



PONTIFICIA
ACADEMIA
SCIENTIARVM

COMMENTARII

Vol. I

N. 39

WALTER RUDOLF HESS

PRINZIPIEN CEREBRALER ORGANISATION

EX AEDIBVS ACADEMICIS IN CIVITATE VATICANA



PONTIFICIA
ACADEMIA
SCIENTIARVM

COMMENTARII

Vol. I - N. 39

pag. 1-12

PRINZIPIEN CEREBRALER ORGANISATION

WALTER RUDOLF HESS

Academicus Pontificius

SUMMARIVM — Ex experimentis in arterioso systemate factis Auctor ostendit primum quomodo efficiatur synergica quaedam coordinatio in systematis periphericae regulationis et deinde quomodo efficiatur ulterior regulatio ormonalis et nervea circumlationis sanguinis.

Auctor praeterea putat circuli sanguinei regulationem in dienaephalo praesertim componi, ibique connecti cum aliis systematis functionum.

Die mir, einem Physiologen angebotene Gelegenheit, in diesem Kreis etwas aus meinem wissenschaftlichen Arbeitsgebiet vorzutragen gerne nutzend, wende ich mich einem Thema zu, welches mich von jeher beschäftigt und in meinem Innersten bewegt hat. Es betrifft dies *die Ordnung im Naturgeschehen*. Als ein konkretes Beispiel fasse ich den Blutkreislauf ins Auge, welcher die verschiedenen Organe unter Anpassung an ihren jeweiligen Bedarf mit dem ernährenden Blutstrom versorgt. Damit ist die Frage zur Diskussion gestellt, wie diese lebenswichtige Funktion erfüllt wird. Eine erste Antwort geben experimentelle Erfahrungen, welche seinerzeit eine Gruppe von Mitarbeitern bei Überprüfung der *Eigenschaften* isolierter Arterien gemacht hat. Hiezu wurden ringförmige Präparate von lebensfrischen, verschiedenen Organen entnommenen Arterien

Mitteilung während der Vollversammlung der Päpstlichen Akademie der Wissenschaften am 12. Oktober 1963.

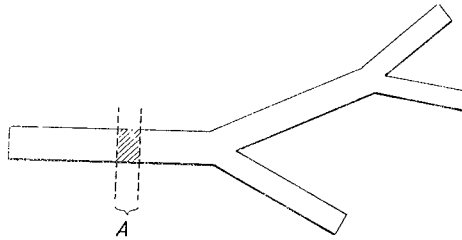


FIG. 1

A = Ausschnitt aus einer mittelgrossen Arterie zur Kontrolle der Eigenschaften.

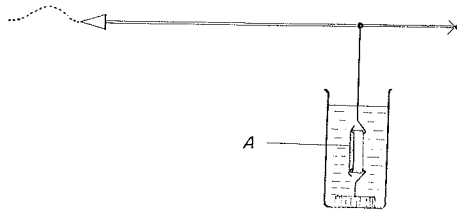


FIG. 2

Ausgeschnittener Arterienring in sauerstoffhaltiger Nährlösung. Der autonome Wechsel der Wandspannung wird in Form einer Kurve registriert.

mittels geeigneter Apparatur in bezug auf die Spannung der Gefässwandung kontrolliert (Fig. 1+2). Als Resultat ergab sich fürs erste, dass unter geeigneten Bedingungen spontane Spannungsschwankungen auftreten. Diese Feststellung bedeutet, dass das Arterienrohr über ein gewisses Mass von *Autonomie* verfügt (Fig. 3) [1]. Auf den Querschnitt des unverletzten Arterienrohres bezogen wird dadurch dokumentiert, dass dieses auf Grund eigener Potenz dauernd um eine Gleichgewichtslage zwischen erweiternden und verengenden Tendenzen oscilliert. Dazu kommt als zweites das Ansprechen auf mechanische und bestimmte chemische Reize, welche die Arterienwandung direkt treffen. Je nach der Qualität des che-



FIG. 3

Arterie bei Steigerung der O₂ Zufuhr (Art. ren; Kuh) [aus Rothlin: « Biochem. Z. », III: 219 (1920)].

mischen Reizes kommt es zu einer Kontraktion oder einer Entspannung als Ausdruck einer spezifischen *Reaktivität*. Weitere präzisierende Untersuchungen wurden von dem bekannten dänischen Physiologen A. KROGH [2] durchgeführt und u.a. die Bedeutung des quantitativen Moments speziell bei mechanischer Reizung zur Kenntnis gebracht. Als drittes Faktum wurde festgestellt, dass die Art der Reaktion, abgesehen von Qualität und Quantität der Reize davon abhängt, welchem Abschnitt des Kreislaufsystems das getestete Arterienstück entnommen ist. So antwortet z.B. ein Arterienring aus dem Bereich des Verdauungsapparates auf Adrenalin mit intensiver Kontraktion (Fig. 4) [3], während ein Präparat aus dem Arteriensystem des Herzens auf den gleichen chemischen Reiz diesen Effekt vermissen lässt, bzw. mit Dehnung reagiert (Fig. 5) [4], so dass sich also das Lumen des Gefäßrohres erweitert und dem unter Druck stehenden Blut die Bahn entsprechend freigibt. In Anbetracht solcher Verhältnisse hat es den Anschein, dass hinsichtlich der Reaktivität innerhalb des umfassenden Arteriensystems Gegensätze bestehen. Eine solche Interpretation lässt indessen weitere Zusammenhänge hin-

