

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. J. Helms  
Neurootologie  
Extraordinarius: Professor Dr. med. C.-F. Claussen

# **Die Ultraschall-Cranio-Corpo-Graphie als Routine- Test in der neurootologischen Untersuchung**

**Inaugural - Dissertation**  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von  
**Christian May**  
aus Würzburg

Würzburg, August 2004

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. D. Schneider

Koreferent: Professor Dr. med. J. Helms

Dekan: Professor Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 06. Juli 2005

Der Promovend ist Zahnarzt

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet



---

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Material und Methode .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Anamnese NODEC .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Elektronystagmographie .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1 Durchführung .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 Spontannystagmus .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3 Kalorischer Nystagmus .....</b>	<b>9</b>
2.2.3.1 Schmetterlingsschema .....	11
<b>2.2.4 Auswertung .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.5 Rotatorischer Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT) .....</b>	<b>17</b>
2.2.5.1 Vestibuläres Recruitment und Decruitment .....	18
<b>2.3 Cranio-Corpo-Graphie (CCG) .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1 Testdurchführung .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Unterberger-Fukuda-Tretversuch .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.3 Romberg-Stehversuch .....</b>	<b>23</b>
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Statistik des Gesamtkollektivs .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Statistik im Geschlechtsvergleich .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Statistik im Altersvergleich .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 Statistik bei verschiedenen CCG-Parametern .....</b>	<b>38</b>
<b>3.5 Vergleich anderer Subgruppen .....</b>	<b>43</b>
<b>3.6 Kasuistik .....</b>	<b>50</b>

---

3.6.1 Patient mit normalem CCG .....	50
3.6.2 Patient mit peripher gestörtem CCG.....	52
3.6.3 Patient mit zentral gestörtem CCG .....	54
3.6.4 Patient mit kombinierter Störung im CCG .....	56
<b>4 Diskussion .....</b>	<b>59</b>
4.1 Das vestibulospinale Gleichgewichtsfunktionssystem....	59
4.2 Die Craniocorpographie des Gesunden z.B. zur Feststellung von Tauglichkeiten in der Arbeitsmedizin ...	62
4.3 Die Craniocorpographie der neurootologischen Erkrankungen .....	65
4.3.1 Periphere Vestibularisstörungen .....	67
4.3.2 Hirnstammerkrankungen .....	69
4.3.3 Kombinierte periphere Vestibularisstörungen und Hirnstammerkrankungen.....	71
4.3.4 HWS-Erkrankungen .....	72
4.3.5 Verläufe der Erkrankungen .....	74
4.4 Interrelationen mit anderen neurootologischen Funktionstests.....	76
4.5 Diskussion eigener Resultate im Vergleich zu Ergebnissen anderer CCG-Kollektive.....	78
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>81</b>
<b>6 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>83</b>

## 1 Einleitung

Es dreht sich alles, die Erde schwankt, der Boden gibt nach. Das ist nicht die Beschreibung für ein Erdbeben, sondern die ganz persönliche "Katastrophe" eines Menschen mit Schwindelsymptomen. Zu Schwindel (Vertigo) gehören sehr unterschiedliche Empfindungen, die alle eines gemeinsam haben: Der Mensch verliert die Orientierung im Raum. Jeder zehnte Patient in einer Allgemeinarztpraxis klagt heute über Schwindelsymptome. Damit ist Schwindel, nach Kopfschmerzen, die häufigste Krankheitserscheinung.

Für die Orientierung im Raum ist das richtige Funktionieren und die Zusammenarbeit der drei Sinnessysteme - Auge (visueller Mechanismus), Gleichgewichtssinn (vestibulärer Mechanismus), und Tiefenwahrnehmung (propriozeptiver Mechanismus) - von entscheidender Bedeutung. Schwindel entsteht, wenn die Informationsübermittlung dieser Systeme und ihre Zusammenarbeit an irgendeiner Stelle gestört sind. Solche Störungen können verursacht werden durch:

- Störung der Reizaufnahme im Gleichgewichtsorgan
- Störung der Reizverarbeitung im Gehirn
- Sehstörungen
- psychische Störungen

Die neurootometrischen Untersuchungen von Schwindel und Taumeligkeit stützen sich auf ein sogenanntes Reiz-Reaktions-Schema. Die einzelnen Rezeptoren der oben besprochenen Sinnessysteme, d.h. vestibuläre Innenohrrezeptoren, visuelle Rezeptoren der Augen, propriozeptive oder kinästhetische Rezeptoren, die eng mit der Gleichgewichtsregulation verknüpft sind, werden systematisch gereizt. Die daraufhin erfolgenden Reaktionen werden heute meist objektiv und quantitativ registriert. Mit den verschiedenen Versuchen und Messungen ist es möglich, Parameter und Reaktionsmuster abzuleiten, die daraufhin überprüft werden können, ob es sich um eine reguläre oder eine pathologische Reizreaktionskette handelt. Dabei unterscheiden wir

Antworten mit Reaktionsverminderung oder Reaktionsenthemmung. Insgesamt wird dieses diagnostische System auch als Netzwerkanalyse eines komplexen zentralen Regulationssystems bezeichnet.

In der Zeit vor dem neuen bekannten neurophysiologischen Wissen hat man angenommen, dass Schwindel in der Regel aus Veränderungen des Innenohres, wie z.B. der Menière'schen Krankheit, hervorgeht. Andererseits hat man in den Fällen, in denen man keine peripher-vestibuläre Erklärung für die Schwindelzustände hat, vielfach angenommen, dass der Schwindel psychologisch verursacht sei. Dementsprechend wurden solche Patienten auch vielfach von Psychologen und Psychiatern behandelt. Das geringe Wissen über die Entstehung von Schwindelzuständen und die vielfach unzureichenden rein inspektorischen Untersuchungsverfahren haben dazu geführt, dass die Patienten zwischen den verschiedenen Fachärzten regelmäßig hin und her überwiesen wurden. Somit ergaben sich auch sehr unterschiedliche Diagnosen. Heute versuchen wir, im neurootologisch relevanten neurosensorischen Netzwerk zwischen Rezeptoren, Verarbeitern und Effektoren den Ort der Störung funktionell zu bestimmen und dabei auch gleichzeitig Angaben über die Art der Störung zu machen.

Auch unter arbeitsmedizinischen Gesichtspunkten ist der Schwindel ein bedeutsames Problem, da es bei Schwindelanfällen im Arbeitsprozeß sowohl zur Gefährdung des Patienten als auch der Allgemeinheit kommt. Betroffen sind somit Arbeiter, die bei ihrer Tätigkeit der Absturzgefahr ausgesetzt sind, wie z.B. Hochleitungsmonteur, Bauarbeiter, Gerüstbauer. Um bei dieser Risikogruppe die Gleichgewichtsfunktion in Reihenuntersuchungen feldmäßig kontrollieren zu können, wurde 1968 von CLAUSSEN die Cranio-Corpo-Graphie als objektiver und quantitativer Gleichgewichtsschnelltest mit Siebtestcharakter entwickelt. Die Cranio-Corpo-Graphie ist seit 1983 in dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 41 (Arbeit mit Absturzgefahr) verankert. Sie ist ein einfach durchführbares Testverfahren, das das vestibulo-spinale System testet, indem die Kopf- und Schulter-schwankungen des Patienten während des Stehens oder



des Tretens auf der Stelle photooptisch bzw. auf Basis der Ultraschalllaufzeitmessung registriert werden. Ohne eine langwierige oder komplizierte Ausbildung ist es dem Untersucher möglich, reproduzierbare Befunde im Zusammenhang mit dem Symptom Schwindel zu erheben und zu therapieren. Somit kann dieses Untersuchungsverfahren auch von Arbeitsmedizinern oder niedergelassenen Ärzten durchgeführt und ausgewertet werden.

Das Anliegen dieser Dissertation ist es, die diagnostische Wertigkeit des Cranio-Corpo-Gramms in Kombination mit den anderen Standardtests der Gleichgewichtsuntersuchung in der neurootologischen Routine darzustellen. Dazu bedienen wir uns eines Kollektivs von 450 Patienten aus der neurootologischen Abteilung der Universitäts-HNO-Klinik in Würzburg. Jeweils ein verwertbares Ultraschall-Steh-CCG sowie ein Ultraschall-Tret-CCG sind die Voraussetzung für die Aufnahme in die Datenbank und die weiter folgenden Untersuchungen.



## **2 Material und Methode**

Die vorliegende Arbeit wurde in der neurootologischen Abteilung der Universitäts-HNO-Klinik, Kopfklinikum Würzburg durchgeführt. Es wurden 450 Patienten, von denen jeweils ein verwertbares Ultraschall-Stehetest-CCG-Messprotokoll bzw. Tretttest-CCG-Protokoll vorlag, in einer neurootologischen Datenbank erfasst. Hinzu kamen ausgewählte Angaben des Anamnesebogens NODEC III, sowie Ergebnisse der verschiedenen äquilibrimetrischen Testverfahren (siehe unten).

### **2.1 Anamnese NODEC**

Jede neurootologische Untersuchung beginnt mit der standardisierten und detaillierten Krankengeschichte. Damit der Schwindel quantifiziert und auch mit begleitenden subjektiven Symptomen verglichen werden kann, wurde die bewährte standardisierte Fragebogenanamnese NODEC III (Neurootologische Datenerfassung nach Claussen) verwendet. Die Schwindelsymptome verteilen sich auf folgende Subgruppen:

Schwankschwindel, Liftgefühl, Drehgefühl (nach rechts oder nach links), Fallneigung (nach rechts oder nach links), Schwarz-werden-vor-den-Augen, Unsicherheit.

Die vegetativen Symptome wurden folgendermaßen klassifiziert:

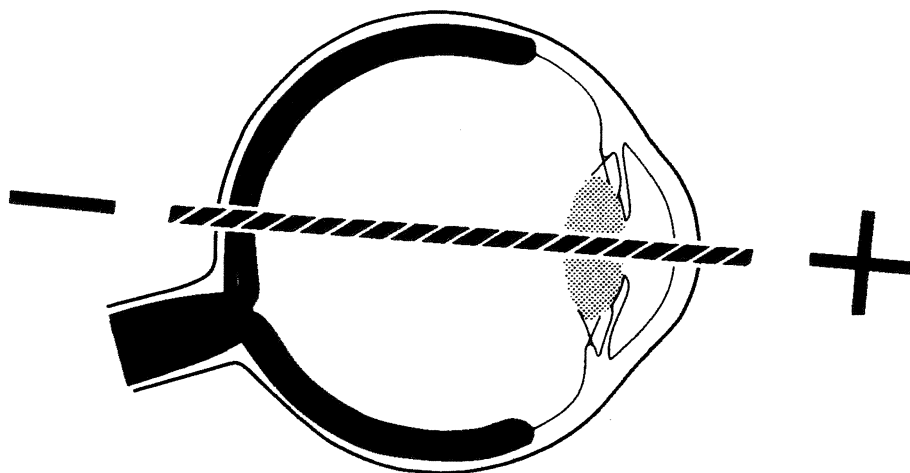
Schweißausbruch, Übelkeit, Würgen, Erbrechen, Kollaps.

Wichtig waren außerdem die Dauer der Beschwerden, die Dauer des einzelnen Anfalls, sowie Fragen nach Tinnitus und Hörverminderung. Die Krankengeschichte betrachtet weiterhin relevante Traumata im Kopf-Hals-Bereich, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems und zusätzlich neurologische sowie metabolische Leiden.

## 2.2 Elektronystagmographie

### 2.2.1 Durchführung

Die Elektronystagmographie (ENG) wurde zuerst 1922 von SCHOTT in Köln beschrieben. Bei diesem Verfahren wird die elektrische Aktivität der Augenbewegungen registriert. Diese Registrierung basiert auf dem Prinzip eines Dipols, den das menschliche Auge darstellt (Abb. 2.1), wobei die Retina als Ausstülpung von Hirngewebe negativ und die bradytrophe Cornea positiv geladen ist. Beide Gewebe bilden die Endpunkte einer elektrischen Achse und können zur Darstellung der Augenbewegungen herangezogen werden, da es zu einer Potentialverschiebung kommt.



**Abb. 2.1** Schema der Dipoleigenschaft des menschlichen Auges

Diese Potentialverschiebungen werden mittels eines Polygraphen registriert. Die Vorteile der Äquilibrimetrie mittels Elektronystagmographie liegen in der objektiven Registrierung und quantitativen sowie qualitativen Auswertung der Nystagmusreaktionen. Außerdem bleibt nach der Untersuchung, ähnlich wie beim EKG, ein Dokument, das Elektronystagmogramm, erhalten. Bei einer Reizung des Labyrinthes tritt ein typisches dreieckförmiges Augenbewegungsmuster auf, der Nystagmus. Er ist definiert als Zusammenspiel aus langsamer Augenablenkbewegung und schneller

Augenrückstellbewegung, wobei er immer nach der Richtung der schnellen Phase benannt wird. Der Nystagmus entsteht - vereinfacht ausgedrückt – durch eine Auslenkung der Cupulae, die in den Bogengangampullen liegen. Den adäquaten Reiz stellt eine Temperaturdifferenz (Kalt- bzw. Warmreiz) oder eine Winkelbeschleunigung (Drehbewegung) dar, welche eine Endolymphströmung bzw. -verlagerung mit nachfolgender Cupulaauslenkung bewirkt. Über den VIII. Hirnnerv wird die Information zu den entsprechenden Strukturen im ZNS (Formatio reticularis – dem sogenannten nystagmusgenerierenden System) fortgeleitet, wo sie weiterverarbeitet wird. Die efferente Information hat schließlich die typische Nachführ- und Einstellbewegung am Auge zur Folge, den Nystagmus. Dieser kann auch spontan auftreten. Die Ableitung der Potentialdifferenzen am Auge, zwischen Retina und Cornea, erfolgt durch Silberelektroden. Um die Elektrodenhautwiderstände zu vermindern, wird die Gesichtshaut durch Abreiben mit 70%igem Alkohol entfettet. Die Elektroden werden mit ionenhaltiger gut leitender Elektrodencreme bestrichen und mit hautschonendem Pflaster befestigt. Hinsichtlich der Elektrodenanordnung kann eine monokuläre oder binokuläre Ableitung erfolgen. Bei der erstgenannten Untersuchung werden die Elektroden an beiden äußeren Augenwinkeln angelegt, wobei die Augenbewegungen summarisch für beide Augen aufgezeichnet werden, bei der binokulären Aufzeichnung, die wir bevorzugen, wird zur Registrierung der horizontalen Augenbewegungen des rechten Auges zwischen einer Elektrode auf der Nasenwurzel und einer am rechten äußeren Augenwinkel und zur Aufzeichnung der horizontalen Augenbewegungen des linken Auges zwischen einer Elektrode am linken äußeren Augenwinkel und der Elektrode auf der Nasenwurzel abgeleitet. Für die Aufzeichnung der vertikalen Augenbewegungen sind die Elektroden auf der Stirn und auf der Wange vertikal über und unter dem linken bzw. rechten Auge befestigt. Fehlt ein in den monokulären Ableitungen vorhandenes Signal in der binokulären Spur, so kann man daraus folgern, daß es durch Interferenz ausgefallen sein muß.

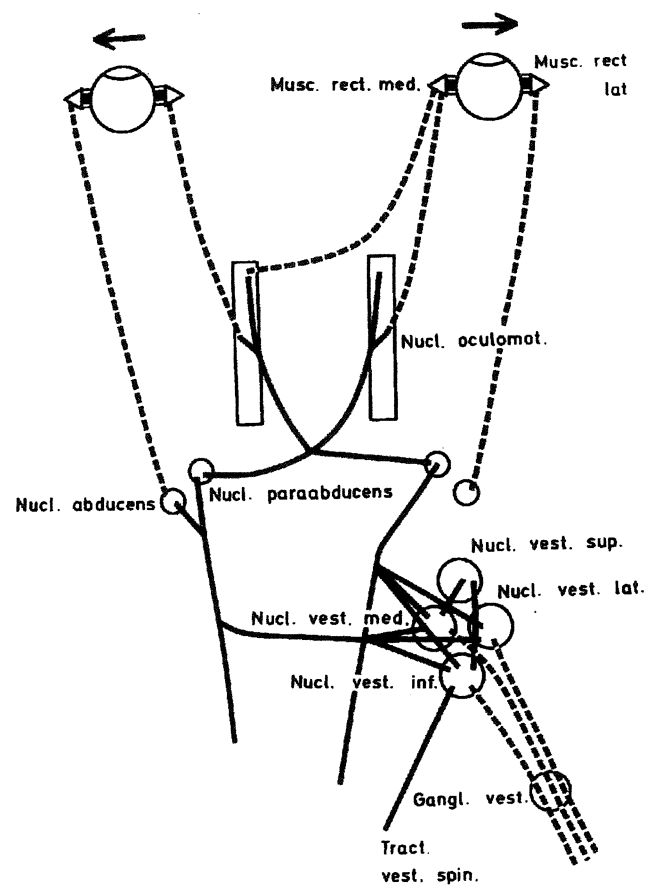
### 2.2.2 Spontannystagmus

Der Spontannystagmus ist definiert durch sein Bestehen in Ruhe. Er sollte bei allen experimentellen Prüfungen des Nystagmus als Basisaktivität des zentralnervösen Nystagmusgenerators gemessen werden. Seine Aktivität wird durch Schließen der Augen und durch Dunkelheit gesteigert. Von Bedeutung ist auch die Abhängigkeit seiner Aktivität von der Lage des Patienten; sie ist im Liegen größer als im Sitzen. Bestimmt wird der Spontannystagmus einmal vor der Kalorisationsprüfung auf dem Kalorisationstisch (Kippen des Patienten um 30° aus der Horizontalen), zum zweiten vor der Drehprüfung im Drehstuhl (also im Sitzen). Die Prüfung findet im Dunkeln statt. Bei der Drehprüfung wird der Nystagmus zuerst bei geöffneten Augen und danach bei geschlossenen Augen aufgezeichnet. Dabei wird der Spontannystagmus für eine Minute registriert, doch nur die letzten 30 Sekunden werden zur Auswertung herangezogen, um einen eventuellen Lagerungsfaktor (im Gegensatz zum Lagefaktor) weitgehend auszuschließen. Bei der Auswertung wird als repräsentativer Parameter die Nystagmusschlagrate während dieser 30 Sekunden - als zentrale Nystagmusfrequenz bezeichnet - benutzt. Das Auftreten einer spontanen Nystagmusaktivität unter den genannten Testbedingungen kann auch bei Normalpersonen vorkommen.

Die Norm der zentralen Nystagmusfrequenz in Kalorisationsposition erstreckt sich dabei für den rechtsgerichteten Spontannystagmus von 0 bis 18 Nystagmusschlägen pro 30 Sekunden und für den linksgerichteten von 0 bis 19 Nystagmusschlägen pro 30 Sekunden. Der entsprechende Normbereich des Spontannystagmus in sitzender Position beträgt für den rechtsgerichteten Nystagmus 0 bis 12 Nystagmusschläge pro 30 Sekunden und für den linksgerichteten Nystagmus 0 bis 15 Nystagmusschläge pro 30 Sekunden. Als weitere Parameter können die Nystagmusamplitude und die Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase zur Auswertung herangezogen werden, wobei die letztgenannte allerdings großen altersbedingten Schwankungen unterliegt.

### 2.2.3 Kalorischer Nystagmus

Der kalorische Nystagmus ist das Ergebnis einer monoauralen Stimulation des horizontalen Bogenganges und dadurch auch der vestibulo-okulären Reflexbahnen. Die grundsätzliche Verschaltung dieses Reflexes wird in folgendem Schema dargestellt.



**Abb. 2.2** Neuroanatomisches Schema der vestibulär-okulären Reflexbahnen

Bei diesem kalorischen monoauralen Testverfahren wird dem Vestibularorgan einer Seite eine standardisierte Wärmemenge zugeführt. Der Vorteil dieses Tests liegt darin, daß die Reiz-Reaktions-Beziehung der einen Seite unabhängig von der anderen Seite anhand des zu beobachtenden Nystagmus

dargestellt werden kann. Als kalorischer Standardversuch wird von uns die Spülung mit 20 ml 30°C bzw. 44°C warmen Wassers während 30 Sekunden benutzt. Die Spülung erfolgt durch einen in den Gehörgang eingeführten Spülkatheter. Das aus dem Gehörgang herausfließende Wasser wird in einem an der Ohrmuschel befestigtem Plastiksäckchen aufgefangen. Bei Probanden mit inflammatorischer oder traumatischer Perforation des Trommelfells sowie mit Otitis media acuta imperforata oder externa wird die kalorische Reizung monothermal mit 5 Liter Sauerstoff pro Minute von 21°C über jeweils 30 Sekunden durchgeführt. Der Patient hält die Augen geschlossen. Für die Vertikalstellung des lateralen Bogenganges wird der Patient auf einem speziellen Lagerungstisch um 30° gegenüber der Horizontalen angehoben. Diese Position wird als Kalorisationsposition bezeichnet. Die kalorischen Nystagmusreaktionen der vier Einzelprüfungen (rechtes Ohr 44°C, linkes Ohr 44°C, rechtes Ohr 30°C, linkes Ohr 30°C) werden mittels der Elektronystagmographie jeweils mindestens 3 Minuten lang von Spülbeginn an aufgezeichnet.

Der Spülvorgang beginnt mit der Warmspülung rechts, anschließend wird die linke Seite warm gespült; es folgt die Kaltspülung rechts und zum Schluß die Kaltspülung links. Der Abstand zwischen den Stimuli soll mindestens 6 Minuten betragen. In Fällen außergewöhnlicher Hyperaktivität muß unter Umständen sogar beträchtlich länger gewartet werden. Im Normalfall bewirkt die Warmspülung einen Nystagmus zur gereizten Seite, während Kaltspülung einen zur Gegenseite gerichteten Nystagmus hervorruft. Die Wasserkalorisation ist, abgesehen von geschlossenen Systemen, wie das System von BROOKLER, nur begrenzt einsatzfähig. Es kann bei Fällen, bei denen es sich um eine Entzündung des äußeren Ohres oder ein perforiertes Mittelohr mit Entzündung des Mittelohres handelt, zu Komplikationen kommen. In diesen Fällen bevorzugt man die Kalorisation mit Luft. Wiederum muß das eingeblasene Luftvolumen wärmer als die Körpertemperatur sein, um eine Warmreaktion auszulösen. Da Luft beim Ausströmen aus Düsen einem druckabhängigen Erwärmungs- bzw. Abkühlungsphänomen unterliegt, kann die Luftkalorisation

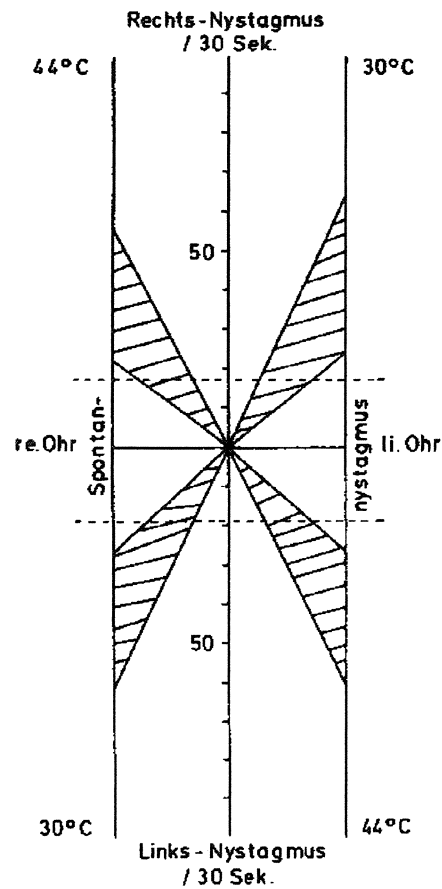


nicht so exakt durchgeführt werden wie die Wasserkalorisation. Das optimale Gasvolumen ist als Fluß bei 5-6 Liter pro Minute einzustellen.

Ausgewertet wird die postkalorische Nystagmusreaktion. Als qualitative Auswerteparameter werden die Nystagmusschlagrichtung und die Nystagmuskoordination herangezogen. Zur Charakterisierung der kalorischen Vestibularisreaktion hat sich die zentrale Nystagmusfrequenz während 30 Sekunden im Kumulationsbereich der kalorischen Nystagmusreaktion bewährt. Als Kumulationsbereich wird der Maximalbereich des Nystagmussignals hinsichtlich Häufigkeit und Größe bezeichnet.

### 2.2.3.1 Schmetterlingsschema

Die Werte des maximalen Nystagmus-Schlagratenzuwachses, also der Frequenz im Kumulationsbereich, werden in den betreffenden Quadranten des synoptischen Schmetterlingsschemas nach CLAUSSEN festgehalten und jeweils als Kennlinie für die geprüfte Reaktion eingetragen. Das Schmetterlingsschema setzt sich aus vier Quadranten zusammen, in denen graphisch die einzelnen Nystagmusreaktionen als Reaktions-Kennlinien eingezeichnet werden (Abb. 2.3).



**Abb. 2.3** Schmetterlings-Kennlinien-Schema

Links von der Ordinate stehen die Reaktionen des rechten Ohres, rechts von ihr die Reaktionen des linken. Oberhalb der Abszisse wird der Rechtsnystagmus eingetragen, darunter der Linksnystagmus. So kann mit einem Blick der Gesamtkomplex aller Reaktionen beurteilt werden. Da in dieses Schmetterlingsschema Normbereiche eingezeichnet sind, läßt sich in der klinischen Routine durch einen Blick ersehen, ob eine oder mehrere der Kennlinien der kalorischen Nystagmusreaktionen außerhalb des Normbereichs liegen. Beim Normalbefund liegen alle vier Kennlinien der vier Quadranten innerhalb der schraffiert gezeichneten Normbereiche des Schmetterlingsschemas. Hinsichtlich Normabweichung und Konfiguration der Einzelkennlinien zueinander sind außer dem Normmuster noch 80 weitere

Kennlinienmuster denkbar, wobei allerdings etwa 15% noch in keinem Fall beobachtet wurden. Der diagnostische Wert der Schmetterlingskennlinienmuster liegt besonders in der möglichen Differenzierung zwischen peripheren und zentralen vestibulären Gleichgewichtsfunktionsstörungen. Hinweis auf einen zentralen Sitz einer Gleichgewichtsfunktionsstörung ist z. B. der „große Schmetterling“ mit Normbereichsüberschreitung der zentralen Nystagmusfrequenz bei mindestens drei der vier kalorischen Reaktionen. Auf den peripheren Sitz einer vestibulären hinweisend ist beispielsweise der „einseitige Warmverlust“ mit spontanem Ausfallnystagmus zur Gegenseite. Dieses Reaktionsmuster stellt sich im Schmetterlingsschema als „dreiflügeliger Schmetterling“ dar. Als Auswerteparameter des kalorischen Tests können außer der zentralen Nystagmusfrequenz auch noch die folgenden Größen herangezogen werden: die Nystagmusamplitude im Kumulationsbereich, die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase im Kumulationsbereich und die Kumulationslatenz, also die Zeit, die vom Spülbeginn bis zum Zentrum des Frequenzmaximums verstreicht. Für diese Parameter wurden ebenfalls entsprechende Schmetterlingsschemata mit eingezeichnetem Normbereich entwickelt.

#### **2.2.4 Auswertung**

Die Nystagmusreaktionen sowie andere Augenbewegungsmuster können mit Hilfe der Elektronystagmographie (ENG) objektiv registriert und quantitativ ausgewertet werden. Die früher allgemein übliche Methode der Vestibularisprüfung mit Hilfe der FRENZEL'schen Leuchtbrille mit Auszählung der Nystagmusschläge unter Zuhilfenahme einer Stoppuhr (sog. Stoppuhrmethode) ist zumindest bei wissenschaftlichen Untersuchungen heute weitgehend von der Elektronystagmographie (ENG) verdrängt worden.

Die meisten Autoren, auf deren Arbeiten in der Folge hingewiesen wird, verwenden wie wir die Elektronystagmographie zur Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen.

Bei der Elektronystagmographie werden folgende typische Bewegungsmuster unterschieden:

1. Die Ruheaktivität der Augen
2. Die ruhige und gleichmäßige Blickfolge, den „smooth pursuit“
3. Der Bewegungsdruck des Auges, die Sakkade
4. Die wellenförmige auf- und ab- bzw. hin- und hergleitende Augenbewegung, die Undulation
5. Die in größeren Gegenrucken hin- und herspringenden Augenbewegungen, die „square waves“
6. Der Wechsel von abgleitender Augenbewegung mit schnellem Rücksprung, der Nystagmus.

Diese Muster können in einem monotonen Rhythmus auftreten, sie können aber auch unregelmäßig, sowohl allein als auch vermischt mit anderen, vorkommen, wobei teilweise bizarre, als Dysrhythmie bezeichnete Schriftsätze entstehen können.

