

Aus dem physiologischen Institut der Universität Zürich

# Alte und neue Ziele der Physiologie<sup>1)</sup>

Von

W. R. HESS

Mit 4 Abbildungen im Text

Unser Thema könnte vielleicht den Gedanken aufkommen lassen, dass es sich darum handle, einen systematisch geordneten geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der Physiologie zu geben. Ich muss gestehen, dass ich dazu kaum imstande wäre; wohl aber kann und will ich berichten über das Streben nach Erkenntnis im Reiche lebendigen Geschehens während einer Generation, wie ich es in 30jähriger Lehrtätigkeit selbst miterlebt habe.

Entsprechend der Subjektivität jeder Wahrnehmung ist natürlich auch das, was ich mitzuteilen habe, die Resultante persönlicher Eindrücke. Immerhin sind diese nicht ohne Zusammenhang mit der Beurteilung von Forschungsrichtungen und Ergebnissen durch Fachgenossen. Bestehen doch meine Erfahrungen zum guten Teil auch aus dem Niederschlag sowohl zahlreicher Tagungen und Kongresse, sowie von Aussprachen mit Kollegen, die ich an ihrer Arbeitsstätte am Werke sah. Wenn ich in der Folge hier und dort einen Namen nenne, so soll dies nicht mehr als eine dankbare Erinnerung an Männer sein, welchen die Physiologie, oft genug darüber hinaus die gesamte Biologie und naturwissenschaftliche Medizin für immer verpflichtet sein werden. Schliesslich möge einleitend noch gesagt sein, dass der verfügbare Raum nur gestattet, kurze, beispielhafte Hinweise zu geben; dabei ist für mich weniger die chronologische Reihenfolge als der innere Zusammenhang wegleitend.

## I.

Zu Zeiten, in welchen die Physiologie sich nach und nach aus der Anatomie entwickelte und begann, ihre eigenen Wege zu gehen, stand im Vordergrund der Interessen die Frage nach der Funktionsweise der verschiedenen Organe. Man sah dabei zwei grosse Ziele vor sich: Das eine war die Erweiterung und Vertiefung der Erkenntnis im Sinne fortgesetzter Zergliederung der Organtätigkeit in Einzelvorgänge. Das Forschungsprogramm war also die funktionelle Differenzierung. Das zweite Ziel entsprach dem Bedürfnis, vorerst nur qualitativ begriffene Vorgänge auch quantitativ zu erfassen. In diesem Streben wurde vielerorts das physiologische Laboratorium zu einer eigentlichen Konstruktionswerkstätte von Mess- und Registrierapparaten; im Interesse grösstmöglicher Genauigkeit wurde auch die mathematische Formulierung in den Dienst der Physiologie gestellt. Hier denke ich z. B.

<sup>1)</sup> Nach dem in der Sitzung vom 11. Januar 1943 der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich gehaltenen Vortrag.

an FRANK (München), welcher sich u. a. mit Erfolg um die optische Darstellung des Pulses bemühte und damit dieser Registriertechnik Auftrieb gab. — In einem holländischen Laboratorium war in der Jugendzeit der Generation, mit welcher ich noch in Kontakt war, ein Licht entzündet worden, das in der Folge speziell auch für die praktische Medizin hohe Leuchtkraft entwickelte. EINTHOVEN hat mit der Konstruktion seines Saitengalvanometers die durch die Herzstätigkeit bedingte Fluktuation elektrischer Potentiale als Elektrokardiogramm aufzuzeichnen gelehrt.

Wir bleiben beim Thema «Aktionsströme», wenn ich auf die nun folgende Verfeinerung der Untersuchung am tätigen Skelettmuskel und die Anwendung der neuen Technik auf den Nerven hinweise. Tatsächlich ist man heute so weit, dass man die Erregungsvorgänge selbst in einer einzelnen Nervenfasern elektrisch verfolgen und durch die unversehrte Schädelkapsel hindurch feinste Potentialschwankungen registrieren kann, als Signale der Tätigkeit von Ganglienzellen der Hirnrinde.

