

SCHRIFTEN
DER HESSISCHEN HOCHSCHULEN
UNIVERSITÄT GIESSEN
Jahrgang 1926 Heft 1

Neueres über die Zentralisation der
Funktionen im höheren Organismus

Akademische Rede
zur Jahresfeier der Hessischen Ludwigs-Universität
am 1. Juli 1926

gehalten von dem derzeitigen Rektor
Dr. med. et sc. nat. Karl Bürker
o. ö. Professor der Physiologie



1926
VERLAG VON ALFRED TÖPELMANN IN GIESSEN

Hochansehnliche Festversammlung!
Sehr verehrte Herren Kollegen!
Liebe Kommilitonen!

Wiederum neigt sich ein akademisches Jahr dem Ende zu, es ist das 319. seit Gründung der Landesuniversität, und wir gedenken dabei des Gründers und des letzten Rector magnificentissimus in Dankbarkeit und Treue. Es gilt nun Rückschau zu halten auf das, was das vergangene Jahr der Universität gebracht hat, aber auch Mittel und Wege für eine gedeihliche Weiterentwicklung in der Zukunft zu bezeichnen.

Das Fundament, auf dem die deutschen Universitäten gegründet sind, hat sich im vergangenen wie auch in den vorhergehenden Jahren als festgefügt erwiesen, die politischen Stürme haben es nicht zu erschüttern vermocht, und es ist dies auch verständlich, denn Wissenschaft, das den Universitäten anvertraute heilige Gut, hat nichts mit der Politik des Tages zu tun, Wissenschaft ist auch mehr als Priestertum und Königswürde, wie schon im Talmud steht, ihr Endzweck ist nach G. E. Lessing die Wahrheit. Auch der neue Staat hat sich der Macht dieser Tatsachen nicht entziehen können und hat den Universitäten in der Hauptsache gelassen, was den Universitäten war, die Selbstverwaltung. Ihrer bedarf aber auch die Landesuniversität, wenn sie in edlem Wettstreit mit den Schwesternuniversitäten die weltlichen und göttlichen Dinge zu erforschen, wissenschaftlichen Geist in weite Schichten des Volkes zu verbreiten und damit die menschlichen Verhältnisse zu bessern sucht.

Regierung und Volksvertretung haben auch in dem zu Ende gehenden akademischen Jahr trotz schwerer finanzieller Bedrängnis des Landes viel getan, um die Landesuniversität mit dem nötigen wissenschaftlichen Rüstzeug für ihre Aufgaben zu ver-

sehen, das muß dankbar anerkannt werden. Der Gesamtsenat hat es aber doch für seine Pflicht gehalten, das Landesamt für das Bildungswesen und den Landtag in einer Eingabe darauf hinzuweisen, daß eine ganze Reihe lebenswichtiger Forderungen der Universität noch der Erfüllung harrt, und hat in diesem Zusammenhang ein Bild der Gesamtlage der Universität gezeichnet in der Hoffnung, dadurch eine planmäßige Erledigung notgedrungener Forderungen im Laufe der nächsten Jahre in die Wege zu leiten. Dabei hat der Gesamtsenat noch zum Ausdruck gebracht, daß die Aufwendungen für die Pflege der Natur- und Geisteswissenschaften produktive Ausgaben sind, die ein Staat nicht sparen kann, ohne seine höchsten Güter zu gefährden, er hat freilich auch verlangt, daß das Reich unserem durch die Besetzung schwer bedrückten Hessenland bei der Erfüllung seiner Kulturaufgaben zu Hilfe kommt.

Einige unserer Forderungen, von deren Dringlichkeit sich das Landesamt und der Finanzausschuß des Landtags überzeugt hat, konnten unterdessen schon erfüllt werden; möge es der Staatsregierung gelingen, zum Wohle des Hessenlandes und des größeren Vaterlandes, das von den gesamten Gießener Studierenden etwa die Hälfte zur Alma mater Ludoviciana schickt, auch die übrigen zu befriedigen.

Aber nicht nur der Regierung in Darmstadt, auch der Provinzialdirektion Oberhessen und der Gießener Stadtverwaltung ist die Landesuniversität zu lebhaftem Dank verpflichtet, haben die Vertreter dieser Behörden doch durch Rat und Tat deutlich zu erkennen gegeben, wie sehr ihnen das Wohlergehen der Landesuniversität am Herzen liegt. Wertvolle Unterstützung ist uns ferner von der Gießener Hochschulgesellschaft zuteil geworden. Auch von privater Seite durfte die Landesuniversität viel Freundliches erfahren, wie noch im einzelnen darzulegen sein wird.

Die Landesuniversität ihrerseits ließ es sich angelegen sein, mit den wissenschaftlich interessierten Kreisen des Hessen- und weiteren Vaterlandes in reger Beziehung zu bleiben und diese Kreise auch an der wissenschaftlichen Ernte durch Vorträge und Demonstrationen teilnehmen zu lassen.

Nachdem ich so der Pflicht als Chronist in großen Zügen genügt habe — die Einzelheiten werden sich aus der Chronik selbst ergeben — darf ich Ihre Aufmerksamkeit für ein Thema aus meinem Fachgebiet, der Physiologie, erbitten, das lauten soll:

Neueres über die Zentralisation der Funktionen im höheren Organismus.

Meine Damen und Herren! Der höhere Organismus, insonderheit der Mensch, ist ein Zellstaat, der aus mehreren Hundert Billionen von Individuen erster Ordnung, eben von Zellen, besteht, die ihrerseits wieder zu Individuen höherer Ordnung, zu Geweben und Organen, mit spezifischer Funktion differenziert sind. Ist es schon nicht leicht, einen Menschenstaat von hundert Millionen Individuen so in Ordnung zu halten, daß eine fortschreitende Entwicklung sich ergibt, wie viel schwerer muß es sein, diesen Zellstaat mit seinen millionenmal mehr und dabei so winzigen Individuen, die nur nach Tausendstel eines Millimeters messen, im Interesse des Mikrokosmos Mensch zu erfolgreicher physiologischer Zusammenarbeit zu bringen. Wir stehen staunend vor dieser Organisation, die hier die Natur zustande gebracht hat, haben aber alle Ursache, den Grundlagen dieser Organisation nachzuspüren, um daraus Nutzenwendungen für unseren Staat, der, wie jedes Einzelindividuum, physiologischen Gesetzen unterworfen ist, zu gewinnen. Wir müßten in dieser Beziehung schon weiter sein, wenn die Allgemeinheit sich mehr mit physiologischen Dingen, die uns alle doch so außerordentlich nahe angehen, beschäftigte, aber leider ist es immer noch so, wie es mein Kollege M. Gildemeister vor einiger Zeit bei seiner Antrittsrede in Leipzig treffend gekennzeichnet hat, nämlich daß selbst der Hochgebildete gewöhnlich von der Dampfmaschine oder dem Fernsprecher, ganz zu schweigen vom Funkwesen, mehr weiß, als von den Organen in seinem Innern.