Nach CLAUSSEN erübrigt sich eine Unterscheidung zwischen Spontan- und Lagenystagmus. Dies wird so begründet, daß jeder spontane Nystagmus ein Lagenystagmus ist, da er ja unter einer bestimmten Lageposition des Probanden im Schwerfeld registriert wird. Regelmäßig werden bei den Patienten drei verschiedene Lagepositionen zur Auswertung des spontanen Nystagmus verwendet, nämlich:

1. flache Horizontallage (Blick-Pendel-Folge)
2. 30° angehobene Rückenlage (Kalorisation)
3. aufrechtsitzende Position (Drehstuhl)

Zur Auswertung der Nystagmusreaktionen werden von uns in erster Linie die Parameter „zentrale Nystagmusfrequenz“ (Frequenz während der Kumulationsphase der Nystagmusreaktion), „Nystagmusamplitude“ und „Kumulationszeit“ herangezogen. Der von einigen Autoren verwendete Parameter „Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase“ wird meist nicht

gesondert ausgemessen. Man kann nach HENRIKSSON et al. davon ausgehen, daß dieser Parameter in etwa dem Produkt aus Amplitude und Frequenz entspricht.

Weniger Bedeutung wird von uns der von anderen Autoren als Parameter benutzten Nystagmusdauer beigemessen. Dies läßt sich durch die Ansicht HENRIKSSONs et al. stützen, welche die Nystagmusdauer im Vergleich zur Nystagmusfrequenz und der Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase als ungenaueren Parameter ansehen. Bei der Beurteilung einer einseitigen Untererregbarkeit und eines Nystagmus-Richtungsüberwiegens, beispielsweise im kalorischen Test, werden von einigen Autoren relative Seiten- und Tonusdifferenzen berechnet. Bei diesem Vorgehen kann vor allem im Falle der Seitendifferenz nicht zwischen peripheren und zentralen Störungen unterschieden werden. Darauf haben schon BARANY und WITTMARK 1911 hingewiesen, als sie die Vergleichsmessung gegenüber einem sog. Durchschnittsohr publizierten. Mit der Schmetterlingsmethode läßt sich z. B. eine rechtsseitige Übererregbarkeit (Code 2200) von einer linksseitigen Untererregbarkeit (Code 0011) differenzieren. Bei der Berechnung der relativen Seitendifferenzen in der angegebenen Weise kommt man dagegen in diesen Fällen jeweils zum Ergebnis einer linksseitigen Untererregbarkeit.

Die Normbereiche für die Vestibulariskalorisation sind nach CLAUSSEN (NODEC IV):

rechts 44°C: 19,5 - 56,1 Nystagmusschläge pro 30 Sek.

rechts 30°C: 24,3 - 63,9 Nystagmusschläge pro 30 Sek.

links 44°C: 22,5 - 59,7 Nystagmusschläge pro 30 Sek.

links 30°C: 22,5 - 65,7 Nystagmusschläge pro 30 Sek.

Für die Kumulationslatenz legen wir als Normbereich zu Grunde:

rechts 44°C: 49,3 - 84,5 Sek.

rechts 30°C: 45,0 - 90,8 Sek.

links 44°C: 49,5 - 86,3 Sek.

links 30°C: 47,0 - 89,4 Sek.

Die Reaktionskennlinien aus dem Schmetterlingskalorigramm werden mit Hilfe eines trinären Codes (0,1,2) in vierstellige Kennziffern übersetzt (CLAUSSEN). Eine 0 bezeichnet dabei eine Nystagmusreaktion innerhalb der Norm, eine 1 eine Reaktion unterhalb der Norm entsprechend einer gehemmten Nystagmusantwort, wohingegen eine 2 für eine Reaktion oberhalb der Norm steht und einer enthemmten Nystagmusantwort entspricht. Die erste Stelle der vierstelligen Kennziffern beschreibt die rechtsseitige Warmreaktion, die zweite Stelle die rechtsseitige Kaltreaktion. Die linksseitige Warmreaktion wird durch die dritte Stelle, und schließlich die linksseitige Kaltreaktion durch die vierte Ziffer charakterisiert. Zum Beispiel bedeutet die Kennlinienkodierung 1100 eine rechtsseitige Untererregung für Warm- und Kaltstimulus bei Normreaktion auf der linken Seite.

In ca. 2/3 der Fälle läßt sich eine objektivierbare Gleichgewichtsfunktionsstörung feststellen. Die häufigsten pathologischen Schmetterlingsmuster sind:

1. Einseitiger Warmverlust mit Ausfallnystagmus zur Gegenseite (peripher)
2. Bilateral asymmetrischer Schmetterling mit einseitiger Unterfunktion (peripher) bzw. nystagmatisches Richtungsüberwiegen (zentral oder peripher) bzw. großer Schmetterling (zentral)
3. Bilateral asymmetrischer mit einseitiger Überfunktion (zentral) bzw. kleiner Schmetterling (peripher)
4. Einseitiger Kaltverlust (unklar)

Eine klare Trennung zwischen peripheren und zentralen Störungen ist nicht immer möglich, da in einigen Fällen gleichzeitig Veränderungen vorgefunden werden, die sowohl für periphere als auch für zentrale Störungen sprechen, sogenannte kombinierte Störungen.

### 2.2.5 Rotatorischer Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT)

Der RIDT nach CLAUSSEN findet Anwendung bei Reizung der in Drehebene gebrachten lateralen Bogengangssysteme mittels Drehbeschleunigung. Der Drehbeschleunigungsstimulus greift dabei im Gegensatz zum kalorischen Stimulus gleichzeitig an beiden Innenohrrezeptoren an. Während der Durchführung des RIDT sitzt der Patient mit 30° anteflektiertem Kopf auf einem elektronisch programmierbaren Drehstuhl. Das Gesamtprogramm des Tests umfasst ein nach beiden Drehrichtungen durchgeführtes trapezoides Drehbeschleunigungsprogramm. Zuerst wird ein stufenförmiger, über der Reizschwelle gelegener (supraliminaler) Beschleunigungsstimulus ( $3^\circ/s^2$  während 30 sek) gegeben. Danach wird für 3 Minuten eine konstante Drehgeschwindigkeit ( $90^\circ/s$ ) eingehalten. Während dieser Stimuluspause können die Cupulae in ihre Ausgangslage zurückkehren. Anschließend folgt eine abrupte Abbremsung des Drehstuhls während einer Drittel Sekunde; hierbei wird ein supramaximaler, d.h. die obere Diskriminationsgrenze überschreitender, Beschleunigungsimpuls von etwa  $270^\circ/s^2$  ausgelöst.

Während der Drehung wird die perrotatorische und durch die Abbremsung die postrotatorische Nystagmusreaktion ausgelöst. Beide Reaktionen werden elektronystagmographisch aufgezeichnet. Zur Auswertung des RIDT wird die Schlagratensumme (Schlagzahl) des perrotatorischen Nystagmus (genau Perrotatorius I) während 30 Sekunden im Kumulationsbereich in die perrotatorischen Quadranten des RIDT-Kennlinienschemas übertragen und daraus die perrotatorische RIDT-Kennlinie ermittelt. Die postrotatorische Nystagmusreaktion wird durch Integration und doppelt-logarithmische Abbildung als lineare Kennlinie dargestellt. Im Einzelnen wird zu diesem Zweck folgendermaßen vorgegangen: Zunächst werden die postrotatorischen Nystagmusschläge während der ersten 30 Sekunden nach dem Stop in 5-Sekunden-Intervallen ausgezählt. Die so ermittelten „Schlagzahlen“ werden anschließend fortlaufend addiert. Es lassen sich so für jede Dreh- bzw. Nystagmusschlagrichtung 6 „Schlagsummen“-Werte errechnen. Diese 6 Werte

werden in das RIDT-Kennlinienschema übertragen und durch eine Linie miteinander verbunden (Rechtsnystagmus: durchgezogene Linie; Linksnystagmus: gestrichelte Linie). Das genannte Kennlinienschema wurde entwickelt, um das Ergebnis des rotatorischen Tests ähnlich wie beim Schmetterlingschema bildlich und damit leichter interpretierbar zu gestalten.

Die per- und postrotatorischen Kennlinien stellen sich in dem Schema zusammen L-förmig dar, wobei sich links von der Ordinate der lineare Abbildungsraum für die beiden perrotatorischen Kennlinien befindet. Innerhalb des RIDT-Kennlinienschemas sind wie beim Schmetterlingschema des kalorischen Tests Normbereiche eingezeichnet. Auch lassen sich ebenfalls wie beim Schmetterlingsmuster außer dem Normverhalten (d.h. Kennlinien befinden sich innerhalb des Normbereichs) eine Vielzahl unterschiedlicher Musterkonfigurationen unterscheiden, die auf verschiedene vestibuläre Funktionsstörungen hinweisen. So bewertet CLAUSSEN z.B. eine Musterkonfiguration mit den Normbereich nach oben überschreitenden Kennlinien (Enthemmungsverhalten) als zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung. Unterschreiten die Kennlinien dagegen den Normbereich (Hemmungsverhalten) liegt eine zentral oder peripher lokalisierbare Vestibularisstörung vor.

#### 2.2.5.1 Vestibuläres Recruitment und Decruitment

Beim Vestibulären Reiz-Reaktionsstärke-Vergleich (VRRSV) werden die kalorischen und rotatorischen Reaktionen bei einem Patienten vergleichend betrachtet. Der Proband wird hiermit nicht durch eine zusätzliche Untersuchung belastet. Es werden die individuellen Reaktionen zu statistisch ermittelten Normwerten in Beziehung gesetzt. Die perrotatorischen Prüfungen zeigen hinsichtlich des Reaktionsverhaltens eine große Ähnlichkeit mit der kalorischen Warm-Reaktion. In beiden Fällen kommt es während der Reizwirkung zu einer utriculuswärts gerichteten Cupulabewegung und damit zur Erhöhung der afferent gerichteten Informationsmenge. In dessen Folge entsteht auf der



efferenten Seite ein als Reaktion zu beobachtender Nystagmus in Richtung des direkt gereizten Rezeptors. Der perrotatorische Reiz wirkt dabei etwas stärker, weil der Gegenrezeptor während der Drehung gedämpft wird. Nach CLAUSSEN unterscheidet man beim VRRSV drei verschiedene Verhaltensformen:

1. Parallelverhalten: Wenn beide Reaktionen einer Seite im gleichen Bereich liegen (d.h. Warmreizung rechts und Perrotatorius rechts bzw. Warmreizung links und Perrotatorius links liegen in der Norm, im Hemmungs- oder Enthemmungsbereich).
2. Recruitment: Der schwächere kalorische Reiz führt zu einer schwächeren Antwort als der rotatorische Reiz (z.B. Normverhalten bei der Kalorisation, Enthemmungsverhalten beim Perrotatorius, sog. Enthemmungsrecruitment).
3. Decruitment: Der schwächere Reiz ruft die stärkere Reaktion hervor (z.B. kalorische Warmreaktion in der Norm und perrotatorische Reaktion unter der Norm, sog. Hemmungsdecruitment).

Mit Hilfe des VRRSV können bei bestimmten Konstellationen auch Rückschlüsse auf die Lokalisation einer Störung gezogen werden.

## **2.3 Cranio-Corpo-Graphie (CCG)**

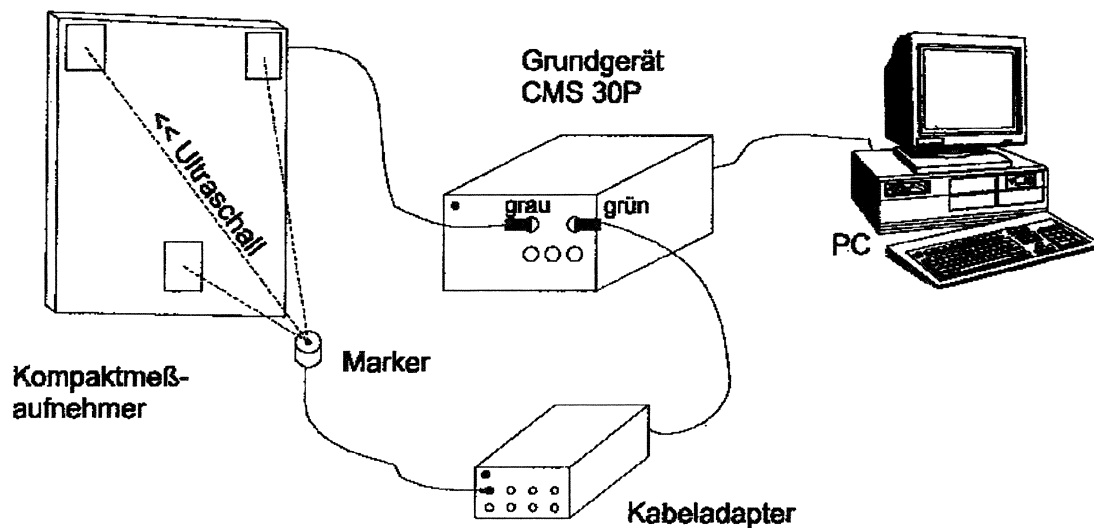
### **2.3.1 Testdurchführung**

Die Cranio-Corpo-Graphie ist eine wenig zeitraubende objektive äquilibrimetrische Methode, die von CLAUSSEN im Jahr 1968 entwickelt wurde. Diese Methode wurde zuerst als eine Screeningmethode für die Arbeitsmedizin entwickelt (für Arbeiten unter Absturzgefahr, wie z.B. Fahrer, Arbeiter in großen Höhen, Schachtanlagen usw.). Vor Einführung der Ultraschallmessungen zeichnete man die Kopf- und Schulterbewegungen als

Leuchtspurmuster photographisch auf. Für die vorliegende Arbeit wurden ausschließlich Patienten berücksichtigt, bei denen die Gleichgewichtsanalyse mit Hilfe des Ultraschallmeßsystems CMS30P der Firma Zebris Medizintechnik GmbH durchgeführt wurde. Dieses Mess-System arbeitet auf der Basis der Ultraschalllaufzeitmessung und erlaubt die einfache und objektive Durchführung der Gleichgewichtstests nach ROMBERG und UNTERBERGER/FUKUDA, die sich als die klinisch wichtigsten vestibulo-spinalen Tests erwiesen haben, da sie typische Reaktionsmuster für periphere vestibulo-spinale und zentrale Störungen liefern. Es erfolgt eine automatische Analyse und Klassifizierung der Messergebnisse wie der Angulären Deviation, des Eigenspins etc. und der mit dem Gesichtssinn nicht erfassbaren Lateralschwankung. Die Mess-Systeme bestehen aus einem Messaufnehmer mit Stativ, Adapter, Markerset (speziellem Markerhelm und Schultermarkern) und der Auswertesoftware. Zur Kompletteinheit gehören weiterhin PC, Bodenstativ und Drucker. Die einfache Handhabung der Geräte und der menügeführten Software erlaubt eine sofortige Analyse der Messdaten. Durch die verwendete Ultraschallmesstechnik ist der mobile Einsatz der Mess-Station unter allen Raumbedingungen gewährleistet. Neben den Standard-Messprotokollen sind Mehrfachdarstellungen der Messergebnisse verschiedener Untersuchungen auf einem Bildschirm möglich.

Die Meßsysteme beinhalten Markierungspunkte, welche aus kleinen sequentiell betriebenen Ultraschallsendern bestehen, die auf beiden Schultern sowie auf einem Markerhelm in Stirn- und Hinterhauptposition angebracht sind. Diese können direkt mit dem Grundgerät oder mit einem Kabeladapter verbunden werden (Abb. 2.4). Die Körperoberflächenmarker sind aktive Ultraschallgeber, die in einer Kunststoffhülse fest vergossen sind und ihr Signal über eine Lochblende abgeben. Der Abstrahlungsöffnungswinkel des austretenden Ultraschalls kann nur bis zu  $130^\circ$  garantiert werden; daher soll der Marker in seiner Hauptabstrahlrichtung zum Meßaufnehmer zeigen. Weiterhin soll der Raum zwischen Marker und Meßaufnehmer frei von Hindernissen sein, damit Reflexionen des Ultraschalls nicht die Messergebnisse beeinflussen. Der

zugehörige Meßaufnehmer beinhaltet drei, in definiertem Abstand angeordnete Ultraschallmikrofone mit zugehöriger Auswerteelektronik. Im Betrieb werden von den Ultraschallsendern fortlaufend Impulse abgegeben und die Entfernung zu den Mikrofonen durch Laufzeitmessung bestimmt. Durch Triangulation werden die absoluten Raumkoordinaten berechnet.



**Abb. 2.4** Meßprinzip des Ultraschall-CCG

In der vorliegenden Arbeit wurden der Unterberger-Fukuda-Tretversuch sowie der Romberg'sche Stehversuch verwendet. Um optische Reize auszuschalten, die eine visuelle Orientierung ermöglichen könnten, werden die Augen des Patienten abgedeckt.

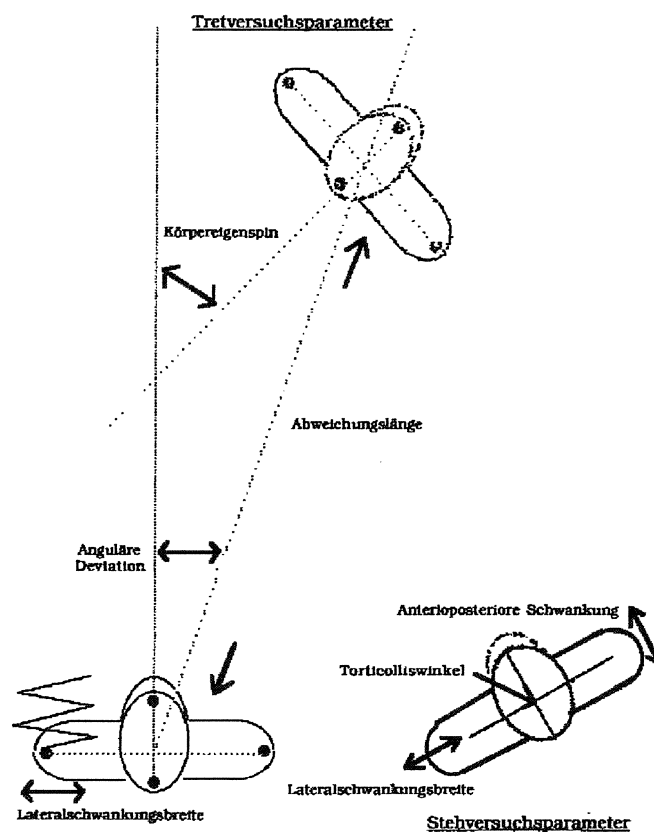
### 2.3.2 Unterberger-Fukuda-Tretversuch

Hierbei sollen die Patienten 80 bis 100 Schritte während einer Minute auf der Stelle ausführen. Nach ungefähr 40 Schritten ist der Einfluß der „erinnerten“

Orientierung so weit abgesunken, dass die Patienten dann stärker ihrer vestibulären Orientierung folgen.

Folgende Parameter werden beim Tretversuch analysiert:

1. Längsabweichung: Distanz der zurückgelegten Strecke vom Ausgangspunkt in gerader Linie zum Endpunkt
2. Lateralschwankungsbreite: Schwankungsamplitude während der einzelnen Schrittzyklen von Seite zu Seite
3. Anguläre Deviation (Winkelabweichung): Messung des Abweichungswinkels zwischen der Geradeausrichtung in Ausgangsstellung und der Verbindungslinie des Ausgangspunktes mit dem Endpunkt
4. Eigenspin: Verdrehung um die Körperachse nach rechts oder links, gemessen in Winkelgrad



**Abb. 2.5** Steh- und Tretversuchparameter

Dieser Test hilft periphere, zentrale und kombinierte vestibuläre Störungen zu unterscheiden. Bei Verdacht auf Simulation oder Aggravation kann durch wiederholte Testdurchführung geprüft werden, ob das betreffende Abweichungsmuster reproduzierbar ist, da Simulanten ihre motorischen Bewegungsabläufe nicht identisch resimulieren können.

Es lassen sich nach CLAUSSEN typische Konfigurationen ableiten, die musterspezifisch zu bestimmten Erkrankungen in Beziehung gesetzt werden können.

Typ A: Normaltyp, bei dem der Patient mit kleinen Lateralschwankungen nur nach vorne in den Normbereich abweicht.

Typ B: Typ der peripheren Störung mit kleinen Lateralschwankungen. Der Patient weicht zur Seite des gestörten bzw. operierten Ohres über den Normbereich hinaus ab.

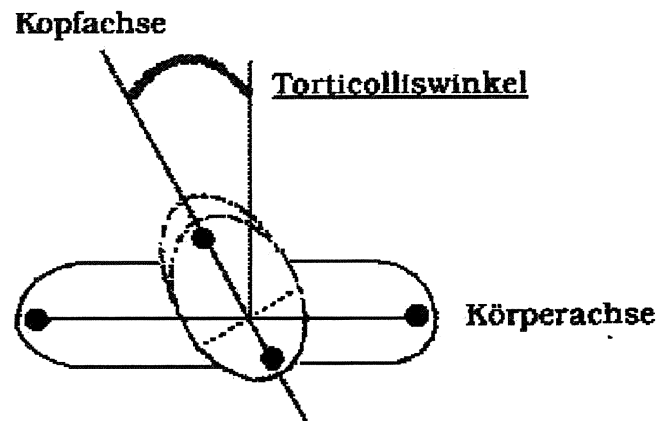
Typ C: Typ der zentralen Störung mit großen Lateralschwankungen. Der Patient zeigt verbreiterte Lateralschwankungen während jedes einzelnen Schrittes, ohne auffällige seitliche Normabweichung.

Typ D: Typ der kombinierten Störung. Der Patient weist während jedes einzelnen Schrittes verbreiterte Lateralschwankungen und insgesamt eine deutliche Seitenabweichung auf, die über den Normbereich hinausgeht.

### **2.3.3 Romberg-Stehversuch**

Beim ROMBERG'schen Stehversuch werden die Patienten aufgefordert, mit geschlossenen Füßen unter CCG-Bedingungen eine Minute lang aufrecht mit ausgestreckten Armen still zu stehen. In diesen Test gehen neben der Tiefensensibilität auch Einflüsse seitens des Kleinhirns und höherer Hirnabschnitte ein. Als Auswerteparameter gelten die Längsschwankung, die Seitenschwankung und die Stirnfläche (cm<sup>2</sup>).

Ein weiterer Parameter ist der Torticolliswinkel, also die Verstellung der Kopfachse zur Schulterachse aus dem normalen rechtwinkligen Verhältnis heraus (siehe Abb. 2.6).

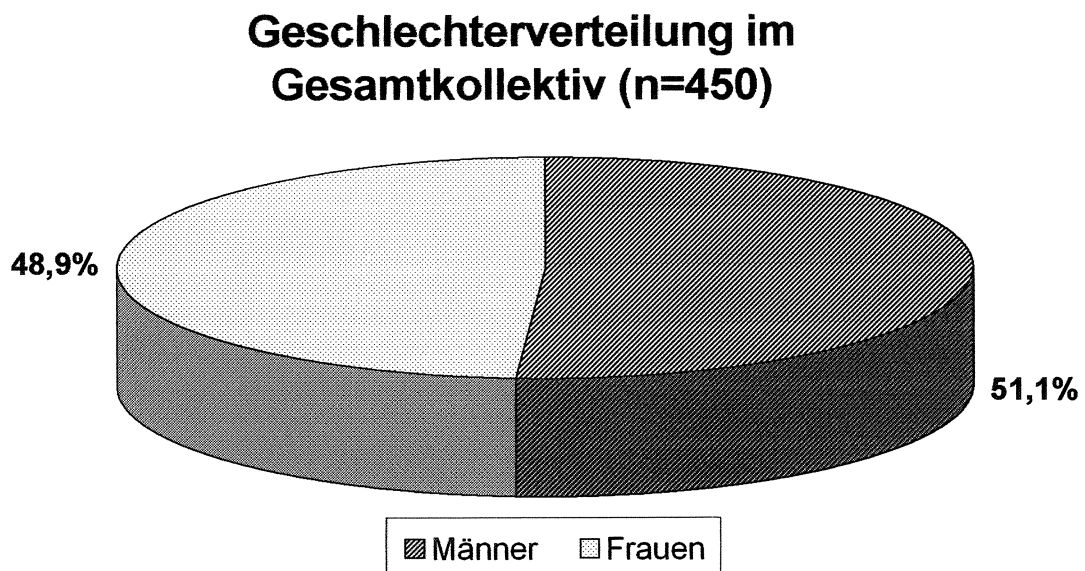


**Abb. 2.6** Torticolliswinkel

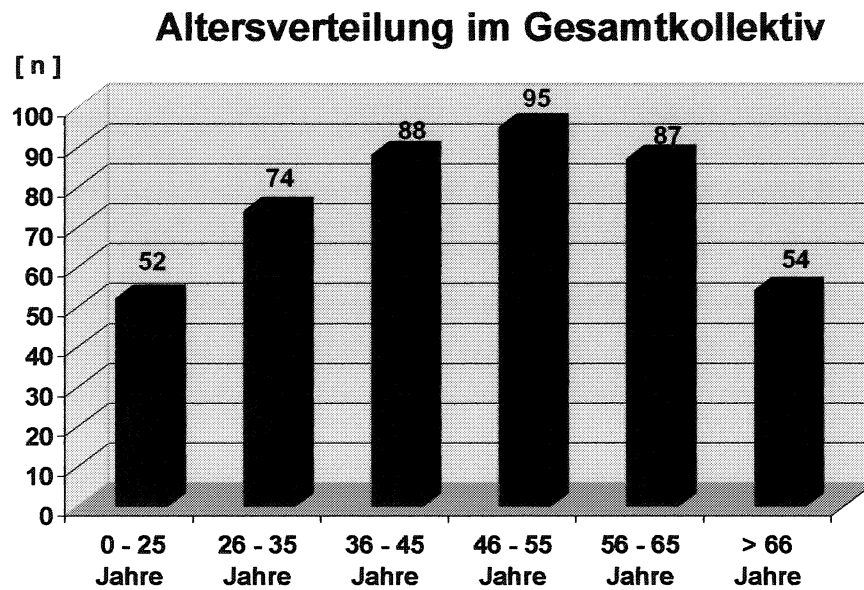
### 3 Ergebnisse

Von insgesamt 450 Patienten wurden sowohl die einzelnen Parameter der Ultraschall-CCG-Tests als auch die Ergebnisse anderer äquilibrimetrischer Tests sowie die Anamnesedaten in einer Computerdatenbank erfasst, wobei jeder einzelne Datensatz aus 134 Parametern besteht. Die Datenbank wurde mit Hilfe des Programmes Excel erstellt. Später wurden dann Selektionen verschiedener Daten sowie eine beschreibende Statistik durchgeführt. Im Folgenden werden die statistischen Ergebnisse des Gesamtkollektivs sowie von ausgewählten Unterkollektiven in anschaulicher Diagrammform vorgestellt. Im letzten Abschnitt der Ergebnisse werden die Einzelfälle kasuistisch dargestellt.

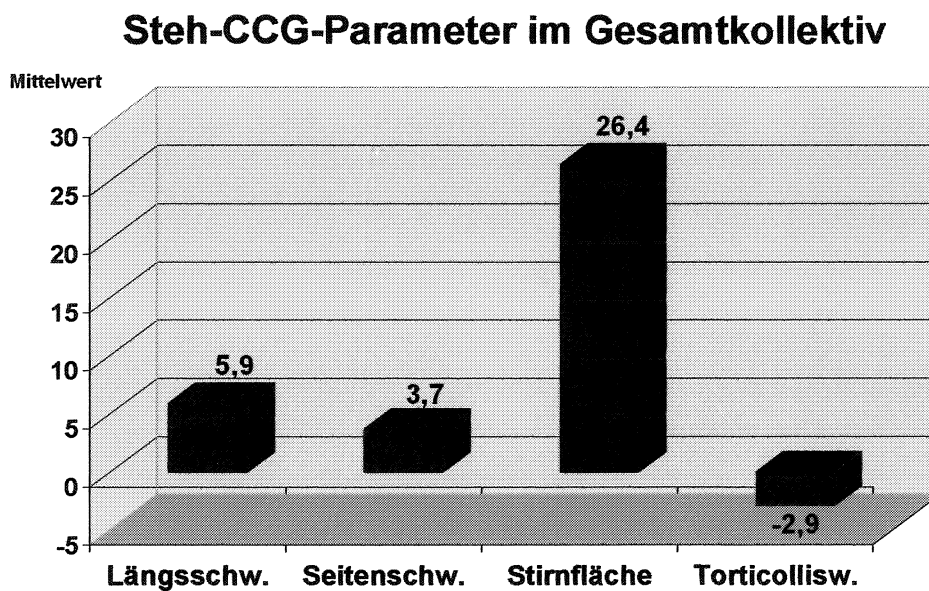
#### 3.1 Statistik des Gesamtkollektivs



**Abb. 3.1** zeigt die Geschlechterverteilung des Kollektivs, das sich in 220 Frauen und 230 Männer aufspaltet.

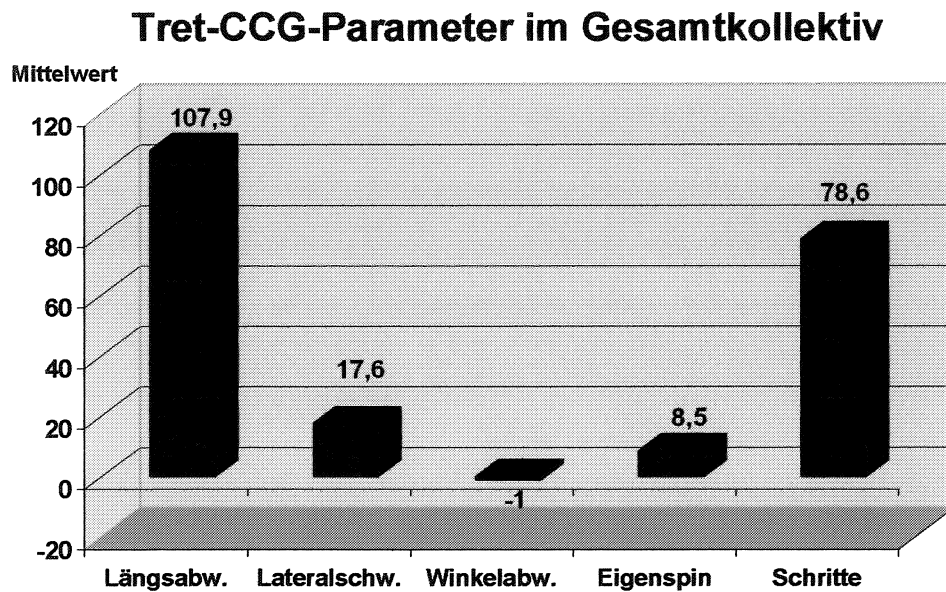


**Abb. 3.2** zeigt die Altersverteilung der Patienten. Der älteste Patient war 90 Jahre alt, der jüngste 9 Jahre. Die meisten Patienten lagen im Altersbereich zwischen 46-55 Jahren (95), der Durchschnitt lag bei  $46,3 \pm 16,3$  Jahren.

