



DIE ROLLE  
DER  
EINZELNEN LABYRINTHREZEPTOREN  
BEI DER ORIENTATION  
VON AUGEN UND KOPF IM RAUME

VON

J. SZENTÁGOTHAJ

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER MED. UNIVERSITÄT, PÉCS

UNTER MITWIRKUNG VON

A. GÖMÖRY, R. SCHÁB, J. SAS, GY. SZÉKELY, Z. OLTVÁNYI.



1952

DEM ANDENKEN  
DES BAHNBRECHERS  
DER LABYRINTHFORSCHUNG

A. HÖGYES

(1847—1906)

IN EHRFURCHT GEWIDMET

Szerkesztő: dr. Törő Imre

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u 21.) Felelős: Mestyán János

---

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-u. 2. — 14631 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. VORWORT .....	5
II. EINLEITUNG .....	7
III. DIE ANATOMIE DER UNMITTELBAREN VESTIBULAREN REFLEXBOGEN .....	13
IV. ZUR ISOLIERTEN REIZUNG DER CRISTAE ACUSTICAE ANGEWANDTE METHODIK .....	23
V. REIZUNG DER CRISTAE MITTELS KÜNSTLICH HERVORGERUFENER ENDOLYMPHSTRÖMUNGEN .....	32
A) <i>Beobachtungen an den Augenmuskeln</i> .....	32
1. <i>Allgemeine Beobachtungen</i> .....	32
2. <i>Die für die verschiedenen Bogengänge »typisch« reagierenden Augenmuskeln</i> .....	40
3. <i>Atypische Reflexe</i> .....	43
4. <i>Das Verhalten der Reflexe nach Durchschneidung des Fasciculus longitudinalis medialis</i> .....	48
5. <i>Das Verhalten der Reflexe nach unter Schonung des hinteren Längsbündels unternommenen Durchschneidung der Brücke</i> .....	52
6. <i>Die tonische Wirkung der Bogengangsrezeptoren auf die Augenmuskeln</i> .....	53
B) <i>Korrelation zwischen Bogengängen und Augenmuskeln</i> .....	57
C) <i>Mittelbare Reflexbogen zwischen Bogengangsrezeptoren und Augenmuskeln</i> .....	68
D) <i>Die Rolle der supranucleären Blickzentren bei den Bogengangsreflexen</i> .....	72
E) <i>Reflektorische Beziehungen zwischen Cristae acusticae und Hals- und Nackenmuskeln</i> .....	75
F) <i>Bogengangsreflexe auf die Gliedmassen</i> .....	80
VI. MIKROMANIPULATORISCHE REIZUNGSVERSUCHE AM HÄUTIGEN LABYRINTH .....	82
A) <i>Methodik</i> .....	83
B) <i>Versuche an den Sacculus-Maculae</i> .....	85
C) <i>Versuche an den Utriculus-Maculae</i> .....	89
D) <i>Kritik der mikromanipulatorischen Reizungsmethode</i> .....	96
VII. BEMERKUNGEN ZUR FUNKTION DER LABYRINTHREZEPTOREN ....	104
A) <i>Reizung der Cristae durch Endolymphströmungen</i> .....	104
B) <i>Reizung der Cristae durch Verschiebung der häutigen Ampullen</i> .....	107
C) <i>Der Funktionsmechanismus der Maculae</i> .....	114
D) <i>Das normale Zusammenwirken der durch verschiedene Labyrinthrezeptoren hervorgerufenen Erregungsprozesse</i> .....	122
VIII. ZUSAMMENFASSENDER ÜBERBLICK ÜBER DIE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN .....	126

DIE ROLLE  
DER  
EINZELNEN LABYRINTHREZEPTOREN  
BEI DER ORIENTATION  
VON AUGEN UND KOPF IM RAUME

VON

J. SZENTÁGOTHAJ

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER MED. UNIVERSITÄT, PÉCS

UNTER MITWIRKUNG VON

A. GÖMÖRY, R. SCHÁB, J. SAS, GY. SZÉKELY, Z. OLVÁNYI



1952

DEM ANDENKEN  
DES BAHNBRECHERS  
DER LABYRINTHFORSCHUNG

A. HÖGYES

(1847—1906)

