schon kleine Tumoren des unteren Vestibularnerven erkannt werden, wenn die Fasern des superioren Vestibularnerven noch intakt sind. Dann findet man bei unauffälligen Ergebnissen der thermischen Prüfung bereits eine Abschwächung oder einen Verlust der VEMP.

Im hier dargestellten Kollektiv der Kleinhirnbrückenwinkeltumore ergab sich im Vergleich der Klick- und Burst-Reize nur bei etwa der Hälfte eine Übereinstimmung. Auffällig war, daß bei diesen Patienten die Burst-Reize zu einer besseren Ablesbarkeit der VEMP führte. Eine Erklärung für diese den anderen Gruppen widersprüchliche Befunde kann nicht gegeben werden. Vielleicht handelt es sich auch nur um „Phänomen der kleinen Zahl“. Befunde größerer Kollektive von Patienten mit AKN, an denen diese Fragestellung geprüft worden ist, sind uns nicht bekannt.

Beim gutartigen Lagerungsschwindel, dessen Ursache ja in einer Canalolithiasis besteht, ist grundsätzlich mit einer intakten Sacculusfunktion und einer intakten Funktion des Vestibularnerven zu rechnen. Eine Ausnahme bildet das Lindsay-Hemenway Syndrom (30% aller BPPV Fälle), eine Kombination aus Neuritis vestibularis und gutartigem Lagerungsschwindel auf der gleichen Seite.

In unserem kleinen Kollektiv der Lagerungsschwindelpatienten fand sich nicht nur eine hohe Übereinstimmung der VEMP-Aussage, sondern auch die Ablesbarkeit auf Klick- und Burst-Reize war bis auf eine Ausnahme gleich und entsprach damit der Erwartung.

### 4.3. Klinische Wertigkeit der Klick- und Burst-Reizung der VEMP im Vergleich

Als die Methode der VEMP von Colebatch und Mitarbeitern eingeführt wurde, ergab sich damit die Möglichkeit, die Sacculusfunktion spezifisch und seitengetrennt zu untersuchen (Colebatch, J.G. et al., 1994). Dieses Verfahren stellt eine große Bereicherung der Vestibularisdiagnostik dar, es ist ein wichtiger Schritt bei der Differentialdiagnostik vestibulärer Erkrankungen. So können auch isolierte Sacculusläsionen erkannt werden. Gerade beim Liftschwindel, also für Schwindel mit vertikalen Scheinbewegungen, besteht nun die Möglichkeit, das Teilorgan, das vertikale Kopfbewegungen erfaßt, zu untersuchen. Auch bei gutachterlichen Fragestellungen kommt die Methode der VEMP zum Einsatz, um isolierte Sacculusstörungen nach Verletzungen, die sonst nicht erkannt werden können, nachzuweisen.

Die Ableitung der VEMP erfordert einen Mittelwertsbildner, wie er in HNO-Praxis meist schon für die Hirnstammaudiometrie vorhanden ist, sowie entsprechende Filter für die EMG-Registrierung. Der Meßaufwand liegt etwa im Zeitbereich einer BERA-Untersuchung. Für den Untersucher in der Praxis ist es wichtig, eine stabile Meßmethode einsetzen zu können, die eine klare Aussage erlaubt. Daher ist es von Bedeutung, aus verschiedenen Reizverfahren dasjenige herauszuarbeiten, das die stabilste Aussage liefert. Die hier vorgelegten Daten zeigen, daß sowohl mit Klick-Reizung als auch mit Burst-Reizung annähernd gleiche Aussagen erzielt werden. Keinesfalls hatte sich eine der beiden Messmethoden der anderen eindeutig überlegen gezeigt. Dies gilt für alle hier untersuchten Krankheitsbilder, die repräsentativ die wichtigsten neurootologischen Erkrankungen wiedergeben. Der Zeitaufwand ist, wenn man mehrere Burst-Frequenzen testet, größer als für die Klick-Reizung. Für die Klick-Reize spricht auch, daß sie bereits zum Standardprogramm der Hirnstammaudiometrie gehören. Damit sind die apparativen Voraussetzungen im allgemeinen schon gegeben. Dies gilt für die Burst-Reize nicht.