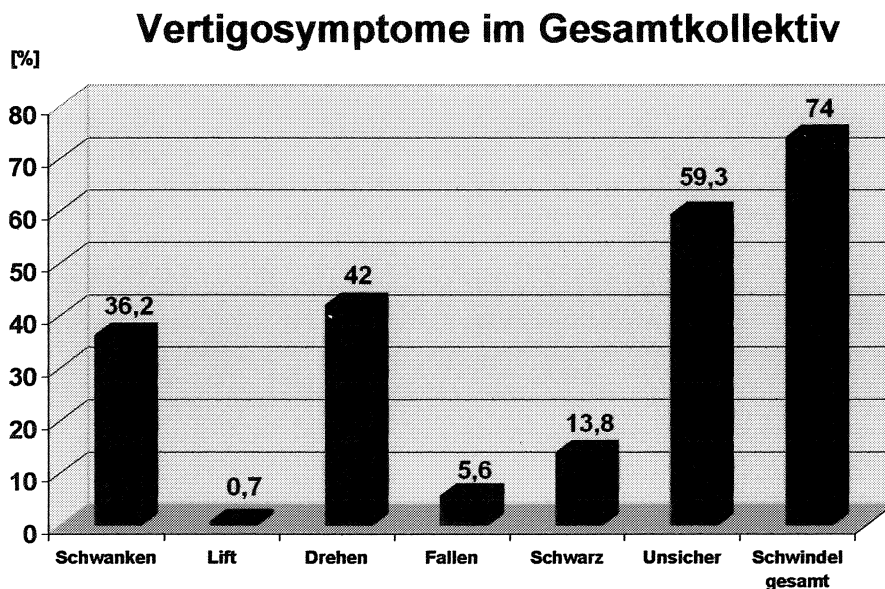


**Abb. 3.3** - Darstellung der verschiedenen Parameter für den Romberg-Stehversuch.



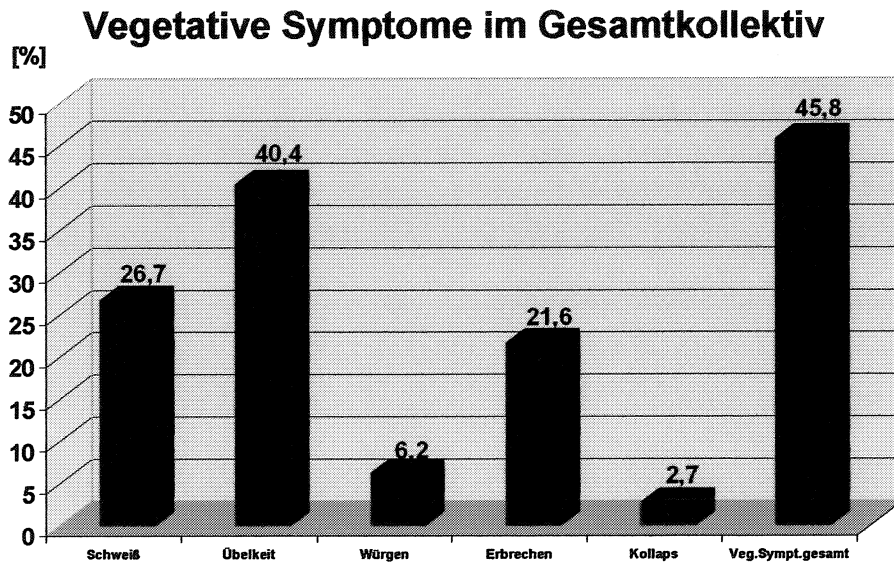


**Abb. 3.4** - Durchschnittswerte der verschiedenen Parameter für den Unterberger-Fukuda-Tretversuch.



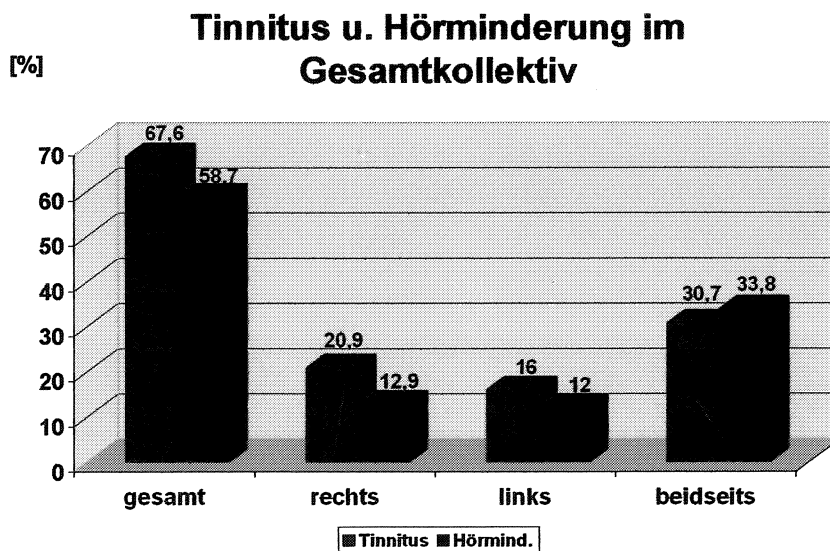
**Abb. 3.5** Man erkennt, dass Schwindelsymptome bei 74% der Patienten im Gesamtkollektiv auftraten. Die drei häufigsten Symptome waren dabei:

- Unsicherheit 59,3%
- Drehgefühl 42%
- Schwankschwindel 36,2%



**Abb. 3.6** - Vergleich der vegetativen Symptome im Gesamtkollektiv. 45,8 % der Untersuchten zeigten vegetative Symptome; am häufigsten traten hierbei auf:

- Übelkeit 40,4%
- Schwitzen 26,7%
- Erbrechen 21,6%



**Abb. 3.7** - Audiologische Symptome des Gesamtkollektivs verteilt auf rechts-, links- oder beidseitige Beschwerden. Der Tinnitus überwiegt hierbei mit 67,6%.

### Grunderkrankungen im Gesamtkollektiv

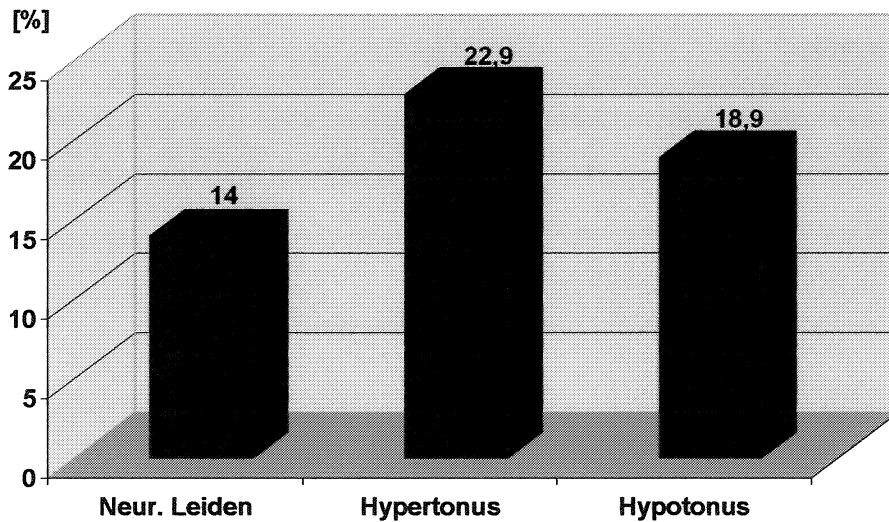


Abb. 3.8 Bei den Grunderkrankungen im Gesamtkollektiv zeigt sich mit 22,9% ein Überwiegen des Hypertonus.

### Kalor. Test - Zentrale Nystagmusfrequenz im Gesamtkollektiv

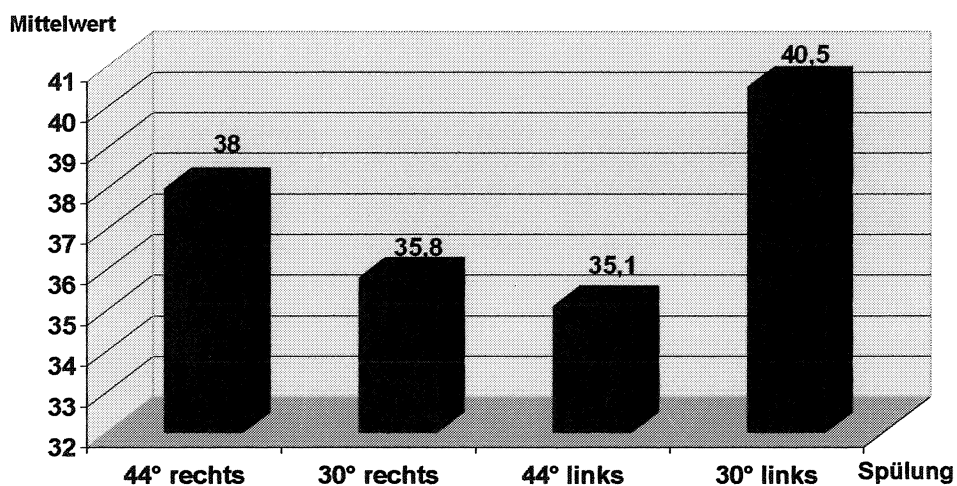
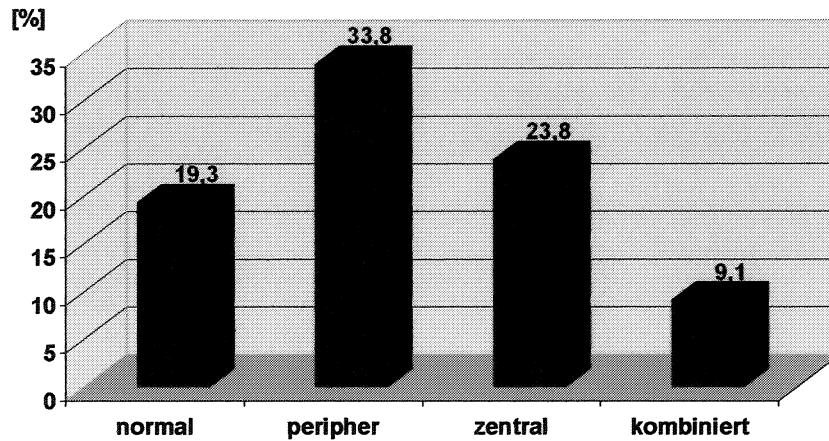


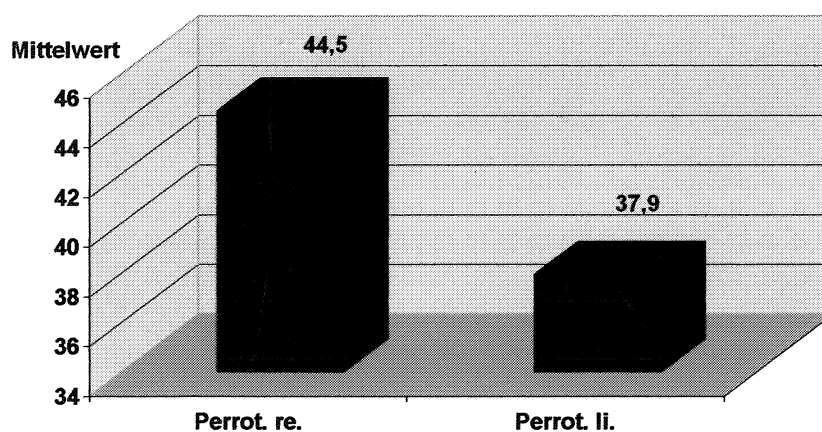
Abb. 3.9 - Durchschnittswerte der zentralen kalorischen Nystagmusfrequenz im Gesamtkollektiv. Mit einer mittelwertigen Nystagmusfrequenz von 40,5 Schlägen überwiegt die Kaltspülung links.

### Störungslokalisierung (mittels kalorischer Vest.prüfung) im Gesamtkollektiv



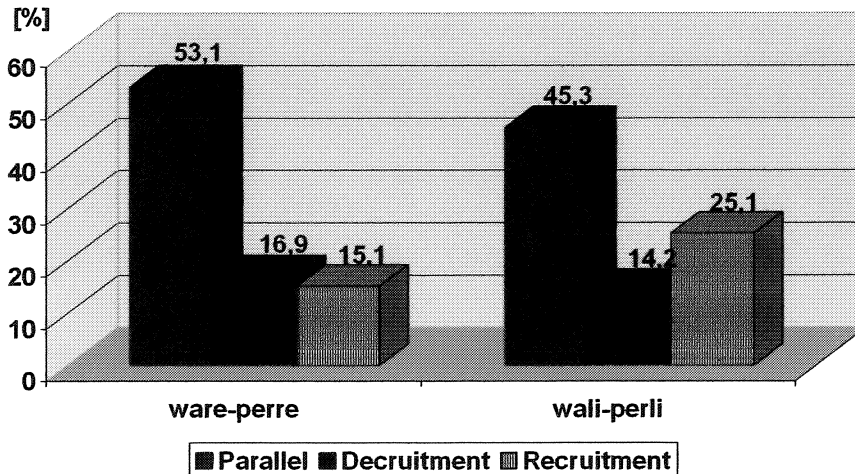
**Abb. 3.10** - Störungslokalisierung mittels kalorischer Vestibularisprüfung. Ein Fünftel der Patienten (19,3%) hatte normale ENG-Befunde, ein Drittel (33,8%) eine periphere Störung, 23,8% eine rein zentrale Störung und 9,1% eine kombinierte Störung. Störungen mit peripherer Beteiligung (peripher+kombiniert) überwiegen mit zusammen 42,9% gegenüber denen mit zentraler Beteiligung (zentral+kombiniert => 32,9%).

### Perrotatorischer Nystagmus im Gesamtkollektiv



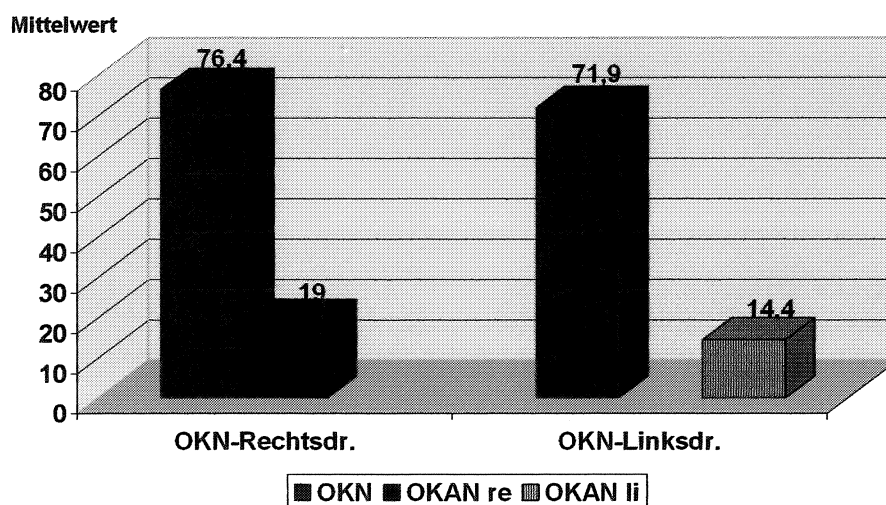
**Abb. 3.11** - Vergleich zwischen perrotatorischem Nystagmus bei Rechts- bzw. Linksdrehung, wobei der rechtsgerichtete mit einem Durchschnittswert von 44,5 Schlägen pro 30 s über dem linksgerichteten liegt.

### Vest. Parallelverhalten, De- bzw. Recruitment im Gesamtkollektiv



**Abb. 3.12** - Beim Vestibulären Reiz-Reaktionsstärke-Vergleich steht das beidseitige Parallelverhalten an erster Stelle. Bei Warmreizung links und Perrotatorius links überwiegt das Recruitmentverhalten bzw. Aufholphänomen (25,1%) gegenüber dem Decruitmentverhalten bzw. Blockierungsphänomen (14,2%), wobei es bei ware-perre nahezu identisch ist (15,1% zu 16,9%).

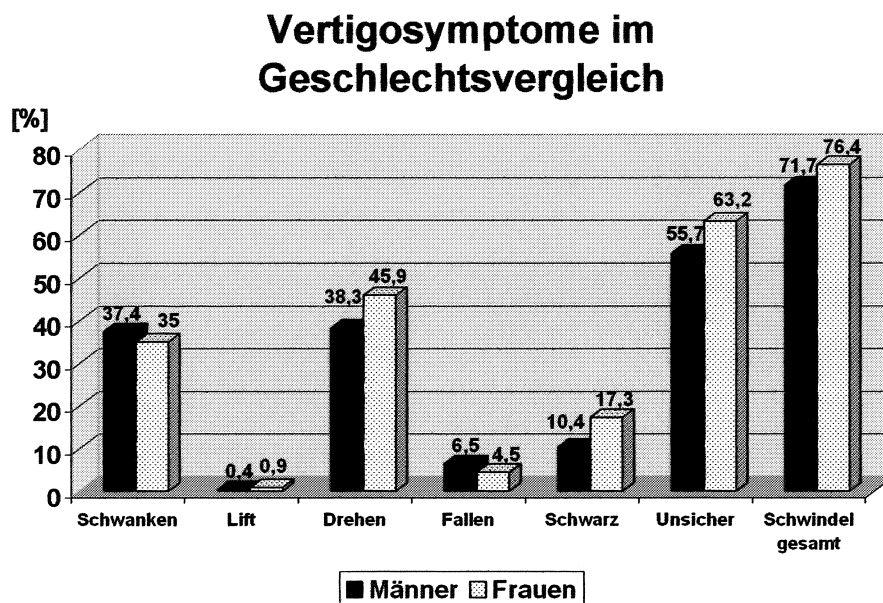
### Optokinetik-Ergebnisse im Gesamtkollektiv



**Abb. 3.13** - Ergebnisse des optokinetischen Nystagmus sowie des optokinetischen After-Nystagmus sowohl für Rechts- als auch für Linksdrehung.

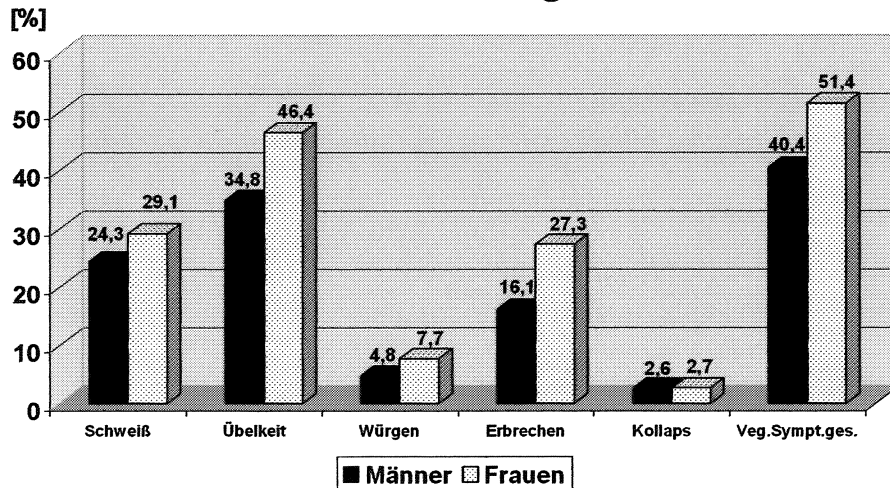
### 3.2 Statistik im Geschlechtsvergleich

Bei den Steh-CCG-Parametern Längsschwankung, Seitenschwankung, Stirnfläche und Torticolliswinkel sowie den Tret-CCG-Parametern Längsabweichung, Lateralschwankung, Winkelabweichung und Körpereigenspin sind keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern auszumachen.



**Abb. 3.14** - Schwindelsymptome im Vergleich zwischen Frauen und Männern. Bei den relevanten bzw. häufiger auftretenden Subgruppen (Schwanken, Drehen, Schwarz-werden-vor-den-Augen und Unsicherheit) fällt mit Ausnahme des Schwankschwindels die häufigere Symptomatik bei Frauen auf.

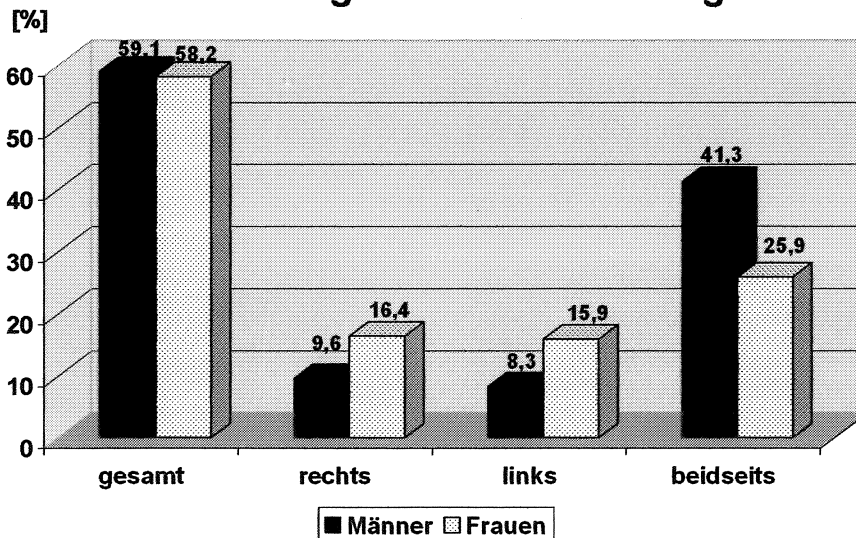
### Vegetative Symptome im Geschlechtsvergleich



**Abb. 3.15** - Vergleich der vegetativen Symptome bei Frauen und Männern. Deutlich stehen hier die Symptome bei den Frauen hervor.

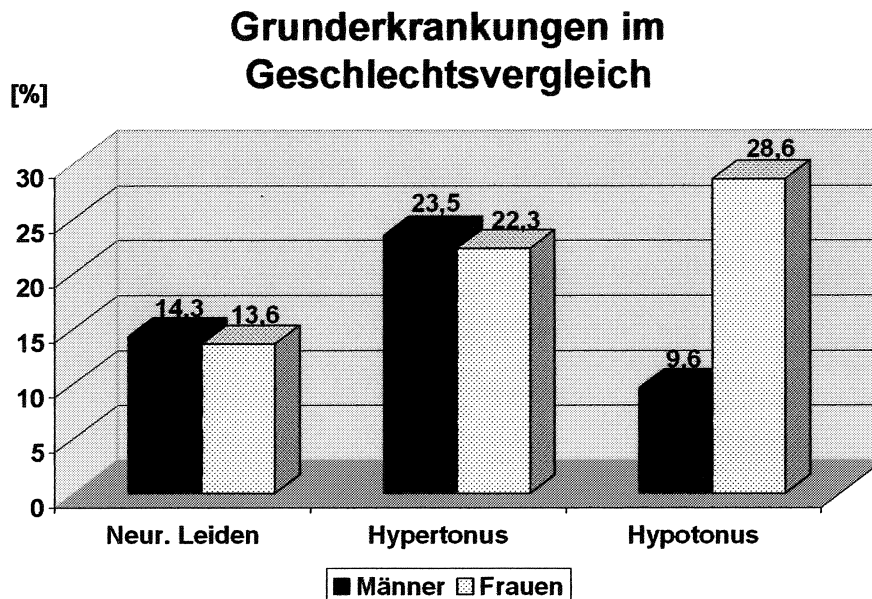
Bei der Untersuchung der Ohrgeräusche waren keine besonderen Unterschiede zwischen Frauen und Männern festzustellen.

### Hörminderung im Geschlechtsvergleich



**Abb. 3.16** - Ähnlich verhält es sich beim Gesamtaufreten der Hörminderung im Geschlechtsvergleich (Frauen 58,2%, Männer 59,1%), wobei das beidseitige

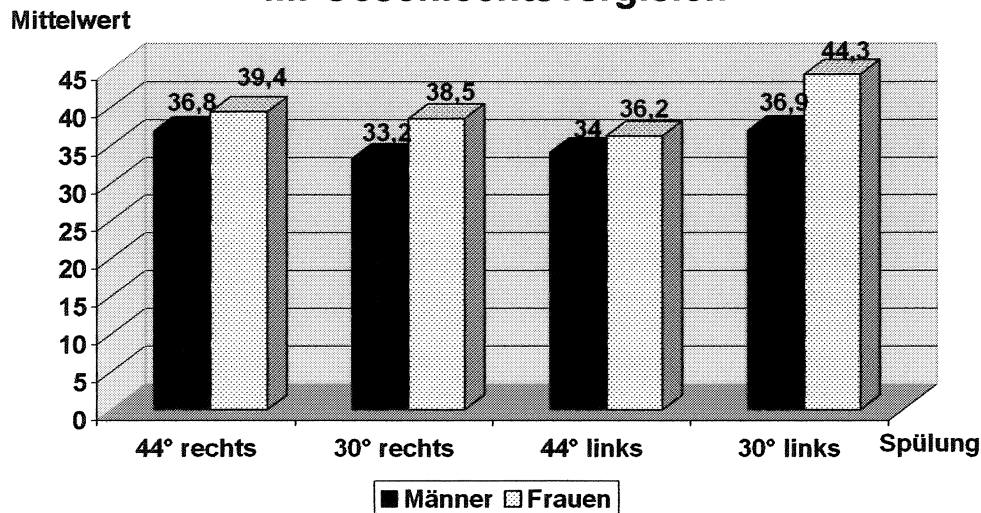
Auftreten der Hörminderung bei Männern wesentlich häufiger (41,3% zu 35,9%) im Vergleich zu den Frauen vorkommt, als das einseitige Vorkommen (Verhältnis Frauen:Männer ca. 2:1).



**Abb. 3.17** - Bei den Grunderkrankungen treten Neurologische Leiden sowie Hypertonus ähnlich häufig bei Frauen und Männern auf; der Hypotonus der Frauen, der den prozentual größten Teil der Grunderkrankungen ausmacht (28,6%), ist nahezu 3 mal so groß wie bei den Männern.

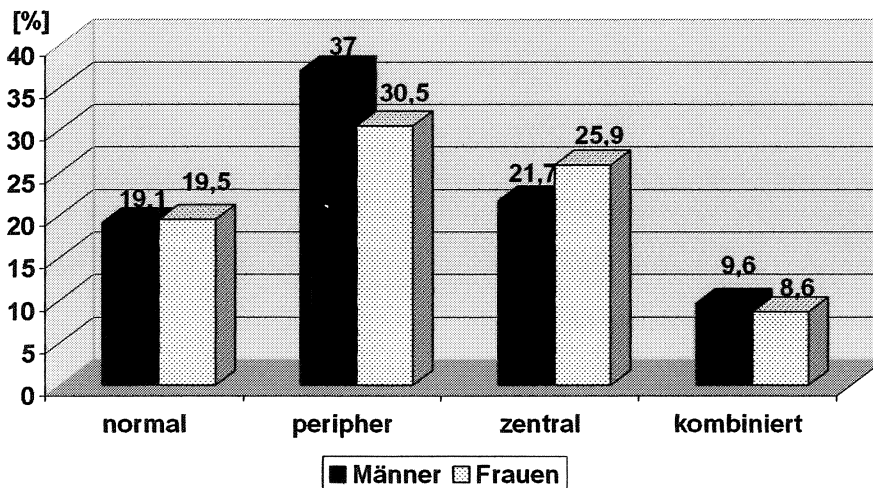


### Kalor.Test - Zentrale Nystagmusfrequenz im Geschlechtsvergleich



**Abb. 3.18** - Die zentrale Nystagmusfrequenz des kalorischen Tests bei den Frauen liegt bei allen 4 Spülungen im Mittelwert über denen der Männer.