IN EHRFURCHT GEWIDMET

Szerkesztő: dr. Törő Imre

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u 21.) Felelős: Mestyán János

---

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-u. 2. — 14631 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. VORWORT .....	5
II. EINLEITUNG .....	7
III. DIE ANATOMIE DER UNMITTELBAREN VESTIBULAREN REFLEXBOGEN .....	13
IV. ZUR ISOLIERTEN REIZUNG DER CRISTAE ACUSTICAE ANGEWANDTE METHODIK .....	23
V. REIZUNG DER CRISTAE MITTELS KÜNSTLICH HERVORGERUFENER ENDOLYMPHSTRÖMUNGEN .....	32
A) <i>Beobachtungen an den Augenmuskeln</i> .....	32
1. Allgemeine Beobachtungen .....	32
2. Die für die verschiedenen Bogengänge »typisch« reagierenden Augenmuskeln .....	40
3. Atypische Reflexe .....	43
4. Das Verhalten der Reflexe nach Durchschneidung des Fasciculus longitudinalis medialis .....	48
5. Das Verhalten der Reflexe nach unter Schonung des hinteren Längsbündels unternommenen Durchschneidung der Brücke .....	52
6. Die tonische Wirkung der Bogengangszereptoren auf die Augenmuskeln .....	53
B) <i>Korrelation zwischen Bogengängen und Augenmuskeln</i> .....	57
C) <i>Mittelbare Reflexbogen zwischen Bogengangszereptoren und Augenmuskeln</i> .....	68
D) <i>Die Rolle der supranucleären Blickzentren bei den Bogengangszereptoren</i> .....	72
E) <i>Reflektorische Beziehungen zwischen Cristae acusticae und Hals- und Nackenmuskeln</i> .....	75
F) <i>Bogengangszereptoren auf die Gliedmassen</i> .....	80
VI. MIKROMANIPULATORISCHE REIZUNGSVERSUCHE AM HÄUTIGEN LABYRINTH .....	82
A) <i>Methodik</i> .....	83
B) <i>Versuche an den Sacculus-Maculae</i> .....	85
C) <i>Versuche an den Utriculus-Maculae</i> .....	89
D) <i>Kritik der mikromanipulatorischen Reizungsmethode</i> .....	96
VII. BEMERKUNGEN ZUR FUNKTION DER LABYRINTHREZEPTOREN ....	104
A) <i>Reizung der Cristae durch Endolymphströmungen</i> .....	104
B) <i>Reizung der Cristae durch Verschiebung der häutigen Ampullen</i> .....	107
C) <i>Der Funktionsmechanismus der Maculae</i> .....	114
D) <i>Das normale Zusammenwirken der durch verschiedene Labyrinthrezeptoren hervorgerufenen Erregungsprozesse</i> .....	122
VIII. ZUSAMMENFASSENDER ÜBERBLICK ÜBER DIE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN .....	126