Im Zusammenhang mit der differenzierenden Erforschung der Erregungsleitung im Nerven verdient auch die Entdeckung eines Gesetzes Erwähnung, welches in der Biologie eine grosse Bedeutung erlangt hat. Es ist dies das sog. Alles- oder Nichtsgesetz, an dessen Aufdeckung der Bonner Physiologe VERWORN massgeblich beteiligt war. In Anbetracht der Tatsache, dass wir durch Vermittlung der Nerven die Intensität der Muskelstätigkeit auf breiter Skala abstufen können, musste die Feststellung überraschen, dass die einzelne Nervenfasern zu einer quantitativen Dosierung nicht befähigt ist. Sie kennt nur ein Ja oder Nein. Im ersten Sinne antwortet sie mit ihrer ganzen Energie, sobald der auslösende Reiz eine gewisse Schwelle überschritten hat. Ist diese nicht erreicht, so verweigert die Fasern jede Reaktion; der zu schwache Reiz ist gleichsam ungeschehen. Die Abstufung der Aktivität ist das Ergebnis einer Fasern-Summe, an welcher Elemente grösserer und geringerer Empfindlichkeit beteiligt sind. Die Intensität der Innervation wird durch die Zahl der erregten Elemente bedingt. Analoge Verhältnisse gelten, wie seither erkannt, auch für den Skelettmuskel.

Im Zuge der Entwicklung zur quantitativen Analyse rückte auch der Zeitfaktor ins Blickfeld. Insbesondere wurde die Wirkung eines Reizes in Abhängigkeit von der Reizdauer genauer studiert. Indem LAPICQUE, heute der Nestor der französischen Physiologen, den Begriff der Chronaxie prägte, formulierte er ein Mass, durch welches mehr oder weniger träge bzw. rasch reagierende nervöse Elemente hinsichtlich ihrer Zeiteigenschaft gekennzeichnet werden können. Seither hat sich aus den Grundlagen, die er schuf, ein ganzer Forschungszweig entwickelt, indem man die verschiedensten Gewebearten in analoge Untersuchungen einbezog, und dazu übergang, die Bedeutung der ganzen «Gestalt» eines Reizes zu kontrollieren.

Seit man bestrebt ist, Lebensvorgänge im Sinne kausaler Verkettung zu verstehen, hat man sich immer wieder die Frage vorgelegt, auf welche Weise die von den Muskeln geleistete Arbeit hervorgebracht wird. Dass es sich nur um eine Umsetzung potentieller Energie durch Oxydationsprozesse

handeln kann, war längst klar. Es lag nahe, sich die Zusammenhänge analog vorzustellen, wie sie bei den technischen Wärmekraftmaschinen liegen. Hier steht bekanntlich am Beginn des einzelnen Arbeitsaktes die Verbrennung. Die durch sie freigesetzte Energie wird durch spezielle Anordnungen in eine gewollte Bahn gelenkt, auf welcher ein Teil der Kräfte in Form von «geordneter» Arbeit verwendbar wird. Forscher von Rang wie HELMHOLTZ und HEIDENHAIN hatten ihre Aufmerksamkeit der «Muskelmaschine» zugewendet und darüber Untersuchungen angestellt. Es blieb jedoch der ihnen folgenden, mit vollkommeneren Messinstrumenten ausgestatteten Generation vorbehalten, einen tieferen Einblick zu gewinnen. Dabei wurde mit den von HILL und HARTREE auf äusserste Empfindlichkeit entwickelten Versuchsdispositionen die überraschende Tatsache nachgewiesen, dass beim Muskel die Verbrennung dem Arbeitsakt erst nachfolgt. Der ganze Mechanismus spielt so, dass im ruhenden Muskel latent eine zur Entladung bereite Spannung vorhanden ist; sie wird gelöst, sobald der Nervenreiz dazu den Anstoss gibt. Dem Freiwerden der mechanischen Energie folgt automatisch ein Oxydationsprozess, welcher die innere Spannkraft regeneriert, d. h. die Muskelfibrille wieder in «schussbereiten» Zustand versetzt. Die grundsätzliche Bestätigung dieses eigenartigen Funktionsrhythmus durch die Ergebnisse von Stoffwechseluntersuchungen, wie sie MEYERHOF durchgeführt hat, stellte die Dynamik des Muskels auf eine neue Grundlage.