Für die Praxis ist es daher zu empfehlen, zunächst Klick-Reize für die Auslösung der VEMP routinemäßig einzusetzen. Nur in Zweifelsfällen sollten auch Burst-Reize, wenn die apparativen Voraussetzungen bestehen, zusätzlich angewendet werden.



## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie untersucht, ob die Klick-Reize Vorteile gegenüber den Burst-Reizen beim Ableiten von vestibulär evozierten myogenen Potentialen (VEMP) im Vergleich zu verschiedenen vestibulären Krankheitsbildern aufweisen.

Das Patientenkollektiv bestand aus insgesamt 100 Patienten beiderlei Geschlechts mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren. Es gliederte sich je nach Krankheitsbild in vier Gruppen, nämlich Patienten, die an Morbus Menière, an Neuritis vestibularis, an Kleinhirnbrückenwinkeltumor oder an benignem paroxysmalem Lagerungsschwindel litten. Die Diagnosen wurden durch Anamnese, klinische Untersuchung, einen VOG-Befund und bei den Tumorpatienten zusätzlich durch ein MRT gesichert.

Die Kontrollgruppe umfasste 25 gesunde Probanden mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren, bei denen anamnestisch keinerlei Schwindelbeschwerden oder Gleichgewichtsstörungen vorhanden waren.

Man hat sowohl bei der Kontrollgruppe als auch beim Patientenkollektiv zuerst jeweils zwei seitengetrennte Messungen mit Klick-Reizen (256 Klickreize von 120 dB SPL und 3 Hz) durchgeführt. Anschließend folgten wiederum zwei seitengetrennte Messungen mit Burst-Reizen bei 500 Hz und 1000 Hz. Unmittelbar nach jeder Messung erfolgte eine Registrierung der Spontan-EMG um falsche Aussagen aufgrund eines seitendifferenten Muskeltonus zu vermeiden.

Bei allen Probanden konnte man sowohl bei Klick-Reizen als auch bei Burst-Reizen beidseitig Potentiale ableiten. Bei zwei Probanden waren jedoch die Aussagen unterschiedlich. In zwei Fällen war die Ablesbarkeit bei der Klick-Reizung besser als bei der Burst-Reizung.

Bei Patienten, die an Morbus Menière und an Neuritis vestibularis litten, ergab der Vergleich von Klick- und Burst-Reizung in 2/3 der Fälle eine Übereinstimmung. Bei widersprüchlichen Aussagen zeigte es sich keine Überlegenheit einer Methode gegenüber der anderen.

In der kleinen Gruppe der Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumoren bestand auch in mehr als Hälfte der Fälle eine Übereinstimmung der Befunde bei Klick- und Burst-Reizung. Bei widersprüchlichen Aussagen führte die Burst-Reizung zu besser erkennbaren Potentialen.

Die beiden Reizmethoden lieferten in dem hier untersuchtem kleinen Patientenkollektiv mit benignem paroxysmalem Lagerungsschwindel bis auf einer Ausnahme gleiche Ergebnisse. In dem einen Fall ergaben die Klick-Reize besser ableitbare Potentiale als die Burst-Reize.

Die Ergebnisse dieser prospektiven Studie zeigten, dass die Klick- und Burst-Reize bei den gesunden Probanden zu gleich guten Ergebnissen führen. Da in der Patienten Gruppe die Aussagekraft in einigen Fällen bei den Klick-Reizen und in anderen Fällen für die Burst-Reize besser war, empfiehlt es sich grundsätzlich die stärker verbreiteten Klick-Reize einzusetzen. Burst-Reize sollten dann eingesetzt werden, wenn mit Klick-Reizung keine sicher interpretierbaren Antworten auszulösen sind.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- 1.) AAO-HNS:  
Guidelines for diagnosis and evaluation in Menière`s disease.  
Otolaryngol. Head Neck Surg. 113 (1995) 181-185.
- 2.) BOENNINGHAUS, H. G., LENARZ, T.:  
Hals- Nasen- Ohrenheilkunde.  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2001, 28-30  
11. Auflage.
- 3.) BÜTTNER, U., BÜTTNER-ENNEVER, J. A.:  
Schwindel- Physiologie und anatomische Grundlagen der  
gestörten Eigenbewegungswahrnehmungen.  
MMW 127 (1985) 1124-1144.
- 4.) CLARKE, A. H., SCHERER, H.:  
Videookulographie  
In: „Vestibuläre Untersuchungsmethoden“.  
Westhofen, M. (Hrsg.),  
PVV Science Publications, Ratingen, 2001, 43-51.
- 5.) COLEBATCH, J. G., HALMAGYI, G. M., SKUSE, N.:  
Myogenic potentials generated by a click evoked vestibulocollic  
reflex.  
Neurol. Neurosurg. Psychiatry 57 (1994) 190-197.
- 6.) FETTER, M., DICHGANS, J.:  
Vestibular neuritis spares the inferior division of the vestibular  
nerve.  
Brain (1996), 119, 755-763.