### Störungslokalisierung (mittels kalorischer Vest.prüfung) im Geschlechtsvergleich

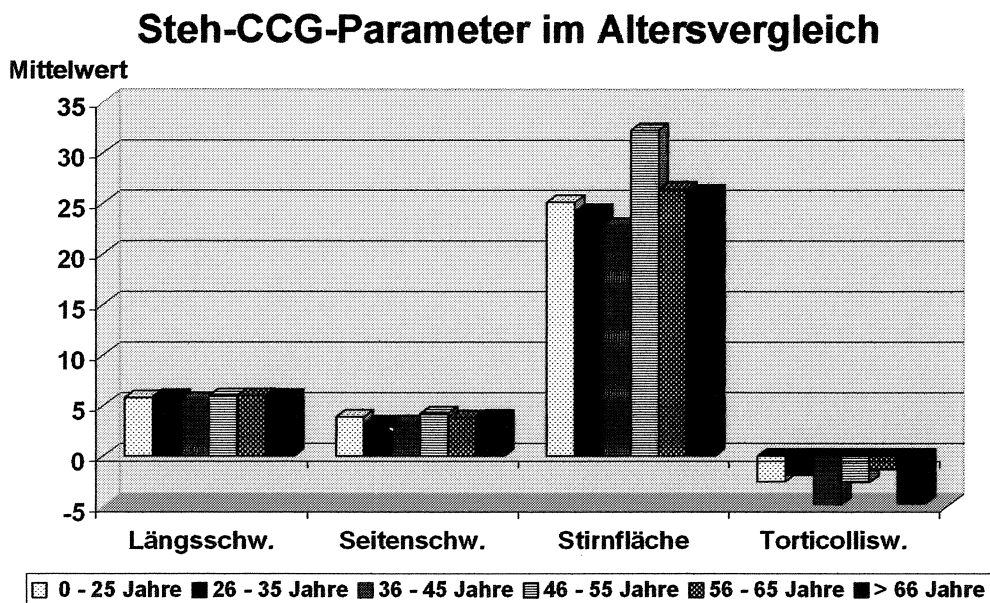


**Abb. 3.19** - Störungslokalisierung im Geschlechtsvergleich. Etwa ein Fünftel beider Geschlechter weisen normale ENG-Befunde auf. Bei den Frauen überwiegen im Vergleich zu den Männern die zentralen Störungen mit 25,9%, bei den Männern die peripheren Störungen mit 37%. Kombinierte Störungen treten ähnlich häufig auf. Zusätzlich läßt sich feststellen, dass Störungen mit

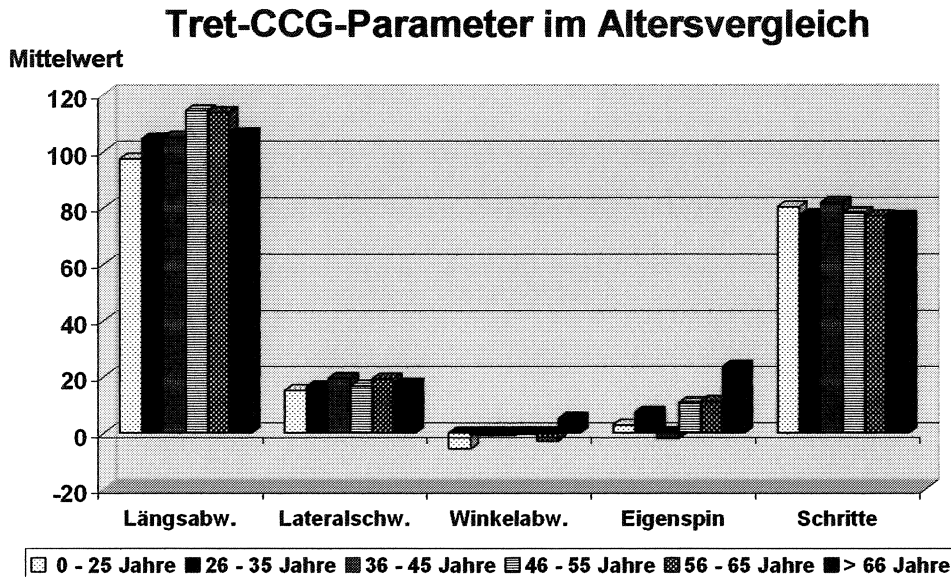
peripherer Beteiligung (peripher+kombiniert) bei beiden Geschlechtern (Frauen 39,1%, Männer 46,6%) häufiger auftreten als Störungen mit zentraler Beteiligung (zentral+kombiniert).

Beim vestibulären Reiz-Reaktionsstärke-Vergleich waren die Ergebnisse im Geschlechtsvergleich nahezu identisch. Gleiches gilt für den optokinetischen Nystagmus sowie des optokinetischen After-Nystagmus sowohl für Rechts- als auch für Linksdrehung. Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen Frauen und Männern auf.

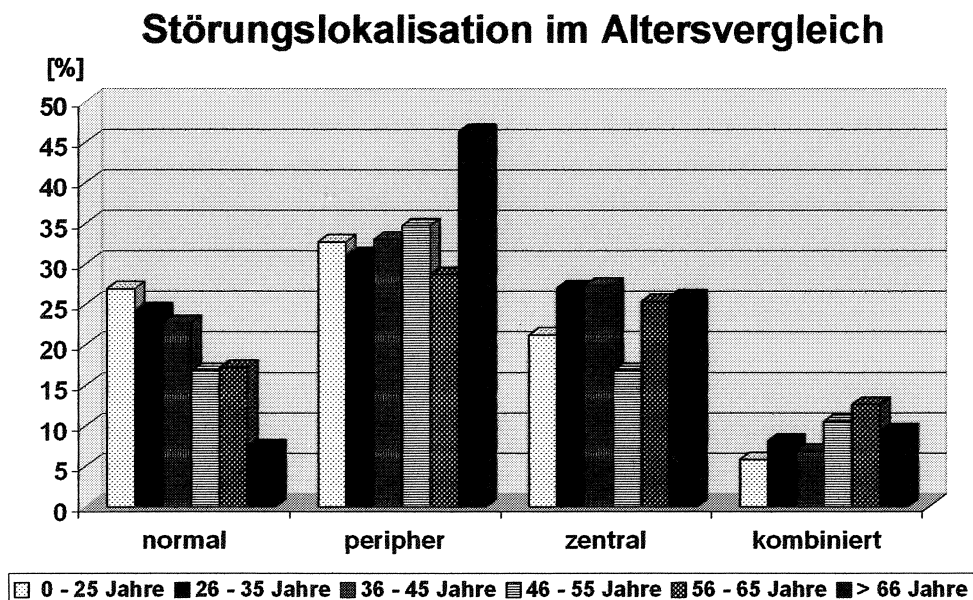
### 3.3 Statistik im Altersvergleich



**Abb. 3.20** - Steh-CCG-Parameter im Altersvergleich. Die Werte für Längsschwankung sowie Seitenschwankung weisen keine großen Unterschiede für die verschiedenen Altersgruppen auf. Beim Durchschnittswert für die Stirnfläche sticht besonders die Gruppe der 46 - 55jährigen hervor. Unterschiede sind ebenfalls beim Torticolliswinkel ersichtlich, jedoch in diesem Rahmen von keiner großen Relevanz.



**Abb. 3.21** - Tret-CCG-Parameter im Altersvergleich. Auffällig neben relativ gleichbleibenden Werten für die Parameter Längsabweichung, Lateralschwankung und Winkelabweichung ist der im Alter zunehmende Körpereigenspin.

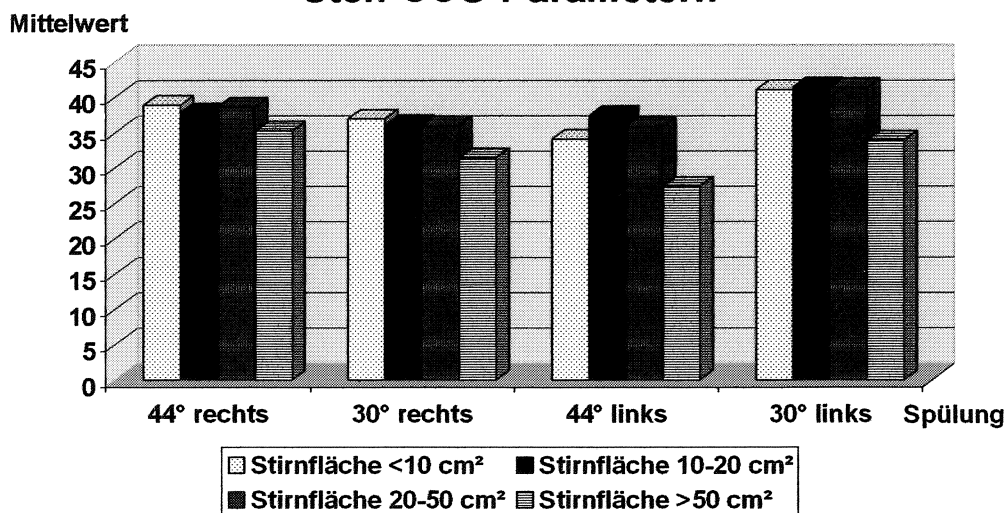


**Abb. 3.22** - Bei der Störungslokalisierung im Altersvergleich nehmen die Normalfälle mit zunehmendem Alter ab. Die Fälle mit peripherer

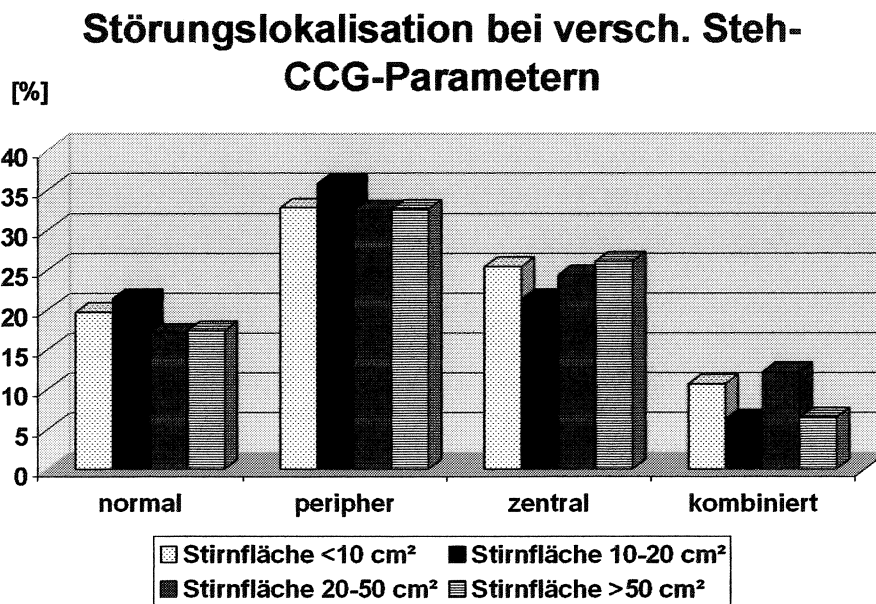
Vestibularisstörung, die als Gruppe prozentual überwiegen, zeigen ähnliche Werte in den Altersgruppen bis 65 Jahren; ein rapider Anstieg dieser peripheren Störungen ist bei den über 66jährigen festzustellen (46,3%). Bis auf die jüngste Gruppe (0-25 Jahre) und die 46-55jährigen liegt der prozentuale Anteil der zentralen Störungen bei allen anderen Gruppen bei ca. 25%. Bei den kombinierten Störungen, die den geringsten Teil aller Störungen ausmachen, pendeln die Werte zwischen den Altersgruppen zwischen 5,8% und 12,6%.

### 3.4 Statistik bei verschiedenen CCG-Parametern

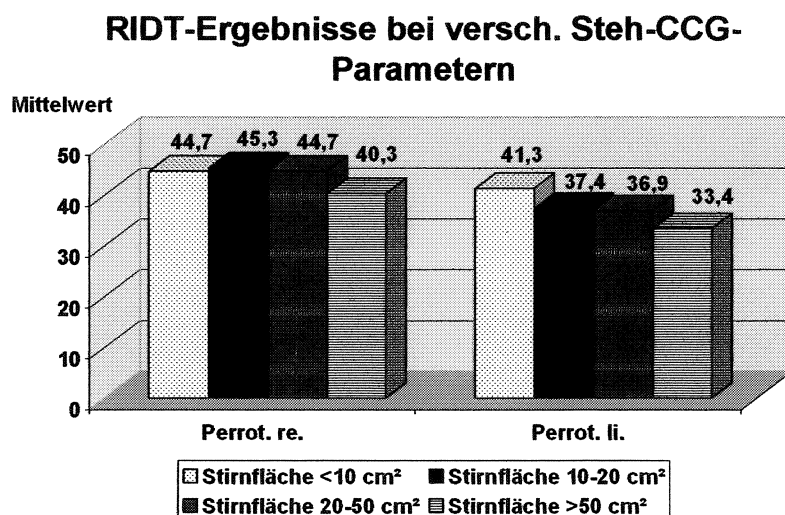
#### Zentr. Nystagmusfrequenz bei versch. Steh-CCG-Parametern



**Abb. 3.23** - Abhängigkeit der zentralen Nystagmusfrequenz von verschiedenen Stirnflächengrößen im Steh-CCG. Bis zu einer Stirnfläche von 50 cm<sup>2</sup> im Steh-CCG weist die zentrale Nystagmusfrequenz relativ gleich bleibende Werte auf; ab einer Stirnflächengröße von 50 cm<sup>2</sup> und mehr nimmt die Nystagmusfrequenz bei allen 4 Spülungen jedoch deutlicher ab.

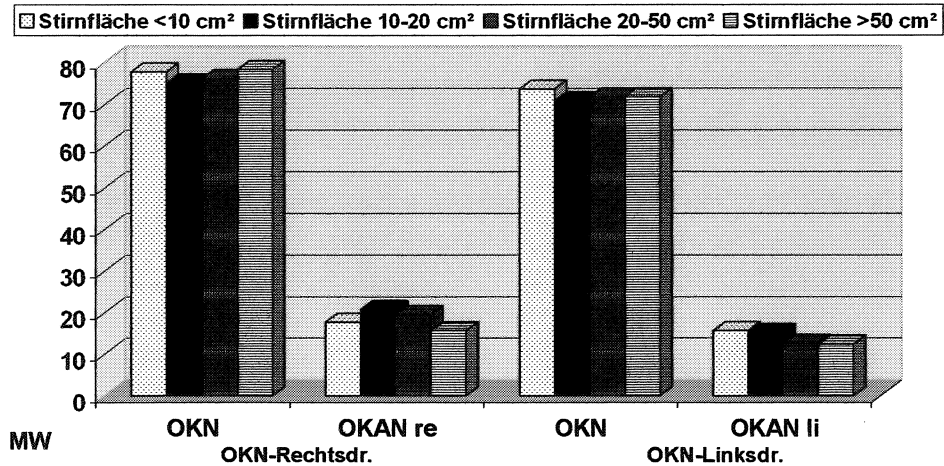


**Abb. 3.24** - Abhängigkeit der Störungslokalisierung von verschiedenen Stirnflächengrößen im Steh-CCG. Prozentual überwiegt wiederum die Gruppe der peripheren Vestibularisstörungen, ansonsten sind jedoch keine signifikanten Abhängigkeiten der Störungslokalisierung von den unterschiedlichen Stirnflächengrößen im Steh-CCG feststellbar.



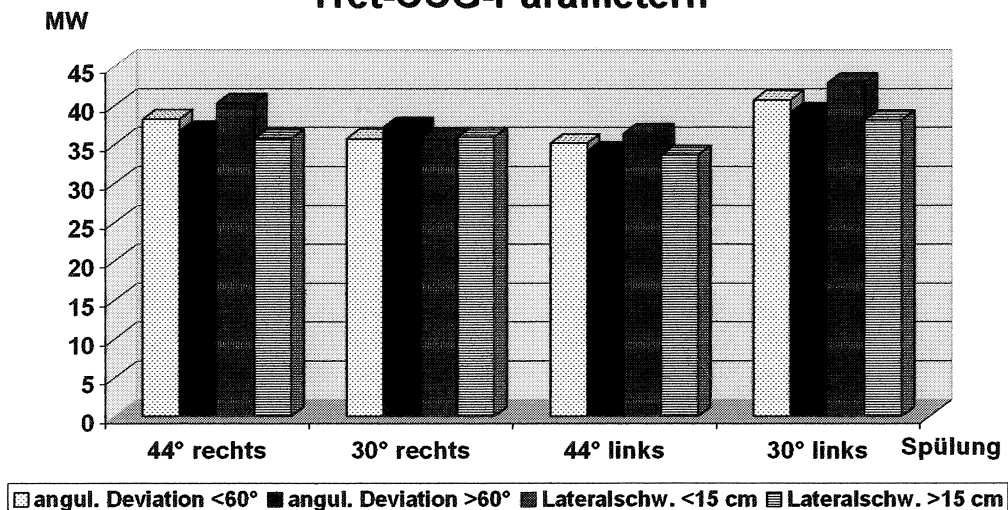
**Abb. 3.25** - Abhängigkeit des perrotatorischen Nystagmus bei Rechts- bzw. Linksdrehung von verschiedenen Stirnflächengrößen im Steh-CCG: je größer das Stirnflächenmuster ist, desto geringer der perrotatorische Nystagmus.

### Optokinetik-Ergebnisse bei versch. Steh-CCG-Parametern



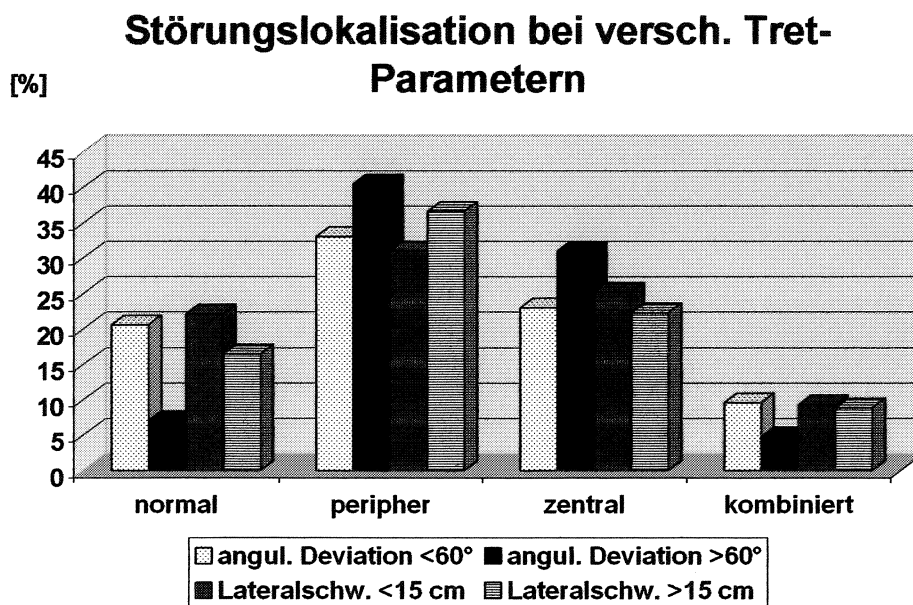
**Abb. 3.26** - Bei den Ergebnissen des optokinetischen Nystagmus sowie des optokinetischen After-Nystagmus sowohl für Rechts- als auch für Linksdrehung in Abhängigkeit von verschiedenen Stirnflächengrößen im Steh-CCG sind keine erheblichen Differenzen festzustellen.

### Zentr. Nystagmusfrequenz bei versch. Tret-CCG-Parametern



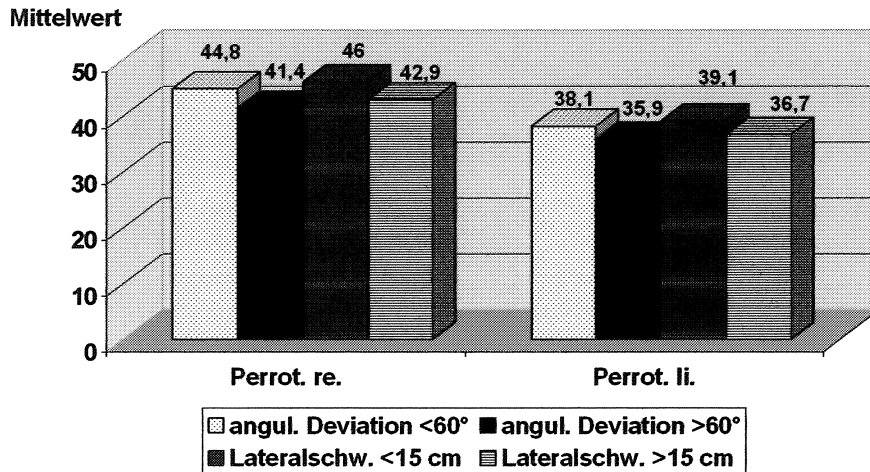
**Abb. 3.27** - Abhängigkeit der zentralen Nystagmusfrequenz von verschiedenen Parametern im Tret-CCG-Test. Korrelationen zwischen zunehmender angulärer

Deviation bzw. Lateralschwankung und damit verbundenen spezifischen Nystagmusveränderungen sind nicht zu erkennen.



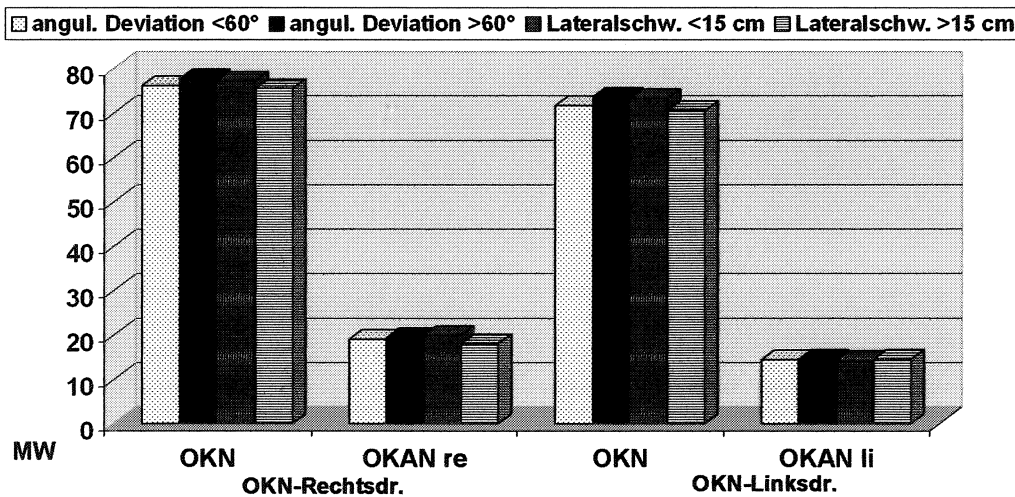
**Abb. 3.28** - Abhängigkeit der Störungslokalisation von verschiedenen Tret-CCG-Parametern. Auffällig ist, dass unter den Patienten mit einer angulären Deviation von über 60° die wenigsten Normalfälle und die wenigsten kombinierten Störungen auftreten, jedoch die prozentual meisten mit einer peripheren bzw. zentralen Störung.

### RIDT-Ergebnisse bei versch. Tret-CCG-Parametern



**Abb. 3.29** - Abhängigkeit des perrotatorischen Nystagmus bei Rechts- bzw. Linksdrehung von verschiedenen Tret-CCG-Parametern. Signifikante Unterschiede sind nicht festzustellen.

### Optokinetik-Ergebnisse bei versch. Tret-CCG-Parametern

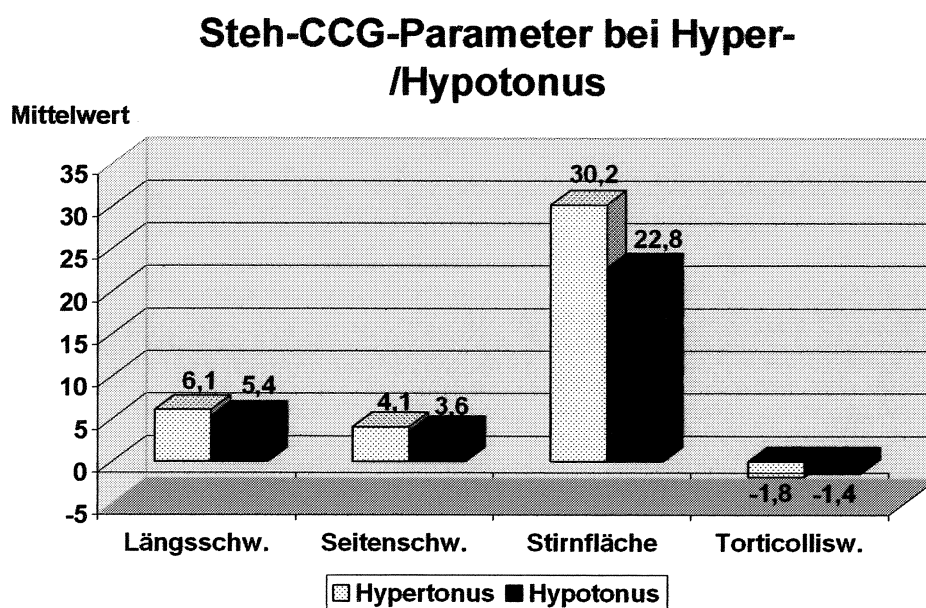


**Abb. 3.30** - Bei den Ergebnissen des optokinetischen Nystagmus sowie des optokinetischen After-Nystagmus sowohl für Rechts- als auch für Linksdrehung

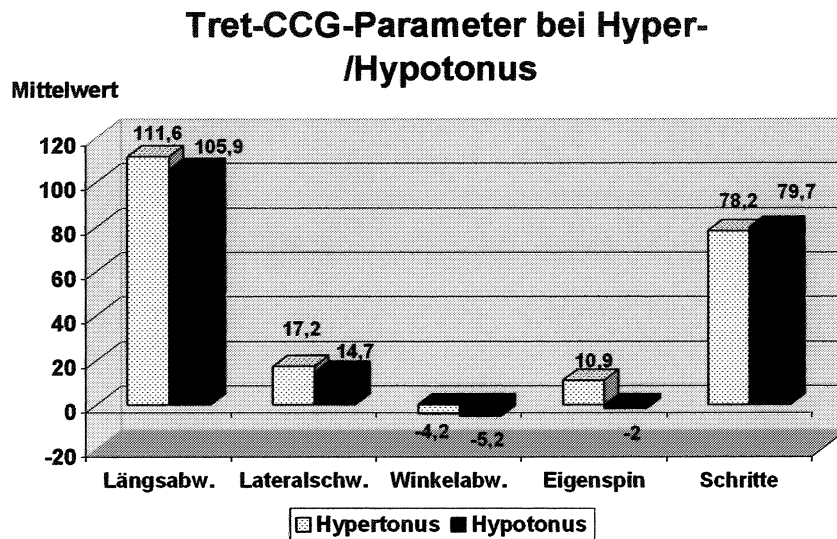


in Abhängigkeit von den verschiedenen Tret-CCG-Parametern sind keine Unterschiede festzustellen.