Grosse Fortschritte wurden in den letzten drei Dezennien auch hinsichtlich der Energetik des Gesamtorganismus erworben. Hier wurden durch RUBNER, ZUNTZ und LOEWY, KROGH u. a. auf Grund ebenso sinnreicher als mühevoller Untersuchungen die Bedingungen bekannt, welche die Umsetzungen im Körper massgeblich beeinflussen. Auf diese Weise konnte eine genaue Stoff- und Energiebilanz des Körpers aufgestellt werden, und man gewann exakte Unterlagen für die Beurteilung des physiologischen Nahrungsbedarfes des Menschen. Die eminente praktische Bedeutung dieses Einblicks ist nie so offenkundig gewesen wie gerade heute, wo Weiterexistenz oder Opferung unzählbarer Menschenleben von einer physiologisch optimalen Lenkung der Produktion und Verteilung der Nahrungsmittel abhängt. — Indem wir den Sektor Ernährung berühren, ist es gegeben, noch einer wichtigen Errungenschaft zu gedenken. Das Besondere an der neuen Situation ist sinnfällig dadurch gekennzeichnet, dass früher gestritten wurde, ob für den Menschen im Tag 30, 60, 80 oder 120 Gramm eines Stoffes (Eiweiss) nötig seien. Heute stehen Bruchteile von Milligrammen zur Diskussion, seit man nämlich weiss, dass im Getriebe des Stoffwechsels eine Reihe von Substanzen im Spiele sind, welche nur in minimaler Quantität gebraucht, aber durch nichts ersetzt werden können. Damit ist das Stichwort «Vitamine» gegeben mit deren Beziehung zu wohlbekannten Krankheiten, deren Wesen man früher z. T. in Giftwirkungen suchte (Abb. 1). Es begegnete ein englischer Forscher manchen ungläubigen Gesichtern, als er 1920 am Physiologenkongress in Paris Hunde mit Rachitis (im Volksmund als englische Krankheit bezeichnet) zeigte. Sie waren ausgerechnet durch Ernährung mit

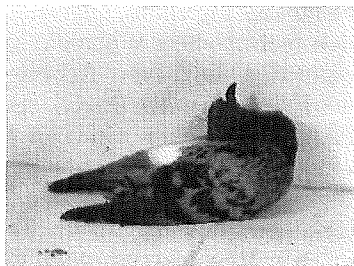


Abb. 1

Taube mit Krampf- und Lähmungserscheinungen, als Folge einer Mangelkrankheit (Beri-Beri).

einem besonders gereinigten Nährstoffgemisch in ihren Zustand gekommen. Trotz der typischen Veränderung am Skelett wurden Zweifel laut, ob die Ähnlichkeit im Bild Gleichheit der Ursache bedeute und ob überhaupt vom Hund auf den Menschen geschlossen werden könne. Es ist interessant, weiteres von der Geschichte der Feststellung MELLANBY's zu erfahren. Zunächst wurde man mit den Ergebnissen amerikanischer Untersucher über die Heilkraft von Sonnenlicht auf rachitiskranke Kinder bekannt gemacht. Dann zeigte sich, dass eine Heilwirkung auch erzielt werden kann, wenn die Milch, mit welcher die Kinder ernährt werden, ultraviolett vorbestrahlt worden ist. Diese Befunde bedeuteten zunächst eine Komplikation, da man das Fehlen eines stofflichen Prinzipes als Krankheitsursache in Verdacht hatte und nun offenbar durch Zufuhr einer bestimmten Form von Energie der Schaden behoben wurde. Dieser Gegensatz fand in der Folge restlose Aufklärung. Der bekannte deutsche Chemiker WINDAUS richtete auf Grund gewisser Indizien sein Augenmerk auf eine Substanz aus der Steringruppe. Mit Hilfe der vom Physiker gehandhabten quantitativen Spektrographie wurde ein fakultativer Begleitstoff von Cholesterin (dieses dem Mediziner u.a. als Gallensteinbildner bekannt) ausfindig gemacht, welcher durch Bestrahlung biologische Wirksamkeit erhält, und zwar eben im Sinne jener Heilwirkung. Der Weg, der zu dieser Entdeckung geführt hat, ist nicht nur für das ganze Kapitel der Vitamine, sondern für die wissenschaftliche Forschung überhaupt charakteristisch: Der Enderfolg ist fast immer das Ergebnis einer von Stufe zu Stufe emporführenden Zusammenarbeit; dabei überschreitet das wissenschaftliche Interesse als eine Angelegenheit der gesamten Menschheit alle politischen Grenzen. Oft genug hängt wie hier die Erreichung des hohen Zieles noch davon ab, dass sich Vertreter verschiedener Disziplinen zusammenschließen! Diesen Sachverhalt gerade heute festzustellen ist wichtig, weil er ein Ruf an die Wissenschaftler aller Länder bedeutet, sich aus höherer Pflicht wieder zu finden, sobald nur die Umstände es gestatten. Auch enthält die absichtlich näher geschilderte Entdeckungsgeschichte des antirachitischen Prinzipes eine Mahnung an alle jene, welche in der Spezialisierung der Wissenszweige die einzige Vorbedingung