## I. VORWORT

In vorliegender Monographie veröffentlichen wir die Ergebnisse in den Jahren 1948—50 mittels Reizung einzelner Labyrinthrezeptoren ausgeführter Untersuchungen. — Zum Ausgangspunkt dieser Untersuchungen diente ein zufälliger und vom Gesichtspunkt der Labyrinthforschung bedeutungslos anmutender anatomischer Befund, der uns jedoch später zu einer anatomischen Grundlage für die Lösung unentwirrt verwickelt erscheinender Verhältnisse wurde. — Bei der Konstruktion und Einübung eines nach dem Prinzip des *Horsley-Clarke*-schen Apparates gebauten, aber noch grössere Zielsicherheit gestattenden stereotaktischen Instrumentes und der entsprechenden Versuchstechnik wählten wir als Versuchsobjekt die funktionelle Lokalisation im Oculomotoriuskern. Hierbei stellte sich heraus, dass die Lokalisation der Augenmuskeln und besonders der Kreuzungsverhältnisse der Wurzelfasern von der allgemein angenommenen weitgehend abweicht (*Szentágothai* 1942). Die genaue Kenntnis der funktionellen Lokalisation im Oculomotoriuskern gestattete uns mit Hilfe der von uns an vielen anderen Gebieten mit Erfolg angewandten *Synapsen-Degenerationsmethode* eine bis ins einzelne gehende Analyse der sekundären Vestibularisbahnen (1943—44). Das Ergebnis dieser Analyse liess die von *Högyes* (1878—1884) zuerst angenommene, seither oft festzustellen versuchte und immer wieder verworfene Korrelation bestimmter Labyrinthrezeptoren mit bestimmten Augenmuskeln erneut in wahrscheinlicherem Lichte erscheinen. Da jedoch auf anatomische Befunde gegründete Schlüsse auf Funktionen nie den Beweiswert unmittelbarer Versuchsergebnisse haben, entschlossen wir uns dieser Frage auch mittels physiologischer Untersuchungsmethoden nachzugehen. Unsere von diesem Gedanken gang ausgegangenen Versuche führten mit den in Kap. V/B zusammengefassten (Abb. 22) Ergebnissen zur Lösung der Frage nach der Korrelation zwischen den einzelnen Bogengangszustoren und bestimmten Augenmuskeln. Die mit dieser beschränkten Zielsetzung begonnenen Untersuchungen ergaben jedoch bald so viele einer näheren Untersuchung wertige Hinweise, dass sich eine Ausdehnung unserer Untersuchungen auf die Maculae und auf eine Anzahl weiterer Probleme von selbst ergab. Die weitgehende Übereinstimmung unserer früheren anatomischen Befunde mit den Ergebnissen der Reizung einzelner Rezeptoren gab uns das Gefühl, dass wir uns auf dem richtigen Wege befinden.

Unsere Untersuchungen sind nunmehr in ein Stadium gekommen, in dem wir ein weiteres Vordringen mit den von uns angewendeten Methoden nicht mehr als gesichert betrachten können. Eine Weiterführung dieser Untersuchungen ist vor allem auf dem Gebiete der Elektrophysiologie erfolgversprechend. Viel versprechen wir uns auch von einer genaueren Analyse etwaiger Gestaltveränderungen des Labyrinthes bei verschiedenen Kopfstellungen. Beide Untersuchungsgebiete gehen jedoch weit über den Rahmen dieser Arbeit hinaus. Da es im wesentlichen ein neues anatomisches Tatsachenmaterial ist, das uns als Ausgangspunkt diente, wird unser Bestreben verständlich sein *innerhalb der sekundären Vestibularisbahnen die eigenen Zusammenhänge der einzelnen Labyrinthrezeptoren voneinander zu isolieren*. Dies machte ein, sich auf grosse Muskelgebiete erstreckendes, mehr qualitatives Vorgehen notwendig (isotonische Registriertechnik), nur an jenen Stellen, wo zur Trennung verschiedener Reflexe genauere Angaben über die Latenz und den Verlauf der Kontraktion, sowie über die entwickelte Spannung notwendig waren, bedienten wir uns einer gleichfalls mehrere Muskeln gleichzeitig zu registrieren gestattenden und wenigstens für Vergleichszwecke brauchbare Ergebnisse liefernden isometrischen Registriertechnik. Eine Verfeinerung der myographischen Methoden wäre auch wegen der Reizungsart, die, was Zeitpunkt und Stärke anbetrifft, nicht genauer zu dosieren war, ohne Erfolg geblieben.

Die Monographie fasst vor allem die Ergebnisse unserer eigenen Versuche zusammen; das einschlägige Schrifttum ist deshalb nicht systematisch behandelt, sondern nur jene Angaben erwähnt, die mit den hier behandelten Problemen in unmittelbarem Zusammenhange stehen.