- 7.) FRENZEL, H.:  
Vestibularisschwindel  
In: „Spontan- und Provokationsnystagmus“.  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York , 1982, 13-14.
- 8.) GACEK, R.R.:  
The Innervation Of The Vestibular Labirinth  
In: „The Vestibular System“  
Naunton, R.F., (Hrsg.),  
Academic Press, New York, (1975) 21-23.
- 9.) HALLPIKE, C., S., CAIRNS, H.:  
Observations on the pathology of Menière's syndrom.  
J Laryngol Otol 1938; 53: 625-655.
- 10.) HAMANN, K.-F., ARNOLD, W.:  
Menière`s Disease.  
Adv Otorhinolaryngol. 55 (1998) 169-194.
- 11.) HAMANN, K.-F.:  
Physiologie und Pathophysiologie des vestibulären Systems.  
In: „Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis in 3 Bänden“.  
Naumann H.H., Helms J., Herberhold C., Kastenbauer E.(Hrsg.)  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 1994; 260-297.
- 12.) HAMANN, K.-F.:  
Grundlagen für die Begutachtung von Schwindelerscheinungen:  
Pathophysiologie, typische Beschwerden und okulomotorische  
Symptome.  
Med Sach 95 (1999), no 6:2-3.

- 13.) HAMANN, K.-F.:  
Spontannystagmus (SPN)- Provokationsnystagmus  
In.: „Vestibuläre Untersuchungsmethoden“.  
PVV Science Publications, Ratingen, (2001), 63-69.
- 14.) HAMANN, K.-F., BONKOWSKY, V.:  
Eine neue Methode zur Differenzierung zwischen peripherer- und  
zentralvestibulärer Störungen:  
Die visuelle subjektive Vertikale.  
Vortrag, ADANO-Tagung, Freiburg 1986.
- 15.) HAMANN, K.-F., GOEDSCHE D.:  
Beteiligung des Sacculus beim Morbus Menière -  
eine VEMP Studie.  
74. Versammlung der Deutschen Gesellschaft für Hals- Nasen-  
Ohrenheilkunde  
HNO Informationen 2/2003.
- 16.) HAMANN, K.-F., ULM, T., HUNOLD, A., PINSKER, K.:  
Vestibulär ausgelöste Muskelpotentiale bei so genannten  
Akustikusneurinomen.  
HNO Informationen 2 (2002) 125.
- 17.) KORNHUBER, H.H.:  
Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems.  
In.: „Hals-Nasen-Ohrenheilkunde“.  
Berendes, Link, Zöllner (Hrsg).  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, (1966), 2150-2351.
- 18.) 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.

- 19.) ROMBERG, M. K.:  
Lehrbuch der Nervenheilkunde des Menschen  
A. Dunker, Berlin 1846.
- 20.) SCHERER, H.:  
Registrierung von Augenbewegungen  
In: „Das Gleichgewicht“.  
Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1997  
2. Auflage, 110-152.
- 21.) SCHUKNECHT, H., F.:  
Pathology of the ear.  
Cambridge Harward Univ. Press, 1974.
- 22.) UNTERBERGER, S.:  
Neue objektiv registrierbare Vestibularis-Körperdrehaktion,  
erhalten durch Treten auf der Stelle.  
„Der Tretversuch“.  
Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlkopfheilkunde 145 (1938)
- 23.) WELLING, D., B., PARNES, L, S.:  
Particulate matter in the posterior semicircular canal.  
Laryngoscope 1977; 108: 90-94.
- 24.) WESTHOFEN, M.:  
Rotatorische Tests.  
In.: „Vestibuläre Untersuchungsmethoden“.  
Westhofen, M. (Hrsg.),  
PVV Science Publications, Ratingen, 2001, 70-83.