Damit nun der Zellstaat lebenskräftig und funktionstüchtig bleibt, muß ihm, da er sich beständig abnutzt, und zwar um so mehr, je mehr er tätig ist, Ersatzmaterial in Form von Nahrung zugeführt, es muß diese Nahrung chemisch verarbeitet und das Verarbeitete ins Blut übergeführt werden. Es muß ferner der Sauerstoff, da der Lebensprozeß ein Verbrennungsprozeß ist, durch die Lungen hindurch gleichfalls ins Blut gelangen, es müssen endlich auch noch lebenswichtige chemische Stoffe, die sogenannten Hormone, von den Blutgefäßdrüsen aus ins Blut abgegeben werden, um chemische Korrelationen zwischen den einzelnen Organen auf dem Blutweg zu unterhalten.

Die so ins Blut gelangten Stoffe müssen nun den einzelnen Staatsbürgern, den Zellen, zugeführt werden, was mit Hilfe der

lebenden Pumpe, des Herzens, auf dem Weg des Blutgefäßsystems geschieht.

Die den Zellen zugeführten Stoffe werden teils dem kolloid-chemischen System der lebenden Substanz eingefügt, assimiliert, teils zersetzt, dissimiliert, und die dabei mit Hilfe des Sauerstoffs freigemachte Energie — es ist im letzten Grunde Sonnenenergie — für den Lebensprozeß nutzbar verwertet. Die Dissimilationsprodukte, die Schlacken des Lebensprozesses, sind mehr oder weniger Gifte und müssen daher auf dem Blutweg den Exkretionsorganen zugeführt und von diesen beseitigt werden. Das Ganze wird Stoffwechsel genannt.

Eine Zentralisation bei diesem Stoffwechsel ist schon dadurch gegeben, daß alle Stoffe den großen Verkehrsweg, das Blutgefäß-, bzw. ein dazu parallel geschaltetes System, das Lymphgefäßsystem, benutzen müssen und daß ferner durch die besondere Anordnung der feinsten Blutgefäße, der Kapillaren, alle Zellen geradezu an die gemeinsame Quelle herangebracht sind, aus der sie ihren Bedarf schöpfen können. In ausgedehntem Maß ist dabei die Stoffaufnahme möglich, weil die Oberfläche sämtlicher Kapillaren, von denen jede nur etwa 0,5 mm lang und gar nur 0,010 mm weit ist, deren es aber etwa 5,1 Milliarden gibt, mit etwa 80 qm 1,6 millionenmal größer ist als die Oberfläche eines gleich langen Stückes der Körperarterie, der Aorta, aus der die Kapillaren hervorgehen. Hintereinander angeordnet würden sämtliche Kapillaren des Körperkreislaufs des Menschen ein Kapillarrohr von 2550 km Länge ergeben, das ist $\frac{1}{16}$ des Erdumfangs. Von Vorteil für die Stoffaufnahme und schließlich auch für die Stoffabgabe ist dabei noch, daß die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den Kapillaren nur 0,8 mm pro Sekunde beträgt, während sie in den Arterien 500 mal größer ist.

Diese Art von Nahrungsübermittlung ist das Muster einer zentralisierten Versorgung unzähliger Einzelindividuen unter Kontrolle des Staates, wobei besonders die Leber als Kontrollstation bei der Überleitung der Stoffe in den großen Kreislauf funktioniert.

Dieser so durch die vegetativen Lebensvorgänge lebenskräftig und funktionstüchtig erhaltene Organismus bedarf noch der Anregungen von außen her, um mit der Außenwelt, dem Lebensraum, von dem er abhängig ist, in Beziehung treten zu können. Über die Außenwelt orientieren ihn die Sinnesorgane, den Ver-

kehr mit der Außenwelt ermöglichen ihm die lebenden Maschinen, die quergestreiften Muskeln, die, unterstützt von der glatten und der Herzmuskulatur, sehr verschiedenartige, aber den Verhältnissen gut angepaßte Bewegungen herbeiführen müssen. All diese Funktionen werden animale genannt.

Mit dem Nebeneinander der vegetativen und animalen Funktionen ist es aber nicht getan, sie greifen ständig ineinander und müssen zu harmonischer Zusammenarbeit gebracht werden, wie alle Instrumente in einem großen Orchester. Zu dieser Zusammenarbeit ist aber ein Dirigent erforderlich, und dieser Dirigent ist in unserem Körper das Zentralnervensystem.

Meine Damen und Herren! Es hat einen besonderen Reiz, den Funktionen dieses Systems, das allen anderen Organsystemen übergeordnet ist und dem Menschen seine überragende Stellung in der Welt des Lebens verleiht, nachzuspüren. Seine Sonderstellung ergibt sich schon aus seinem physiologisch-chemischen Aufbau, indem hier Stoffgruppen vorherrschend sind, die in anderen Organen nur in geringerer Menge vorkommen, wie Cholesterin, Phosphatide und Cerebroside. Vor allem ist es aber die spezifische Differenzierung der lebenden Substanz zu einem reizaufnehmenden, reizleitenden, reizverarbeitenden, reizabgebenden und schließlich auch reizproduzierenden System, was dieses Zentralnervensystem auszeichnet. Denken Sie sich eine Telephonzentrale, mit der jeder Teilnehmer in Verbindung treten, die aber auch ihrerseits jeden Teilnehmer anrufen kann, stellen Sie sich ferner vor, es bestände noch eine Überzentrale, die alles Gehörte im Interesse aller Teilnehmer nutzbar verwerten und auch eine höhere Einsicht in das Gesamtgetriebe und in die umgebende Welt gewinnen könnte, so wäre das ein freilich nur schwaches Abbild von dem, was im Zentralnervensystem vor sich geht.