Von meinen Mitarbeitern möchte ich besonders *A. Gömäry* hervorheben, dessen Untersuchungen über die Zusammenhänge der Cristae mit den Hals- und Nackenmuskeln als selbstständiges Kapitel unter seinem Namen eingefügt wurden. Sein aussergewöhnliches Geschick und seine nie erlahmende Geduld waren mir eine unerlässliche Unterstützung. Auch meinen Mitarbeitern *R. Scháb*, *J. Sas*, *Gy. Székely* und *Z. Oltványi* möchte ich meinen Dank für ihre wertvolle Unterstützung aussprechen.

Meinen besonderen Dank möchte ich der Ungarischen Akademie der Wissenschaften für die materielle Unterstützung der Arbeit und für ihre Drucklegung in ihrem Verlag aussprechen.

Pécs, den 6. Oktober 1951.

*J. Szentágothai*

## II. EINLEITUNG

Die reflektorische Wirkung der durch die Labyrinthrezeptoren produzierten Erregungen auf das Muskelsystem ist eines der am weitgehendsten durchforschten Gebiete der Physiologie. Sowohl die operativen Schwierigkeiten und die relative Kleinheit der Verhältnisse, als auch die weitgehende anatomische Verquickung der verschiedenen Labyrinthrezeptoren ist der Grund dafür, dass sich die überwiegende Mehrzahl der Untersuchungen auf das intakte Labyrinth beziehen. Die Untersucher versuchten natürlich bei einseitig labyrinthektomierten Tieren das übriggebliebene Labyrinth unter Bedingungen zu reizen, bei denen nach physikalischer Überlegung nur einzelne Rezeptoren oder Rezeptorengruppen gereizt werden. Nichtsdestoweniger wurden für eine isolierte Reizung der einzelnen Rezeptoren verschiedene Methoden angegeben, welche zu überblicken unsere erste Aufgabe ist.

Es müssen zur Reizung der *Cristae* (1) und der *Maculae* (2) geeignete Methoden streng unterschieden werden.

1. Die *Cristae* können mittels Drehung, durch mechanisch hervorgerufene Endolymphströmungen, sowie kalorisch gereizt werden. Jedes dieser Verfahren hat seine Vor- und Nachteile.

a) Die Drehung des Kopfes in der Ebene des zu untersuchenden Bogenganges wäre als physiologischer Reiz allen anderen Reizungsmethoden vorzuziehen. Der Nachteil ist die schwierige Registrierbarkeit der Reflexe und die Unmöglichkeit eine Mitwirkung der *Maculae* auszuschliessen, es sei denn mit der Methode von *Witmaack* (1909) durch vorheriges Abzentrifugieren der Otolithmembranen. Allerdings ist die Abschleuderung der Otolithmembranen nur an kleineren Tieren zu bewerkstelligen, wo wieder die Reflexe nicht gut objektiv nachgeprüft werden können. — Auch kann eine Strömung in den nicht in die Ebene der Drehung fallenden Kanälen nur mittels Plombierung der übrigen Bogengänge (*Lorente de Nó* 1932) sicher ausgeschlossen werden.

b) Mit mechanisch hervorgerufenen Endolymphströmungen wurden zuerst von *Breuer* (1874) Reizungsversuche vorgenommen, etwas später und mit einer vervollkommneten Technik wurden ähnliche Versuche auch von *Högyes* (1880) ausgeführt. Erst *Ewald* (1892) vervollkommnete jedoch diese Rei-

zungsmethode durch Anwendung eines »pneumatischen Hammers« soweit, dass mit ihrer Hilfe grundlegende Erkenntnisse über die Funktion und die reflektorischen Wirkungen der einzelnen Bogengänge gewonnen werden konnten. Der Nachteil dieser Methode lag darin, dass die Reflexe nur subjektiver Beobachtung zugänglich waren. — Eine ähnliche Methode wurde von *Steinhausen* (1933) auf Fische ausgearbeitet, die den Vorteil bietet, dass die Cristae unmittelbar mikroskopisch beobachtet werden können. Leider lassen auch diese Versuche eher Schlüsse auf die Funktion der Cristae als auf ihre reflektorischen Zusammenhänge im einzelnen zu. Obwohl es hiefür keine sicheren Anhaltspunkte gibt, sprechen die Versuchsergebnisse dafür, dass mit künstlich hervorgerufenen Endolymphströmungen die Bogengangsrezeptoren isoliert gereizt werden können. Die adäquate Natur der Reize ist freilich fraglich.