FIG. 4

Reaktion einer Mesenterialarterie auf chemischen Reiz (Adrenalin). Die Kontraktion wird überlagert von spontanen Spannungsschwankungen, welche sich als kleine Wellen abzeichnen. [Aus DURET: « Pflüg. Arch. », 227: 753 (1931)].

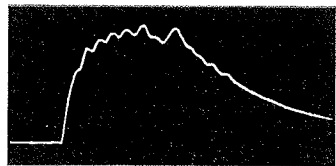
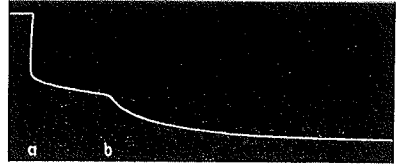


FIG. 5

Bei a) Dehnung der Wandung einer Koronararterie auf mässige Belastung (Rind). Bei b) zusätzliche Dehnung auf Adrenalinbeigabe in kleiner Konzentration (Konzentration 10^{-6} . [Aus DUCRET: « Pflüg. Arch. », 225: 680 (1930)].



sichtlich der Wirkung auf die Blutverteilung ausser acht. Projiziert man nämlich die isoliert betrachteten Effekte in das integrale Arteriensystem, so sieht die Sache anders aus. Denkt man z.B. an eine Situation mit angestrenzter körperlicher Arbeit, so wird von den tätigen Muskeln, insbesondere auch vom Herzen vermehrte Arbeit abgefordert. Die Schlagfrequenz nimmt zu und der Blutdruck steigt an. Hinsichtlich der zirkulatorischen Konsequenzen bedeutet Gefässerweiterung der Herzarterien vermehrte Blutzufuhr, welche die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels steigert, ihn also seiner erhöhten Beanspruchung anpasst. Dieser Konsequenz gleichgerichtet ist die Drosselung der Gefässe in andern Abschnitten des Kreislaufsystems, insbesondere in dem für die Blutverteilung äusserst wichtigen Splanchnikusgebiet. Indem sich hier die Arterien verengern, kommt die dadurch bedingte Hemmung des Blutstromes als vermehrte Zufuhr andern Abschnitten zu gut. Im konkreten Fall wären dies also die arbeitenden Muskeln und das Herz, weil dessen Arterien sich unter dem Einfluss des erhöhten Blutdruckes ausweiten und u.U. wie dargestellt durch Ausschüttung von Adrenalin sich reaktiv dilatieren. Indem wir auf solche Zusammenhänge aufmerksam machen, geben sich die Eigenschaften, welche an den isolierten Arterienringen als gegensätzlich erscheinen, als Ausdruck einer sinnvollen, d.h. synergen Koordination zu erkennen. Auf diese Feststellung besonderes Gewicht zu legen, ist heute wohl begründet, weil in der physiologischen Forschung mehr und mehr die Tendenz vorherrscht, natürlicherweise zusammenhängende Funktionen zu

zergliedern. Infolgedessen ergibt sich eine Unsumme von « facts » in welcher man sich immer weniger zurechtfindet. Wenn man es sich, wie im vorgelegten Beispiel, zur Pflicht macht, die durch differenzierende Arbeitsrichtung gewonnenen Daten durch kritische Überlegungen unter sich wieder in Verbindung zu bringen, so ist der Lohn dafür ein umfassendes Begreifen. Gleichzeitig ergeben sich Richtlinien für weitere Forschungsziele, welche im gegebenen Fall die Darstellung zusätzlich koordinierender Dispositive betreffen. Einerseits bestehen diese in nervösen Zentren, deren Struktur die weiter gefasste regulatorische Funktion organisiert, nämlich durch Vermittlung der sog. Vasokonstriktoren und Vasodilatoren, welche regulierende Impulse den Gefäßmuskeln zuleiten. Daneben werden, abgesehen von den lokal gebildeten und an den Arterien direkt angreifenden Stoffwechselprodukten, in besonders drüsigen Organen regulatorisch wirksame Stoffe gebildet. Durch Ausschüttung in das zirkulierende Blut wird auch hier eine integrierende Fernwirkung auf die verschiedenen peripheren Abschnitte des Arteriensystems erzielt.