des Erfolges erblicken. Dagegen ist festzustellen, dass es oft genug gerade die «Querverbindungen» sind, welche schöpferischer Erkenntnis höherer Ordnung zum Durchbruch verhelfen. — Bei der heutigen Popularität der Vitamine ist es nicht nötig, bei diesem Thema noch weiter zu verharren. Immerhin wollen wir die Freude nicht unterdrücken, dass auch ein Mitglied unserer Gesellschaft, Herr KARRER, sich mit grossen Erfolgen an der Aufklärung der chemischen Konstitution einzelner Vitamine beteiligt hat. — Im weiteren dürfen wir nicht an der Feststellung vorbeigehen, dass die Einsicht über die Wirkungsweise der Vitaminstoffe im Organismus noch sehr lückenhaft ist, wenn auch allerlei Vorstellungen und Theorien mehr oder weniger begründet werden. In dieser Hinsicht ist die Beziehung der Carotinoide zum Sehakt besonders interessant, indem die Empfindlichkeit der Netzhaut unseres Auges von der Gegenwart des A-Faktors abhängt. Ja, gewisse Beobachtungen lassen vermuten, dass sogar das ganze Farbensehen, dem wir den unendlichen Reichtum und oft auch die Schönheit der optischen Eindrücke verdanken, mit Eigentümlichkeiten von Carotinoiden in direktem Zusammenhang steht! — Soll ich schliesslich auf einem ganz anderen, nämlich dem energetischen Gebiet ein Beispiel erfolgreicher analytischer Differenzierung nennen, so erinnere ich mich an die zielsicheren Bemühungen, die «Struktur» der menschlichen Stimme und Sprache aufzudecken, welche von Fra A. GEMELLI O.F.M., ferner W. TRENDELENBURG durch Einsatz modernster Registriertechnik in ihre letzten Elemente zerlegt werden konnten.

## II.

In Konsequenz der quantitativen Erforschung der Organfunktionen erkannte man, dass das einzelne Organ in seiner Leistung nicht konstant ist. Je nach der Gesamtsituation ist die Aktivität grösser oder kleiner. So schwankt der Luftwechsel bei der Atmung in einem Verhältnis von reichlich 1:10. Indem wir die Veränderlichkeit des Tätigkeitsgrades und die Anpassung an wechselnden Bedarf betrachten, begeben wir uns auf eine andere, höhere Ebene biologischer Problematik. Zur Diskussion gestellt ist nun das Thema Regulation. Hierüber weiss man, dass im Bereich vegetativer Funktion die Fähigkeit, sich nach verschiedenen Ansprüchen zu richten, schon im einzelnen Organ verankert ist. Ein eindrucksvolles Beispiel ist das Herz. So konnten STARLING durch seine hervorragende experimentelle Kunst, ferner die durch die Präzision ihrer Arbeit vorbildlichen Physiologen und Internisten FRANK und STRAUB beweisen, dass das vom Körper vollständig losgelöste Herz über ein erstaunliches Vermögen verfügt, seine Leistung nach der zugeschickten Blutmenge und nach den zu überwindenden Widerständen zu richten. — Interessant sind in der weiteren Entwicklung der Lehre von der Regulation die Einblicke in die ganze Organisation, welche die Funktionen der einzelnen Kreislauf-