Das ganze System ist aus funktionellen Einheiten, den Neuronen, zusammengesetzt, die aus einer Ganglienzelle samt zellulipetal- und zellulifugalleitenden Fortsätzen, den sogenannten Dendriten und Neuriten, bestehen. Anhäufungen von Ganglienzellen, deren es sehr verschiedene Arten gibt, heißen Ganglien, Zentren oder graue Substanz, Anhäufungen von Neuriten Nerven Leitungsbahnen oder weißes Mark. Eine ganze Reihe von Neuronen ist hintereinander geschaltet, so daß zentripetal verlaufende Reize zu immer höheren Zentren, zunächst den subkortikalen, aufsteigen und schließlich zur grauen Rinde und den in ihr gelegenen kor-

tiken Zentren gelangen können. Von diesen Zentren gehen andererseits zentrifugalleitende Bahnen, wiederum aus Neuronen bestehend, aus, die Reize zu den Erfolgsorganen, den Drüsen und Muskeln, gelangen lassen. Eine besondere Stützsubstanz ist noch für die nervösen Bestandteile vorhanden, der Nerven Kitt oder die Neuroglia.

Die Gehirnrinde ist nun das höchste Zentralorgan, in sie hinein sind die Organe des Körpers geradezu nervös projiziert, aber meist so, daß das, was im Körper links liegt, im Gehirn rechts eine Zentrale hat und umgekehrt; die Bahnen kreuzen also unterwegs. Interzentrale Bahnen setzen ferner verschiedene Teile des Gehirns miteinander in Verbindung, es sind die Assoziationsbahnen, wenn sie Teile derselben Gehirnhemisphäre zueinander in Beziehung bringen, Kommissurenbahnen, wenn Teile der einen Hemisphäre mit Teilen der anderen verknüpft werden.

So ist also tatsächlich alles vorhanden, was a priori erwartet werden muß, wenn von höherer Warte aus in das ganze Lebensgetriebe des Körpers eingegriffen werden soll.

Daß nun die graue Rinde das physiologisch Wertvollste am Zentralnervensystem ist, ergibt sich aus der Entwicklungsgeschichte: je höher ein Tier steht, um so mehr ist die graue Rinde bzw. das sogenannte Neuhirn, das Neencephalon, gegenüber dem Althirn, dem Palaeencephalon, entwickelt, um so mehr ist auch vor allem das Stirnhirn ausgebildet.

Diese graue Rinde ist nun aus verschiedenen Zellschichten und Fasersystemen aufgebaut. Man war früher der Ansicht, die Großhirnrinde sei ein morphologisch ziemlich einheitliches Organ, abgesehen von einer bestimmten Region des Hinterhauptslappens und des Ammonshorns. Im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts hat aber K. Brodmann im Vogtschen Neurobiologischen Universitätsinstitut in Berlin festgestellt, daß kaum in einem anderen Organ oder Organsystem die histologische Spezifikation einzelner Teile soweit getrieben ist, wie innerhalb des Cortex cerebri, und daß sich nach tektonischen Gesichtspunkten eine lokalisierte Gliederung der Gehirnoberfläche von einer Schärfe und Reichhaltigkeit durchführen läßt, wie man sie bis dahin nicht ahnen konnte. Nicht weniger als 200 verschiedene Felder nimmt man jetzt an. Dieser spezifische Aufbau der einzelnen Felder weist aber auch auf spezifische Funktionen hin.

Man spricht nun bezüglich des Aufbaus der Rinde aus Zellen von einer Cytoarchitektonik, bezüglich des Aufbaus des Marks aus Fasersystemen von einer Myeloarchitektonik. Cytoarchitektonisch ist ein Grundtypus aus sechs Schichten vorhanden, der etwa drei Viertel der Gesamthemisphärenoberfläche einnimmt, homotypische Rindenbildung, der gegenüber auf dem vierten Viertel die heterotypische Rindenformation besteht. Entsprechend den sechs Zellschichten sind in ihnen auch sechs Fasersysteme vorhanden, die gleichfalls an heterotypischen Rindenteilen Veränderungen erfahren, aber auch an homotypischen, so daß letztere wohl bezüglich der Zellanordnung dem Grundtypus entsprechen, bezüglich der Faseranordnung aber nicht, wie überhaupt die Myeloarchitektonik variabler ist als die Cytoarchitektonik.

Die Leitungskabel, die zu diesen kortikalen und auch den subkortikalen Zentren hin- und von ihnen wegziehen, die Nerven, hat man früher in die mit weißem Mark bekleideten Rückenmarks- und Gehirnnerven, die sogenannten cerebrospinalen Nerven, und in die marklosen und daher grauen sympathischen Nerven geteilt. Aus Untersuchungen des englischen Physiologen J. N. Langley hat sich aber die Notwendigkeit ergeben, aus dem cerebrospinalen Nervensystem ein besonderes System abzugrenzen, das in Antagonismus zum sympathischen System steht, das sogenannte parasympathische Nervensystem, zu dem Teile des 3., 7., 9. und 10. Gehirnnerven und des Beckennerven, des Nervus pelvici, gehören. In diesen parasympathischen wie auch in den sympathischen Nerven ziehen die entsprechenden Fasern nicht ununterbrochen zum Erfolgsorgan, wie z. B. die motorischen Nerven zum quergestreiften Muskel, sondern sie treten zu einer Ganglienzelle hin und umfassen diese mit ihren Endbäumchen: praeganglionäre Fasern. Die Ganglienzelle ihrerseits schickt dann erst die postganglionäre Faser zu dem Erfolgsorgan, einer Drüse oder einem glatten Muskel. Mit Hilfe von Nikotin ist es gelungen festzustellen, wo die praeganglionäre Faser endet und die postganglionäre beginnt; Nikotin blockiert gerade diese Stelle. Außerordentlich wichtige physiologische Erkenntnisse haben sich dadurch gewinnen lassen. Man faßt jetzt parasympathisches und sympathisches System auch als vegetatives Nervensystem zusammen. Die parasympathischen Nerven entspringen von kleinzelligen, sogenannten visceralen, im Mittelhirn, verlängerten Mark und Rückenmark gelegenen Kernen, die sympathischen Nerven

gleichfalls aus kleinzelligen Kernen am Seitenhorn des Rückenmarks. Auch über das Wesen der parasympathischen und sympathischen Reizung haben sich neuerdings Anhaltspunkte gewinnen lassen; erstere Reizung führt zur Anreicherung von Kalium-, letztere von Calciumionen, so daß es sich im letzten Grunde um chemische Reizung handelt.