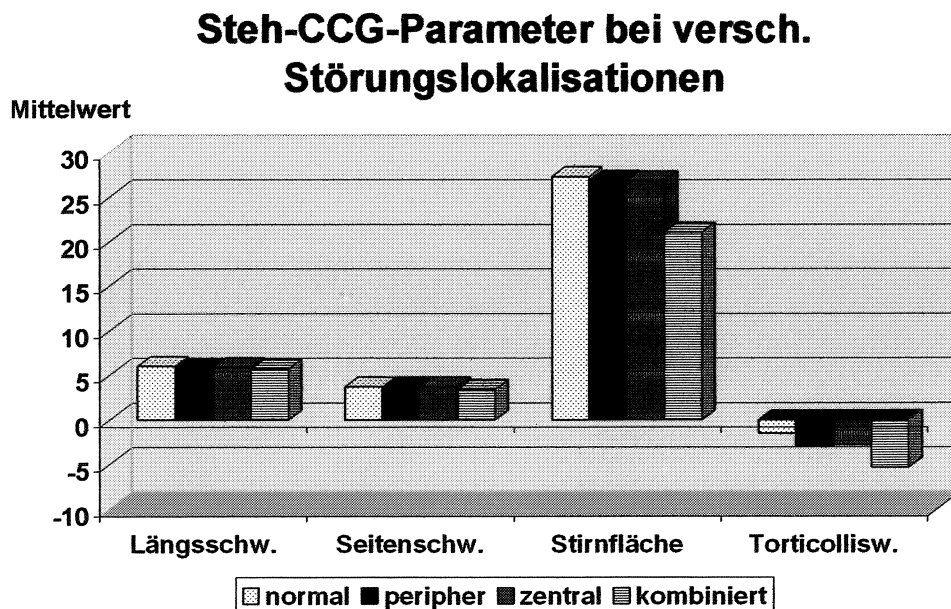
### 3.5 Vergleich anderer Subgruppen



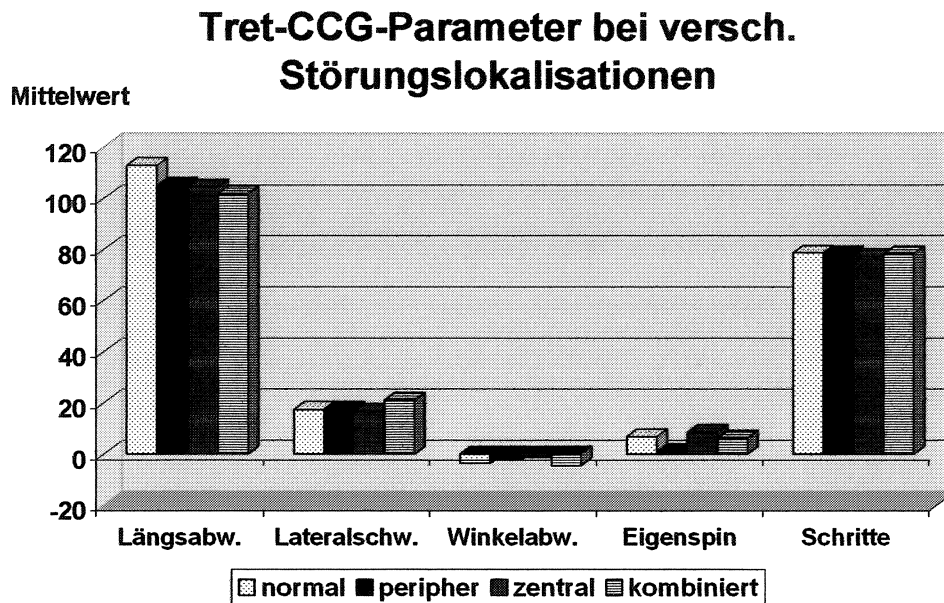
**Abb. 3.31** - Abhängigkeit der Steh-CCG-Parameter von Hypo- bzw. Hypertonus. Während die Werte für Längsschwankung, Seitenschwankung und Torticolliswinkel nahezu gleich sind bei Hypo- bzw. Hypertonuspatienten, ist der Wert für die Größe der Stirnfläche bei Hypertonuspatienten um fast ein Drittel größer als bei Hypotonuspatienten.



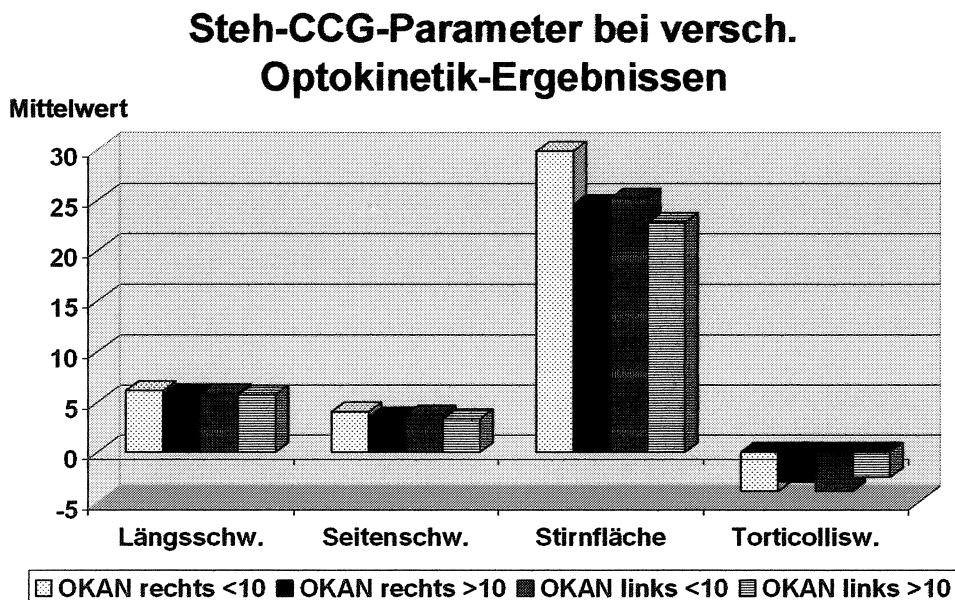
**Abb. 3.32** - Abhängigkeit der Tret-CCG-Parameter von Hypo- bzw. Hypertonus. Auffällig ist bei diesem Vergleich lediglich der wesentlich größere Körpereigenspin bei Hypertonuspationen (10,9) als bei Hypotonuspationen.



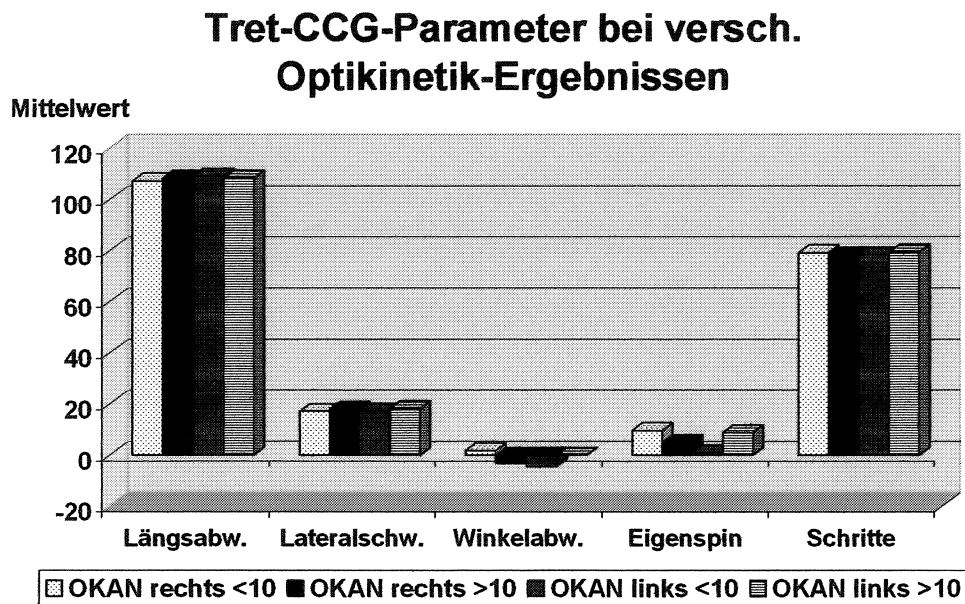
**Abb. 3.33** - Abhängigkeit der Steh-CCG-Parameter von der Störungslokalisation. Bei Patienten mit kombinierten Vestibularisstörungen fällt auf, dass die Stirnfläche kleiner und der Torticolliswinkel größer ist, als bei den anderen 3 Parametern des Steh-Tests.



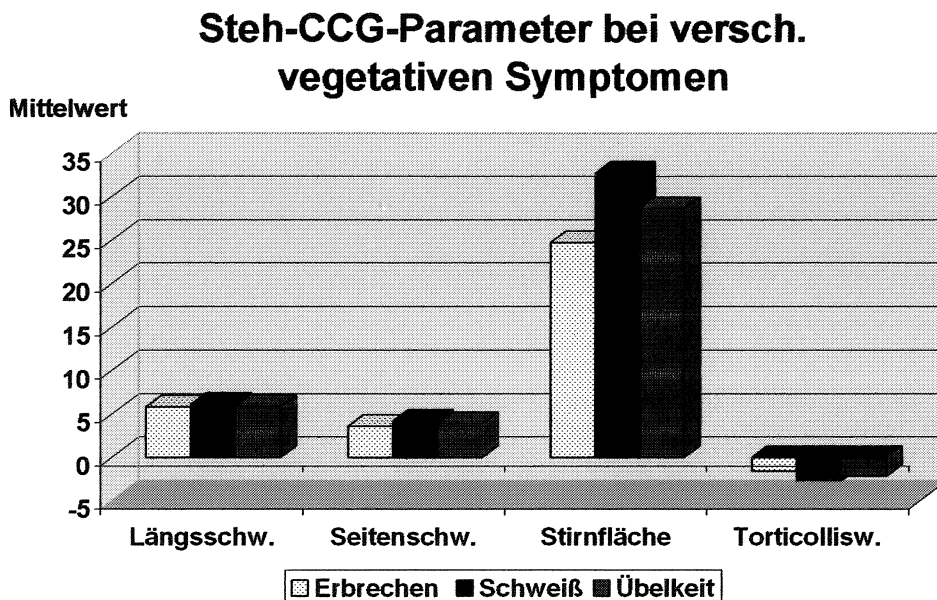
**Abb. 3.34** - Abhängigkeit der Tret-CCG-Parameter von der Störungslokalisation. Wesentliche Zusammenhänge sind nicht erkennbar.



**Abb. 3.35** zeigt die Steh-CCG-Parameter bei unterschiedlichen optokinetischen After-Nystagmus-Werten.



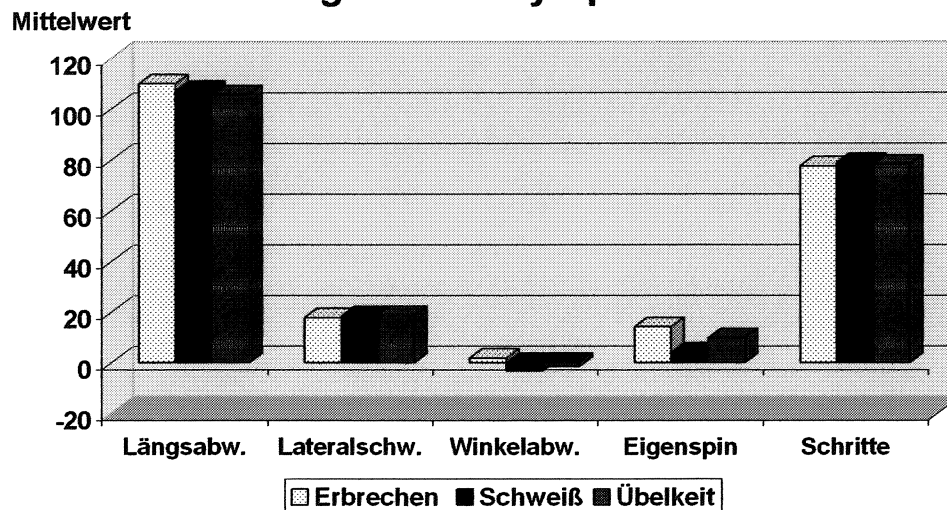
**Abb. 3.36** zeigt die Tret-CCG-Parameter bei unterschiedlichen optokinetischen After-Nystagmus-Werten.



**Abb. 3.37** - Zusammenhang zwischen den am häufigsten auftretenden vegetativen Symptomen Erbrechen, Schweiß und Übelkeit und den 4 Steh-

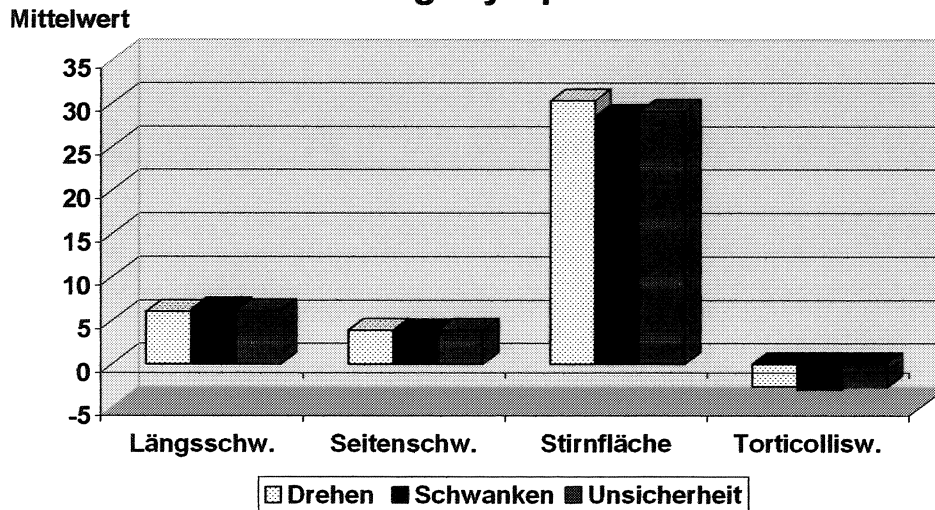
CCG-Parametern Längsschwankung, Seitenschwankung, Stirnfläche und Torticolliswinkel. Auffällig sind lediglich Unterschiede in der Größe der Stirnfläche, die von Erbrechen (24,7) über das Auftreten von Übelkeit (28,6) bis zu Schweißausbrüchen (32,7) zunimmt.

### Tret-CCG-Parameter bei versch. vegetativen Symptomen



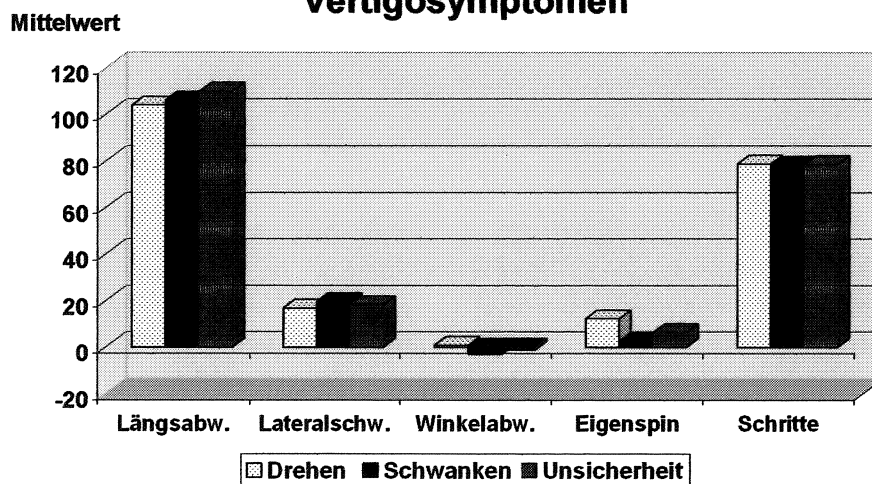
**Abb. 3.38** - Zusammenhang zwischen den am häufigsten auftretenden vegetativen Symptomen Erbrechen, Schweiß und Übelkeit und den 4 Tret-CCG-Parametern Längsabweichung, Lateralschwankung, Winkelabweichung und Körpereigenspin. Während die drei erstgenannten CCG-Parameter nahezu gleiche Werte aufweisen, kann man beim Auftreten von Übelkeit (9,7) und Erbrechen (14,2) einen erhöhten Körpereigenspin im Vergleich zu dem bei Schweißausbruchssymptomen (4,1) erkennen.

### Steh-CCG-Parameter bei versch. Vertigosymptomen



**Abb. 3.39** zeigt die am häufigsten auftretenden Vertigosymptome Drehen, Schwanken und Unsicherheit und die 4 Steh-CCG-Parametern Längsschwankung, Seitenschwankung, Stirnfläche und Torticolliswinkel. Bei allen drei Schwindelsymptomen treten annähernd gleiche Durchschnittswerte für die Steh-CCG-Parameter auf.

### Tret-CCG-Parameter bei versch. Vertigosymptomen



**Abb. 3.40** - Zusammenhang zwischen den am häufigsten auftretenden Vertigosymptomen Drehen, Schwanken und Unsicherheit und den 4 Tret-CCG-Parametern Längsabweichung, Lateralschwankung, Winkelabweichung und Körpereigenspin. Während wiederum die drei erstgenannten CCG-Parameter wie beim Vergleich mit den vegetativen Symptomen nahezu identisch sind, fallen ansteigende Werte für den Körpereigenspin über die Symptome Schwankgefühl (2,7) Unsicherheit (6,3) bis hin zum Drehgefühl (12,2) auf.

### 3.6 Kasuistik

#### 3.6.1 Patient mit normalem CCG

L.K., weiblich, 54 Jahre

Befunde:

Normale Blickpendelfolge.

Kein gerichteter Spontannystagmus.

Normale kalorische und rotatorische Erregbarkeit der Vestibularfunktion.

Enthemmter optokinetischer Afternystagmus jeweils in Drehrichtung.

Normales Tret-CCG.

Diagnose:

Leichtes zentrales Hemmungsdefizit im optokinetischen System

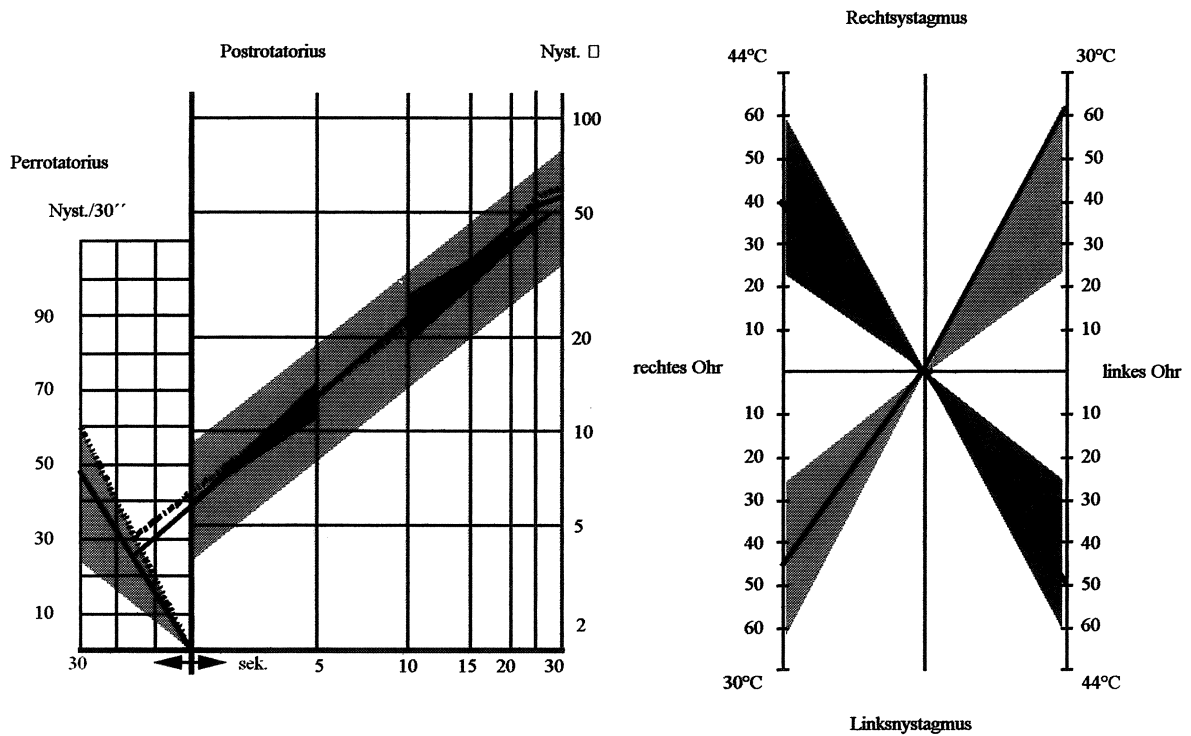


Abb. 3.41



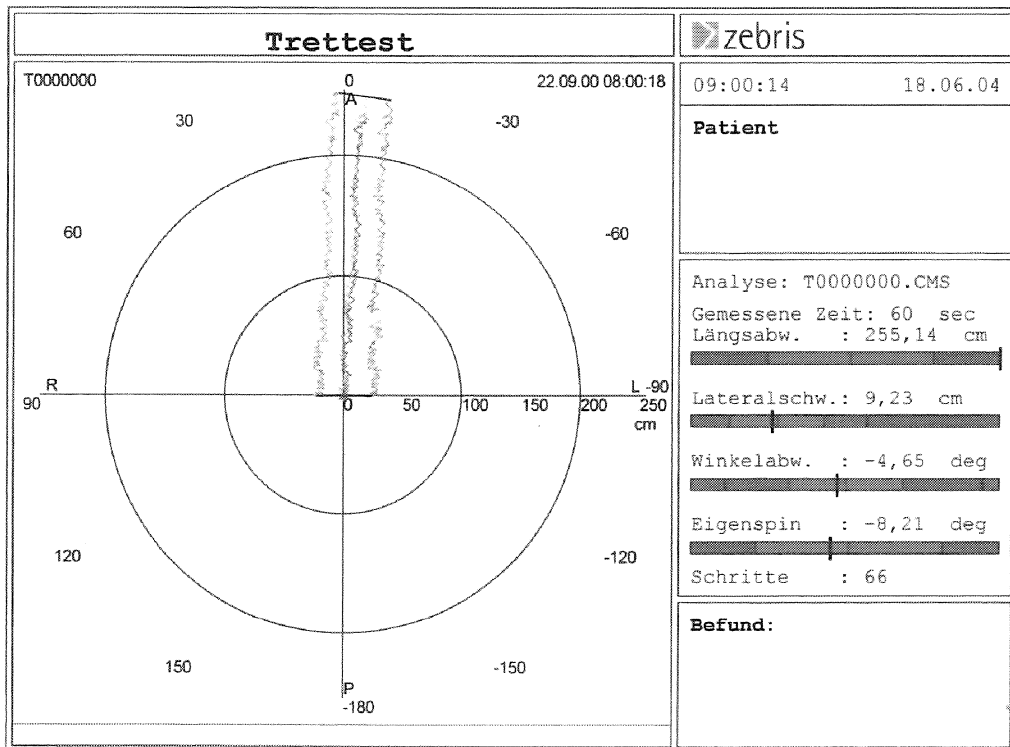
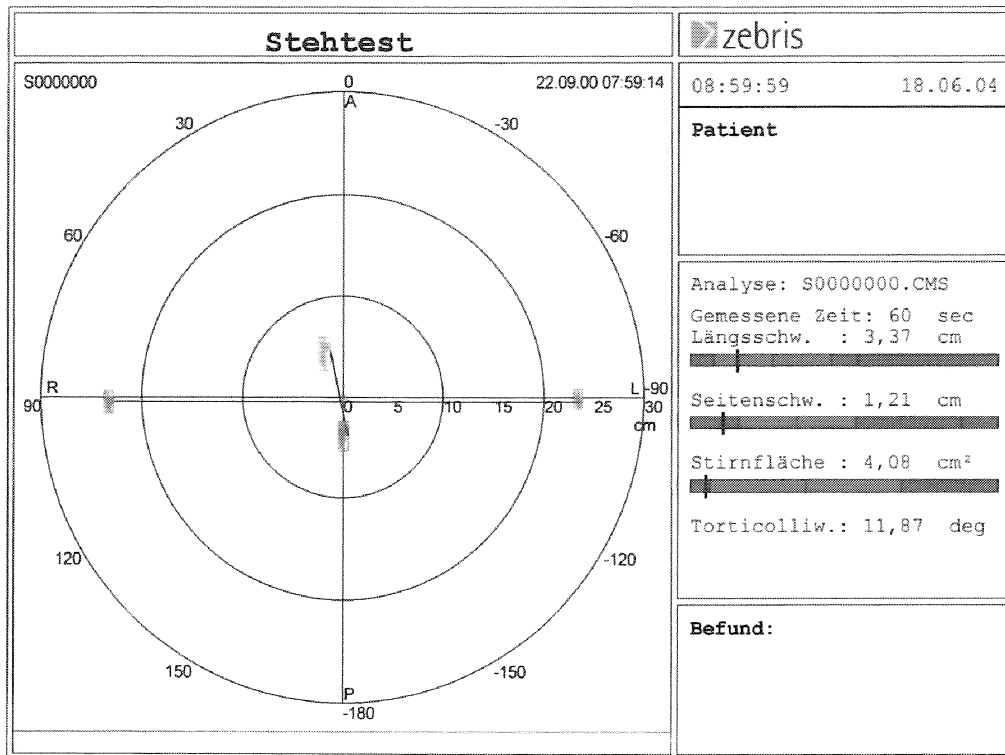


Abb. 3.42

### 3.6.2 Patient mit peripher gestörtem CCG

F.B., männlich, 78 Jahre

Befunde:

Gestörte Blickpendelfolge.

Kein Spontannystagmus.

Kalorische Nystagmushemmung rechts.

Vestibuläres Recruitment rechts.

Enthemmter optokinetischer Afternystagmus jeweils in Drehrichtung.

Rechtsabweichung im Tret-CCG.

Diagnose:

Periphere Gleichgewichtsstörung rechts.

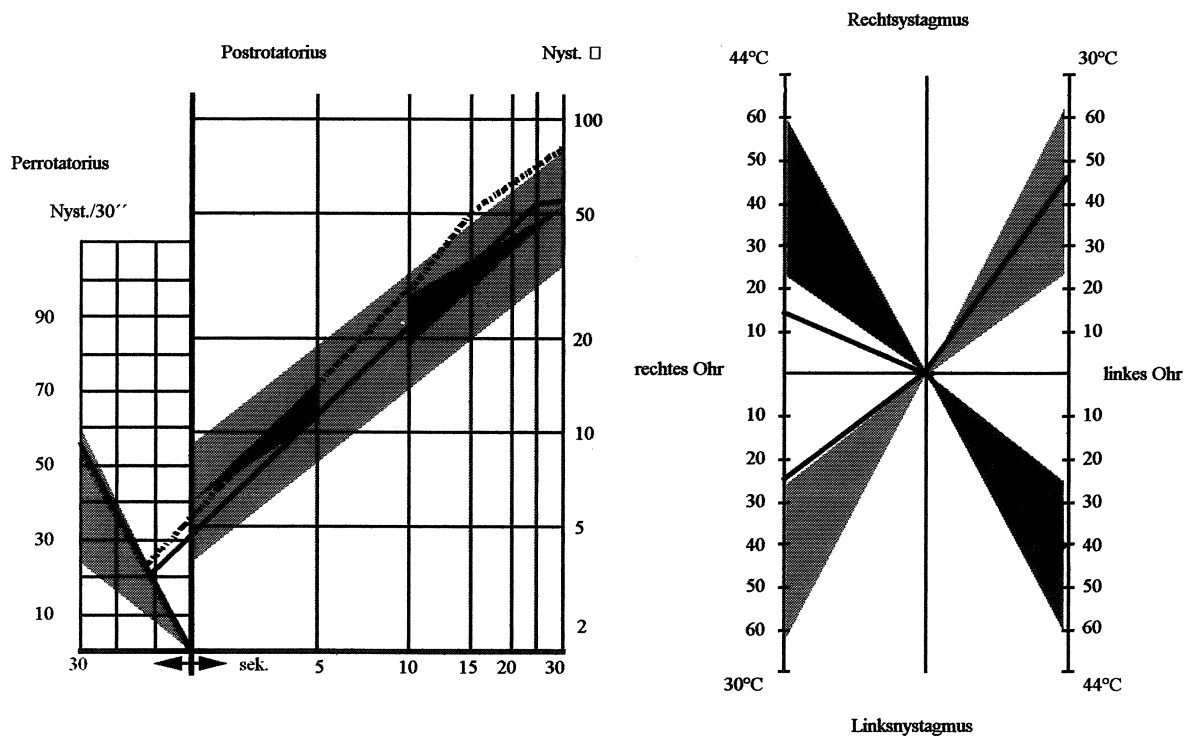


Abb. 3.43

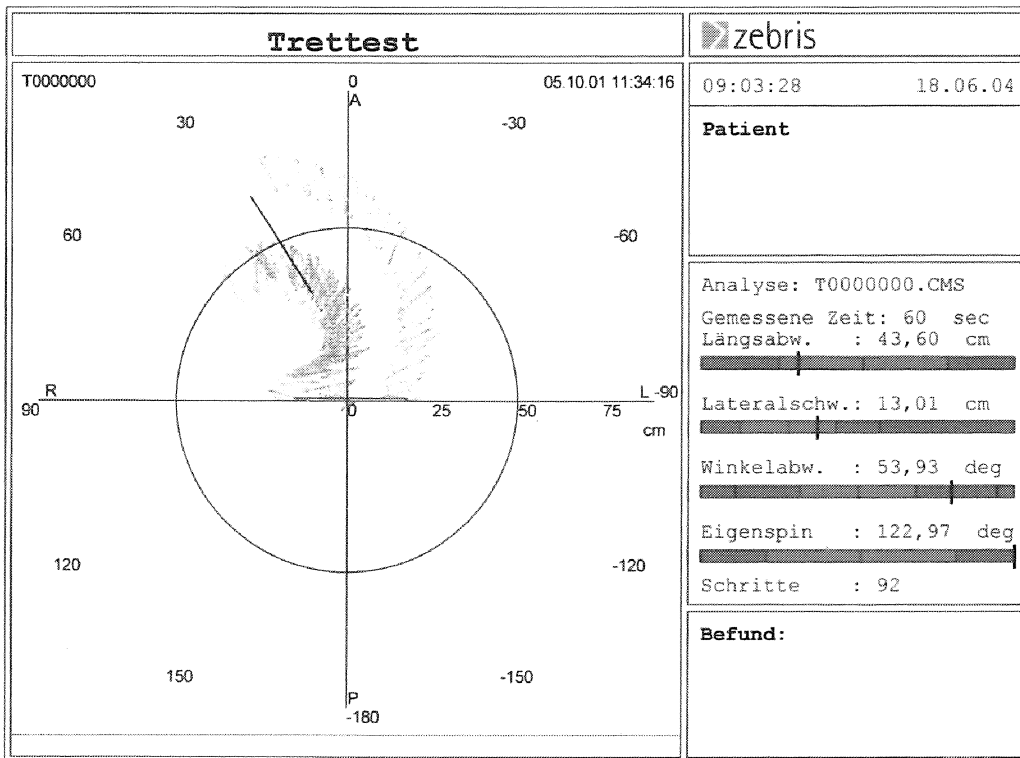
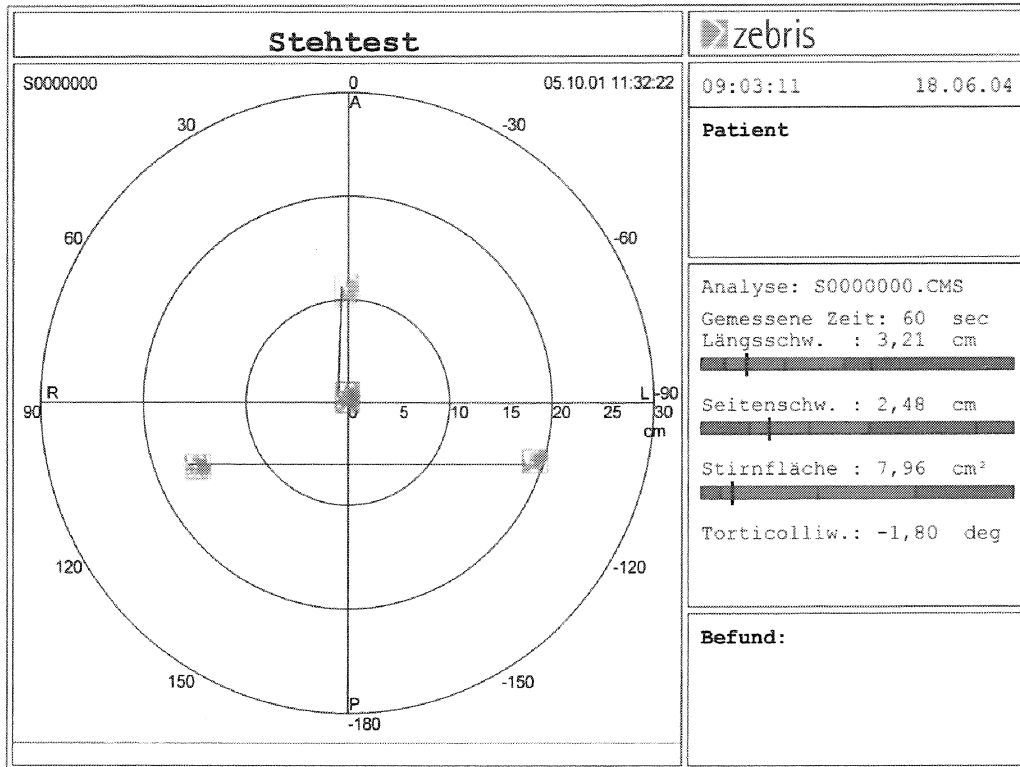


Abb. 3.44

### 3.6.3 Patient mit zentral gestörtem CCG

L.G., weiblich, 66 Jahre

Befunde:

Hyperdysmetrisch gestörte Blickpendelfolge.

