

NOBEL-VORTRAG,

gehalten am 11. September 1916 in Stockholm von

DR. ROBERT BÁRÁNY.

Hochgeehrte Versammlung! Meine Damen und Herren! — Es ist mir ein grosses Vergnügen, vor Ihnen den Nobel-Vortrag halten zu können. Ich soll Ihnen über meine Forschungsergebnisse berichten, welche das königlich Karolinische Institut — gestatten Sie, dass ich hiebei nochmals öffentlich meinen herzlichsten Dank hiefür ausspreche — mit dem Nobel-Preis belohnt hat. Naturgemäss kann ich dabei nur einen Bruchteil derselben darstellen und muss mich begnügen, Ihnen über die Geschichte jener Entdeckungen zu berichten, zu deren Verständnis Sie des geringsten Masses von Fachkenntnissen bedürfen. Denn sowie man sich in die Materie vertieft, werden die zum Verständnis des Folgenden notwendigen Voraussetzungen so vielfältige und komplizierte, dass es einem Laienpublikum wohl unmöglich sein dürfte, zu folgen, und als Laien muss ich nicht nur die zahlreichen Nichtärzte unter Ihnen, meine Damen und Herren, betrachten, sondern auch die Vertreter anderer Wissensgebiete der Medizin, deren Erscheinen in diesem Saale mir zur hohen Ehre gereicht. Eine geschichtliche Darstellung meiner Entdeckungen habe ich bereits zu wiederholten Malen gegeben. Ich muss daher die anwesenden Fachkollegen und die Preisrichter, die Mitglieder des königlich Karolinischen Institutes, die meine Arbeiten der höchsten wissenschaftlichen Auszeichnung für würdig befunden haben, um Nachsicht bitten, wenn ich ihnen nichts Neues und Interessantes sage. Es ist ja dies — wenn ich richtig verstanden habe — auch nicht der Zweck des Nobel-Vortrages, der vielmehr dazu dienen soll, dem Laien einen Einblick in die Gedankenwelt und die Gedankenarbeit des Forschers zu ermöglichen, gleichwie auch der edle Begründer des Preises ein Laie war. Hebung des allgemeinen Kultur-niveaus der Menschheit durch Förderung der wissenschaftlichen Arbeit lag Alfred Nobel am Herzen. Von

diesem Gesichtspunkte aus bitte ich Sie, verehrte Anwesende, meinen Vortrag zu betrachten.

Ich will Ihnen zunächst von der Entdeckung einer neuen Methode der Prüfung des Bogengangapparates berichten. Wie Sie wissen, besteht das innere Ohr nicht bloss des Menschen sondern aller Wirbeltiere aus der zum Hören dienenden Schnecke und dem Vorhofbogengangapparat. Die Anatomie des Vorhofbogengangapparates wurde gerade hier in Schweden durch Arbeiten von Gustaf Retzius ausserordentlich gefördert, dessen herrliches anatomisches Werk ich Ihnen hier zeigen kann. Sie sehen die mannigfaltigen Ausbildungen des Bogengangapparates bei den verschiedenen Wirbeltierklassen. Anatomische Präparate vom Bogengangapparat des Menschen kann ich Ihnen hier — dank der Güte des Vorstandes der Ohrenklinik, Professor G. Holmgren — herumreichen. Bis zum XIX. Jahrhundert war man sich über die Funktion der Bogengänge vollständig unklar. Der erste, der hierüber experimentelle Untersuchungen anstellte, war der berühmte französische Physiologe Flourens. Seine Untersuchungen wurden 1825 veröffentlicht. Flourens dachte, dadurch Einblick in die Funktion des Bogengangapparates zu gewinnen, dass er ihn zerstörte. In der Tat ergaben sich bei diesen Experimenten, die an Tauben, Kaninchen und anderen Tieren vorgenommen wurden, ganz konstante und äusserst merkwürdige, bis dahin unbekannte Störungen. Wurde z. B. einer Taube der horizontale Bogengang zerstört, so drehte sie sich beständig horizontal im Kreise. Betraf die Zerstörung einen vertikalen Bogengang, so schlug sie förmliche Purzelbäume. Flourens hat die Erscheinungen ausserordentlich genau beschrieben. Eine eigentliche Erklärung aber hat er nicht gegeben. Namentlich dachte er nicht im entferntesten daran, dass diese Tiere Schwindel haben. Denn die bekannten Erscheinungen des Schwindels am Menschen sind von dem Schwindel der Tiere zu sehr verschieden, als dass es für Flourens ohne weiteres möglich gewesen wäre, den Zusammenhang zu durchschauen. Dabei waren Flourens auch die Arbeiten eines anderen grossen Physiologen, des Wiener Forschers Purkinje, unbekannt, der sich gerade im selben Jahre mit den Schwindelerscheinungen beim Menschen beschäftigte. Purkinje hat seine Beobachtungen teilweise an sich selbst, teilweise an Geisteskranken angestellt, die nach der Behandlungsmethode der damaligen Zeit, wenn sie unruhig waren, in einem Käfig so lange gedreht wurden, bis sie offenbar unter dem Einflusse der auftretenden Übelkeiten wieder ruhig und gefügig wurden. Purkinje hat nun die unwillkürlichen Bewegungen der Augäpfel beim Schwindel, den Nystagmus der Augen, von dem wir noch mehrfach