organe — samt der ihnen eigentümlichen Anpassungsfähigkeit — zur koordinierten Gemeinschaftsleistung zusammenfasst. Um die Bedeutung der Regulation in ihrem ganzen Umfang zu erkennen, muss die Tatsache im Auge behalten werden, dass nicht nur der Effekt gesichert, sondern auch sein Übermass verhindert wird. Hiefür liefert wieder der Kreislauf ein sehr durchsichtiges Beispiel. An bestimmten Stellen des Arteriensystemes sind nervöse Apparate eingebaut, welche in einer durch HERING, HEYMANS und KOCH näher analysierten Weise bei zunehmender Wandspannung Hemmungsreflexe betont wirksam werden lassen. In dieser Weise wird eine *Ökonomisierung* der Betriebsmittel erreicht, und die arbeitenden Organe werden zu Zeiten der Höchstbeanspruchung vor Überlastung geschützt.

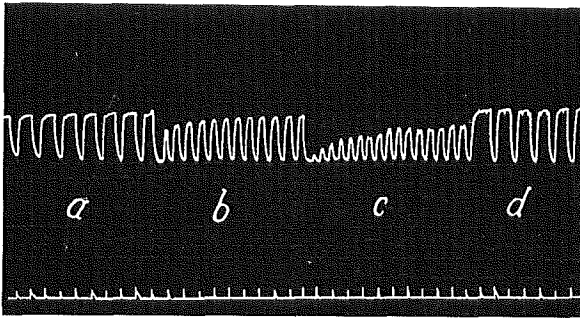


Abb. 2

Die Regulation des Atmungstypus in Abhängigkeit vom Füllungsgrad der Lunge. Bei *a* und *d* steht die Lunge unter hoher Spannung (starke Füllung). Bei *b* ist das Lungengewebe leicht, bei *c* mehr entspannt (geringere Lungenfüllung).

Weitgehend orientiert sind wir heute auch über die Regulation der Atmung, sowohl was die Anpassung ihres Umfangs als auch den u. a. in Frequenz und Amplitude zum Ausdruck kommenden Atmungstypus betrifft (Abb. 2). Mit den z. T. erst in den allerletzten Jahren gemachten Erfahrungen sind Einblicke von allgemeinerem Interesse gewonnen, indem sie einen paradigmatischen Beitrag zur Lehre von den nervösen Zentren liefern.

Aus dem Gebiete der Regulation der Verdauung nennen wir ein Beispiel aus der Lebensarbeit des grossen russischen Physiologen PAWLOW, der mit seinen zahlreichen Schülern die operative Technik so weit entwickelt und in mannigfacher Variation angewendet hat, dass wir die Einflüsse, welche die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen beherrschen, gut übersehen. Um diesen Punkt zu erreichen, bedurfte es u. a. auch der Entdeckung eines eigenartigen Regulationsmechanismus, der von dem bereits erwähnten Londoner Physiologen STARLING und seinem Mitarbeiter BAYLISS klargestellt worden war. Sie spürten nämlich in der Schleimhaut des Zwölffingerdarms eine Substanz auf, die bei Kontakt mit dem aus dem Magen kommenden

sauren Speisebrei aktiviert und dann vom Blute, welches die Schleimhaut durchströmt, aufgenommen wird. So gelangt der Stoff in den ganzen Körper, u. a. auch in die Bauchspeicheldrüse. Diese reagiert nun auf den erwähnten Stoff sehr energisch und zwar konform ihrer physiologischen Funktion. Sie schüttet in grossen Mengen ihr Sekret in den Zwölffingerdarm aus, wo es sich als Verdauungssaft dem Speisebrei beimischt. Damit ist ein Kreis geschlossen, in welchem ein vom Körper selbst gebildeter spezifischer Reizstoff durch Vermittlung des Blutstromes regulatorische Wirkung entfaltet (Abb. 3). Das Prinzip der chemischen Fernsteuerung war als neuer Tatbestand erkannt; die Grundlagen zur Lehre von den Hormonen waren gelegt, die heute schon, obwohl längst nicht abgeschlossen, eine ausserordentlich wichtige Rolle in der normalen und pathologischen Physiologie spielt. Zu dieser so erfolgreichen Entwicklung verhalfen zum guten