c) Mit kalorischen Reizen wurden schon von *Högyes* Versuche unternommen, bewusst und systematisch wurde jedoch dieses Verfahren nur von *Bárány* (1907) ausgearbeitet. Für experimentelle Verhältnisse wurde diese Methode besonders von *Lorente de Nó* weiter ausgebaut. Sie hat den grossen Vorteil, dass sie am intakten Labyrinth grösserer Tiere gestattet einzelne Bogengänge isoliert, oder mehrere zugleich in jeder gewünschten Kombination bei jeder gewünschten Kopfstellung — was insbesondere für die Beurteilung einer etwaigen Mitwirkung der Maculae wichtig ist — mit Endolymphströmungen beider Richtung beliebig oft nacheinander zu reizen. Dies machte auch eine objektive Registrierung der Reflexe möglich. Ein Nachteil dieser Methoden liegt darin, dass ein direkter Einfluss der Temperatur auf die Nervenendigungen nicht auszuschliessen ist. Hierauf bezügliche neue Hinweise fanden sich auch neuerdings bei Versuchen von *Gernandt* (1949).

2. Zur Feststellung der Funktion der Maculae wenden die meisten Autoren indirekte Methoden an, mit dem Grundgedanken, dass die in verschiedenen Stellungen hervorgerufenen labyrinthären Wirkungen lediglich durch die Maculae hervorgerufen werden können. Eine andere Methode ist die operative Ausschaltung der Maculae beziehungsweise der Bogengänge. Nur ganz vereinzelt und nur bei Fischen finden sich Berichte über direkte Reizung der Maculae.

a) Die erste Erkenntnis und experimentelle Analyse der »tonischen Labyrinthreflexe« ist das Verdienst von *Högyes*, obwohl sie nicht von den Maculae hergeleitet wurden. Vorwiegend theoretische Erwägungen waren es, die *Breuer* (1891) zur Annahme führten, dass die Maculae die Lagerezeptoren des Labyrinthes seien. Sein Erklärungsversuch der Wirkungsweise der Maculae hat jedoch bis zum heutigen Tage nicht seine Bedeutung verloren. — Eine systematische experimentelle Analyse des Funktionsmechanismus der Maculae wurde zuerst durch *Magnus* und *de Kleyn* (1920) vorgenommen. Der Tonus der Muskeln wurde in den verschiedensten Kopfstellungen fest-

gestellt, und mit der jeweiligen genauen Lage der Maculae im Raume verglichen. Die aus diesen Untersuchungen abgeleitete Theorie über den Funktionsmechanismus der Maculae war lange und ist noch bis zum heutigen Tage im Schrifttum vorherrschend. Allerdings zeigte eine wesentlich weiter gehende Tonusanalyse der Augenmuskeln durch *Lorente de Nó*, dass so einfache Gesetzmässigkeiten, wie sie die Theorie von *Magnus* und *de Kleyn* fordert, den tonischen Labyrinthreflexen nicht zugrunde liegen. Auch die Ergebnisse direkter Versuche an den Maculae stimmen nicht mit den Forderungen der *Magnusschen* Theorie überein.

b) Zur experimentellen Ausschaltung der Maculae eignet sich besonders die von *Wittmaack* (1909) angegebene Abschleuderung der Otolithmembranen durch Zentrifugieren. Da jedoch diese Methode ohne ganz besondere Einrichtungen an grösseren Versuchstieren nicht auszuführen ist, steht eine mittels objektiver Beobachtungsmittel ausgeführte Analyse der Labyrinthreflexe solcher Tiere noch aus. — Im wesentlichen das gleiche erreichten die Versuche von *Loeb* (1891) und *Maxwell* (1919) durch Entfernung der Otolithen bei Fischen. Noch sicherer gelingt die Ausschaltung der Maculae mittels Durchschneidung der entsprechenden Nerven (*Tait* und *Mc Nally* 1925).

c) Nur ganz vereinzelt wurde der Versuch unternommen die Maculae unmittelbar mechanisch zu reizen. *Kubo* (1906), *Maxwell* (1920) und *Ulrich* (1935) erhielten an Fischen bei mechanischer Reizung der Utriculusmacula, einander wohl in vielem widersprechende, doch typische Labyrinthreflexe auf Augen- und Körpermuskeln.