sprechen werden, entdeckt. Er hat ferner den Einfluss der Kopfstellung auf die Schwindelerscheinungen nachgewiesen und den Beweis geliefert, dass der Schwindel im Kopf selbst entsteht. Er dachte dabei freilich, dass das Gehirn selbst direkt durch die Drehung gereizt werde. Ihm waren Flourens' Arbeiten bekannt. Merkwürdigerweise dachte aber auch er nicht daran, dass die Flourens'schen Tiere Schwindel haben, ebenso wenig wie daran, dass dort, wo bestimmte Empfindungen auftreten, ein bestimmtes Sinnesorgan zunächst da sein muss, das sie aufnimmt. Er war in der Erkenntnistheorie gleich anderen Forschern des XIX. Jahrhunderts noch nicht so weit vorgeschritten. Auch die so naheliegende Idee, einmal ein Tier beim Schwindel zu beobachten und ein Tier zu drehen, ist ihm trotz seiner zahlreichen Schwindelversuche am Menschen, und trotzdem er auch vielfach an Tieren experimentiert hat, nicht gekommen. Sie sehen, wie nahe man an der Wahrheit vorbeigehen kann.

Da nun diese beiden grossen Forscher des Rätsels Lösung nicht gefunden hatten, so ist es kein Wunder, dass auch von ihren Zeitgenossen dies niemandem gelungen ist. So stand die Wissenschaft nahezu 40 Jahre in diesem Punkte still. Erst im Jahre 1861 hat wiederum ein Franzose, Ménière, einen kühnen Schritt weiter getan.

Ménière ist einen ganz anderen Weg gegangen als seine Vorgänger. Er war Ohrenarzt und hatte rein klinisch das so häufige Zusammentreffen von Schwindel, Schwerhörigkeit und Ohrensausen bei normalem Mittelohr beobachtet. Nun war der Sitz des Gehörs in der Schnecke bekannt. Ihre Zerstörung oder Erkrankung verursachte das Sausen und die Schwerhörigkeit. Schwindel, glaubte man damals, könne nur durch Erkrankung des Kleinhirns hervorgerufen werden. Er beobachtete derartige Kranke aber jahrelang und sah keinerlei Symptome einer Gehirnkrankheit sich zeigen. Der mit der Schnecke in Verbindung stehende Bogengangapparat war für die damalige Zeit — von Flourens' Experimenten abgesehen — noch funktionslos. Was seine Erkrankung bewirkte, wusste man nicht. Ménière kam nun zur Idee, die Schwindelerscheinungen als Symptom der Erkrankung des Bogengangapparates aufzufassen, und nun gelang ihm, was Flourens und Purkinje nicht gelungen war, er sah durch die verwirrenden Verschiedenheiten des Schwindels beim Menschen und beim Tiere hindurch und erkannte, dass die von Flourens an den Bogengängen operierten Tiere Schwindel haben. Das war die hauptsächlichste geistige Grosstat dieses Mannes, der leider den Ruhm seiner Entdeckung nicht erlebte, da er noch im selben Jahre starb. Über die Bedeutung des Bogengangapparates im

normalen Leben hat sich Ménière nicht ausgesprochen. Der erste, der eine Theorie hierüber aufstellte, war ein deutscher Physiologe Goltz im Jahre 1870. Goltz dachte ungefähr folgendermassen: Wenn die Zerstörung des Bogengangapparates Schwindel und Gleichgewichtsstörungen hervorruft, so dürfte es die normale Funktion dieses Apparates sein, das Gleichgewicht zu erhalten. Und er legte sich nun eine Theorie zurecht, wie dies geschehen könnte. Ich will Sie mit dieser Theorie nicht bekannt machen, weil sie sich in der Folge als unrichtig herausgestellt hat. Sie sehen aber hier an einem Beispiel die Hauptbedeutung einer Arbeitshypothese: die Deutung der Tatsachen in bestimmter Weise regt andere Forscher zum Nachdenken an, die Unrichtigkeiten und Schwächen einer Theorie verursachen, dass andere Denker diese Probleme schärfer formulieren, und so kommt der wissenschaftliche Fortschritt zustande. In der Tat sehen wir das in der Geschichte der Medizin nicht so seltene Schauspiel, dass wenige Jahre später, 1874, gleichzeitig drei Männer die auch heute noch in grossen Zügen richtige Theorie des Bogengangapparates aufstellten. Es sind dies der heute noch lebende praktische Arzt Dr. Josef Breuer in Wien, der im vorigen Jahre verstorbene Wiener Physiker und Philosoph Ernst Mach und der Amerikaner Crum Brown in Philadelphia. Der Weg, auf welchem diese drei Männer zum selben Resultate gelangten, ist sehr verschieden. Breuer hat zunächst die Experimente Flourens' an Tauben in verfeinerter Weise wiederholt und kam hiebei direkt zur Überzeugung, dass Bewegungen der die Bogengänge erfüllenden Flüssigkeit, der Endolympe, die Flourens'schen Erscheinungen hervorrufen können. Er war ferner der erste, welcher Tiere drehte und den Nachweis führte, dass die Erscheinungen, die Flourens durch Zerstörung der Bogengänge hervorgerufen hatte, in gleicher, aber für das Tier unschädlicher Weise und rasch vorübergehend durch Drehung des Tieres hervorgebracht werden können, dass sie der Ausdruck des Drehschwindels sind. Er hat ferner nachgewiesen, dass, wenn die Bogengangapparate beider Seiten zerstört sind, diese Erscheinungen durch Drehung nicht mehr hervorrufbar sind. Er hat mit diesem Experiment den Weg der Funktionsprüfung des Bogengangapparates als erster in zielbewusster Weise beschritten. Auf Grund seiner Experimente und auf Grund physikalischer und anatomischer Überlegungen kam er zur Auffassung, dass der Bogengangapparat ein Sinnesorgan zur Wahrnehmung von Drehbewegungen darstelle, dass die Erscheinungen des Drehschwindels auf abnorm heftiger Reizung dieses Sinnesorgans beruhen. Mach ist in ganz anderer Weise zu Werke gegangen. Er hat zuerst rein mathema-