## 7. ABBKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A	Alter
AKN	Akustikusneurinom
Abb.	Abbildung
B	Burst-Reiz
BERA	Brainstem electric response audiometry
C	Klick-Reiz
dB	Dezibel
EMG	Elektromyographie
G	Geschlecht
Hz	Hertz
li	links
m	männlich
M.M	Morbus Menière
ms	Millisekunde
MRT	Magnetresonanztomographie
Nr.	Nummer
N.V.	Neuritis vestibularis
re	rechts
SPL	Sound pressure level
Tab.	Tabelle
VEMP	vestibulär evozierte myogene Potentiale
VOG	Videookulographie
w	weiblich

## 8. TABELLENVERZEICHNIS

- 1.) Tabelle 1: Morbus Menière
- 2.) Tabelle 2: Untersuchungskollektiv
- 3.) Tabelle 3: Klick-evozierte VEMP beim Kontrollkollektiv
- 4.) Tabelle 4: Burst-evozierte VEMP beim Kontrollkollektiv
- 5.) Tabelle 5: Vergleich von durch Klick- und Burst evozierte VEMP beim Kontrollkollektiv
- 6.) Tabelle 6: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit Morbus Menière
- 7.) Tabelle 7: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Morbus Menière
- 8.) Tabelle 8: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Morbus Menière
- 9.) Tabelle 9: Vergleich von durch Klick-Reize und Burst-Reize evozierten VEMP bei Patienten mit Morbus Menière
- 10.) Tabelle 10: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis
- 11.) Tabelle 21: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis
- 12.) Tabelle 12: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis
- 13.) Tabelle 13: Vergleich von durch Klick-Reizen und Burst-Reizen ausgelösten VEMP bei Patienten mit Neuritis vestibularis



- 14.) Tabelle 14: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit AKN
- 15.) Tabelle 15: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit AKN
- 16.) Tabelle 16: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit AKN
- 17.) Tabelle 17: Vergleich von durch Klick-Reize und Burst-Reize ausgelösten VEMP bei Patienten mit AKN
- 18.) Tabelle 18: Klick-evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV
- 19.) Tabelle 19: Burst 500 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV
- 20.) Tabelle 20: Burst 1000 Hz-evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV
- 21.) Tabelle 21: Vergleich von durch Klick-Reize und Burst-Reize evozierte VEMP bei Patienten mit BPPV

## 9. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- 1.) Abbildung 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.)
- 2.) Abbildung 2: Schnitt durch die Crista ampullaris und Kupula in der Bogengangsampulle (aus: Boenninghaus, H.-G., Lenarz, T.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Springer, 2001, 11. Auflage, S. 30.)
- 3.) Abbildung 3: Macula mit Otolithen (aus: Boenninghaus, H.-G., Lenarz, T.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Springer, 2001, 11. Auflage, S. 28.)
- 4.) Abbildung 4: Nervale Faserversorgung des Vestibularapparates; N. vestibularis inferior und superior nach Arbusow et al. in Anlehnung an Gacek, Audiol. Neurotol. 2001, 6: 260.
- 5.) Abbildung 5: Modifizierte schematische Darstellung der Hauptafferenzen und -efferenzen der Vestibulariskerne (nach Hamann, K.-F.: Training gegen Schwindel, Springer, Berlin-Heidelberg 1987, S. 15.)
- 6.) Abbildung 6: Modifiziertes Schwindelschema nach Frenzel (1961) (nach Stenger)
- 7.) Abbildung 7: Schema von den Klick-Reizen.
- 8.) Abbildung 8: Burst-Reiz Schema
- 9.) Abbildung 9: Durchführung der VEMP-Messung
- 10.) Abbildung 10: Abhängigkeit der Spontanelektromyogramme von verschieden ausgeprägtem Muskeltonus