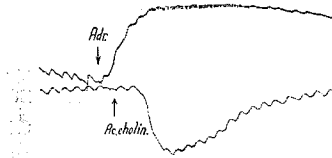


Abb. 3

Hormonale Beeinflussung des Blutdruckes. Obere Kurve: Blutdrucksteigerung als Symptom der Adrenalinwirkung. Untere Kurve: Blutdruckabsturz als Symptom des Einflusses von Acetylcholin. Die Effekte sind teils durch Aktivierung bzw. Hemmung der Herztätigkeit, teils durch Verengung bzw. Erweiterung der peripheren Blutbahnen bedingt.

Teil auch andere naturwissenschaftliche Disziplinen. Im speziellen waren es die Chemiker, welche verschiedene Hormone identifizierten; wir haben dadurch genaue Kenntnisse über diese «Instrumente», welche kraft besonderer Organisation der Erfolgsorgane das Geschehen in unserem Körper oft tiefgreifend beeinflussen. Indem wir dies feststellen, richtet sich unser Blick wieder auf eines unserer Mitglieder, nämlich auf Kollege RUZICKA, der auf diesem Gebiet Pionierarbeit geleistet hat. Auch der Kliniker lieferte wertvolle Beiträge und gab der Erforschung der hormonalen Regulation starken Auftrieb, indem er u. a. Möglichkeiten aufzeigte, die Erkenntnis der Heilung dienstbar zu machen. — In diesem Zusammenhang taucht die Erinnerung an einen grossen Tag der Physiologie auf. Es war am Internationalen Physiologenkongress in Edinburgh (1923), als eine durch MACLEOD organisierte Forschergruppe die in seinem Laboratorium BANTING und BEST geglückte Lösung eines alten Problemes mitteilte. Es handelte sich um die Entdeckung des Insulines, d. h. jenes Hormones, dessen partieller Ausfall die ziemlich häufig vorkommende Zuckerkrankheit zur Folge hat. Damit war der Weg zur Gewinnung eines ebeno wirksamen als natürlichen Heilmittels geebnet; das physiologische Experiment hatte der Menschheit ein wertvolles Geschenk vermittelt.