Durch Vermittlung all dieser Nerven kommt nun die Zentralisation der Funktionen zustande; betrachten wir diese nun mit Rücksicht auf neuere Ergebnisse. Um die Verbesserung der Methodik auf diesem Gebiet hat sich mein Vorgänger auf dem hiesigen Lehrstuhl für Physiologie, W. Trendelenburg, jetzt in Tübingen, besonders verdient gemacht.

Zu der chemischen Verarbeitung der im Magendarmkanal befindlichen Nahrung sind Verdauungssäfte nötig, die in den umliegenden chemischen Fabriken, den Drüsen, gebildet werden. Zu diesen Drüsen — es seien besonders die Speicheldrüsen in Betracht gezogen — schickt das Zentralnervensystem nicht weniger als vier verschiedene effektorische Nervenarten, nämlich

1. sekretorische Nervenfasern vom parasympathischen System, deren Reizung die Ausscheidung eines dünnflüssigen Sekrets bewirkt,
2. sekretorische Fasern vom sympathischen System, deren Reizung ein dickflüssiges und auch sonst qualitativ verschiedenes Sekret ergibt,
3. Nervenfasern, welche die Blutgefäße in der Drüse erweitern; sie stammen vom parasympathischen System,
4. Nervenfasern, welche die Blutgefäße verengern; sie stammen vom sympathischen System.

Durch diese vierfachen nervösen Beeinflussungen kommt ein Sekret zustande, das je nach der Art der Nahrung sehr zweckmäßig zusammengesetzt ist.

Nach Bedarf kann in diese Sekretionen mit den physiologisch so wichtigen Alkaloiden eingegriffen werden. Injektion von Pilocarpin ins Blut wirkt wie Reizung des parasympathischen Nerven, während nach Injektion von Atropin dieser Nerv gelähmt wird. Adrenalin dagegen, das Hormon der Nebenniere, hat sympathische Reizung im Gefolge, andere Stoffe je nachdem Lähmung.

Eine Zentralisation dieser sekretorischen Funktionen ist schon dadurch gegeben, daß sich im verlängerten Mark eine Kerngruppe befindet, der sogenannte Nucleus salivatorius, der eine Reihe von

Sekretionen zusammenfaßt und von dem aus die sekretorischen Nerven zu den verschiedenen Drüsen ziehen, aber durch ganz verschiedene Nerven hindurch, was man Geflecht- oder Plexusbildung nennt. Auch von der Hirnrinde aus kann psychisch beim Anblick von etwas Schmackhaftem diese Sekretion hervorgerufen werden; wir wissen ferner, daß neben untergeordneten parasympathischen und sympathischen Zentren im Rückenmark und verlängerten Mark sich ein übergeordnetes im Zwischenhirn unterhalb des Sehhügels, des Thalamus opticus, in der Regio subthalamica und Umgegend befindet.

Die Nahrung muß aber nicht nur chemisch zerkleinert, verdaut werden, sie muß auch in immer tiefere Abschnitte des Darms mit Hilfe seines Motors, seiner glatten Muskulatur, befördert werden. Ein wunderbar fein abgestuftes Muskelspiel hat sich hier vor dem Röntgenschirm enthüllt, ein Spiel, das durch ein lokales, sogenanntes intramurales Nervensystem, den Auerbachschen Plexus, unterhalten wird. Aber auch dieser Motor ist doppelt von höheren Zentralstellen aus innerviert, parasympathisch und fördernd durch den Nervus vagus, sympathisch und hemmend durch den Nervus splanchnicus. Daß einem der Ärger in die Gedärme fährt, also auch hier eine psychische Beeinflussung möglich ist, kann man direkt durch Stillstand der Bewegung vor dem Röntgenschirm feststellen. In Wahrheit fährt der Ärger zunächst ins Blut, indem durch Reizung des Nervus splanchnicus die Nebenniere zur Abgabe von Adrenalin ans Blut veranlaßt wird, das seinerseits den Darmstillstand hervorruft; der chemischen Reizung geht hier die Nervenreizung voraus. Die Vaguswirkung auf den Darm soll dadurch zustande kommen, daß auf Reizung dieses Nerven hin Cholin, das als Peristaltikhormon bekannt ist, gebildet wird.

Ein zentral regulierter Vorgang ist auch die *A t m u n g*. Im verlängerten Mark befindet sich ein paarig angeordnetes Atemzentrum, es ist ein automatisches Zentrum, weil es auch funktioniert, wenn alle zuführenden Bahnen und benachbarten Zentralteile abgetrennt sind. Dieses Zentrum sendet rhythmische Reize zu den Atemmuskeln, wodurch Ein- und Ausatmung zustande kommt. Ist das Blut reichlich mit Sauerstoff versorgt, so stellt das Zentrum seine reizbildende Tätigkeit ein und es kommt zum Stillstand der Atmung, ist das Blut mit Kohlensäure überladen, so kommt es zu stark beschleunigter und vertiefter Atmung. Es hat sich neuerdings durch die Untersuchungen von H. Winterstein

u. a. herausgestellt, daß die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes das Maßgebende für die Reizbildung des Atemzentrums ist. Sympathische Erregung erweitert ferner den zuführenden Atemweg, die Luftröhre, parasympathische verengt sie; in letzterem Fall können Gaben von Atropin bei Bronchialasthma geradezu befreiend wirken.