tisch die Bewegungsgleichungen für Drehbewegungen aufgestellt, sodann hat er Untersuchungen am Menschen angestellt, ob sich irgend ein Sinnesorgan nachweisen liess, welches die Drehbewegungen wahrzunehmen imstande wäre. Denn als philosophisch geschulter Denker konnte er nicht in den Irrtum Purkinje's verfallen, dass das Gehirn selbst direkt seine Zerrung infolge der Drehung wahrnehme. Bei seinen Überlegungen konnte er nun nach und nach alle anderen Sinne als an dem Zustandekommen der Drehempfindung nicht schuldig nachweisen. Es blieb nur der Bogengangapparat übrig, und nun zeigte er, wie dieser vermöge seines Baues auch vollständig geeignet sei, diese Aufgabe der Wahrnehmung von Drehbewegungen zu erfüllen. Wiederum auf anderem Wege löste Crum Brown seine Aufgabe. Er untersuchte ein grössere Zahl von Menschen in bezug auf ihre Drehempfindungen, und ohne lange Überlegungen kam er geraden Weges zur Annahme, dass der Bogengangapparat das Sinnesorgan sein muss, welches diese ganz spezifischen Empfindungen wahrzunehmen imstande sei.

Dies sind die Begründer der Lehre vom Bogengangapparat. Aus der grossen Zahl der nachfolgenden Forscher kann ich nur einige wenige nennen, die durch besondere Leistungen hervorragen. Es sind dies unter den Physiologen der Ungar Högyes und der Schüler von Goltz Ewald, unter den Klinikern der Berliner Otologe Jansen. Högyes hat zunächst die Flourens'schen und Breuer'schen Experimente nachgeprüft und modifiziert. Er hat es sich sodann zur Aufgabe gesetzt, den Ort für den zentralen Mechanismus der durch Bewegungen der Endolympe hervorgerufenen Augenbewegungen, des schon erwähnten Nystagmus, klarzustellen, und hat seine Aufgabe für das Kaninchen gelöst. Er konnte den Nachweis führen, dass der Mechanismus des Nystagmus in den Hirnteilen zwischen dem Eintritt des Gehörnerven in das verlängerte Mark und den Vierhügeln sich abspiele, dass eine Entfernung anderer Hirnteile den Ablauf dieses Reflexes nicht wesentlich zu beeinflussen vermöge. Högyes hat ferner die beste Beschreibung der Erscheinungen bei einseitiger und doppelseitiger Zerstörung des Bogengangapparates am Tiere geliefert, insbesondere auch den Nachweis, dass die Erscheinungen unmittelbar nach der Verletzung am stürmischsten sind, um dann allmählich zu erlöschen, dass ferner die stürmischen Erscheinungen, die durch Zerstörung der einen Seite hervorgerufen werden können, durch nachfolgende Zerstörung der anderen Seite auf ein Minimum herabgesetzt werden können, dass also die Bogengangapparate der beiden Seiten einander beeinflussen, in der Erregung einander die Wage halten. Ewald ist