Überwiegend linksschlägiger Spontannystagmus.

Deutlich enthemmter kalorischer und rotatorischer Nystagmus.

Optokinetik wegen starker Übelkeit nicht mehr durchführbar.

Ataktische Kopf-Körper-Bewegungsmuster der mittels des CCG aufgezeichneten vestibulo-spinalen Reaktionen.

Diagnose:

Zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung.

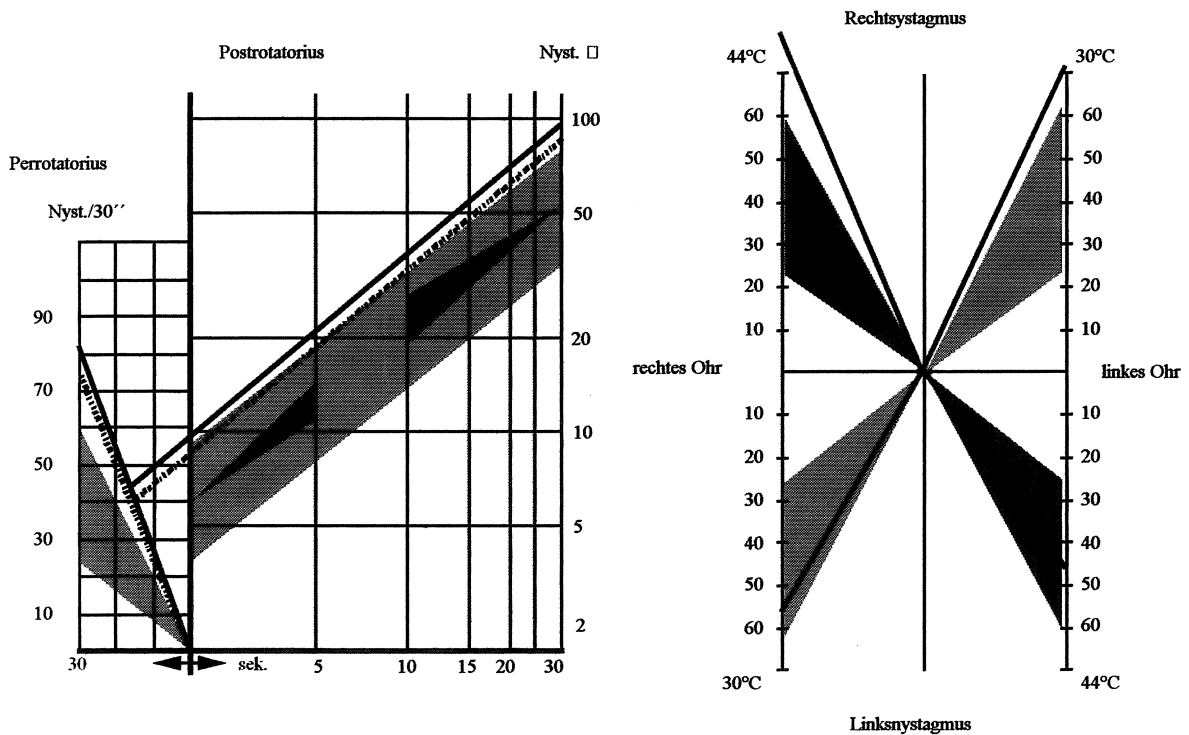


Abb. 3.45

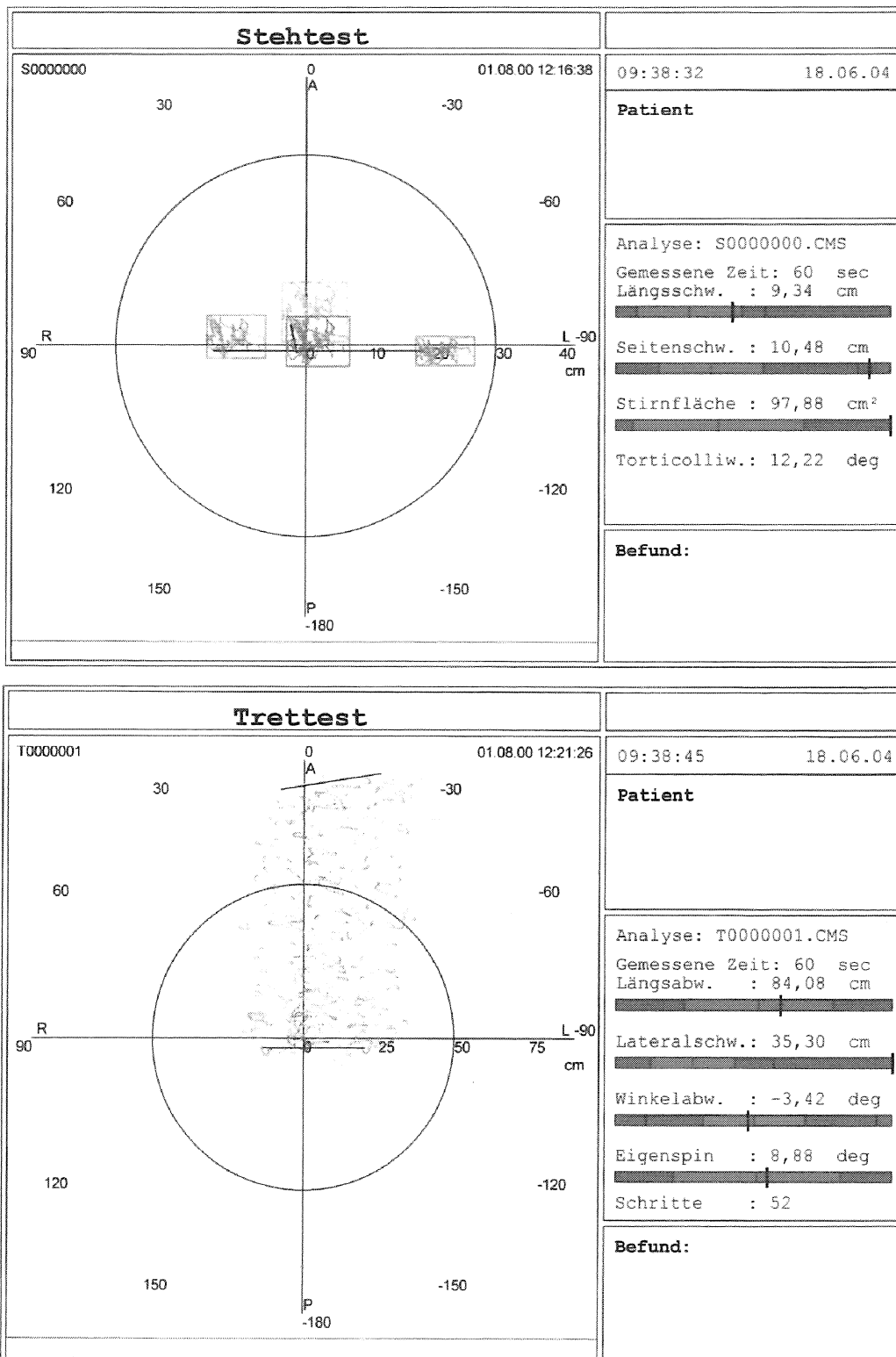


Abb. 3.46

### 3.6.4 Patient mit kombinierter Störung im CCG

E.K., männlich, 35 Jahre

Befunde:

Normale Blickpendelfolge. Kein Spontannystagmus.

Starke kalorische Linksnystagmushemmung.

Nur geringe per- und postrotator. Reaktionen bei Rechts- und Linksdrehung

Vestibuläres Decruitment im VRRSV beidseits.

Enthemmter optokinetischer Afternystagmus nach Rechtsdrehung.

Ataktische Kopf-Körper-Bewegungsmuster der mittels des CCG aufgezeichneten vestibulo-spinalen Reaktionen.

Diagnose:

Schwere zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung.

Störung der zentralen Nystagmusgeneratorfunktionen.

Diffuse Hirnstammstörung.

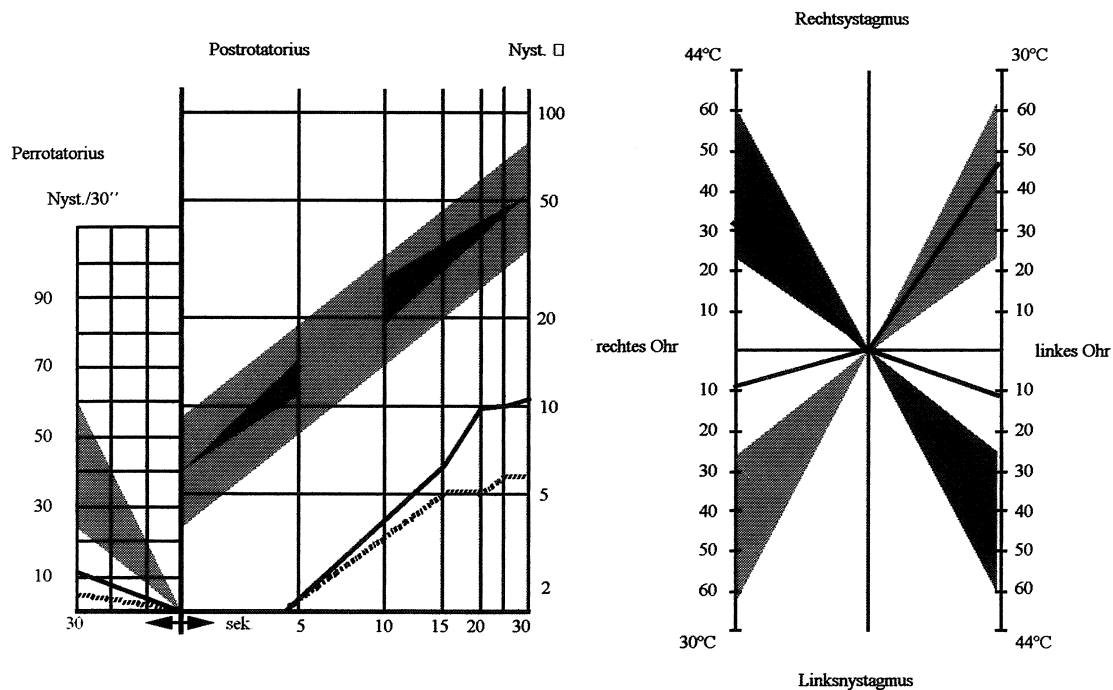


Abb. 3.47

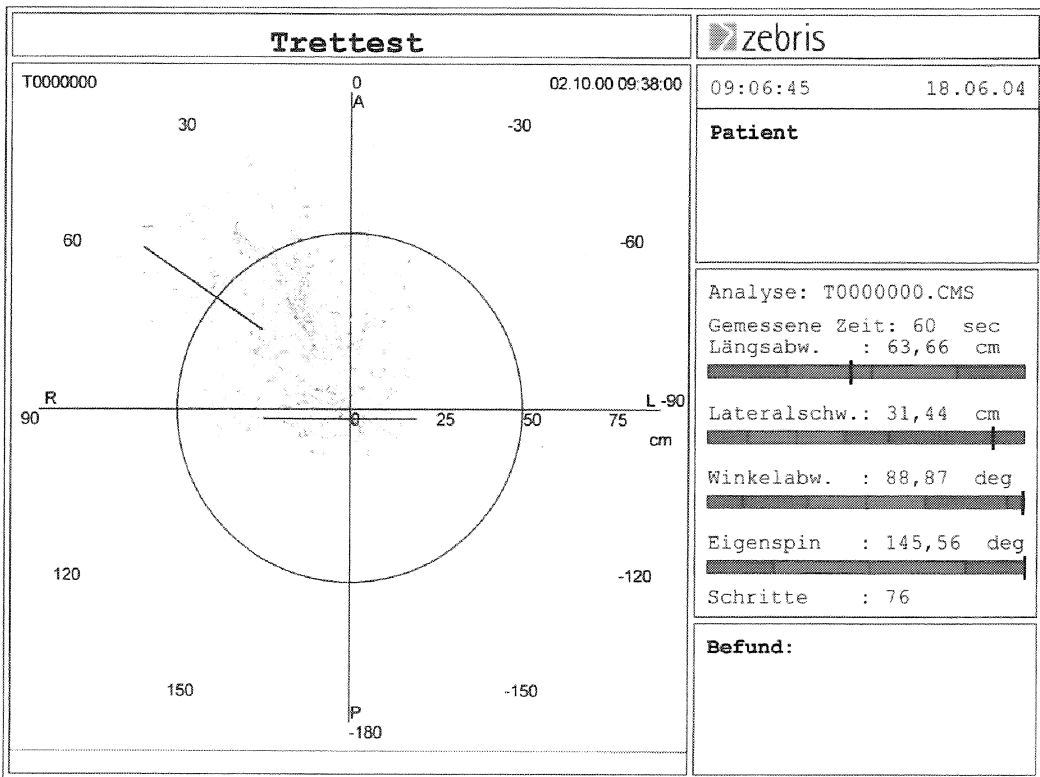
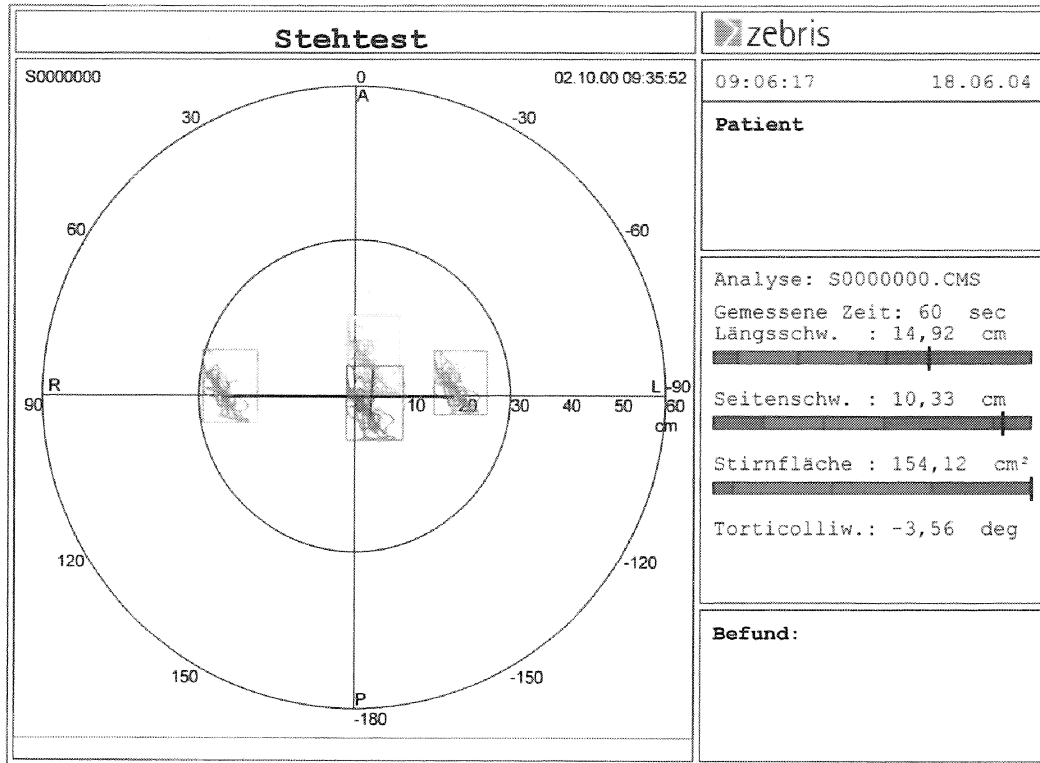


Abb. 3.48





## 4 Diskussion

### 4.1 Das vestibulospinale Gleichgewichtsfunktionssystem

Die anatomische Beschreibung der Gleichgewichtsregulation des Menschen ist sehr schwierig, da sich hier eine große Anzahl morphologischer Einheiten zu einem funktionellen sensomotorischen System vereinigen. Die Einflüsse dieses Systems sind auf fast allen Ebenen des zentralen Nervensystems wiederzufinden. So wurden sowohl in der Hirnrinde als auch im untersten Abschnitt des Rückenmarks Nervenbahnen gefunden, die auf direktem oder indirektem Weg mit den Regulationszentren der Gleichgewichtsfunktion verbunden sind.

Um dem Menschen zu ermöglichen, sowohl beim Gehen als auch beim Stehen eine aufrechte Körperposition einzunehmen, d.h. sein Gleichgewicht zu bewahren, sind Informationen nötig, die z.T. unbewußt verarbeitet werden. Hierbei handelt es sich um optische, akustische bzw. vestibuläre und propriozeptive Wahrnehmungen, die zum Teil unter Umgehung des Bewusstseins eine reflektorische Einhaltung des Gleichgewichts herbeiführen oder bei Informationskonflikt dieser drei Sinnessysteme zum Schwindel führen (Abb. 4.1).

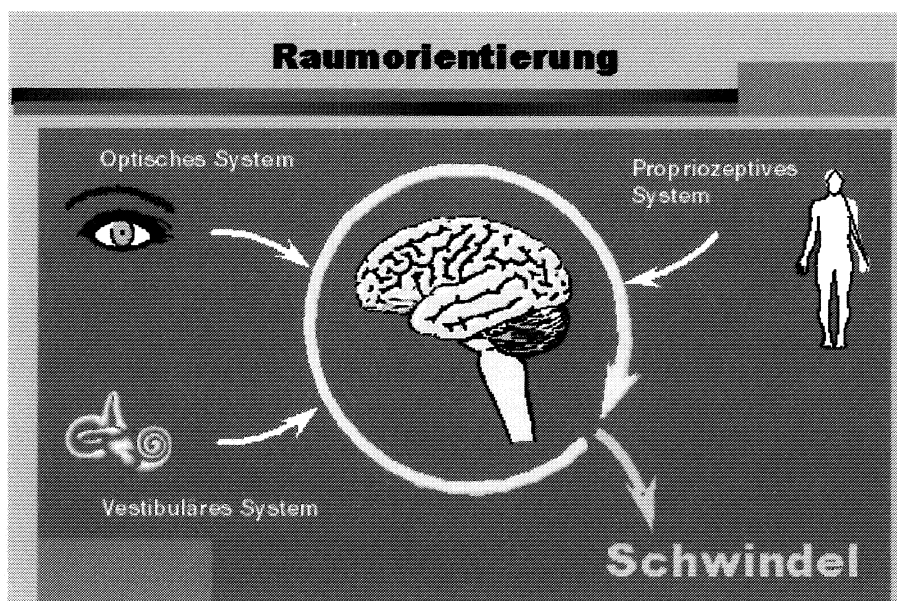


Abb. 4.1

Wichtig sind hier die Rezeptoren des Vestibularapparates, die Dehnungsrezeptoren der Halsmuskulatur (vor allem der *Musculus sternocleidomastoideus*) und die Gelenkrezeptoren der Halswirbelsäule, die bisher allerdings nur tierexperimentell nachgewiesen sind (bei der Katze), sowie die Propriozeptoren der Muskeln und Gelenke. Die entscheidenden zentralnervösen Strukturen der Gleichgewichtsfunktion liegen im Bereich des Cerebellum, des Mesencephalon, der Pons und der Medulla oblongata. Die Verbindung dieser Einzelglieder erfolgt durch das mediale Längsbündel, den *Fasciculus longitudinalis medialis*. Nach kaudal sind die Fasern dieses Bündels bis in die oberen Rückenmarkssegmente zu verfolgen, nach kranial bestehen Verbindungen zu den Kernen der Hirnnerven III, IV und V, also bis in den Bereich der Vierhügelplatte des Mesencephalon.

Eine wichtige Verbindung des medialen Längsbündels besteht zu dem eigentlichen Gleichgewichtsorgan, dem Labyrinth im Innenohr, und zu den Kleinhirnstrukturen, die als vestibulärer Kleinhirnanteil die gleichgewichtsbeeinflussende Wirkung des Cerebellums ausüben. Das Labyrinthorgan, das Informationen über die Stellung des Kopfes im Raum sowie über Winkel- und Linearbeschleunigungen gibt, besteht aus den 3 Bogengängen, dem Utriculus und dem Sacculus sowie den darin enthaltenen Sinneszellen. Die Informationen, die diese Haarzellen gewandelt als „trains of spikes“ (Umwandlung physikalischer Reize in Nervenaktionspotentiale) weitergeben, gelangen über die *pars vestibularis* des VIII. Hirnnerven zu den gleichseitigen Vestibulariskernen, die am Boden des IV. Ventrikels in der Rautengrube liegen. Zu unterscheiden sind die *Nuclei vestibularis medialis, lateralis, inferior und superior*. Ein geringer Anteil des *Nervus vestibularis* verläuft direkt zum Archicerebellum. Dabei handelt es sich um den phylogenetisch ältesten Teil des Kleinhirnes, der als *Pars nodulo-floccularis* die vestibulären Funktionen trägt. Diese Verbindung zwischen Labyrinthorgan und Kleinhirn scheint jedoch keine wesentliche Rolle zu spielen. Alle anderen Gleichgewichtsbahnen gehen somit von den Vestibularisterminalkernen am Boden des IV. Ventrikels im Hirnstamm aus.

Die Vestibulariskerne senden wichtige Afferenzen zum Archicerebellum. Dieser Tractus vestibulo-cerebellaris schafft eine funktionelle Einheit zwischen den Nuclei vestibularis und dem Pars nodulo-floccularis. Zum Teil sind diesen Bahnen Strukturen des Palaeocerebellum (Uvula und Tonsillen) zwischengeschaltet. Vom Archicerebellum laufen afferente Fasern im Tractus cerebellovestibularis über die Dachkerne des Kleinhirns (Nuclei fastigii, globosi und emboliformis) zu den Vestibulariskernen. Weitere, von den Vestibulariskernen ausgehende Afferenzen gelangen als Tractus vestibulo-corticalis über eine Umschaltung, die im Thalamus erfolgt, in die Hirnrinde. Die kortikale Repräsentation der Gleichgewichtskerne liegt nach den bisherigen Erkenntnissen im Lobus parietalis, im basalen Teil des Gyrus postcentralis sowie im oberen Temporallappen. Durch die Tractus cerebello-reticularis und reticulo-cerebellaris stehen die Vestibulariskerne über Kleinhirnerkerne (Nuclei fastigii) mit der Formatio reticularis in Verbindung. Über diese Bahnen findet die Erregung vegetativer Kerngruppen auf labyrinthäre Reize statt. Der Tractus vestibulo-spinalis lateralis leitet Impulse aus dem Nucleus vestibularis lateralis (DEITERS) in den Rückenmarksvordersträngen zu den Alpha- und Gamma-Motoneuronen der gesamten Körpermuskulatur, wobei die Hals- und Extremitätenmuskulatur bevorzugt wird. Durch diese Bahnen nimmt der DEITERS'sche Kern entscheidenden Einfluß auf die Regulation des Tonus der Körpermuskulatur.

Eine zweite Verbindung zwischen Vestibulariskernen und Rückenmark ist durch das mediale Längsbündel gegeben. Vom Nucleus vestibularis medialis (SCHWALBE) ziehen Fasern gekreuzt zur kontralateralen Seite und enden an den Motoneuronen der Halsmuskulatur. Damit ist u.a. eine Verbindung der vestibulären Beeinflussung von Kopf- und Blickmotorik hergestellt.

Somatische Afferenzen erhalten die Vestibulariskerne aus den Muskeldehnungsrezeptoren des Halses und des Musculus sternocleidomastoideus. Diese Information über die Stellung des Kopfes zum Körper spielen eine wichtige Rolle im vestibulo-spinalen Funktionssystem.

Bei fast allen Verbindungen zwischen den Vestibulariskernen und anderen ZNS-Strukturen ist das Kleinhirn zwischengeschaltet. Dabei findet die Beeinflussung des Gleichgewichts durch das Kleinhirn auf unterschiedlichem Wege statt. Das Archicerebellum hat über die Vestibulariskerne (Tractus cerebello-vestibularis) durch die vestibulo-spinalen Bahnen Einfluß auf die Motoneuronen der Körpermuskulatur. Afferenzen erhält das Urkleinhirn von den Vestibulariskernen und über die Kleinhirnseitenstrangbahnen von den Rezeptoren der Körpermuskulatur. Dieser Regelkreis ist wichtig für die reflektorische Erhaltung des Gleichgewichts. Das Palaeocerebellum, das Altkleinhirn, beeinflusst den Muskeltonus über Bahnen, die von der Rinde des Palaeocerebellum ausgehen und über die Kleinhirndachkerne in die vestibulo-spinalen und rubro-spinalen Verbindungen eingeschaltet sind.

Die Einflussnahme der Gleichgewichtskerngruppen und des Kleinhirns auf die Kopfstellung wird über die vestibulo-akzessorische Schleife geregelt. Die Vestibulariskerne stehen hier über den unteren Anteil des medialen Längsbündels mit dem Nucleus ambiguus in Verbindung.

Diese Efferenzen der Vestibulariskerne werden durch die bekannten Afferenzen aus den oben angesprochenen (Halsgelenk- und) Halsmuskelrezeptoren zu einer Feed-Back-Schleife ergänzt.