Daß die Produkte der inneren Sekretion, die Hormone, zu zentralen Funktionen vielfache Beziehungen haben, ergab sich schon beim Adrenalin. Ins Blut injiziert wirkt es wie Reizung des sympathischen Nervensystems, das seinerseits zu Gemütsbewegungen, zu emotionellen Erregungen, Veranlassung gibt: Stillstand der Darmbewegungen, Blässe der Haut durch Kontraktion der Hautgefäße, perlender Angstschweiß durch Reizung der Schweißdrüsen, Gänsehaut durch Aufrichtung der feinen Haare der Haut, verbunden mit dem Gefühl, als ob es einem kalt über den Rücken laufe; bei Tieren ist letztere Erscheinung sehr ausgesprochen durch Sträuben der Rückenhaare.

In diesem Zusammenhang ist noch interessant, daß in der Nähe des Sympathicuszentrums in der Regio subthalamica eine Hormondrüse, der Hirnanhang oder die Hypophyse, gelegen ist, die ihr Hormon, das ähnlich wie das Adrenalin wirkende Hypophysin, durch Saftkanäle an das Zentrum abgibt und es so sensibilisiert. Vielfach führt auch Afunktion der Hormondrüsen, besonders der Schilddrüse, zu geistiger Schwäche, zu Idiotie.

Dasjenige Organsystem, das die ins Blut aufgenommenen Stoffe im Körper zu verteilen hat, Herz und Blutgefäße, steht in besonders enger Beziehung zum Zentralnervensystem, ja im Altertum hat man sogar den Sitz der Seele ins Herz verlegt, weil seelische Erregungen sich sehr offenkundig in beschleunigter oder verlangsamter Herztätigkeit äußern; tatsächlich werden aber solche Erregungen nur ins Herz projiziert, während sie im Zentralnervensystem entstehen. Die Projektion geschieht auf dem Weg zweier Nerven, des parasympathischen Nervus vagus und des sympathischen Nervus accelerans. Während aber der Parasympathicus die Bewegung des Darms beschleunigt und der Sympathicus sie hemmt, ist es beim Herz gerade umgekehrt. Ein Herzhemmungszentrum konnte im verlängerten Mark, ein Beschleunigungszentrum im Sympathicuszentrum unter dem Sehhügel nachgewiesen werden.

Die vom Herzen ausgehenden Blutgefäße sind gleichfalls antagonistisch, parasympathisch und sympathisch, innerviert; parasympathische Reizung führt meist zu Gefäßerweiterung, sympathische zu Gefäßverengung. Ein Zentrum für die Gefäßverengung ist im verlängerten Mark und unter dem Thalamus, untergeordnete Zentren sind im Rückenmark gelegen. Ein Wächter, der zu hohem Blutdruck in der Aorta signalisieren muß, ist am Aortenbogen aufgestellt, der Nervus depressor; als Reaktion auf das Signal kommt es auf dem Umweg über das verlängerte Mark zu Herzhemmung und Gefäßerweiterung und damit zu Blutdrucksenkung. In funktionellem Antagonismus stehen vielfach die Blutgefäße der inneren Organe und die der Haut; mit Hilfe parasympathischer und sympathischer Nerven kann je nach Bedarf eine Umsteuerung des Blutes von innen nach außen oder umgekehrt erfolgen. Emotionelle Erregungen sind vielfach mit Gefäßreaktionen, Erröten und Erblassen, verbunden, die wohl vom Zwischenhirn aus veranlaßt werden. Ausgiebig sind nach den Untersuchungen von Ph. Stöhr auch die Gefäße der zarten Hirn- und Rückenmarkshaut und die Gefäßgeflechte des Gehirns, besonders in der Gegend des Zentrums des vegetativen Nervensystems, mit Nerven versorgt.

Auch bei der Assimilation und Dissimilation spielen Nerveneinflüsse sicher eine Rolle, die parasympathischen Nerven erweisen sich geradezu als Nerven der Assimilation, die sympathischen als Nerven der Dissimilation. Im Zwischenhirn sind im Tuber cinereum und in der Regio subthalamica Zentren gelegen, welche zusammen mit Hormonen den Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel besonders durch Einwirkung auf die Leber regeln; auch der Fettstoffwechsel und der Wasserhaushalt wird von dem Zentrum aus beeinflußt. Funktionsstörungen dieser Zentren können zu Diabetes mellitus und Diabetes insipidus, einseitige Störungen z. B. zu einseitiger Fettanhäufung oder Fettschwund führen; die Frage nach dem Vorhandensein trophischer Nervenfasern muß nunmehr bejaht werden.

Die Exkretion der Dissimilationsprodukte kommt gleichfalls unter Mitwirkung antagonistischer nervöser Einflüsse von seiten des parasympathischen und sympathischen Systems zustande.

Die bei dem Wechsel der Stoffe freiwerdende Körperwärme wird mit Hilfe eines im Zwischenhirn gelegenen parasympathischen Kühl- und eines sympathischen Wärmezentrums

konstant erhalten. Bei lokalisierter Erkrankung des Wärmeeentrums kann geradezu vom Gehirn aus Fieber entstehen, sogenanntes cerebrales Fieber. Zur Erklärung des Umstandes, daß die quergestreifte Muskulatur ein Hauptsitz exothermischer Prozesse auch bei relativer Ruhe der Muskeln ist, wird angenommen, daß diese Organe auf dem Weg periarterieller Nerven Reize empfangen, welche zu Oxydationen in der Muskulatur Veranlassung geben.

Aus alledem geht hervor, welch bedeutsame, erst neuerdings erkannte Rolle das Zwischenhirn als Zentralstation des vegetativen Nervensystems spielt; sein Einfluß erstreckt sich weit in das Rückenmark hinab, insofern als das Höhlengrau am Boden des 3. Ventrikels, um den Aquaeductus cerebri herum, am Boden des 4. Ventrikels und am Seitenhorn des Rückenmarks funktionell zusammengehören.

Während die Zentralisation der meist nicht bewußt werdenden und dem Willen entzogenen vegetativen Funktionen sich nach unseren jetzigen Kenntnissen mehr auf subkortikale Zentren beschränkt, findet die Zentralisation der mit Bewußtseinsvorstellungen verknüpften, bis zu einem gewissen Grad dem Willen unterworfenen animalen Funktionen unter Vermittlung subkortikaler Etappenstationen in der Großhirnrinde selbst statt, also in kortikalen Zentren; in der 3. und 4. Rindenschicht scheinen dort die zentripetalen Bahnen zu enden und die Eindrücke fixiert zu werden, die man als Engramme bezeichnet.