es, der die genauesten Tierexperimente am Bogengangapparat ausgeführt hat. Er hat ganz bestimmt gerichtete Kopf- und Augenbewegungen des Tieres mit bestimmt gerichteten Endolymphbewegungen in den Bogengängen in unzweifelhafter Weise in Verbindung gebracht. Er war es ferner, der den ausserordentlich deutlichen und mächtigen Einfluss der Erregung des Bogengangapparates auf die gesamte Körpermuskulatur nachwies und damit zur rein psychologischen Theorie des Bogengangapparates ein wichtiges neues Glied, die tonische, reflektorische Beeinflussung der Körpermuskulatur, hinzufügte. Unter den Klinikern der Zeitperiode nach Breuer und Mach ist in erster Linie Jansen zu nennen. Jansen hat als erster auf die hohe Bedeutung des Augennystagmus als Symptom für die Erkrankung des Bogengangapparates hingewiesen. Er hat eine recht gute Beschreibung des Symptomablaufes bei Zerstörung des Bogengangapparates beim Menschen gegeben, freilich ohne sich bewusst zu sein, dass er die Zerstörung des Bogengangapparates beschreibt. Er glaubte nur eine besondere Erkrankungsform zu beschreiben. Jansen hat ferner die grosse Häufigkeit der Bogengangerkrankungen bei den Mittelohreiterungen klinisch nachgewiesen und als erster auch durch Operation am Menschen den eitrig erkrankten Bogengangapparat entfernt. Trotz der Pionierarbeit aller dieser Männer aber war das ganze Gebiet der Bogengangerkrankungen beim Menschen in tiefes Dunkel getaucht. Es war unmöglich, alle die beobachteten Erscheinungen zu verstehen, denn es fehlte eine wirkliche Funktionsprüfung des Bogengangapparates, wie sie für andere Sinnesorgane schon lange durchgeführt war. Dies ist ja begreiflich, denn bei den anderen Sinnesorganen lag die Funktionsprüfung auf der Hand. Man brauchte bloss die verschiedenen Reize systematisch zu ordnen und sie dann unter Ausschaltung des einen der ja allenthalben paarig vorkommenden Sinnesorgane dem zu prüfenden Organ vorzuführen. So war es beim Auge, beim Gehörorgan, bei der Nase, beim Geschmack, bei der Hautsensibilität. Beim Bogengangapparat aber war eine Methode der einseitigen Prüfung nicht möglich. Die von Breuer zuerst angewendete Drehung erregte beide Seiten gleichzeitig und war daher in der Klinik, wo es hauptsächlich auf Prüfung einer Seite ankam, nicht brauchbar. Die von Purkinje zuerst entdeckte, von Hitzig und anderen genauer studierte galvanische Reaktion des Bogengangapparates lieferte und liefert auch heute noch keine klinisch brauchbaren Resultate. In dieses Dunkel hat erst die von mir entdeckte kalorische Reaktion Licht gebracht. Erst nachdem sie entdeckt war, konnte eine methodische Funktionsprüfung des Bogengangapparates geschaffen

werden. Gestatten Sie, dass ich Ihnen nun die Geschichte der Entdeckung der kalorischen Reaktion erzähle.

Ich war als junger Ohrenarzt an der Klinik des Hofrat Professor Politzer in Wien tätig. Unter meinen Patienten befanden sich viele, bei denen ich eine Ausspülung des Ohres vornehmen musste. Eine Anzahl dieser Patienten klagte nach dem Ausspülen über Schwindel. Es lag nahe für mich, ihre Augen anzusehen, und da bemerkte ich einen Augennystagmus von bestimmter Richtung. Ich notierte mir die Beobachtung. Nach einiger Zeit, als ich zirka 20 Beobachtungen gesammelt hatte, verglich ich sie untereinander und war überrascht, überall dieselbe Beobachtung verzeichnet zu finden. Da erkannte ich, dass diesen Beobachtungen ein allgemeines Gesetz zugrunde liegen muss. Doch wusste ich noch nicht, welches der Grund der Gesetzmässigkeit sei. Ein Zufall kam mir zu Hilfe. Einer der Patienten, den ich ausspritzte, erklärte mir: »Herr Dr., ich werde nur dann schwindlig, wenn das Wasser nicht warm genug ist. Wenn ich mich zu Hause ausspüle und genug warmes Wasser benütze, werde ich nicht schwindlig.« Darauf rief ich die Wärterin und gab ihr den Auftrag, mir zur Ausspülung wärmeres Wasser zu reichen. Sie erklärte, das Wasser sei warm genug. Ich erwiderte, wenn der Patient es als zu kalt empfindet, müssen wir uns nach dem Patienten richten. Das nächste Mal gab sie nun sehr heisses Wasser in den Ballon. Als ich den Patienten ausspülte, rief er aus: »Aber Herr Dr., das Wasser ist viel zu heiss, jetzt werde ich wieder schwindlig.« Rasch beobachtete ich die Augen des Patienten und bemerkte, dass jetzt der Augennystagmus genau umgekehrt gerichtet war, als früher, nämlich bei Ausspülung mit zu kaltem Wasser. Da wurde es mir blitzartig klar, dass natürlich die Temperatur des Wassers am Nystagmus schuld sei. Ich zog sofort daraus einige Schlüsse. Wenn die Temperatur daran schuld ist, dann muss in der Tat Wasser von genau Körpertemperatur keinen Nystagmus und keinen Schwindel geben. Das Experiment bestätigte diesen Schluss. Ferner sagte ich, wenn es die Temperatur des Wassers ist, dann muss sich auch beim Normalen und nicht bloss bei Leuten mit Ohreiterungen Nystagmus durch Ausspülung hervorrufen lassen. Auch diese Schlussfolgerung traf zu.