- 11.) Abbildung 11: Originalregistrierung seitengleich ableitbarer, durch Klick evozierter VEMP bei einer gesunden Versuchsperson.
- 12.) Abbildung 12: Originalregistrierung seitengleich ableitbarer, durch Burst bei 500 Hz (die oberen Kurven) und 1000 Hz (die unteren Kurven) evozierter VEMP bei einer gesunden Versuchsperson.
- 13.) Abbildung 13: Originalregistrierung nicht seitengleich ableitbarer, durch Klick evozierter VEMP bei einem Patienten mit Morbus Menière der rechten Seite.
- 14.) Abbildung 14: Originalregistrierung nicht seitengleich ableitbarer, durch Burst bei 500 Hz (die oberen Kurven) und 1000 Hz (die unteren Kurven) evozierter VEMP bei einem Patient mit Morbus Menière der rechten Seite.
- 15.) Abbildung 15: Originalregistrierung durch Burst bei 500 Hz (die oberen Kurven) und 1000 Hz (die unteren Kurven) evozierter VEMP mit beidseitig nicht ableitbaren Potentialen bei einer Patientin mit Morbus Menière beidseits.
- 16.) Abbildung 16: Originalregistrierung durch Klick ausgelöster, seitenungleicher VEMP bei einem Patient mit Neuritis vestibularis der rechten Seite.
- 17.) Abbildung 17: Originalregistrierung durch Burst bei 500 Hz (die oberen Kurven) und 1000 Hz (die unteren Kurven) ausgelöster VEMP mit nicht auslösbaren Potentialen beiderseits bei einem Patient mit Neuritis vestibularis der rechten Seite.
- 18.) Abbildung 18: Originalregistrierung durch Klick ausgelöster VEMP mit fehlenden Sacculus-Potentialen auf der linken Seite bei einem Patient mit AKN der linken Seite.

- 19.) Abbildung 19: Originalregistrierung durch Klick ausgelöster VEMP mit seitengleichen Potentialen bei einem Patienten mit AKN auf der linken Seite.
- 20.) Abbildung 20: Originalregistrierung durch Klick ausgelöster VEMP mit seitenungleichen Potentialen bei einer Patientin mit BPPV auf der linken Seite.
- 21.) Abbildung 21: Originalregistrierung durch Burst bei 500 Hz (die oberen Kurven) und 1000 Hz (die unteren Kurven) evozierter VEMP mit fehlenden Sacculus-Potentialen auf der linken Seite bei einer Patientin mit BPPV der linken Seite.

## 10. DANKSAGUNG

Sehr herzlich danken möchte ich

### **Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. K.-F. Hamann**

für die Themenstellung und seinen unermüdlichen, intensiven Einsatz sowohl im experimentellen Teil dieser Dissertation als auch in ihrer theoretischen Grundlagen. Die äußerste Sorgfalt und Genauigkeit sowie die Aufgeschlossenheit und Hilfsbereitschaft des Herrn Prof. K.-F. Hamanns habe ich sehr schätzen gelernt.

### **Herrn Prof. Dr. med. W. Arnold**

für die Möglichkeit, die vorliegenden Untersuchungen an der von ihm geleiteten Klinik und Poliklinik für Hals- Nasen- und Ohren-Krankheiten durchzuführen.

### **Frau Regina Lorenz**

(VOG-Labor am Lehrstuhl für Hals- Nasen- und Ohren-Heilkunde der TUM)

für außergewöhnliche Hilfsbereitschaft bei VEMP-Untersuchungen und konstante Aufmunterung.

### **Herrn Dipl.-Ing. J. Steinhoff**

(Experimentelle Oto-Rhino-Laryngologie am Lehrstuhl für HNO-Heilkunde der TUM)

für den engagierten Einsatz bei technischen Problemen.

**Herrn M. Stobrawe**

(Photo-Labor der HNO-Abteilung, TUM)

für die hilfreiche Unterstützung bei Vorbereitung einiger Abbildungen.

**Frau R. Hollweck**

(Lehrstuhl für Medizinische Statistik und Epidemiologie, TUM)

für die fachkundige und geduldige Beratung bei der statistischer Auswertung der Messdaten.

**Meinem Bruder R.M. Vabulas**

für die zahlreichen Ratschläge beim Lösen der Textverarbeitungsprobleme.

**Meinen Eltern (mano Tévams)**

Für Vertrauen, Unterstützung und Liebe.

Dėkoju už pasitikejimą, paramą ir meilę.