Man weiß nun schon länger, daß zu jedem Sinnesorgan eine Zentralstation gehört, in der die Wahrnehmung, d. h. die bewußte Empfindung, zustande kommt. So ist die Tast- und Tiefendruck-, ferner die Wärme-, Kälte- und Schmerzempfindung an die Körperfühlsphäre im Scheitellappen des Gehirns, die Geschmacks- und Geruchsempfindung an den Gyrus hippocampi und die Gegend des Ammonshorns, die Gehörsempfindung an den Schläfenlappen und die Gesichtsempfindung an den Hinterhauptslappen gebunden, man weiß aber erst durch die Untersuchungen von Brodman genauer, wie scharf die Lokalisation nicht nur für die Empfindung, sondern auch für andere Funktionen durchgeführt ist. „Die linsenförmig abgegrenzten und als besondere morphologische Organe aus der Rindenfläche heraustretenden Strukturzonen lassen sich nicht anders als durch die Annahme erklären, daß in ihnen ebenso scharf umgrenzte spezifische Funktionen lokalisiert sind, daß, mit andern Worten, jedes derartige Organ der Träger einer ausschließ-

lich ihm zukommenden und von den Verrichtungen aller anderen Organe verschiedenen Funktion ist“ sagt Brodmann.

Bei solchen Feldern handelt es sich um absolute Lokalisation. Es gibt aber auch nach Brodmann eine relative Lokalisation in Feldern mit fließenden Grenzen, wo ein physiologischer Vorgang nicht scharf auf ein ihm allein zukommendes Gebiet beschränkt ist, sondern wo diese Rindenfläche zum Teil auch anderen Funktionen dienen kann: Prinzip der mehrfachen funktionellen Vertretung. Weiterhin hat sich nach Zerstörung von Rindensubstanz eine weitgehende Restitution verloren gegangener Funktionen feststellen lassen, welche nur dadurch zustande kommen kann, daß andere Rindenteile unter zunehmender Einübung für das untergegangene Funktionsgebiet eintreten und dessen Verrichtungen übernehmen: Prinzip der funktionellen Stellvertretung.

Um wie viel weiter man hier gekommen ist, mag an einem Beispiel erläutert werden. Der Physiologe H. Munk nahm noch an, daß die Körperfühlsphäre sich vom Scheitellappen nach vorn nicht nur auf die hintere, sondern auch auf die vordere Zentralwindung des Gehirns erstrecke. Die cytoarchitektonischen Untersuchungen von Brodmann haben aber ergeben, daß die Zentralfurche, die Grenze zwischen beiden Windungen, auch zwei grundverschiedene Strukturgebiete voneinander scheidet, und daß diese Grenze auch durch die ganze Säugetierreihe zu verfolgen ist und sogar dort vorkommt, wo die Furche selbst fehlt. Reizversuche haben nun in der Tat ergeben, daß die hintere Zentralwindung psychosensorisch, die vordere psychomotorisch tätig ist.

Was noch die Hör- und Sehsphäre betrifft, so ist die Hörsphäre nach neueren Untersuchungen von R. O. Pfeifer in der temporalen Querwindung gelegen, die vom Pol des Schläfenlappens senkrecht zur Fossa Sylvii nach innen zur Insel verläuft. Die Hörstrahlung nach dieser Windung hin ist fächerförmig aufgeteilt, unten soll die Zuleitung für die tiefsten, oben für die höchsten Töne erfolgen. Musiker zeigen eine besonders ausgebildete Querwindung, deren lateraler Teil für die Perzeption der tiefen, deren medialer für die Perzeption der hohen Töne bestimmt sein soll: kortikale Cochlea.

Die Anschauungen über die Ausdehnung der Sehsphäre im Hinterhauptslappen gingen früher weit auseinander. Auf Grund der Brodmannschen Untersuchungen muß man annehmen,

daß ein cytoarchitektonisch sehr auffallendes und scharf abgegrenztes Gebiet, die Area striata in der Calcarinarinde, die eigentliche Sehsphäre, also das Wahrnehmungsfeld für die optischen Eindrücke, darstellt. Es hat sogar den Anschein, daß nicht nur die Schnecke, sondern auch die Netzhaut nervös projiziert ist, kortikale Retina, indem die untere Lippe der Fisura calcarina dem unteren, die obere Lippe dem oberen Teil der Netzhaut entspricht, mehr läßt sich aber zurzeit nicht sagen.

In diesen sensorischen Rindenfeldern, die in der linken Hemisphäre ausgeprägter sind als in der rechten, kommen nun die bewußten Empfindungen, die Gnosien, zustande. Bei Afunktion dieser Gebiete kommt es zu Agnosien, z. B. zu visueller Agnosie, wenn ein Gegenstand als solcher wohl gesehen, aber nicht richtig erkannt und damit auch nicht richtig gebraucht wird; solche Patienten putzen z. B. mit einer Zahnbürste nicht die Zähne, sondern stecken sie in den Mund wie eine Zigarre, um daran zu rauchen.

Dringt der Sinnesreiz nicht zur Sehsphäre vor, sondern nur zu subkortikalen Zentren, so kommt es nicht zu Gnosien, sondern im Sinne L. Edingers nur zu Rezeptionen. Die Wirbeltiere bis zu den Reptilien haben nur solche Rezeptionen, weil sie nur über ein Palaeencephalon und kein Neencephalon verfügen. Der Sinn, welcher entwicklungsgeschichtlich am frühesten in der Gehirnrinde zentralisiert wird, ist der Geruch und der sogenannte Oralsinn.