Auf Grund meiner bisherigen Studien war es mir nicht eine Sekunde zweifelhaft, dass es sich bei diesem Nystagmus um einen von den Bogengängen ausgelösten Reflex handeln muss. Daher war auch die weitere Schlussfolgerung sehr naheliegend, dass bei Zerstörung der Bogengänge dieser Reflex ausbleiben muss. Ich suchte nun unter dem reichen Material

der Wiener Ohrenklinik nach einem derartigen Fall. In Kürze hatte ich einen Fall mit schwerer Mittelohreiterung gefunden, der auch bei lange fortgesetzter ganz kalter Spülung keine Nystagmusreaktion ergab. Ich stellte die Diagnose auf Zerstörung des Labyrinthes (resp. Bogengangapparates); die Operation ergab in der Tat den erwarteten Befund. Damit war die Bedeutung der neuen Reaktion für die Diagnose der Erkrankungen des inneren Ohres klar geworden. Noch musste eine Reihe von Fällen die Bestätigung der Richtigkeit bringen. Dies geschah. Danach ging ich nun daran, einerseits die Prüfungsmethode des Bogengangapparates auf ihren klinischen Wert an der Hand der kalorischen Reaktion als Kontrolle zu studieren, andererseits musste jetzt eine Klinik der Erkrankung des Bogengangapparates geschaffen werden. Daran haben nun viele Forscher bereits mitgearbeitet, unter denen ich neben der Wiener Schule auch den Stockholmer Professor für Ohrenheilkunde Gunnar Holmgren an hervorragender Stelle nennen darf. Ich hatte bereits die Bedeutung der kalorischen Reaktion erkannt, und noch wusste ich mir sie nicht zu erklären. Vergeblich dachte ich darüber nach. Da kam mir eines Tages ein Einfall. Ich erinnerte mich an den Badeofen und an mein Erstaunen als Kind, als ich knapp über dem Feuer das Wasser ganz kalt fand, ganz in der Höhe aber der Ofen so heiss war, dass man sich die Finger verbrannte. Das Labyrinth stellte mir jetzt den Badeofen dar, d. h. ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäss. Die Temperatur dieser Flüssigkeit beträgt natürlich 37° C. — die Körpertemperatur. Die eine Wand des Gefässes spritze ich kalt an. Was muss geschehen? Es muss natürlich das Wasser, das dieser Wand anliegt, abgekühlt werden; dadurch erhält es ein höheres spezifisches Gewicht als das Wasser der Umgebung und sinkt innerhalb des Gefässes zu Boden. Anderes, noch körperwarmes Wasser nimmt seine Stelle ein. Spritze ich dagegen das Ohr mit heissem Wasser aus, so muss die Bewegung genau umgekehrt sein. Die Bewegung der Flüssigkeit aber muss sich verändern, wenn ich die Stellung des Gefässes verändere. Und sie muss sich genau in ihr Gegenteil verwandeln, wenn ich das Gefäss um 180° umkehre. Sofort stellte sich mir der Versuch dar, der als Experimentum crucis für diese Theorie erscheinen musste. Wenn es gelingt, an zwei Kopfstellungen, die um 180° gegeneinander verschieden sind, genau entgegengesetzt gerichtete Nystagmen durch Ausspülung, sei es mit kalter, sei es mit heisser Flüssigkeit, zu erzeugen, so muss diese Theorie die richtige sein. Ich ging nun auf die Klinik und stellte das Experiment an. In der Tat zeigte sich das erwartete Resultat mit voller Deutlichkeit. Zwei Stellungen des Kopfes,

die 180° miteinander einschliessen, geben genau entgegengesetzten Nystagmus. Damit war nun auch die Theorie der Reaktion gefunden, und sie schloss sich vollkommen der Theorie Breuer's und Mach's an, die ja auch in Bewegungen der Endolympe, der in den Bogengängen enthaltenen Flüssigkeit, die Ursache der Reizung des Bogengangapparates erkannt hatten.

Ich möchte nun hier nicht weiter gehen und dagegen noch Einiges über meine Entdeckungen der Lokalisation im Kleinhirn mitteilen. Durch die Untersuchungen Ramon y Cajal's, des ebenfalls mit dem Nobelpreis gekrönten spanischen Histologen, ist es bekannt, dass jede Faser des Nervus vestibularis, d. h. des Bogengangnerven, bei seinem Eintritt in das Gehirn mehrere Zweige abgibt. Ein Zweig begibt sich zu einer Zellgruppe, die in direkter Verbindung mit den Ganglienzellen der Augenmuskelkerne steht, und auf diesem Wege verstehen wir, dass durch Reizung des Bogengangapparates Nystagmus der Augen zustande kommt. Ein Ast aber tritt in das Kleinhirn ein und gibt hier eine Reihe von Zweigen zu den beiden Seitenteilen des Kleinhirns, den sogenannten Kleinhirnhemisphären, und zum Mittelteil des Kleinhirns, dem Wurm, ab. Ramon y Cajal hat diese Untersuchungen freilich nur an Embryonen ganz kleiner Tiere gemacht. Bei grösseren Tieren und speziell beim Menschen lassen sich die von ihm benützten Untersuchungsmethoden nicht anwenden. Per analogiam aber durfte ich schliessen, dass auch beim Menschen eine Verbindung des Bogengangnerven mit dem Kleinhirn bestehen muss. Unter den Erscheinungen, die beim Schwindel eintreten, hatte ich bisher nur die Drehempfindung und den Augennystagmus erwähnt. Ihnen allen sind aber noch andere Erscheinungen bekannt, insbesondere die Einwirkung auf die Rumpfmuskulatur, die sich in Gleichgewichtsstörungen äussert. Ich kann Ihnen hier nicht alle Gründe angeben, die mich veranlassten, anzunehmen, dass diese Beeinflussung der Muskulatur des gesamten Körpers von den Bogengängen ihren Weg über das Kleinhirn nimmt. Sehr wichtige Fingerzeige aber wurden mir durch das Buch des holländischen Anatomen Louis Bolk über das Kleinhirn der Säugetiere gegeben, das 1906 erschienen ist. Bolk sagt in diesem Buche ungefähr Folgendes. Durch die Bemühungen der Physiologen ist es nachgewiesen, dass das Kleinhirn irgendetwas mit der Innervation der Muskulatur zu tun habe. Wenn man nun die Wirbeltiere betrachtet, so findet man die Muskulatur des Körpers bei verschiedenen Klassen sehr verschieden ausgebildet. Zum Beispiel besitzt die Giraffe einen enorm langen und sehr beweglichen Hals, der Maulwurf einen sehr kurzen