Dieser kurze Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten einzelne Rezeptoren des Labyrinthes isoliert zu reizen, zeigt, dass jede der bisher angewendeten Methoden ihre Nachteile und Fehlerquellen hat. Trotzdem scheinen mechanische Reizungsmethoden die beste Gewähr dafür zu bieten, dass einzelne Rezeptoren in der Tat isoliert gereizt werden. Diese müssen freilich zur Kontrolle mit Ausschaltung und Nervendurchschneidung, beziehungsweise Exstirpationsexperimenten ergänzt werden, um eine störende Einmischung anderer Rezeptoren mit Sicherheit zu vermeiden.

Dies ist jedoch nur eine Seite des Problems. Die andere Seite ist die objektive Registrierung der Funktion der in den Reflexen teilnehmenden Muskeln. Die früheren Autoren begnügten sich meist mit subjektiver Beobachtung. Schon *Hőgyes* bediente sich objektiver Beobachtungsmittel, indem die Bewegungen der Augen auf eine *Marey'sche* Trommel und mittels dieser auf einen Kymographen übertragen wurden. Zum Teil beobachtete er auch die Verschiebung eines auf die Hornhaut geklebten Kreuzes gegenüber einem auf dem drehbaren Versuchstisch, auf dem der Kopf unbeweglich befestigt lag, angebrachten Kreuze. Diese Methode wurde später von *V. D. Hoeve* und *de Kleyn* (1917), sowie *Lorente de Nó* (1932) weiter ausgebaut und durch

die Photographie verfeinert. *Lorente de Nó* unterzog die Mechanik der Augenbewegungen einer sehr sorgfältigen Untersuchung, woraus hervorging, dass aus der Augenstellung, sei sie auch mit den genauesten Messmethoden festgestellt, keine sicheren Schlüsse darauf gezogen werden können, welche Muskeln eine Bewegung herbeiführen oder eine Stellung festhalten. Die gleiche Bewegung oder Augenstellung kann durch Kombinationen ganz verschiedener Muskeln hervorgerufen werden. Genaue Angaben können daher nur gewonnen werden, wenn das Auge entfernt und die Muskeln tunlichst von ihrer Umgebung freipraepariert und so mit geeigneten Registriervorrichtungen verbunden werden. In der Regel kann man sich auch nicht mit der Registrierung einzelner Muskeln, oder antagonistischer Muskelpaare begnügen. Beim Auge kann ein ganz klares Bild nur bei gleichzeitiger Aufnahme aller Augenmuskeln gewonnen werden. — Das gleiche muss sinngemäss auch auf andere Muskelgruppen übertragen werden. — Solch eine Versuchstechnik wurde für die Augen von *Topolansky* (1898) ausgearbeitet. Später wurde sie von *Bartels* (1911) und *Lorente de Nó* (1928—33) vervollkommenet.

\*

Dieser kurze Überblick über die zur Feststellung der Rolle der einzelnen Labyrinthrezeptoren bei den vestibulären Reflexen bisher angewendeten Methoden zeigt, dass eine Versuchsserie, die es sich zum Ziele setzt weitere Einsicht in die Verbindungen der einzelnen Labyrinthrezeptoren mit verschiedenen Muskelgruppen zu gewinnen, zwei methodischen Voraussetzungen genügen muss:

1. Es müssen die Labyrinthrezeptoren tatsächlich isoliert gereizt werden. Hierzu scheinen sich, wie aus dem Schrifttum hervorgeht, in einzelnen Bogen­gängen künstlich (mechanisch) hervorgerufene Endolymphströmungen, andererseits bei den Maculae direkte mechanische Reizungen der Nervenendigungen am besten zu eignen.