Die zweite Art von animalen Organen, die Muskeln, und zwar besonders die dem Willen unterworfenen quergestreifte Muskulatur, ist, wie man schon seit den Untersuchungen von Fritsch und Hitzig aus dem Jahr 1870 weiß, gleichfalls zentralisiert und zwar auf die vordere Zentralwindung und die angrenzenden Teile des Stirnhirns. Diese praezentrale Hauptregion ist cytoarchitektonisch besonders gekennzeichnet durch das Fehlen einer der sechs Schichten, der inneren Körnerschicht, durch die große Breite des Rindendurchmessers und durch das Auftreten von Riesenpyramidenzellen in dem der Zentralfurche benachbarten Teil des Feldes. Von hier aus geschieht die willkürliche Innervation der Muskeln auf dem Weg der Pyramidenbahn, die im verlängerten Mark zum größten Teil kreuzt. Man hat Grund zu der Annahme, daß diese zentrifugalen Bahnen ihren Ausgang von der 5. und 6. Schicht nehmen. Dieses zentrale

System wirkt hemmend und regulierend auf die motorischen Ganglienzellen im Vorderhorn des Rückenmarks, deren Neuriten den motorischen Impuls zu den Muskeln hinbringen.

Zu einer anderen Auffassung bezüglich der Funktion der psychomotorischen Region ist neuerdings J. Pawlow auf Grund eingehender Versuche gelangt, er hält die Region für ein rezeptorisches Gebiet und die bei Reizung des Gebiets beobachteten Bewegungen für reflektorische, bedingt durch Einwirkung auf tiefer gelegene effektorische Bahnen. Nach Pawlow ist also die Rinde ein durch und durch rezeptorischer Apparat.

Ein zweites derartiges Bremssystem ist das neuerdings im Anschluß an das Studium der Kopfgrippe bekannt gewordene extrapyramidale. Unterhalb der grauen Rinde des Großhirns, durch weißes Mark davon getrennt, sind die sogenannten Stammganglien gelegen, der Streifenhügel (Corpus striatum), bestehend aus dem Linsenkern und dem Schwanzkern. Der mediale Teil des Linsenkerns, der bleiche Kern oder Globus pallidus, ist entwicklungsgeschichtlich älteren Datums und wird daher Palaeostriatum genannt. Der laterale Teil des Linsenkerns, die Schale oder das Putamen, und der Schwanzkern, Nucleus caudatus, dagegen sind jüngeren Datums und heißen daher Neostriatum, das funktionell dem Palaeostriatum übergeordnet ist. Diese Stammganglien haben keine direkte Verbindung mit dem Großhirn, wohl aber eine innige mit dem Thalamus.

Der Globus pallidus gewinnt nun durch ein von ihm ausgehendes Fasersystem, die Linsenkernschlinge, Einfluß auf den unter den Vierhügeln gelegenen roten Kern, Nucleus ruber, der seinerseits vom Kleinhirn Impulse empfängt und diese auf dem Wege eines Faserbündels, des Tractus rubrospinalis, an die motorischen Ganglienzellen im Vorderhorn des Rückenmarks weitergibt. Das Kleinhirn aber wird durch Sinnesapparate, die in der Muskulatur gelegen sind, die Sehnen- oder Muskelnervenkörperchen, von dem Grade der Spannung der Muskeln unterrichtet und gibt seinerseits Impulse an den roten Kern ab, welche die Muskeln in einer gewissen Spannung erhalten.

Auf dieses extrapyramidale System wirkt nun der Globus pallidus via Linsenkernschlinge dämpfend. Wird diese Dämpfung aufgehoben, so kommt es zu Muskelrigidität, zu Steifigkeit durch Einwirkung des Kleinhirntonus auf die Muskulatur.

Die Parkinsonsche Krankheit ist auf diesen Umstand zurückzuführen.

Eine Bremswirkung geht auch von dem Neostriatum aus, man nimmt an, daß Afunktion des Putamens zu Chorea, Veitstanz, und Afunktion des Nucleus caudatus zu langsamen Zwangsbewegungen, besonders Steckbewegungen von Fingern und Zehen, sogenannter Athetose, führt.

Man sieht, wie unsere normalerweise fein abgestuften Bewegungen das Resultat einer ganzen Reihe zentraler Einflüsse sind.

Der rote Kern, der im extrapyramidalen System eine so große Rolle spielt, ist auch noch ein wichtiges Zentrum für die normale Tonusverteilung in der Körpermuskulatur und für die Stellungen, die der Kopf und wahrscheinlich auch der übrige Körper unter dem Einfluß des Otolithenapparates des Ohrlabyrinths im Raum einnimmt.

Der englische Physiologe C. S. Sherrington hat festgestellt, daß, wenn bei Säugetieren der Hirnstamm in der Höhe des Kleinhirnzelttes durchtrennt ist und damit das Mittelhirn von den tiefer gelegenen Teilen abgetrennt ist, die Streckmuskulatur des Körpers, die beim Stehen der Schwerkraft entgegenwirken muß, in einen erhöhten Tonus verfällt, so daß das Tier in übertriebener Streckstellung dasteht, während die Antagonisten, die Beugemuskeln, nahezu schlaff sind. Wird das Tier angestoßen, so fällt es um und vermag sich nicht mehr aufzurichten. Sherrington hat diesen Zustand „decerebrate rigidity“, also Enthirnungsstarre, genannt. Diese Starre kommt dadurch zustande, daß Erregungen, die größtenteils von den genannten sensiblen Apparaten der Muskulatur kommen und die auf Zentren im kaudalen Teil des verlängerten Marks wirken, nicht mehr von weiter hirnwärts gelegenen Teilen gebremst werden. Als solche Bremszentren haben sich nun die roten Kerne erwiesen. Im ganzen kann man sagen, daß die Zentren im kaudalen Teil des verlängerten Marks Streckwirkungen, die rubrospinale und die Pyramidenbahn Beugewirkung hervorbringen.

Versuche an Tieren mit Enthirnungsstarre haben auch enthüllt, welch außerordentlich feiner, nervös regulierter Mechanismus besteht, damit der Kopf und besonders die Augen in ihm auch bei abnormer Körperhaltung in die Normalstellung, die Blicklinien horizontal gestellt, gebracht werden, und wie andererseits vom Kopf aus die Haltung des Körpers beeinflußt werden kann.