und ganz unbeweglichen Hals. Es ist doch klar, meint Bolk, dass die Hirnteile, welche die Muskeln des Halses versorgen, bei diesen Tieren verschieden entwickelt sein müssen. Nun sieht er sich das Kleinhirn dieser beiden Tierarten an. Da bemerkt er die ausserordentlich auffallende Ausbildung eines bestimmten Teiles bei der Giraffe, das fast vollständige Fehlen des homologen Teiles beim Maulwurf. Daraus schliesst nun Bolk, dass dieser Teil mit der Innervation der Halsmuskulatur zu tun hat. In analoger Weise schliessend, kommt Bolk zu ganz bestimmten Lokalisationen für alle Teile des Kleinhirns und insbesondere zu der für uns wichtigen Feststellung, dass die Muskulatur der oberen und unteren Extremitäten in den Seitenteilen des Kleinhirns vertreten sein muss, die Muskulatur des Rumpfes in den Mittelteilen desselben. Die Prüfung des Einflusses des Bogengangapparates auf die Muskulatur des Rumpfes ist sehr einfach. Man lässt den Patienten stehen oder gehen und beobachtet die Gleichgewichtsstörungen, das Abweichen von der geraden Linie, bei der Reizung des Bogengangapparates z. B. durch kaltes Wasser. Auch die Wirkung des Reizes auf die Extremitäten, z. B. die oberen Extremitäten, lässt sich sehr leicht demonstrieren. Man fordert die Versuchsperson auf, den Arm gradeaus zu strecken und ruhig zu halten. Ohne vorherige Reizung des Bogengangapparates gelingt dies ohne Schwierigkeit. Wird aber das Ohr, z. B. das rechte, kalt ausgespritzt, so weicht nun der Arm der Versuchsperson, ohne dass sie es weiss, langsam nach rechts ab. Es lässt sich leicht zeigen, dass dieses Abweichen auch die linke obere Extremität und ebenso beide Beine betrifft. Für den direkten Einfluss auf die Muskulatur ist dieser Versuch am überzeugendsten. Gewöhnlich wende ich jedoch den sogenannten Zeigever such an. Er besteht darin, dass die Versuchsperson mit ihrem Zeigefinger bei geschlossenen Augen den Finger des Arztes berührt, dann den stets ausgestreckt gehaltenen Arm auf das Knie hinunter senkt und sodann wieder zum Finger des Arztes erhebt. Der Normale trifft dies nach ganz kurzer Übung anstandslos. Erzeugt man jetzt wiederum eine Reizung des Bogengangapparates, z. B. des rechten Ohres durch kaltes Wasser, so trifft der Normale jetzt den Finger des Arztes nicht, sondern zeigt nach rechts vorbei. Die Richtung des Vorbeizeigens ist je nach der Richtung des Nystagmus verschieden und immer umgekehrt gerichtet wie der Nystagmus. Erzeugt man z. B. einen Nystagmus nach links, so wird nach rechts vorbeigezeigt, ist der Nystagmus nach rechts gerichtet, so tritt Vorbeizeigen nach links auf. Schlägt der Nystagmus nach unten, so beobachtet man Vorbeizeigen nach oben. Beim Nystagmus nach aufwärts dagegen

Vorbeizeigen nach unten. Immer betreffen die Reaktionen sämtliche vier Extremitäten überhaupt die gesamte Körpermuskulatur.

Es ist mir nun gelungen, nachzuweisen, dass es im Kleinhirn eine Lokalisation nach Bewegungsrichtungen gibt. Denn ich fand Fälle auf, bei welchen lediglich die Reaktion in einer Richtung in den Extremitäten der einen Seite fehlte (und zwar auf der Seite der erkrankten Kleinhirnhemisphäre), während die Reaktionen in den Extremitäten der anderen, gesunden Seite und alle übrigen Reaktionen in den Extremitäten der kranken Seite in normaler Weise auslösbar waren. Es musste also innerhalb der Kleinhirnhemisphäre eine derartige Anordnung gegeben sein, dass diejenigen Nervenzellen und Nervenfasern dicht beisammen liegen, die mit der Reaktion in einer bestimmten Richtung zu tun haben. Durch genaue Untersuchungen liess sich aber weiters noch zeigen, dass innerhalb eines derartigen Zentrums eine Lokalisation nach Gelenken stattfindet. Denn ich fand Fälle, bei welchen das Vorbeizeigen lediglich in einem bestimmten Gelenk einer Extremität auftrat, während alle übrigen Reaktionen normal auslösbar waren. Zum Beispiel, es betraf das Fehlen der Zeigereaktion nur das Schultergelenk des rechten Arms nach links, während das Ellbogengelenk des rechten Arms, das rechte Handgelenk, das Hüftgelenk des rechten Beins und sämtliche Gelenke der linken Seite eine normale Reaktion nach links während eines Nystagmus nach rechts zeigten.