2. Es müssen tunlichst sämtliche in einen Reflex einbezogene Muskeln gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen, teils isotonisch, teils isometrisch registriert werden.

⌘ Diesen beiden Forderungen werden nur sehr wenige Untersuchungen gerecht, am weitgehendsten jene von *Lorente de Nó*. Unmittelbare künstliche Reizungen der Labyrinthrezeptoren wurden bisher fast ausschliesslich an niederen Tieren ausgeführt, deren Reflexe objektiv zu registrieren schwierig, und wegen der vom Menschen weitgehend abweichenden Anatomie ihrer Augen- und übrigen Körpermuskeln auch wenig versprechend ist. Jene Autoren hingegen, die die vestibulären Reflexe bei grösseren Säugern untersuchten, arbeiteten vorwiegend mit Reizungsmethoden, die eine ganz isolierte Reizung der Nervenendstellen nicht gewährleisten.

Wir müssen jedoch gleich am Anfang zugeben, dass wir den meisterhaft geplanten und ausgeführten die obigen, Forderungen — wenn auch nicht im einzelnen, so doch prinzipiell berücksichtigenden Untersuchungen von *Lorente de Nó* (1924—33), technisch nichts wesentlich neues entgegenstellen können. Trotzdem glauben wir mit unseren Untersuchungen wenigstens bezüglich des im Titel unserer Monographie umrissenen Problems wesentlich neues bringen zu können. Dies glauben wir zwei Umständen zu verdanken.

1. Es standen uns mit Hilfe der Achsenzylinder- und Synapsendegenerationsmethode gewonnene wesentliche neue Befunde über die secundären Vestibularisbahnen zur Verfügung. Die eigentümliche Natur dieser Verbindungen machte uns auf die Möglichkeit, ja höchste Wahrscheinlichkeit gewisser spezifischen anatomischen Korrelationen zwischen bestimmten Rezeptoren und bestimmten Muskeln aufmerksam. Diese Vorkenntnisse zeigten uns an, was unter Nebensächlichem und für die ersten Schritte zu Vernachlässigendem das Wesentliche ist. Später gelang es unsere Deduktionen zu beweisen.

2. Aus diesem ersten Umstande ergab sich für uns logisch die Folgerung bei diesen Untersuchungen den für den Arzt besonders wichtigen Nystagmus fürs erste weitgehend ausser Acht zu lassen, ja durch Narkose zu unterdrücken, insofern er nicht schon durch die von uns angewendete Reizungsmethode unterdrückt wurde.

Dieses unser Vorgehen benötigt — so glauben wir einer Rechtfertigung. Dass jede Nervenendstelle in jedem beliebigen Augenmuskel einen Nystagmus hervorrufen kann, ist durch die Untersuchungen von *Lorente de Nó* hinreichend dargetan, auch konnten wir uns hiervon bei unseren eigenen Experimenten vielfach überzeugen. Es ist demnach nicht daran zu zweifeln, dass die Erregung eines jeden Labyrinthrezeptors auf jeden beliebigen Muskel und wahrscheinlich auch auf fast alle andern Muskeln des Körpers übertragen werden kann. Nun ist aber auch ebenso wenig daran zu zweifeln, dass jede Nervenendstelle ihrer Lage im Raume d. h. ihrer Funktion entsprechende spezifische, direkte und vorherrschende Verbindungen mit dem Muskelsystem hat. Nun sind es gerade diese speziellen Verbindungen die wir suchen. Eigentümlicherweise wird, wie *Lorente de Nó* als erster richtig erkannte, bei labyrinthären Reizen ein Nystagmus nicht in jenen Muskeln hervorgerufen, die spezielle und unmittelbare Verbindungen mit der gereizten Endstelle haben, sondern oft gerade in solchen, die mit dem betreffenden Rezeptor nur mittelbar im Zusammenhang stehen. Um die spezifischen unmittelbaren Zusammenhänge der einzelnen Rezeptoren klarzulegen, ist es unumgänglich notwendig den Nystagmus weitgehend unberücksichtigt zu lassen.