## **4.2 Die Craniocorpographie des Gesunden z.B. zur Feststellung von Tauglichkeiten in der Arbeitsmedizin**

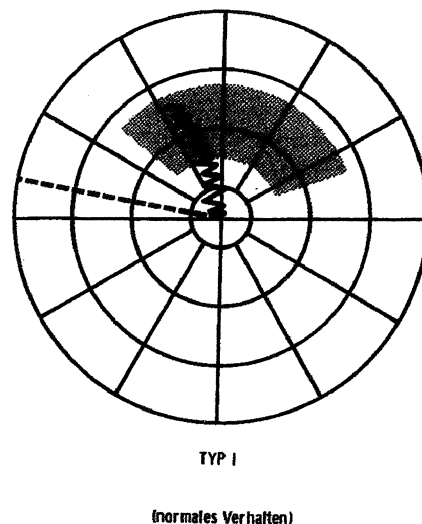
Die fotooptische Aufzeichnung von Gleichgewichtsreaktionen wurde erstmals von TALPIS in Moskau publiziert. NYMAN in Schweden arbeitete seit dem Ende des zweiten Weltkrieges an einer Verbesserung der Methode von TALPIS, indem er neben Armreaktionen auch Körperreaktionen mit in dieses Verfahren einbezog. Seit 1968 hat CLAUSSEN an der klinischen Verwertung der Leuchtspuraufzeichnung von Kopf- und Schulterbewegungsmustern in Aufsicht auf den Probanden gearbeitet. Dieses Verfahren wurde von ihm als Cranio-Corpo-Graphie (CCG) bezeichnet. Der technische Vorteil besteht bei

seiner Aufzeichnungsmethode in der Verwendung von Sofortbildkameras des Typs Polaroid, da der Untersucher bereits 15 Sekunden nach Versuchsende das fertige Leuchtspurbild betrachten kann. Als Stimuli sind besonders der Tretversuch nach UNTERBERGER und der Stehversuch nach ROMBERG geeignet, da mit diesen Verfahren die Kopf-Körper-Bewegungsmuster als Leuchtspuren objektiviert werden können. Anschließend kann dann eine Differenzierung dieser Muster in Muster peripherer Vestibularisschäden, in Muster zentraler Vestibularisschäden, in Schiefhalsmuster oder in Simulationsmuster erfolgen. Die besonderen Vorteile dieses Untersuchungsverfahrens sind seine Anschaulichkeit, Einfachheit, Robustheit, die verhältnismäßig geringen apparativen Kosten und der geringe Zeitbedarf. Jedoch ist die Cranio-Corpo-Graphie nur eines unter mehreren diagnostischen Verfahren der Aequilibrimetrie. Vor einigen Jahren wurde als Neuerung das Ultraschall-CCG entwickelt, das auf Basis der Ultraschalllaufzeitmessung arbeitet und eine noch einfachere sowie computergestützte Alternative zur photographischen Aufzeichnung von Leuchtspurmustern darstellt. Eine genauere Beschreibung dieses Verfahrens findet sich in Kapitel 2.3 (s.o.).

Mittels der Cranio-Corpo-Graphie kann man in etwa 40 Minuten bei 10 Probanden einen vestibulo-spinalen Test (z.B. Unterberger-Tretversuch) vorbereiten, ausführen, dokumentieren und auswerten. Eine so große Effektivität besitzen weder die Elektronystagmographie noch die Videonystagmographie. Die Cranio-Corpo-Graphie ist deshalb besonders für arbeitsmedizinische Vorhaben bzw. Screenings geeignet, da somit Tauglichkeitsuntersuchungen an größeren Kollektiven durchgeführt werden können. Ein weiterer Vorteil der CCG ist die leichte Erlernbarkeit auch durch medizinisches Hilfspersonal.

Das Cranio-Corpo-Gramm liefert eine Kopf-Körper-Bewegungs-Leuchtspur, die einem Bezugssystem aus Winkeln und Längen überlagert ist. Das Bezugssystem wurde so gewählt, dass der Ringabstand im Cranio-Corpo-Gramm 20 cm beträgt. Eine Lateralschwankungsbreite des Kopfes, die diesen Ringabstand erreicht, ist auf jeden Fall pathologisch. Für die klinische

Bewertung der Tretversuch-Cranio-Corpo-Gramme ist es bedeutsam, dass sie, wie oben erwähnt, in grundsätzlich verschiedene Muster unterteilt werden können. Diese kann man sofort am vorgelegten radarbildähnlichen Cranio-Corpo-Gramm erkennen (Abbildung 4.2 zeigt den sogenannten Normaltyp. Die Rechts-Links-Seitenverkehrung entsteht durch die Verwendung des Spiegels) und bestimmten Gleichgewichtsstörungen bzw. Normalfällen zuordnen, da sie zu Läsionen in bestimmten neuroanatomischen Strukturen in einem deutlichen Verhältnis stehen.



**Abb. 4.2** Normales CCG-Muster des Unterberger-Tretversuches

Da der Schwerpunkt der arbeitsmedizinischen Untersuchung bei der tätigkeitsorientierten Prüfung der menschlichen Funktionsleistung liegt, nimmt die Cranio-Corpo-Graphie bei der Feststellung von Tauglichkeiten, z.B. in Fahr-, Steuer-, Kontroll- und Höhenmontageberufen, eine bedeutende Rolle unter den Untersuchungsmethoden ein. Denn bei den oben genannten Berufsgruppen wird der Überprüfung des Gleichgewichtssinn laut NASA-Untersuchungen eine entscheidende Rolle beigemessen.

Meist wird mit dem Begriff „Gleichgewichtstest“ eine kalorische oder rotatorische Stimulierung des lateralen Bogengangrezeptors mit folgender Registrierung des okulären Nystagmus verstanden. Durchaus besticht dieses Modell der viel komplizierteren menschlichen Gleichgewichtsfunktionsleistung

trotz seiner relativen Einfachheit durch die Klarheit der Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung. Für die umfassende Beurteilung der menschlichen Gleichgewichtsfunktionsleistung ist allerdings der Wert dieses einfachen Modells nur vergleichsweise gering, da es eben nur Aussagen über die Funktion des lateralen Bogenganges, die zentralnervöse Verarbeitung seiner Impulse und die Motorik der Reizantwort in Form des okulären Nystagmus erlaubt. Das menschliche Gleichgewichtssystem besteht jedoch aus weitaus mehr Strukturen als den eben beschriebenen. Also muß eine Funktionsprüfung des Gleichgewichtssystems von einem umfassenderen Versuchsmodell ausgehen als es Kalorisation und Nystagmusregistrierung sind. Als geeignete Reizqualitäten für ein komplizierteres Modell bieten sich Stimuli an, die physiologisch beim Stehen oder Gehen wirksam werden. Dabei werden alle vestibulären und die entsprechenden propriozeptiven Rezeptoren mit Reizen beschickt. Gleichzeitig schließt man oft die visuelle und die auditive Informationsaufnahme aus, um das Modell nicht zu kompliziert werden zu lassen. Die aufgenommenen Gleichgewichtsinformationen werden auf den entsprechenden Wegen dem ZNS zugeleitet, dort verschaltet und verarbeitet. Ihre motorische Entsprechung finden sie im Bewegungsmuster des Probanden beim Stehen oder Gehen. Dieses kompliziertere Modell erfasst annähernd alle Strukturen des menschlichen Gleichgewichtssystems und es lassen sich mit ihm nahezu alle Gleichgewichtsstörungen erfassen, also auch solche, die bei dem einfacheren Modell unentdeckt bleiben würden. Somit werden zur Untersuchung der menschlichen Gleichgewichtsfunktionsleistung z.B. zur Feststellung von Tauglichkeiten standardisierte Tests wie der Unterberger-Tretversuch und der Romberg-Stehversuch im CCG herangezogen.

### **4.3 Die Craniocorpographie der neurootologischen Erkrankungen**

Grundsätzlich lassen sich bei der Bewertung der Cranio-Corpo-Graphie des Unterberger-Tretversuches folgende 5 leicht unterscheidbare Reaktionstypen

nach CLAUSSEN unterscheiden. Diese auf dem Sofortbild erkennbaren Muster sind:

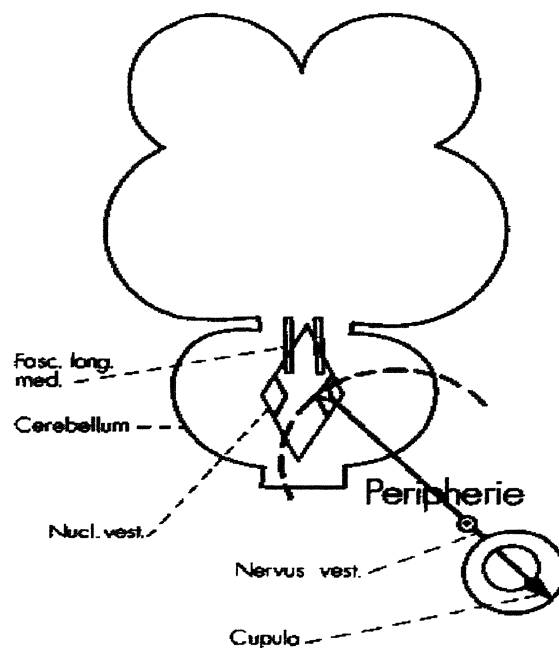
- Typ I: Normaltyp, bei dem der Patient mit kleinen Lateralschwankungen nur nach vorne in den Normbereich abweicht.
- Typ II: Typ der peripheren Störung mit kleinen Lateralschwankungen. Der Patient weicht zur Seite des gestörten bzw. operierten Ohres über den Normbereich hinaus ab.
- Typ III: Typ der zentralen Störung mit großen Lateralschwankungen. Der Patient zeigt verbreiterte Lateralschwankungen während jedes einzelnen Schrittes, ohne auffällige seitliche Normabweichung.
- Typ IV: Typ der kombinierten Störung. Der Patient weist während jedes einzelnen Schrittes verbreiterte Lateralschwankungen und insgesamt eine deutliche Seitenabweichung auf, die über den Normbereich hinausgeht.
- Typ V: Fehlende Reproduktion des Körperbewegungsmusters als Ausdruck von psychogenem Schwindel oder Simulation.

Mit den vorliegenden neurootologischen Untersuchungsmethoden werden sogenannte Meßsysteme (vestibulo-okuläres sensomotorisches System oder die vestibulo-spinale Körpersteuerung) aus dem komplexen Gesamtorganismus herausgegriffen, die sich dadurch auszeichnen, dass bestimmte Rezeptoren mit bestimmten zentral-nervösen Strukturen und diese wiederum mit bestimmten Effektoren verknüpft sind. Deshalb ist es wichtig, zum morphologischen Verständnis des sinnesphysiologischen Meßsystemes, die mit einbezogenen zentral-nervösen anatomischen Strukturen zu unterscheiden; dies geschieht am Übergang vom ersten zum zweiten vestibulären Neuron, da sich dort aus neurootologischer Sicht die vestibuläre Peripherie von den zentralen vestibulären Verarbeitungsstrukturen abgrenzt.



### 4.3.1 Periphere Vestibularisstörungen

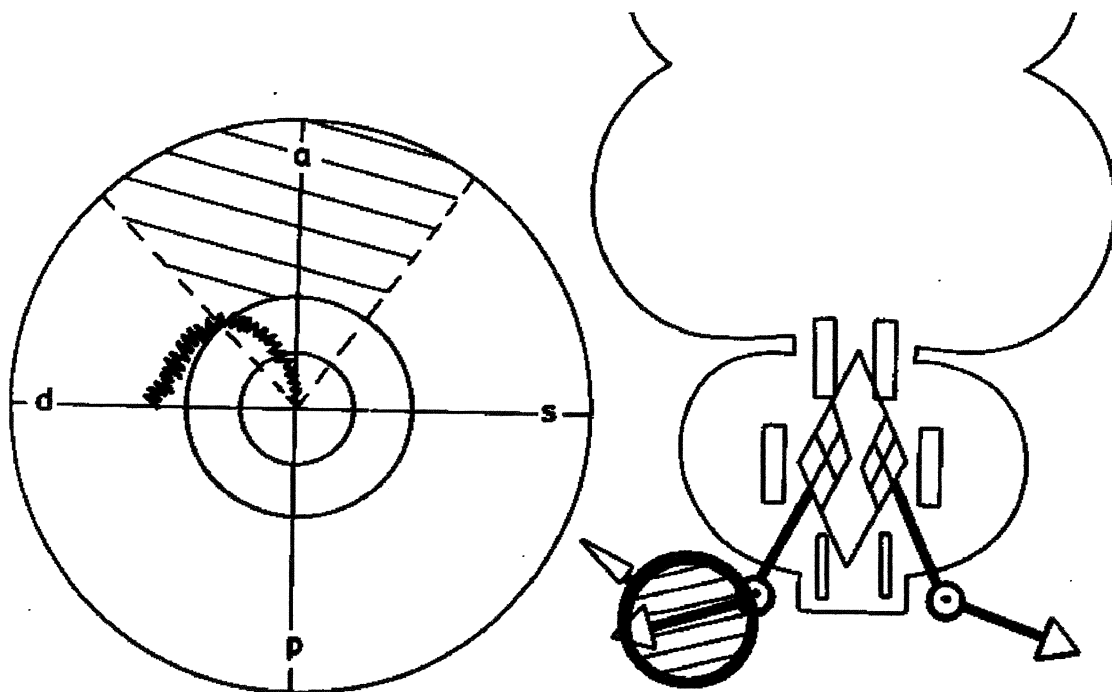
Unter dem Begriff vestibuläre Peripherie sind sowohl die vestibulären Rezeptoren als auch die ersten Neuronen gemeint. Somit grenzen die Vestibulariskerne die Peripherie von den zentralen Strukturen ab (siehe Abb. 4.3). Periphere Vestibularisstörungen befallen entweder den Rezeptor oder das erste Neuron oder jedoch beide Strukturen gleichzeitig.



**Abb. 4.3** Schema der sogenannten „vestibulären Peripherie“, die neben dem Rezeptor auch den gesamten Verlauf des 8. Hirnnerven umfasst.

Der Typ der peripheren Vestibularisstörung ist schematisch neben dem anatomischen Schema des vestibulären Gleichgewichtssystem in der hinteren Schädelgrube in Abb. 4.4 dargestellt. Im anatomischen Schnittbild bildet die Rautengrube mit den seitlich darunter gelegenen 4 Vestibulariskernen das Zentrum. Seitlich zieht vom Vestibularorgan her der Vestibularnerv zu den Vestibulariskernen (mittlerer, seitlicher, oberer, unterer Vestibulariskern). Kranialwärts setzt sich das mittlere Längsbündel in die Okulomotoriuskerne und

kaudalwärts in die Akzessoriuskerne fort. Die archizerebellären Dachkerne sind seitlich daneben geklappt. Eine Störung, die wie in diesem Falle rechtsseitig Cupula und Vestibularnerven befallen hat (siehe schraffierter Kreis mit Pfeil), führt im CCG-Bild zu einer den Normbereich nach rechts, zur Läsionsseite hin überschreitenden Kopf-Körper-Bewegungs-Leuchtspur (auch hier beachte man die Seitenvertauschung im CCG-Bild). Die Schwankungsbreite liegt aber noch in der Norm, d.h. sie ist kleiner als der einfache Ringabstand.



**Abb. 4.4** Typisches CCG-Muster einer peripheren Vestibularisstörung mit anatomischem Hirnschema und Sitz der Läsion im Bereich des Rezeptors bzw. des Nervus Octavus (Kreis).

Diese typischen Seitenabweichungen zur Seite der Läsion mit kleinen Lateralschwankungen und der Drehung um die eigene Körperachse treten z.B. bei Infarkten des Innenohres, bei Virusinfektionen des Innenohres, bei Felsenbeinfrakturen, Neurinomen des Nervus statoakusticus und anderen toxischen bzw. degenerativen Erkrankungen auf.

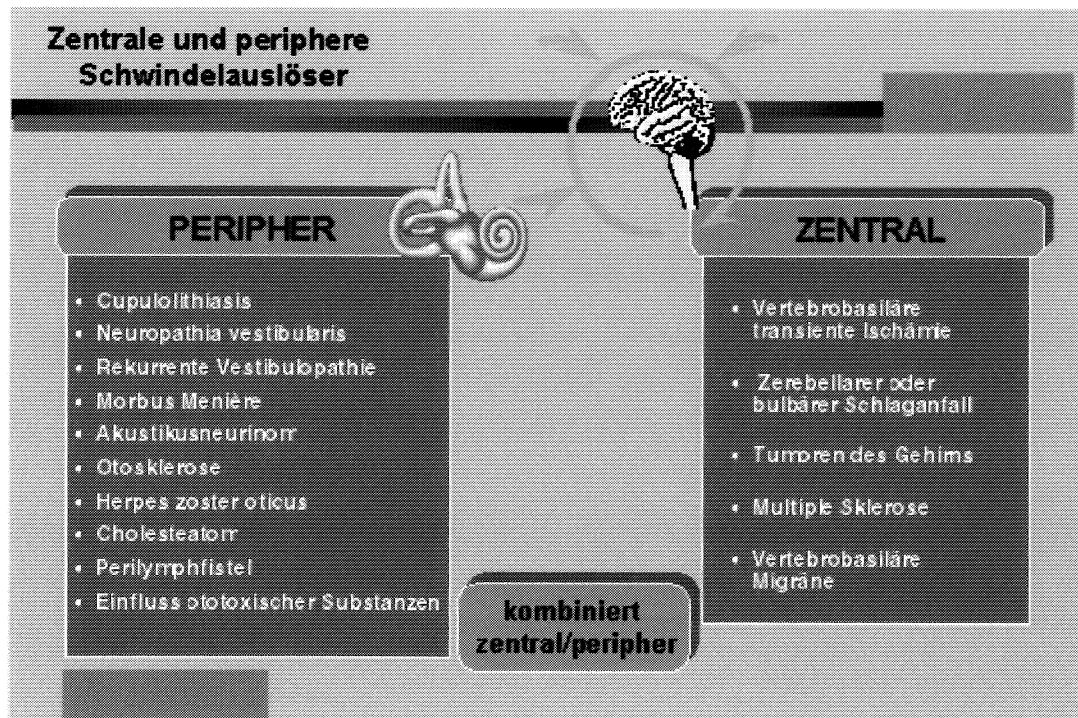
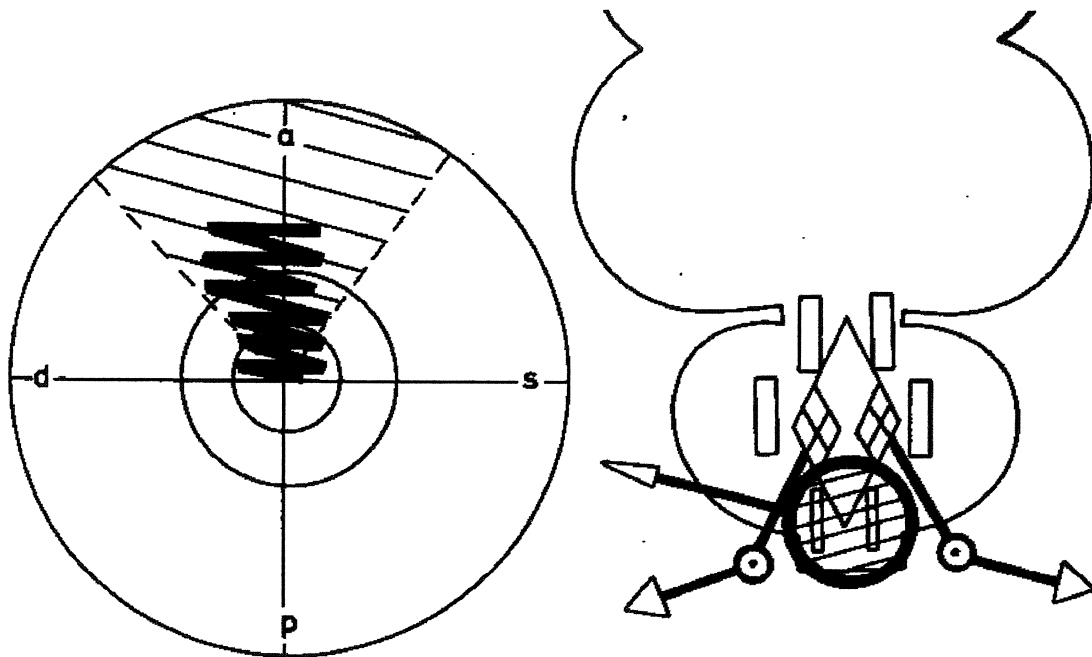


Abb. 4.5

### 4.3.2 Hirnstammerkrankungen

Man muß wissen, dass der wichtigste Bereich, in welchem umschriebene morphologische Veränderungen zu deutlichen Funktionsstörungen in den quantitativen vestibulären Tests führen, die hintere Schädelgrube ist, dessen mittleres intracranielles Volumen entsprechend den Messungen von BEHRENS an Würzburger Sektionsmaterial (1975) sich auf 122 ml beläuft. Das ist nicht einmal 10% des intracraniellen Gesamtvolumens. Da hier aber im Gegensatz z.B. zum Frontalhirn äußerst lebenswichtige Zentren gelegen sind, spielt die klinische Feindiagnostik im Bereich der Medulla oblongata, der Pons und des Mesencephalons eine besonders wichtige Rolle in der Klinik zentraler Erkrankungen. Gerade dieser Bereich ist für das klinische EEG verborgen und somit können hier aber das ENG und das CCG als unblutige physiologische Registrierungsmethoden Hinweise bezüglich der Auswirkungen von Störungen, von Hemmungs- und Enthemmungszuständen, der Seitenlokalisation und einer gewissen Höhenlokalisation geben. Unter den in NODEC I verifizierten

morphologischen Veränderungen in der hinteren Schädelgrube sind in erster Linie die Platybasie mit Einengung des Hinterhauptloches, die Syringobulbie mit Erweiterung des inneren Hohlraumsystems, die Multiple Sklerose und der Kleinhirnbrückenwinkeltumor zu nennen. Die Platybasie tritt vielfach bei Frauen im Zusammenhang mit der Osteoporose auf, wenn sich der schwere, aber verformbare Schädel an der Schädelbasis auf die Halswirbelsäule staucht. Die hauptsächlichsten funktionspathologischen Befunde sind die verbreiterten Lateralschwankungen mit oder ohne Seitenabweichung im CCG. Abb. 4.6 zeigt wiederum das anatomische Hirnschema mit Flachschnitt entlang des Bodens des IV. Ventrikels in der hinteren Schädelgrube. Läsionen im unteren Bereich des IV. Ventrikels und des unteren Anteils des mittleren Längsbündels, die in der Abbildung durch einen dort gelegenen schraffierten Kreis angezeigt sind, führen zum typischen Muster der zentralen vestibulo-spinalen Störung mit stark verbreiterten Lateralschwankungen wie oben erwähnt. Für die klinische Diagnostik ist die Verbreiterung der Kopf-Körper-Schwankungen auf über 17,5 cm während jedes einzelnen Schrittes als pathologisch anzusehen. Praktisch wird jedoch der CCG-Ringabstand des eingeblendeten Polarkoordinatensystems von 20 cm als Normbereichsabgrenzung für die Beurteilung der Lateralschwankungsbreite verwendet. Schwankt der Patient breiter als es dem Ringabstand entspricht, so besteht ein hochgradiger Verdacht auf das Vorliegen einer zentralen vestibulo-spinalen Störung. Besonders häufig kommt es auch zu solchen Lateralschwankungsverbreiterungen beim Syndrom der Arteria cerebellaris posterior inferior (PICA-Syndrom bzw. dorsolaterales Oblongata-Syndrom) und nach Kopf-Hals-Traumen.

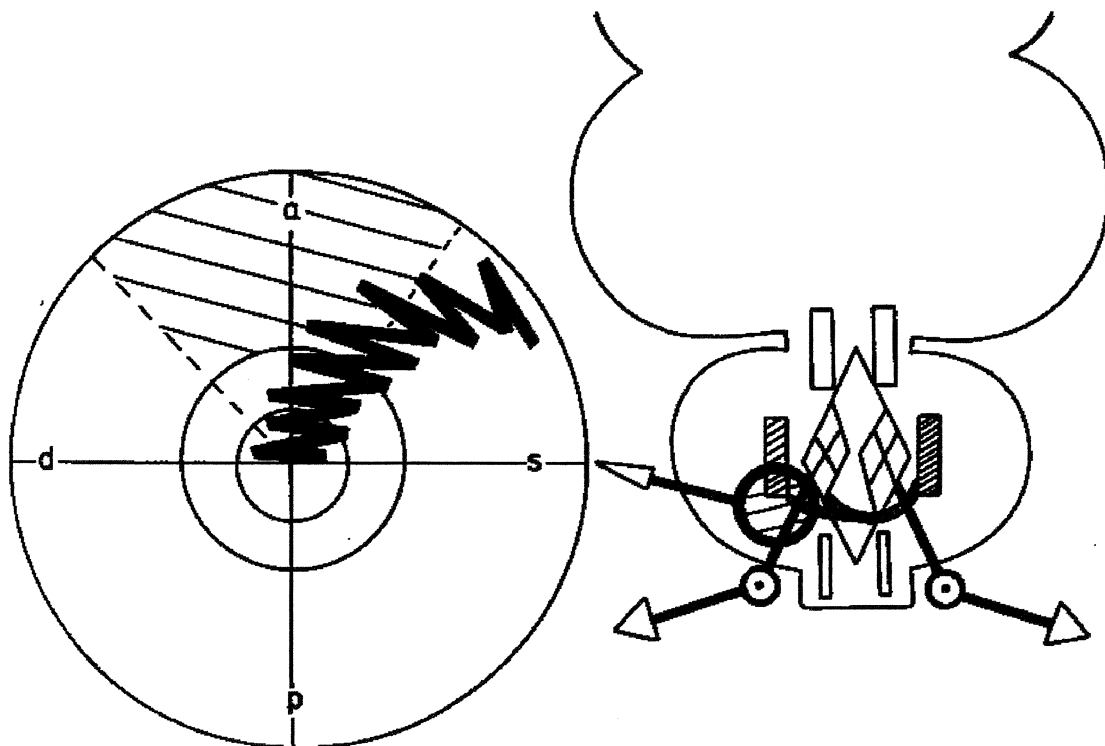


**Abb. 4.6** Typisches CCG-Muster einer zentralen Gleichgewichtsstörung mit anatomischem Hirnschema und Sitz der zentralen Läsion (Kreis).

### 4.3.3 Kombinierte periphere Vestibularisstörungen und Hirnstammerkrankungen

Abb. 4.7 zeigt den CCG-Typ IV, die kombinierte pathologische Seitenabweichung und verbreiterte Lateralschwankung meist als Ausdruck eines monolateralen Prozesses in der hinteren Schädelgrube. Im nebenseitigen anatomischen Hirnschema im Flachschnitt entlang des Bodens des IV. Ventrikels ist die Läsion mit einem schraffiertem Kreis eingezeichnet. Die schraffierten Hirnkerne bezeichnen die archi- und palaeozerebellären Hirnkerne und ihre Verbindungen zu den Vestibulariskernen der Gegenseite durch die iuxtarestiformen Bündel. Sind also das Altkleinhirn oder die mittleren und unteren Kleinhirnschenkel einseitig betroffen, was schematisch dargestellt ist, dann kommt es neben der Lateralschwankungsverbreiterung, die nicht immer vorhanden sein muß, insbesondere zu einer Seitenabweichung über die Normbereichsgrenzen hinaus. Diese Seitenabweichung, die schon früher als

Barré'sche Dysharmonie beschrieben wurde, ist im Gegensatz zur peripheren Vestibularisstörung nicht zur Seite der Läsion sondern von ihr weg zur Gegenseite gerichtet. Diese Barré'sche Dysharmonie läßt sich besonders beim Vergleich des Tret-CCG mit dem kalorischen Schmetterlingsschema deutlich herausfinden.



**Abb. 4.7** Typisches CCG-Muster einer kombinierten Gleichgewichtsstörung und Hirnschema mit Läsion (schraffierter Kreis)

#### 4.3.4 HWS-Erkrankungen

Die Gruppe der Patienten, die in der Anamnese ein vorausgegangenes Kopf-Hals-Trauma bzw. HWS-Trauma angaben, macht bei unserem vorliegenden Kollektiv von 450 Patienten ca. 1/3 aus. Das Kopf-Hals-Trauma spielt in der klinischen Neurootologie eine außerordentlich große Rolle. Das Schädel-Hirn-Trauma kann den Schädel in verschiedenen Anprallrichtungen treffen, ohne

dass es zu Frakturen kommt. Dann handelt es sich um sogenannte stumpfe Schädeltraumata. Oder aber es ist so mächtig, dass es zu Frakturen, meist Schädelbasisfrakturen kommt. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass der den Schädel tragende Halswirbelmechanismus bei solchen Kopf-Hals-Traumata getroffen werden kann. Bei NODIC I gibt fast jeder 4. Patient Zusammenhänge seines Schwindelleidens mit einem vor kürzerer oder längerer Zeit vorausgegangenem Kopf-Hals-Trauma an. Gerade der posttraumatische zentrale Schwindel bereitet heute vielfach noch Schwierigkeiten der Erkennung. Dies gilt besonders dann, wenn es sich um stumpfe Schädel-Hirn-Traumen handelt, bei denen weder röntgenologisch noch im EEG objektive Befunde zu erheben sind. Liegt der Schaden aber im Bereich der hinteren Schädelgrube, so kann man meistens mit Hilfe der Cranio-Corpo-Graphie (CCG) und den anderen aequilibrimetrischen Tests einen objektiven Funktionsbefund bei den Schwindelkranken herausarbeiten, deren Traumaereignis oft schon Jahre zurückliegt. Aus aequilibrimetrischer Sicht kann man die Traumafälle in 3 Gruppen unterteilen. Bei der ersten Gruppe von Felsenbeintraumen wie z.B. operative Verletzungen, Einspießungen und Frakturen stehen die peripheren vestibulometrischen Muster im Vordergrund. Im CCG dreht der Patient zur verletzten Seite. Bei der 2. Gruppe mit Prellung basaler Hirnanteile bzw. bei posttraumatischen Ödemen infolge einer HWS-Peitschenhiebverletzung gewinnen zwei unterstützende Mechanismen Bedeutung. Schlägt der basale Hirnstamm auf den Clivus auf, kommt es zu einem Prellungsherd; wird das Gehirn in umgekehrter Richtung in seinem losen Bett zurückgerissen, so kommt es zu Unterdrucksaugherden. Zum anderen kann aus der Peitschenhiebverletzung mit Dehnung und Zerrung der Halsgefäße und nachfolgenden Gefäßwandödemen eine verminderte Blutversorgung im Vertebralis-Basilarissystem resultieren, die ihrerseits die Restitution der zuerst genannten Schäden behindert. Häufig sieht man bei diesen Läsionen die Enthemmung des gesamten nystagmischen Systems und das CCG weist verbreiterte Lateralschwankungen auf. Als dritte Gruppe tritt schließlich die kombinierte periphere und zentrale Läsion z.B. bei Schädel-Hirntraumen mit

Beteiligung der Otobasis in Erscheinung. Die Cranio-Corpo-Graphie kann bei dieser Gruppe sowohl das typische Muster der Seitenabweichung zur Läsion als auch zur kalorischen Nystagmusenthemmung im Sinne der Barré'schen Dysharmonie zeigen.