Die Untersuchung ergab ferner, dass es zahlreiche Fälle gibt, die schon *spontan, d. h. ohne Reizung des Bogengangapparates*, vorbeizeigen. Nehmen wir z. B. an, es zeigt jemand im rechten Schultergelenk spontan nach rechts vorbei. Prüfte ich in einem derartigen Falle die Reaktionen, indem ich einen Nystagmus nach rechts hervorrief, so trat jetzt im rechten Schultergelenk kein Vorbeizeigen nach links auf, sondern es wurde hier richtig gezeigt, während die anderen Extremitäten und Gelenke das typische Vorbeizeigen nach links ergaben. Durch derartige gehäufte Erfahrungen kam ich zu einer ganz bestimmten Auffassung von der Wirkungsweise des Kleinhirns. Ich nahm an, dass es im Kleinhirn vier Zentren gebe, in welchen die Muskulatur zunächst nach Richtungen, innerhalb dieser Zentren nach Gelenken geordnet sei, u. zw. ein Zentrum nach rechts, eines nach links, eines nach oben und eines nach unten. Diese vier Zentren geben, solange keine Reizung des Bogengangapparates besteht, beim Normalen bei den Bewegungen der Extremitäten der Muskulatur eine gewisse Spannung, Tonus genannt. Je zwei dieser Zentren wirken wie zwei Zügel, zwischen denen sich der Arm z. B. bewegt. Sind beide Zügel gleich straff gespannt, so bewegt sich der Arm

ohne Fehler nach jedem gewollten Punkte hin. Ich kann aber nun einen Zügel stärker anziehen als den anderen. Dies geschieht, wenn ich den Bogengangapparat reize. Erzeuge ich einen Nystagmus nach links, so kommt dies einer Anspannung des rechten Zügels gleich, dadurch weicht jetzt der Arm nach rechts ab. Ein Abweichen des rechten Armes nach rechts kann ich aber auch dadurch bewirken, dass ich den linken Zügel durchschneide, denn nun wird die gewisse Spannung des rechten Zügels, die auch ohne Reizung des Bogengangapparates bestand, zur Geltung kommen und schon spontan, d. h. ohne Reizung des Bogengangapparates, den rechten Arm nach rechts ziehen. Versuche ich aber jetzt, den linken Zügel zu spannen, so gelingt das natürlich nicht, er ist ja durchschnitten, ich kann höchstens den rechten Zügel ebenfalls vollkommen entspannen, und dann wird der Arm wiederum richtig zeigen.

Übersetzen wir nun diesen Vergleich in die Sprache der Medizin. Erkrankung eines bestimmten Zentrums, z. B. des Zentrums für den Tonus des rechten Armes nach links, bewirkt, dass der rechte Arm schon spontan ohne Reizung des Bogengangapparates nach rechts abweicht: es besteht spontanes Vorbeizeigen nach rechts. Erzeuge ich einen Nystagmus nach rechts, d. h. versuche ich das Zentrum für den Tonus des rechten Armes nach links zu reizen, so geht das nicht, denn dieses Zentrum ist krank, funktioniert nicht. Es gelingt mir höchstens, das Zentrum für den Tonus des rechten Armes nach rechts vollkommen zu hemmen und Richtigzeigen zu erwirken. Dies ist die Hauptauffassung in bezug auf die Physiologie und Pathologie des Kleinhirns, zu der ich mich bekenne. Sie trägt dabei auch zahlreichen Erfahrungen Rechnung, die ich hier nicht erwähnen kann.

Am Schlusse möchte ich noch ein Experiment erwähnen, das ich als erster am Menschen angewendet habe, und das mir berufen erscheint, für die Lokalisationslehre des Gehirns noch bedeutsame Resultate zu geben; es ist ein Experiment, das der Physiologe Trendelenburg zuerst am Affen ausgeführt hat. Trendelenburg legte die harte Hirnhaut über der rechten Grosshirnhemisphäre des Affen frei und zwar an der Stelle, an welcher sich erfahrungsgemäss das Zentrum für die Bewegung der linken Hand befindet. Die Lokalisation der Muskulatur im Grosshirn ist ja dank den Arbeiten zahlreicher Forscher schon sehr genau bekannt. Über dieser Stelle nun befestigte Trendelenburg eine Kapsel, durch welche er Eiswasser fliessen lassen konnte. Dann wurde das Tier in den Käfig gebracht, wo es sich bald von der Narkose erholte und nun sich im Käfig herumbewegte, frass etc. Trendelenburg aber liess nun, ausserhalb des Käfigs stehend,