Nystagmus tritt unter physiologischen Verhältnissen auf, wenn das Winkelmaß der Drehung über die beschränkten Kompensationsmöglichkeiten der Augenmuskeln hinausgeht. Da die normalen Kopfbewegungen des Menschen und der Tiere aus Wendungen von meiss geringer Winkelgrösse bestehen, ist auch der Nystagmus ein secundärer Mechanismus, der sich auf die primären vestibulären Reflexe aufлагert. Das uns hier interessierende Problem sind die in diesem Sinne »primären« Labyrinthreflexe.



Das Problem des Nystagmus kann lediglich durch die neuen neurophysiologischen Methoden angenähert werden, wie dies *Lorente de Nó* (1938, b./) gelang. Prinzipielles über diese Frage könnten wir auf Grund mit so verhältnismässig einfachen Mitteln ausgeführten Untersuchungen auch nicht aussagen.

Da es im wesentlichen neue anatomische Befunde sind, die die Grundlage vorliegender Untersuchungen bilden, geben wir über die mit dem Muskel-system in Verbindung gelangenden unmittelbaren vestibulären Reflexbögen einen zusammenfassenden Überblick.

### III. DIE ANATOMIE DER UNMITTELBAREN VESTIBULAREN REFLEXBOGEN

Für uns sind hierbei lediglich jene secundären Vestibularisbahnen von Interesse, die aus den vestibularen Endkernen entspringend unmittelbar, oder höchstens mittels einiger Schaltneuronen mit motorischen Neuronen in Verbindung gelangen. Höhere Reflexbögen, insbesondere auch über das Kleinhirn geleitete Verbindungen wurden bei diesen Untersuchungen ausser Acht gelassen, sodass es sich an dieser Stelle erübrigt auf ihre anatomischen Verhältnisse einzugehen.

Die wichtigste aus den vestibularen Endkernen entspringende secundäre vestibulare Leitungsbahn bildet einen wesentlichen Bestandteil des *Fasciculus longitudinalis medialis*. Mit Hilfe der Marchimethode wurde von einer ganzen Anzahl von Untersuchern der Versuch unternommen, das Längsbündel auf seine verschiedenen Bestandteile zu zerlegen. Wir müssen jedoch, um uns nicht in weitschweifigen Wiederholungen zu verlieren, bezüglich der Einzelheiten auf die Originalarbeiten von *Muskens* (1914—1935), *Rasmussen* (1932) und *Buchanan* (1937), sowie auf die einschlägigen Kapitel der Handbücher der Neurologie hinweisen. Es wurde insbesondere des öftern versucht den Verlauf der aus den verschiedenen vestibularen Endkernen entspringenden secundären Vestibularisbahnen gesondert zu verfolgen. Haben auch diese Untersuchungen sehr wertvolle Resultate ans Licht gebracht, so sind sie doch für unsere Fragestellung von recht beschränktem Werte. Insbesondere als die genaue Endigungsweise der mit den verschiedenen Labyrinthrezeptoren zusammenhängenden primären Vestibularisneuronen unbekannt ist, haben die Kenntnisse über den weiteren Verlauf der aus verschiedenen Endkernen entspringenden secundären Vestibularisbahnen keinen besonderen Wert für uns. Für unsere Fragestellung sind im Gegenteil solche Angaben von Wichtigkeit, die uns die Verbindungen des gesamten Vestibulariskernkomplexes mit den Muskelkernen anzeigen. Solche Angaben sind jedoch nicht mit Hilfe der Marchimethode, sondern nur mittels der Synapsendegenerationsmethode zu gewinnen. Aus diesem Grunde fassen wir hier kurz nur die wichtigsten über das hintere Längsbündel vorliegenden Kenntnisse zusammen.

Das hintere Längsbündel besteht aus folgenden grösseren Fasergruppen :