## III.

Hatte uns bis dahin die Regulation der Funktion einzelner Organe beschäftigt, so fragen wir uns nun, wie die Leistungen der verschiedenen vegetativen Systeme so aufeinander abgestimmt werden, dass ein harmonisches Gesamtverhalten des Organismus resultiert. Es ist bekannt, dass auch auf dieser hohen Ebene organisatorischer Zusammenfassung das stoffliche Regulationsprinzip, das Hormon, eine wichtige Rolle spielt. An seiner Seite, z. T. ihm noch übergeordnet, ist mit grosser Machtentfaltung ein Kräftesystem wirksam, dessen substantielle Grundlage das vegetative Nervensystem darstellt. Seine Erforschung ist in erster Linie mit LANGLEY, dem ehemaligen Physiologen von Cambridge, verbunden. Durch ihn haben wir von jener Gliederung erfahren, welche heute noch als Kennzeichen des Bauplanes gilt. Die organeigene, von einem peripheren Nervennetz abhängende Automatie der vegetativen Organe wird durch zwei antagonistische zentrale Innervationskomponenten gesteuert, deren eine durch den Sympathicus und deren andere durch den Parasympathicus zum Erfolgsorgan gelangt. Typisch sind die verschiedenen Wurzelgebiete, welche die beiden Abschnitte des vegetativen Nervensystems mit dem Zentralnervensystem verbinden. Eine baugesetzliche Besonderheit ist ferner die konsequente Unterbrechung der Erregungsübertragung auf dem Weg nach der Peripherie. — Es entspricht der ganzen Entwicklung der Physiologie, wenn die erste Konzeption des vegetativen Nervensystemes auch im Gedankenbereich des Physiologen sehr ausgesprochen morphologischen Kriterien verhaftet blieb. Zögernd setzt sich aber die Einsicht durch, dass die Organisation der Funktion sich nur auf Grund funktioneller Gesichtspunkte folgerichtig begreifen lässt. Diese konsequent dynamische Betrachtungsweise stützt sich darauf, dass Ordnung im biologischen Geschehen sich in einem auf das Subjekt bezogenen Ergebnis, d.h. in einem Erfolg dokumentiert. Dementsprechend bedeutet Verstehen organisatorischer Problematik Einblick in das Zusammenwirken von Kräften aller Dimensionen, die um Leistungen tieferen und höheren Ranges gruppiert sind. Ein konkretes Beispiel soll diese neueste Entwicklungsphase funktioneller Betrachtungsweise verständlich machen: Die sympathische Innervation des Herzens treibt dieses zu gesteigerter Tätigkeit, die mit Entwicklung erhöhter Spannkraft verbunden ist. Die sympathische Innervation induziert gleichzeitig eine Spannungsabnahme in der Muskulatur der Herzarterien. Wir haben also eine offenkundige Gegensätzlichkeit der Wirkungen vor uns, wenn wir diese auf die morphologischen Objekte — d.h. einerseits auf das Herz, andererseits auf die Herzarterien — beziehen. Ein anderes Bild ergibt sich, wenn wir das Verhältnis des Reizes zur erfolgsmässigen Auswirkung untersuchen. Nach physikalischem Gesetz wird das Gefässrohr bei erschlaffender Wandmuskulatur erweitert; die Blutzufuhr zum Herzen nimmt entsprechend zu. Auf die physiologische Funktion der Arterie interpretiert bedeutet das Nachlassen der Gefässmuskelspannung also ebenfalls Lei-



stungssteigerung. E r f o l g s m ä s s i g ist tatsächlich die Wirkung des Sympathicus auf Herz und Herzgefäss g l e i c h g e r i c h t e t. Von erhöhter Bedeutung für das Verständnis funktioneller Ordnung ist die Einschätzung innervatorischer oder hormonaler Wirkungen dort, wo es sich um die regulatorischen Zusammenhänge in verschiedenen Funktionssystemen handelt. So erscheint auch der gegensätzliche Einfluss des Sympathicus auf die Verdauungsorgane (Hemmung) und das Herz (Aktivierung) durchaus auf gleichen Enderfolg orientiert und in diesem Sinne vollendet koordiniert. Hier ist massgebend, dass die Mehrleistung des Herzens der arbeitenden Körpermuskulatur wirkungsvoller zugute kommt, wenn gleichzeitig die Blutversorgung der Verdauungsorgane nach Möglichkeit ausgeschaltet wird. — Es wäre eine sehr interessante und auch dankbare Aufgabe, das Prinzip der erfolgsmässigen Beurteilung noch weiter zu belegen. Wir müssen es uns hier leider versagen. Nur soviel möge angedeutet sein, dass, wenn wir uns die skizzierte Einstellung zu eigen machen, viele Widersprüche in der Physiologie und auch zwischen physiologischer und klinischer Erfahrung verschwinden; es entfaltet sich ein um vieles gekläarteres Bild von der Ordnung im lebendigen Geschehen.