Sogenannte Labyrinthstellreflexe, die von den Otolithenapparaten bei abnorm gehaltenem Kopf ausgehen, bringen den Kopf in die Normalstellung zurück. Ist in diesem Fall der Körper noch in anderer Lage und kommt es dabei zu einer Verbiegung oder Verdrehung des Halses, so wirken Halsstellreflexe derart ein, daß der Körper dem Kopf zu folgen und eine symmetrische Stellung einzunehmen gezwungen wird. Außer den Halsstellreflexen kommt es bei asymmetrischer Haltung durch einseitigen Druck des Körpers auf die Unterlage und damit durch Reizung von Tiefendruckapparaten zu Körperstellreflexen, welche gleichfalls zu symmetrischer Stellung führen. Bei höheren Säugetieren und beim Menschen kommen noch optische Stellreflexe hinzu. In ganz gesetzmäßiger Weise wirken ferner die Labyrinth- und Halsreflexe auch auf die Stellung der Augen ein.

Auch daraus erhellt, welch komplizierter Akt die Körperhaltung und Augenstellung ist.

So kann nun in vielfältiger Weise von zentralen Teilen auf die Bewegungsapparate eingewirkt werden. Werden die motorischen Reize in subkortikalen Zentren erzeugt, so kommt es nach E d i n g e r zu *Motus*, zu unbewußten motorischen Handlungen, werden aber die kortikalen Zentren gereizt, so kommt es zu bewußten Bewegungen, zu *Praxien*. Afunktion dieser Zentren führt zu *Apraxien*, die am besten bei Sprachstörungen infolge von Verletzungen des Brocaschen Sprachzentrums studiert sind.

In der Verknüpfung von Gnosien und Praxien durch Assoziationen auf dem Wege der Assoziationsbahnen besteht nun ein Teil der geistigen Tätigkeit, während die subkortikalen Zentren mehr dem Instinkt dienend, nur *Rezeptionen* und *Motus* durch *Relationen* im Sinne E d i n g e r s miteinander verbinden. Wie sehr auch Tiere psychischer Leistungen fähig sind, ergibt sich aus dem interessanten, neuerdings erschienenen Buch von R. S o m m e r über Tierpsychologie.

Die Felder für die Gnosien und Praxien nehmen nun aber nur den kleineren Teil der Hirnrinde ein, was geschieht auf den übrigen Feldern? Man nimmt an, daß sie den Assoziationen dienen. Hier ist auch noch folgende Tatsache von Interesse. Nach den Untersuchungen E d i n g e r s bildet sich das Stirnhirn besonders aus, wenn die unterste Stirnwindung sich im Anschluß an das Sprachvermögen vergrößert, „die Sprache hat die Keime der Intelligenz zur Entfaltung gebracht“. Tiere mit kleinem

Stirnhirn kann man nicht dressieren. Der Gorilla hat Sinneszentren wie der Mensch, aber die Assoziationsfelder und das Stirnhirn sind wenig entwickelt. Auch der diluviale Mensch hatte ein kleines Stirnhirn. Die Gehirne bedeutender Menschen weisen meist ein großes Stirnhirn mit auffallendem Windungsreichtum auf. Menschen mit verkümmertem Stirnhirn sind immer Idioten. So muß das Stirnhirn als ein höheres Zentrum angesehen werden, das in seiner Tätigkeit von den Assoziationsfeldern unterstützt wird.

Cytoarchitektonisch hat sich nun gezeigt, daß diese Region des Stirnhirns, die sogenannte granuläre frontale Hauptregion, beim Menschen 29% der Gesamtrinde ausmacht, beim Schimpansen nur 16,9%, beim Kaninchen gar nur 2,2% und bei niederen Säugetieren ist eine granuläre Formation am vorderen Ende des Stirnhirns überhaupt nicht mehr ausgebildet. Während diese Hauptregion ferner beim Menschen aus 8—9 deutlich geschiedenen cytoarchitektonischen Feldern besteht, kommen bei niederen Affen nur noch 4—5 Felder vor. Bei verschiedenen Menschengehirnen sind bezüglich des Verhältnisses der praefrontalen Hauptregion zur Gesamtrinde Unterschiede von über 50% nachweisbar. Ein spezifisches Merkmal des menschlichen Stirnhirns ist ferner die Ausbildung der unteren Stirnwindung, die auch cyto- und myeloarchitektonisch in dieser Form nur beim Menschen vorkommt.

Nach alledem werden wir zu der Annahme gedrängt, daß das Stirnhirn und die Assoziationsfelder den höheren geistigen Funktionen dienen, die also an die Materie geknüpft sind, freilich an eine ganz besondere Materie mit ganz besonderen physiologischen Eigenschaften, die im einzelnen darzulegen nicht die Zeit ist.

Es ist für den Physiologen eigenartig zu beobachten, wie die Menschheit sich gegen diese Annahme sträubt, wie sie es nicht wahr haben will, daß Körper und Geist, Leib und Seele im Grunde eins und nur der Ausdruck verschiedener spezifischer Differenzierung der lebenden Substanz sind. Philosophie und Psychologie haben bisher nur einen psychophysischen Parallelismus zugestanden, sie werden sich in der Folge der Macht der Tatsachen beugen und sich noch mehr der Physiologie nähern müssen, das ist meine feste Überzeugung.

Meine Damen und Herren! Es liegt mir fern, einem öden Materialismus das Wort zu reden, ich sehe vielmehr in der ganzen Natur nur höchsten Geist und Verstand. Enthüllt uns nicht die

moderne Physik und Chemie einen wahrhaft wunderbaren Aufbau der Materie, sogar der anorganischen? Haben uns nicht die cyto- und myeloarchitektonischen Untersuchungen des Gehirns einen noch wunderbareren Aufbau dieser Materie enthüllt? Warum sollte sie, zumal sie lebend ist, nicht zu so außerordentlichen Leistungen befähigt sein, wie es die psychischen sind? „Es gibt keine immateriellen Materien“, so hat schon Julius Robert Mayer, der Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, ausgerufen. Verschließen wir uns also nicht die Tür zur Erkenntnis, weil einmal ein „Ignoramus, ignorabimus“ darauf geschrieben stand. Man wird es auch in dieser Beziehung mit Goethe, der so tiefe Einblicke in die Natur getan hat, halten müssen, und der es einmal aussprach: „Der Mensch muß bei dem Glauben verharren, daß das Unbegreifliche begreiflich sei, er würde sonst nicht forschen“.