#### **4.3.5 Verläufe der Erkrankungen**

Restitution, Kompensation und Progredienz sind Begriffe, die in jedem Gutachten über vestibuläre und Gleichgewichtsfunktionserkrankungen abgehandelt werden sollten. Unter dem Erholungsphänomen Restitution versteht man, dass ein vorher nachweisbarer vestibulärer Defekt nach einer Restitutionsphase nur noch teilweise oder überhaupt nicht mehr nachweisbar ist. Restitutionsphänomene treten bevorzugt nach peripheren Läsionen auf, wobei in erster Linie die akuten viralen Bedrohungen des Innenohres zu nennen sind. Doch auch toxische Schädigungen des 8. Hirnnerven, wie sie z.B. durch Typhustoxine zustande kommen, können vollkommen restituieren, da sie nur vorübergehend sind. Es gibt typische Reaktionsmuster, etwa in Form von Schmetterlingskalorigrammen oder Craniocorpopogrammen des Unterberger-Tretversuches, mit denen man zeigen kann, dass die periphere Funktion stark geschädigt ist, meistens im Sinne einer Hemmung. Der Verlauf weist dann unter Umständen auf die Restitution hin. Bei zentralen Störungen wie etwa der oben genannten Vertebralis-Basilaris-Insuffizienz können Störungen sichtbar sein, wenn beispielsweise zu dieser gerade noch ausreichenden, aber schon insuffizienten Hirnstammbloodversorgung eine Noxe hinzutritt. Dies könnte eine Grippeinfektion, eine veränderte Durchblutung oder ähnliches sein. In solchen Fällen wird eine Gleichgewichtsfunktionsstörung nicht nur subjektiv mit Schwindel und zum Teil Nausea in Erscheinung treten, sondern sie wird auch objektiv messbar. Bei entsprechender Behandlung und Beseitigung der Noxe kann es in diesen Fällen wieder zu einer Restitution kommen. Restitutionsfristen sind sehr unterschiedlich und es werden nicht vollkommen restituierte Prozesse vielfach durch Kompensationsphänomene überlagert, die



nachfolgend besprochen werden. Die Kompensation eines vestibulären Defektes ist im Gegensatz zur Restitution mit entsprechenden sensomotorischen Prüfungen objektiv nachweisbar. Jedoch ist nach außen ein beinahe ungestörtes Verhalten sichtbar, da andere sensomotorische Systeme eingeschaltet und stärker betont werden. Somit hat das Gehirn durch Um- und Nebenschaltungen kompensiert. Mit komplexen Tests zur Aufdeckung von Kompensationen ist es möglich, am selben Tag Rückschlüsse auf das Ausgleichsverhalten eines Patienten bei peripheren Vestibularisstörungen zu ziehen. Ergänzen sollte man solche Untersuchungen aber auf jeden Fall durch Verlaufsbeobachtungen mit weiteren objektiven Tests. Die Kompensationsleistung bei zentralen Störungen, also Störungen in der eigentlichen gleichgewichtsverarbeitenden Sinnesstruktur, ist beschränkt. Eine Gleichgewichtsfunktionskontrolle sollte bei peripheren Leiden altersabhängig erfolgen, da Kompensationsmechanismen erfahrungsgemäß mit zunehmendem Alter auch später einsetzen bzw. länger verlaufen. Noch ungünstiger sind die Verhältnisse bei den Verlaufskontrollen von zentralen Gleichgewichtsfunktionsstörungen (bedingt durch Syringobulbie, Multiple Sklerose, Hirnstammtumor etc.) oder nach Schädel-Hirn-Traumata. Hier können die Funktionskontrollen bis ins mittlere Alter wesentlich später angesetzt werden und ab einem Alter von 50 Jahren fallen Nachkontrollen weg, da nicht mehr mit einer ausreichenden Kompensation und Restitution bei sichtbaren Hirnstammprozessen gerechnet werden kann. Im Zusammenhang mit den Fragen nach der Progredienz der Erkrankungen sind in erster Linie das Ausmaß der Läsion und die mögliche Restitutions- und Kompensationsmöglichkeit zu bedenken. Dabei muß erwähnt werden, dass beim Durchführen mehrerer äquilibrimetrischer Tests in einer Sitzung Reizreaktionsstärkevergleiche erhoben werden können. Recruitment-Phänomene lassen beispielsweise gerade bei peripheren Störungen darauf schließen, dass eine Erholungsmöglichkeit vorhanden ist und dass diese in der Regel auch genutzt wird. Decruitment-Phänomene bzw. zentrale Blockierungsphänomene in ihrer latenten Form sind sehr viel ungünstiger zu

beurteilen. Für die Beurteilung der Progredienz eines vestibulären Leidens sollte eine erste Nachuntersuchung z.B. in akuten Stadien, etwa nach einer Ototoxikose aufgrund hoher Dosen bzw. Langzeittherapien mit Aminoglykosiden, innerhalb der ersten 14 Tage erfolgen. Ein engmaschiges Nachuntersuchungsschema sollte folgen, um eine weitgehende Erholung nach Absetzung der Antibiotikatherapie feststellen zu können. Das gleiche gilt für akute Leiden infolge von Gefäßverschlüssen, da frühe Verlaufskontrollen das Leiden besser abschätzen lassen (insbesondere bei akuten Schüben der Multiplen Sklerose). Weitere Gesichtspunkte der Progredienzeinschätzung eines Leidens beschäftigen sich mit dem Ansprechen der Störung auf therapeutische Maßnahmen, so z.B. der operativen Entfernung eines Akustikneurinoms. Es kann folglich mit einem Stillstand der peripheren vestibulären Störung gerechnet werden kann, da auf jeden Fall die hinzutretende Komplizierung durch die progressive Verdrängung und Zerdrückung von Hirnanteilen in der hinteren Schädelgrube vermieden wird.

#### **4.4 Interrelationen mit anderen neurootologischen**

##### **Funktionstests**

Bei der Diagnostik von Gleichgewichtsstörungen decken einzelne Tests jeweils nur bestimmte Rezeptor- und Effektorbereiche bei definierten Stimulusintensitäten ab. Kasuistisch kann belegt werden, dass es Dysaequilibrium bei simultaner Anwendung mehrerer Tests, die wir in der neurootologischen Abteilung durchführen, nur in einzelnen Tests gibt. Weiterhin gibt es bei Lastwechsel sogar innerhalb einzelner Tests aufzeigbare Verschiebungen von Norm- zu Dysaequilibriumreaktionen. Somit ist die Suche nach einer umfassenden Topodiagnostik, d.h. der Bedeutung des Cranio-Corpo-Grammes im Sinne des neurootologischen Zustandes des Patienten ein wichtiger Aspekt. Beispielsweise ist für die Kompensationsabschätzung, wie oben erwähnt, der Unterberger-Tretversuch von Bedeutung. Er wird dann mit dem kalorischen Test kombiniert. Kann man z.B. im

Schmetterlingsvestibulogramm eine eindeutige einseitige Untererregbarkeit eines Vestibularorganes feststellen, aber beobachtet man gleichzeitig im Unterberger-Tretversuch, dass der Patient ohne Seitenabweichung und ohne Seitendrehung in der Lage ist, 80 Schritte auf der Stelle zu treten, so muß gefolgert werden, dass bei ihm eine weitgehende Kompensation eingetreten ist. Die Läsion kann durch den monauralen kalorischen Test nach wie vor sichtbar gemacht werden. Zentrale Kompensationsmechanismen ermöglichen es dem betreffenden Individuum aber, diese Störinformation zu unterdrücken und sich wieder normal in der Umwelt zu bewegen. Angesichts der geringen Investitionen und der leichten Durchführbarkeit der Cranio-Corpo-Graphie erscheint es angezeigt, das CCG so oft wie möglich gemeinsam mit der Kalorisationprüfung anzuwenden. Bei der Anwendung der Cranio-Corpo-Graphie muß man sich jedoch darüber im Klaren sein, dass man nicht wie bei der kalorischen Vestibularisprüfung einen Bogengang isoliert untersucht, sondern dass man das gesamte komplexe periphere Rezeptorsystem mit einbezieht. Darüberhinaus wirkt sich auch das Verhalten der zentralen Informationsverarbeitungsstrukturen zur Peripherie aus. Wie PATIL in seiner Dissertation erklärt, kann jedoch auch andererseits ein Patient, der z.B. aufgrund einer größeren Seitenabweichung im Cranio-Corpo-Gramm als peripher gestört gilt, in der Elektronystagmographie eben nur in 20% der Fälle einen übereinstimmenden topodiagnostischen Befund im Sinne einer peripheren Vestibularisstörung zeigen. Somit wird klar, dass pathologisches Gleichgewichtsverhalten nicht in allen, sondern nur in einzelnen Systemen der Gleichgewichtstrias aufzutauchen braucht (s.o.). Die Hauptklärung für dieses Phänomen, ähnliche Resultate wurden auch von MARCONDES und WIECZOREK gefunden, könnte in der Betrachtung eines Phänomens aus zwei verschiedenen funktionellen Systemen heraus liegen. Zum einem handelt es sich um das vestibulo-spinale System, das wir mit Hilfe der Cranio-Corpo-Graphie untersuchen; zum anderen um das vestibulo-okuläre System, bei dem wir mittels der Elektronystagmographie die Repräsentation von Veränderungen in der Gleichgewichtsregulation am Auge registrieren. Ist es etwa im Bereich

des Hinterhauptsloches an der Medulla oblongata bei einem Patienten mit einer Osteochondrose und einer beginnenden Platybasie zu zentralen Läsionen gekommen, die die Akzessoriuskerne und die ableitenden Bahnen im Akzessoruisschleifengebiet beeinflussen, so wird ein Schwindel verständlich, der mit besonderen Kopfschwankungsanomalitäten auftritt. Er braucht aber nicht mit pathologischen vestibulären Nystagmusreaktionen verknüpft sein. In diesen Fällen ist es einfach notwendig, dass aus differentialdiagnostischen Gründen zwei neuroanatomisch an verschiedenen Stellen angreifende Systeme untersucht werden.

#### **4.5 Diskussion eigener Resultate im Vergleich zu Ergebnissen anderer CCG-Kollektive**

Interessant ist zudem der Vergleich mit anderen Patientenkollektiven, aus denen ebenfalls wie in der vorliegenden Dissertation verschiedene Untergruppen gebildet wurden, bei denen die Störungslokalisierung (mittels kalorischer Vestibularisprüfung) mit den verschiedenen Parametern für den Steh-CCG-Test und den Tret-CCG-Test in Zusammenhang gebracht werden kann. Ein gutes und direktes Vergleichskollektiv bietet die von MARCONDES untersuchte Patientengruppe von 1021 Patienten, die ebenfalls aus der neurootologischen Abteilung der Universitäts-HNO-Klinik stammt. Beim Altersvergleich beider Kollektive fallen relativ identische Werte auf, während die Geschlechtsverteilung ungleich ist. Das Durchschnittsalter beträgt bei MARCONDES  $46,5 \pm 16,1$  Jahre, bei der vorliegenden Arbeit sind die Patienten im Mittel  $46,3 \pm 16,3$  Jahre alt. Das Gesamtkollektiv besteht bei MARCONDES aus 393 Frauen (38,5%) und 628 Männern (61,5%), bei unseren 450 Patienten verteilt es sich gleichmäßiger auf 220 Frauen (48,9) und 230 Männer (51,1%). Im Folgenden sollen nun die Unterkollektive der Patienten mit peripherer Störung, mit zentraler Störung und kombinierter Störung, die durch Kalorisation bestimmt wurden, und deren einzelne CCG-Parameter verglichen und diskutiert werden.

## Periphere Störungen

			May			Marcondes		
			n	Mittelwert	St.Dev.	n	Mittelwert	St.Dev.
<b>Steh-CCG</b>	Längsschw.	cm	152	5,8	2,5	156	6,4	2,3
	Seitenschw.	cm		3,7	2,8		4,4	1,6
<b>Tret-CCG</b>	Längsabw.	cm		105,0	47,4		88,3	29,5
	Lateralschw.	cm		17,5	11,8		9,4	6,1
	Winkelabw.	deg		-2,3	37,1		5,9	64,2

Abb. 4.8

## Zentrale Störungen

			May			Marcondes		
			n	Mittelwert	St.Dev.	n	Mittelwert	St.Dev.
<b>Steh-CCG</b>	Längsschw.	cm	107	5,9	2,7	379	6,4	4,5
	Seitenschw.	cm		3,7	2,8		4,4	1,7
<b>Tret-CCG</b>	Längsabw.	cm		104,3	50,3		87,7	30,7
	Lateralschw.	cm		16,6	7,6		8,9	4,5
	Winkelabw.	deg		-1,3	40,9		-2,6	65,8

Abb. 4.9

## Kombinierte Störungen

			May			Marcondes		
			n	Mittelwert	St.Dev.	n	Mittelwert	St.Dev.
<b>Steh-CCG</b>	Längsschw.	cm	41	5,7	2,1	27	6,7	2,3
	Seitenschw.	cm		3,4	1,8		4,2	1,6
<b>Tret-CCG</b>	Längsabw.	cm		101,7	53,7		79,1	29,1
	Lateralschw.	cm		21,0	24,0		8,7	3,9
	Winkelabw.	deg		-4,5	33,8		-5,3	87,5

Abb. 4.10

Wie in den 3 Abbildungen zu sehen ist, wurden die einzelnen CCG-Parameter für beide Patientenkollektive gegenübergestellt. Auffällig ist für alle 3

Untergruppen die größere Längsabweichung im Tret-CCG-Test bei unseren Untersuchungen. Im Mittel beträgt die Abweichung +18,5 cm im Vergleich zu Marcondes' Kollektiv. Jedoch ist, wie schon bekannt, dieser Parameter für topodiagnostische Zwecke kaum brauchbar. Weit mehr Aussagekraft haben die Lateralschwankungsbreite bzw. die Winkelabweichung als Parameter für bestimmte Störungslokalisationen. Während die vergrößerte Lateralschwankungsbreite typisch für zentrale und kombinierte Störungen ist, kennzeichnet eine verstärkte anguläre Deviation periphere bzw. kombiniert peripher zentrale Störungen. Wenn wir zunächst die Schwankungsbreite beider Kollektive im Tret-CCG vergleichen, so fällt auf, dass dieser Parameter für die oben genannten Störungen (zentral und kombiniert) bei unseren Patienten wesentlich signifikantere Werte aufweist. Bei den zentralen Störungen ist die Schwankungsbreite im Mittel (16,6 cm) fast doppelt so groß wie bei MARCONDES (8,9 cm) und liegt somit nah an der pathologischen Grenze von 17,5 cm. Der Wert der Schwankungsbreite bei kombinierten Störungen (21 cm) liegt im Durchschnitt sogar über der entsprechenden Normbereichsabgrenzung, während er im Vergleichskollektiv (8,7 cm) nicht symptomatisch für die Lokalisation der Störung ist. Die Gegenüberstellung der Werte für die Winkelabweichung, die kennzeichnend für überwiegend periphere Störungen ist, gestaltet sich schwierig und ist schwer zu interpretieren, da der Mittelwert der untersuchten Kollektive zum Teil positiv (d.h., er liegt im Bereich der Rechtsabweichung) und zum anderen Teil negativ ist (Abweichung nach links).

## 5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sind 450 Patienten aus der neurootologischen Abteilung der Universitäts-HNO-Klinik in einer Computerdatenbank erfasst worden, von denen jeweils ein digitales Stehversuch-CCG-Muster und ein digitales Tretversuch-CCG-Muster vorlagen. Zusätzlich wurden die Ergebnisse der anderen äquilibrimetrischen Tests sowie die Anamnesedaten (standardisierte neurootologische Anamnese NODEC III) mit berücksichtigt.

Neben der Untersuchung des Gesamtkollektivs haben wir zur statistischen Auswertung bezüglich Geschlecht, Alter und CCG-Parameter Unterkollektive gebildet. Ausführlich wurden dann die einzelnen Ergebnisse miteinander verglichen und anschaulich in Diagrammform dargestellt. Am Ende des Ergebnisteils werden die typischen Einzelfälle (Normaltyp, periphere, zentrale, kombinierte Störung) in einer Kasuistik demonstriert.

In der Diskussion wurde auf topodiagnostische Gesichtspunkte sowie auf die Cranio-Corpo-Graphie als taugliche Untersuchungsmethode für die Arbeitsmedizin ausführlich eingegangen. Dabei wurde deutlich, dass man das Cranio-Corpo-Gramm jedoch so oft wie möglich in Kombination gemeinsam mit der Kalorisation anwenden sollte, da beide Verfahren völlig unterschiedliche Gleichgewichtsregulationssysteme testen. Die Quote der Aufdeckung pathologischen Verhaltens in verschiedenen Regelkreisen erhöht sich somit um ein Vielfaches. Weiterhin wurden die neurootologischen Erkrankungen und ihre möglichen Verläufe detailliert beschrieben. Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit dem Patientenkollektiv von MARCONDES folgte im letzten Abschnitt.

Zusammenfassend wird in dieser Arbeit deutlich, dass die Cranio-Corpo-Graphie als einfacher, leicht durchführbarer, objektiver Gleichgewichtsschnelltest eine wichtige Funktion als Siebtest hat und damit einen großen Beitrag zur Objektivierung und Differenzierung von neurootologischen Störungen liefert.





## 6 Literaturverzeichnis

Aust, G.

Erfahrungen mit der Cranio-Corpo-Graphie bei Kindern

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 6/1, Die vestibulo-spinalen Gleichgewichts-Funktionsprüfungen und ihre  
klinisch-praktische Bedeutung, 191-206 (1978)

Aust, G.

Lesions in the vestibular-spinal system in children and their determination by  
Cranio-Corpo-Graphy and Posturography

Vertigo, nausea, tinnitus and hypoacusia due the head and neck trauma,  
247-250 (1991)

Barany, R., Wittmaak, K.

Funktionelle Prüfung des Vestibularapparates

Fischer Verlag, Jena (1911)

Behrens, M.

Über Volumen und Öffnungen der hinteren Schädelgrube

Dissertation, Med. Fachbereich, Würzburg (1975)

Bergmann de Bertora, J., Bertora, G.

Cranio-Corpo-Graphie-Muster beim Zustand nach Schädeltrauma

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 8, Gleichgewichtsprüfungen und Arbeitsmedizin, 161-166 (1981)

Bockmeyer, E., Bockmeyer, M., Claussen, C.-F.,

Die medikamentöse Beeinflussung von Kopf-Körper-Bewegungen mit  
Dimenhydrinat

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 6/2, Die vestibulo-spinalen Gleichgewichts-Funktionsprüfungen und ihre  
klinisch-praktische Bedeutung, 897-909 (1978)

Breyer, A., Claussen, C.-F., Glück, W., Kempf, H.  
Die Untersuchung der optischen Horizontaleinstellung bei  
Freileitungsmonteuren  
Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 8, Gleichgewichtsprüfungen und Arbeitsmedizin, 327-333 (1981)

Cesarani, A., Sibilla, P., Alpini, D., Barozzi, S., Monti, B.  
Cranio-Corpo-Graphy in the evaluation of scoliosis  
Neurootology Newsletter, Vol. 4, No. 1, 56-58 (1999)

Claussen, C.-F.  
Die zusammenfassende ENG-Auswertung mittels synoptischer  
Kennlinienmuster  
Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 8, Gleichgewichtsprüfungen und Arbeitsmedizin, 29-36 (1981)

Claussen, C.-F.  
Die objektive Aufzeichnung und quantitative Auswertung von  
Raumorientierungsaufgaben mittels eines photooptischen Schnelltests, der  
Cranio-Corpo-Graphie  
Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 8, Gleichgewichtsprüfungen und Arbeitsmedizin, 107-147 (1981)

Claussen, C.-F.  
Drei verschiedene Typen des vestibulären Recruitments  
Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 8, Gleichgewichtsprüfungen und Arbeitsmedizin, 487-493 (1981)

Claussen, C.-F.

Cranio-Corpo-Graphie (CCG)

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 6/1, Die vestibulo-spinalen Gleichgewichts-Funktionsprüfungen und ihre  
klinisch-praktische Bedeutung, 151-187 (1978)

Claussen, C.-F.

Das belastungsabhängige Dysaequilibrium

Differential Diagnosis of Vertigo, 15-71 (1980)

Claussen, C.-F.

Statistische Standards bezüglich des Symptomes Schwindel in der  
Bundesrepublik Deutschland aus der Sicht der Neurootologie

Differential Diagnosis of Vertigo, 588-603 (1980)

Claussen, C.-F.

Untersuchungsverfahren zum Nachweis von vestibulärer Suppression und  
Habituation

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 11, Treatment of vertigo by physical and rehabilitation procedures, 29-43  
(1988)

Claussen, C.-F., Fort, E. Jr.

Der Schwindelkranke und seine neurootologische Begutachtung, Ein Leitfaden  
für Otologen, Neurologen, Ophthalmologen, Internisten, Traumatologen,  
Versicherungsmediziner, Arbeitsmediziner (1976)

Claussen, C.-F., Galvagni, J., Sporrer, A., Kirchner, M., Stumpf, J., von  
Schlachta, I.

Die neurootologische Datenbank NODEC IV - Ein Modell zur Standardisierung  
von Tests und zur Ausgabe von Vergleichskasuistik

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 10, Computer in der Neurootologie, 1-30 (1983)

Claussen, C.-F., Patil, N.P., Fraass, U.

A stereometric method of testing olfaction using cranio-corpo-graphy  
Proceedings of the NES, Volume XVII, 229-234 (1989)

Claussen, C.-F., von Lüthmann, M.

Das Elektronystagmogramm und die neurootologische Kennliniendiagnostik,  
Hinweise für die praktische Untersuchung und Therapie von Schwindelkranken  
(1975)

Frenzel, H.

Zur Systematik, Klinik- und Untersuchungsmethodik der Vestibularisstörungen  
Arch. Ohr.- Nas.- Kehlk. Heilk. 177, 353-395 (1961)

Fukuda, T.

The stepping test: two phases of the labyrinthine reflex  
Acta Otolaryngol. (Stockholm), 50: 95-108 (1959)

Glück, W., Claussen, C.-F., Kempf, H., Breyer, A.

Cranio-Corpo-Graphische Untersuchungen des Kopf-Körper-Gleichgewichts bei  
Hochleistungsmonteuren  
Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 8, Gleichgewichtsprüfungen und Arbeitsmedizin, 265-269 (1981)

Hahn, A., Helms, J., Schneider, D., Claussen, C.-F.

CCG and the caloric reactivity profile in the patients after statoacoustic  
neurinoma surgery  
Proceedings of the NES, Volume XX, 325-328 (1992)

Henriksson, N.G., Johanssen, G., Olsson, L.G., Östlund, H.  
Electric analysis of the Romberg test  
Acta Otolaryngol. (Stockholm), Suppl. 224: 272-279 (1967)

Kahle, W.  
Taschenatlas der Anatomie  
Band 3, Nervensystem und Sinnesorgane (2001)

Lischke, H., Claussen, C.-F.  
Durchführung der Cranio-Corpo-Graphie unter arbeitsmedizinischen  
Bedingungen  
Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 6/1, Die vestibulo-spinalen Gleichgewichts-Funktionsprüfungen und ihre  
klinisch-praktische Bedeutung, 263-276 (1978)

Marcondes, L.G.  
Über eine Systematik der mittels der Cranio-Corpo-Graphie aufgezeichneten  
Kopf-Körper-Bewegungsmuster  
Inaugural-Dissertation, Würzburg (1987)

Marcondes, L.G., Claussen, C.-F., Schneider, D., Marcondes, C.V.  
Computer cataloguing cranio-corpography pictures for a detailed data bank  
analysis of gait and standing patterns  
ACTA AWHO, Proceedings of XIVth international scientific meeting of the NES,  
Vol. VI, No. 4, 182-185 (1987)

Müller-Kortkamp, M.P.  
Die Anamnese des Schwindelkranken unter besonderer Berücksichtigung  
vestibulo-spinaler Symptome

Verhandlungen der Gesellschaft für Neurootologie und Aequilibrimetrie e.V.,  
Band 6/1, Die vestibulo-spinalen Gleichgewichts-Funktionsprüfungen und ihre  
klinisch-praktische Bedeutung, 319-336 (1978)

Patil, N.P.

Neurootologische Befunde bei der typischen peripheren Seitenabweichung im  
Cranio-Corpo-Gramm  
Inaugural-Dissertation, Würzburg (1988)

Patil, N.P., Schneider, D., Claussen, C.-F.

Abnormal angular deviation as a marker of peripheral vestibular pathology in  
cranio-corpo-graphy  
Proceedings of the NES, Volume XVII, 93-97 (1989)

Patil, N.P., Schneider, D., Claussen, C.-F., Büki, B.

Cranio-Corpo-Graphy - A computerised vectorial representation of movement  
patterns during the stepping test  
Proceedings of the NES, Volume XVII, 103-108 (1989)

Romberg, M.H.

Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen  
A. Dunker-Verlag Berlin (1846)

Romberg, M.H.

Manual of the Nervous Diseases of Man  
Syndeham Trans., Vol. 2, London (1853)

Schneider, D. Patil, N.P., Büki, B., Claussen, C.-F.

Anwendung von Computern in der Neurootologie  
Proceedings of the NES, Volume XVII, 13-17 (1989)

Schott, E.

Über die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen  
vermittels des Saitengalvanometers

Dtsch. Arch. Klin. Med., 140, 79-90 (1922)

Sikezdi, T., Claussen, C.-F.

Graphoelements of the undulating head-body sway in craniocorpography  
ACTA AWHO, Proceedings of XIVth international scientific meeting of the NES,  
Vol. VI, No. 4, 178-182 (1987)

Unterberger, S.

Neue objektiv registrierbare Vestibularis-Körperdrehreaktion, erhalten durch  
Treten auf der Stelle. Der Tretversuch.

Archiv Ohren-, Nasen-, Kehlkopfheilkunde, 145, 478-492 (1938)

Wieczorek, G., Patil N.P., Schneider, D., Claussen, C.-F., Büki, B.

Clinical profiles of central pathology as diagnosed by CCG

Proceedings of the NES, Volume XVII, 99-102 (1989)





## **Danksagung**

Für die Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Dissertation möchte ich folgenden Personen meinen Dank aussprechen:

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Schneider für seine freundliche und zuverlässige Unterstützung sowie für die unermüdliche Kooperation und Beratung bei allen auftauchenden Schwierigkeiten während der gesamten Arbeit;

Professor Dr. med. C.-F. Claussen für die Überlassung des Themas und dessen zuverlässige Betreuung;

Professor Dr. med. J. Helms für die Übernahme des Koreferats

## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

Name: May  
Vorname: Christian  
Anschrift: Sartoriusstr. 4, 97072 Würzburg  
Geburtsdatum/ort: 10. Juni 1977, Wernigerode  
Familienstand: ledig  
Staatsang.: deutsch

### Schulbildung:

1984-1986 Grundschule in Lünen  
1986-1988 Grundschule in Cappenberg  
1988-1997 Gymnasium AltLünen  
Abitur: Mai 1997

Bundeswehr: 1997/1998 in Coesfeld

### Hochschulausbildung:

November 1998 Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Studium der Zahnmedizin  
Oktober 1999 Naturwissenschaftliche Vorprüfung  
März 2001 Zahnärztliche Vorprüfung  
November 2003 Zahnärztliche Prüfung  
seit Frühjahr 2002 Dissertation in der Neurootologischen Abteilung der  
Universitäts-Hals-Nasen-Ohren-Klinik Würzburg