#### IV.

Selbst der vollständigste Einblick in das Getriebe der einzelnen vegetativen Funktionen, in ihre Regulation und schliesslich in die zur harmonischen Kollektivleistung zusammenfassende Ordnung bleibt Teilerkenntnis. Wir begreifen nur, wie der Organismus in seinem i n n e r e n Z u s a m m e n h a l t gesichert ist. Nicht Rechnung getragen ist jedoch der Tatsache, dass sich das Individuum mit all den aus der Umwelt einwirkenden Kräften auseinandersetzen muss, um teils in der Abwehr, teils im Angriff sein Leben zu bestehen. Indem wir die mit der Erfüllung dieser Aufgabe betraute Funktion betrachten, wenden wir den Blick einem neuen Kapitel zu. Hier steht der Physiologe z. B. vor der Frage, wie in stufenweisem Aufbau die Kräfte der einzelnen Muskeln zu abgemessenen Arbeitsakten gruppiert, sodann zur erfolgreichen Handlung entwickelt werden. Eine wichtige Rolle bei dieser «integrativen» Leistung des Zentralnervensystems spielen einfache und komplizierte Reflexe, welche u. a. die Fähigkeit vermitteln, im Schwerefeld eine adäquate Stellung zu behaupten. Hier denken wir vor allem an die grundlegenden Forschungen von SHERRINGTON, PAUL HOFFMANN und MAGNUS. Seither haben wir den Weg zur vollendeten Synthese motorischer Spitzenleistungen noch weiter übersehen gelernt. So liessen ausgedehnte Untersuchungen eines durch seine Stellung besonders interessanten Abschnittes des Zentralnervensystemes, des sog. Zwischenhirnes, erkennen, wie die Summe der Kräfte, welche dem Körper in Ruhe und Bewegung jene Haltung sichern, welche von Augenblick zu Augenblick die zielrichtige Fortsetzung der Handlung ermöglicht. Ohne das verlockende Thema der B i o m o t o r i k weiter aufrollen zu

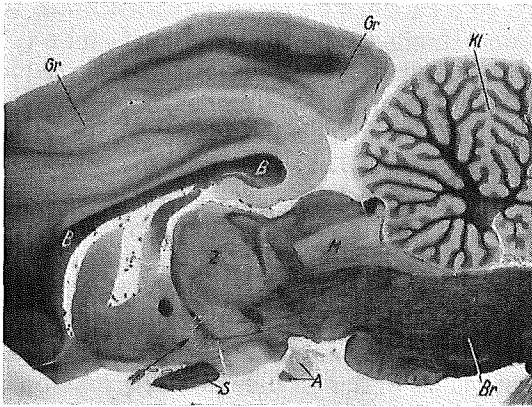


Abb 4

Vertikaler Längsschnitt durch das Katzengehirn, ca. 2 mm seitlich der Mittellinie.  
*Gr* Grosshirn; *B* Balken; *Kl* Kleinhirn; *Z* Zwischenhirn; *M* Mittelhirn; *S* Sehbahn; *A* Hirnanhang. Der Pfeil weist auf das (weiss schraffierte) Zentrum der affektiven Erregung im untern Teil des *Septum pellucidum* hin.

können, wollen wir wenigstens noch darauf hinweisen, dass auch auf dem weiten und höchst fesselnden Gebiet der Sinnesphysiologie manche neue Erfahrung die früheren Kenntnisse bereichert und z.T. verständnismässig abgerundet hat. — Schliesslich bleibt noch die grosse Problematik der hohen und höchsten Leistungen des Zentralnervensystemes, die den Physiologen bis an das psychische Geschehen heranzuführt; denn es steht fest, dass auch die Psychodynamik ihren physiologischen Aspekt hat. Schon manche Tatbestände sind bekannt, welche ihn näher charakterisieren. Hiezu gehört z. B. die Möglichkeit, das typische Verhalten, welches wir bei der Katze beobachten, wenn sie sich von einem Hunde bedroht sieht, auch künstlich auszulösen; es genügt, dass man an bestimmter eng umgrenzter Stelle des Gehirnes einen leisen elektrischen Reiz anlegt (Abb. 4).

Der Kausalzusammenhang ist so auffällig, dass man fast glauben möchte, man hätte durch dieses Experiment einen Schritt auf dem Wege zur Ergründung des Wesens seelischen Erlebens getan! Ich zweifle, ob es notwendig ist, zu betonen, dass ein solcher Gedanke in jeder Auslegung abzulehnen ist. — Kausal ist nur fassbar, was in Stoff und Kraft gekleidet erscheint. Indem so die Grenzen physiologischer Erkenntnismöglichkeiten festgestellt sind, bin ich auch am Schluss meiner Ausführungen angekommen.