Wenden wir nun unser Interesse etwas näher den nervösen Zentren zu, so stellt sich die Frage nach ihrer Lage. Darüber ist man dahin orientiert, dass sie z.T. in extrazentrale Ganglienzellhaufen eingeschaltet, zum andern Teil ins Rückenmark aufgenommen sind und dort (als dritte Stufe) mit deutlicher Streuung nach oben und unten segmentär angeordnet und entsprechend, in die Peripherie projiziert, wirksam sind. Wie a.a.O. ausführlicher dargestellt [5], ist eine noch umfassendere Beherrschung des Kreislaufgeschehens im Bereich der Medulla oblongata zentriert, d.h. im untersten Abschnitt des phylo- wie ontogenetisch in fünf Teile gegliederten Gehirnes. Etwas schematisiert haben wir es hier mit der vierten Stufe im hierarchischen Aufbau der nervösen Apparatur zu tun, welche die allumfassende Verteilung des Blutstromes sicherstellt. Im übrigen ist hier zu vermerken, dass die Zentren tieferer und höherer Ebenen untereinander in funktioneller Beziehung stehen und zwar

derart, dass die oberen Instanzen auf die untergeordneten einen hemmenden Einfluss ausüben. Hinsichtlich der Konsequenzen dieses Ordnungsprinzips muss der Hinweis genügen, dass sie sich bei funktioneller Insuffizienz der übergeordneten Steuerorgane (z.B. infolge lokaler Erkrankung) nach Art einer Kompensation geltend machen. Denn mit einem Versagen der übergeordneten Zentren fällt automatisch auch die Hemmung der untergeordneten weg, wodurch diese ihre Funktion entsprechend wirksamer zur Geltung bringen können. Damit werden die primären Ausfallserscheinungen teilweise behoben, was sich als Beitrag zu einer relativen Rehabilitierung kundgibt.

Die bisher gewonnene Einsicht vom hierarchischen Aufbau der Kreislaufregulierung motiviert die Frage, ob unter Umständen nicht auch Strukturen mit koordinierender Funktion auf noch höherer Ebene mitspielen. Um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, musste s.Zt. eine spezielle Untersuchungstechnik entwickelt werden, mit welcher das vom Grosshirn überlagerte Zwischenhirn (Diencephalon) experimentell angegangen werden kann (an Katzen). Hinsichtlich der Wirkung künstlicher Reizung in seinem Bereich interessieren in diesem Zusammenhang speziell Einflüsse auf den Blutkreislauf, wie Änderungen der Schlagfrequenz des Herzens, auch des Blutdruckes. Um eine Übersicht über die Resultate einer Grosszahl von Testversuchen zu gewinnen, wurden für die genannten Kriterien graphische Symbole in Photogramme von Hirnschnittserien eingetragen. Dabei hat sich eine in die Augen fallende Gruppierung in aktivierende und hemmende Strukturen gezeigt, d.h. einerseits Steigerung des Blutdruckes oft einhergehend mit einer Zunahme der Schlagfrequenz des Herzens, andererseits Blutdrucksenkung, begleitet von einer Hemmung der Herztätigkeit. Ein zusätzlicher Befund ist der ausgesprochene Einfluss auf die Atmung, je nach Lage der Reizstelle im Sinne einer Hyper- oder einer Hypopneu. Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Feststellung, dass die Reizstellen mit aktivierender, d.h. ergotroper und diejenigen auf Entlastung des Betriebes und Erhol-

ung orientierten, d.h. trophotroper Wirkung betreffend den Blutkreislauf und die Atmung lokalisatorisch übereinstimmen, somit auf der Ebene des Zwischenhirnes die Belüftung des Blutes und seine Beförderung in die Gewebe miteinander synerg verknüpft sind [6] [7]. In diesem Sinn ist somit die oben gestellte Frage bejaht. Ausserdem hat sich gezeigt, dass noch andere vegetative Systeme aus dem Zwischenhirn regulatorisch beherrscht werden, wie Speichelsekretion und Hacheln als projektive Reaktion gegen Wärmestauung im Körper. Auch wurden aus umschriebener Zone Harn- bzw. Kotentleerung ausgelöst und einem circumscribten Gebiete Würgen, Erbrechen, Niesen, Erweiterung bzw. Verengung der Pupillen.