ganz plötzlich Eiswasser durch die Kapsel fließen. Sofort fiel der linke Arm des Affen gelähmt herab, ohne dass das Tier aber dies bemerkte. Es fuhr ruhig fort, seine Rüben zu fressen oder im Käfig herumzuklettern, nur benützte es jetzt statt der vier Extremitäten lediglich drei, denn der linke Arm war gelähmt. Diese Lähmung dauerte so lange, als die Abkühlung der Hirnrinde durch das fließende Eiswasser dauerte. Ersetzte Trendelenburg den Eiswasserstrom durch körperwarmes Wasser, so wurde der linke Arm sofort wieder gebrauchsfähig. Das Tier benützte ihn sofort wieder zum Klettern, beim Fressen etc., so als ob er wenige Sekunden vorher gar nicht gelähmt gewesen wäre. Trendelenburg konnte dieses Experiment viele Male hintereinander wiederholen, ohne dass sich die geringste Schädigung zeigte, es blieb keine Lähmung zurück. Ich wurde auf dieses gewiss sehr interessante und wichtige Experiment von Professor Kolmer hingewiesen und beschloss alsbald, dasselbe am Menschen anzuwenden. Zufälligerweise stand mir ein Patient mit geheiltem Kleinhirnabszess zur Verfügung, dem ich durch Operation das Leben gerettet hatte. Bei ihm lag die harte Hirnhaut des Kleinhirns unmittelbar unter der Haut frei, und ich dachte mir nun, ich werde versuchen, diese Hautstelle abzukühlen, um dadurch das darunter liegende Kleinhirn temporär zu lähmen. Nach den Erfahrungen am Affen war anzunehmen, dass eine Schädigung des Patienten dadurch nicht eintreten könne. Die Abkühlung der Haut, dachte ich mir, mag ja nicht sehr angenehm sein, aber eine kleine Unannehmlichkeit durfte ich gerade diesem Patienten, der mir sein Leben verdankte, schon zumuten, galt es doch, eine wissenschaftliche Tat zu vollbringen, die für die gesamte Menschheit von Wichtigkeit sein müsste. Mit diesem Experimente sollte ja zweierlei erwiesen werden: 1.) die Lokalisation in der Rinde des Kleinhirns; 2.) die Brauchbarkeit der Abkühlungsmethode zur Erforschung der Funktion des Gehirns am lebenden Menschen. Das Experiment hat nun meine Erwartungen in vollem Umfange erfüllt. Ich nahm die Abkühlung der Haut mit Äthylchlorid vor, jener in der Chirurgie oft gebrauchten Flüssigkeit, die dazu dient, Hautpartien durch Gefrieren gefühllos zu machen, wenn man kleine Operationen an diesen vorzunehmen beabsichtigt. Ich gefror also die Haut über dem rechten Kleinhirn, und der Effekt der Abkühlung zeigte sich sofort. Der rechte Arm wich sofort nach rechts ab, und es fehlte während der Abkühlung die Zeigereaktion nach links, wenn ich einen Nystagmus nach rechts hervorrief. Ich hatte also gerade das Zentrum für den Tonus des rechten Schultergelenkes nach links getroffen. Seine momentane Lähmung gab sich im Vorbeizeigen des rechten Armes

im Schultergelenk nach rechts und im Fehlen der Zeigereaktion nach links kund. Nachdem ich dies konstatiert hatte und natürlich auch das normale Zeigen und die normalen Reaktionen sämtlicher anderer Extremitäten und Gelenke, setzte ich die Abkühlung aus. Zwei Minuten später zeigte der rechte Arm normal, und die Reaktion nach links war wieder auslösbar. Der Patient hatte keinerlei Beschwerden von diesem Experiment. Ich habe es an diesem Patienten zirka 12-mal wiederholt, immer mit dem gleichen Erfolg. Das Experiment ist ferner an einem Patienten der Klinik Professor Voss in Frankfurt gelungen, an dem es von dem damaligen Assistenten der Frankfurter Ohrenklinik Dr. Hirsch noch wiederholt mit demselben Erfolge ausgeführt wurde. Es gelang mir ferner an einem Patienten der Klinik Passow in Berlin in Gegenwart der Herren Professor Dr. Beyer und Professor Dr. Lewandowsky. Bei meinem jetzigen Aufenthalte in Dänemark teilte mir Professor Dr. Schmiegelow mit, dass es auch dort an einem seiner Patienten wiederholt gelungen sei. Demnach kann man wohl mit Sicherheit davon sprechen, dass 1.) die Lokalisation an dieser Stelle richtig ist, und dass 2.) das Experiment ohne jeden Schaden für den Patienten auch in Größerem Masstabe angewendet werden kann. Gerade in dem gegenwärtigen Kriege und nach demselben wird es zahlreiche Fälle geben, bei welchen dieses Experiment anwendbar wäre, denn zahllos sind die Fälle von Kopfverletzungen, bei welchen jetzt, nach Heilung der Kopfwunde, die harte Hirnhaut, nur von dünner Haut bedeckt, frei liegt. Im Interesse der gesamten Menschheit wären derartige Verwundete, wie ich überzeugt bin, gerne bereit, sich zu einem ganz ungefährlichen und schmerzlosen Experiment herzugeben.