Fasst man die aus dem Zwischenhirn erzielten Reizwirkungen zusammen, so erhält man ein aufschlussreiches Bild betreffend die Funktion des Zwischenhirnes als Koordinator der Tätigkeit der inneren Organe mit Gliederung in Zonen synerger Symptome [7] [8]. Inbegriffen in das gewonnene Material sind ferner bestimmte extrovertierte Verhaltensweisen. Im Einzelnen darauf einzugehen würde den meiner Mitteilung gesteckten Rahmen überschreiten. Indessen mag es gestattet sein, noch kurz auf eine besonders interessante Beobachtung einzugehen. Sie betrifft die Auslösung des typischen Wutsyndroms, welches sich durch die Drohgebärde manifestiert und bei verstärkter Reizung in eine Abwehr-Angriffsreaktion übergeht, die unter Führung der Augen auf ein in erreichbarer Nähe stehendes Mitglied der Arbeitsequipe gut gezielt ist. Bei etwas anderer Lokalisation der Reizelektrode kommt es zu einem Fluchtverhalten, dessen Auftreten, abgesehen von der Lokalisation der Reizstellen, von der visuell kontrollierten Umgebung abhängt. Sieht die Katze keine Möglichkeit zur Flucht, so geht sie entsprechend der Polarität der Gefühle zum Angriff gegen den potentiellen Feind über. Nimmt sie hingegen irgendwo eine Lücke wahr, durch welche sie ausweichen kann, so wendet sie sich, diese benützend, im gegebenen Augenblick zur Flucht [9].

Neben diesen experimentellen Erfahrungen verdient ferner das durch lokalisatorisch definierte Reizung bedingte Verhalten von Ziegen Beachtung, welche nach vorangegangener Dressur bei Reizung in bestimmtem Bereich des Zwischenhirns auf kompliziertem Weg eine Wassergefäß aufsuchen und den Inhalt trinken und zwar auch dann, wenn sie vorher Gelegenheit gehabt haben, ihren Durst ad libitum zu löschen. Hierüber näheres aus dem Munde des Autors B. ANDERSSON [10] [11] in diesem Kreise zu hören, hatten Sie vor einem Jahr Gelegenheit und sich dabei auch über die dem erfolgreichen Forscher zu Teil gewordene Auszeichnung zu freuen. Gibt man sich nun über die verschiedenen zuletzt referierten Beobachtungen eingehendere Rechenschaft, so wird man gewahr, dass durch sie ein grundsätzlich wichtiger Schritt hinsichtlich der Einsicht in die funktionelle Organisation des Gehirnes getan ist. Denn gezielter Angriff, Wahrnehmung und Beurteilung eines möglichen Fluchtweges, desgleichen Verwertung erlernter Kenntnisse sind Kriterien für die Manifestation bestimmter Bewusstseinsinhalte, so wie auch Eindrücke, welche durch die Sinnesorgane vermittelt werden und das individuelle Verhalten beeinflussen. Wie dies im einen und im andern Fall geschieht, d.h. auf welche Weise die Erregung organisatorisch definierter cerebraler Strukturen als bestimmte Bewusstseinsinhalte in die Sphäre des Psychischen transponiert beziehungsweise von dieser aktiv erfasst wird, ist allerdings eine andere Frage, deren Beantwortung unsere geistigen Fähigkeiten übersteigt. Entsprechend muss sich der Physiologe mit der Feststellung bescheiden, dass seinen Forschungszielen Grenzen gesetzt sind.

L I T E R A T U R E

- [1] ROTHLIN E.: *Experimentelle Studien an überlebenden Gefässen unter Anwendung der chemischen Reizmethode.* « Biochem. Z. », III, 219, 1920.
- [2] KROGH A.: *Innervation of the bloodvessels in the tongue of the frog.* « J. Physiol. », 53, 399, 1920).
- [3] DUCRET S.: *Tonusschwankungen und Adrenalinirregbarkeit der Mesenterialgefässe.* « Pflügers Arch. », 227, 753, 1931).
- [4] DUCRET S.: *Die Reaktion der Coronararterie auf Adrenalin.* « Pflügers Arch. », 225, 680, 1930.
- [5] HESS W.R.: *Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems.* Benno Schwabe, Basel. 1948.
- [6] HESS W.R.: *Das Zwischenhirn, Syndrome, Lokalisationen, Funktionen.* Benno Schwabe, Basel. 1949.
- [7] HESS W.R.: *Das Zwischenhirn, Syndrome, Lokalisationen, Funktionen. Zweite, erweiterte Auflage.* Benno Schwabe, Basel. 1954.
- [8] HESS W.R.: *Vegetative Funktionen und Zwischenhirn.* Benno Schwabe, Basel. 1947.
- [9] DE MOLINA A.F., HUNSPERGER R.W.: *Central representation of affective reactions in forebrain and brain stem: electrical stimulation of amygdala, stria terminalis and adjacent structures.* « J. Physiol. », 145, 251, 1959.
- [10] ANDERSSON B., WYRWICKA W.: *The elicitation of a drinking motor conditioned reaction by electrical stimulation of the hypothalamic drinking area in the goat.* « Acta physiol. Scand. », 41, 194, 1957.
- [11] ANDERSSON B.: *On fever, hunger and thirst.* Pontificia Academia Scientiarum Commentarii, I, n. 20.

