

Galvanonarkose, galvanischer Krampf und die Frage der «funktionellen Polarität»

Von FERDINAND SCHEMINZKY¹, Innsbruck

Gegen meine Auffassung einer «funktionellen Polarität» in strangförmig gebauten Zentralnervensystemen (ZNS), insbesondere im Rückenmark, wendet HANS WINTERSTEIN² (vgl. oben) ein: 1. Für die Galvanonarkose (GN) und den galvanischen Krampf (gKr) sei nicht jeweils die *Stromrichtung*, sondern bloß die *Zufuhr elektrischer Ladung* (positiv oder negativ) durch die über dem ZNS aufgesetzte äußere, «physikalische» Elektrode maßgebend; wie BLASIUS und SCHWEIZER schon dachten, wäre nur der *lokale Elektrotonus* unter dieser Elektrode entscheidend. – 2. Daraus sollte sich die *Umkehr des Stromeffektes* im Froschversuch bei Verwendung einer Elektrode am Kopf und einer zweiten am kranialen Ende des durch teilweise Resektion abgetrennten hinteren Rückenmarksabschnittes erklären; ein absteigender, kraniokaudaler Strom im Vordertier bewirkt jetzt einen gKr im Hintertier, ein aufsteigender im Vordertier eine GN im Hintertier. Die Annahme einer funktionellen Polarität sei also irrig. – 3. Die am unversehrten Ganztier erscheinenden Stromeffekte wären nur durch die *elektrotonische Beeinflussung der übergeordneten Zentren* durch die Kopfelektrode zu erklären. – 4. Bei Milliarden von Zellen im Rückenmark erscheine *eine einsinnig gerichtete Polarität außerhalb jeder Denkbareit*. – Demgegenüber möchte ich auf das Folgende verweisen.

Zu 1. Kein Geringerer als HERMANN³ hat schon vor 53 Jahren die Annahmen von BLASIUS und SCHWEIZER zurückgewiesen, die Bedeutungslosigkeit der äußeren «physikalischen» Elektroden aufgezeigt und die *allein ausschlaggebende Rolle der inneren «physiologischen» Elektroden* hervorgehoben, die sich an den einzelnen durchströmten *Zellen* ausbilden. Nicht eine Aufladung der Zellen, sondern die lokalen polaren Veränderungen entfalten die physiologische Wirkung, genau so wie bei dem zum Vergleich herangezogenen Elektrotonus am peripheren Nerven nicht eine Aufladung, sondern nur die polaren Grenzflächenveränderungen maßgeblich sind. Im übrigen könnte von einem *lokalen Elektrotonus* in der Nähe des ZNS dann auch *keine Rede mehr sein*, wenn zum Beispiel die beiden Körperpole eines unter Wasser durchströmten Frosches je 20 cm und mehr von den stromzuführenden Kohlenplatten entfernt sind oder der galvanisch durchströmte Mensch bloß den Fuß und den Arm in ein stromzuleitendes Wasserbecken taucht. Weiters liegt bei einem über Kopf- und Kloakenelektrode durchströmten Frosch die Halsanschwellung des Rücken-

markes gerade in der Mitte zwischen den beiden «elektrotonischen» Zonen; trotzdem zeigt auch dieser «*elektrotonisch neutrale*» Rückenmarksabschnitt – geprüft an den von ihm innervierten Vorderbeinen –, regelrecht GN und gKr je nach der *Stromrichtung*⁴, die hier allein also ausschlaggebend sein muß.

Zu 2. Die Deutung, welche WINTERSTEIN der beobachteten Umkehr beider Stromeffekte bei seiner Elektrodenanordnung gegeben hat, setzt stillschweigend eine nur geradlinige Ausbreitung der Stromlinien zwischen den Elektroden voraus; in Wirklichkeit verbreiten sich diese Stromlinien aber über den *ganzen* Leiter als sog. Stromschleifen, selbst im *Rücken* der Elektroden, wo dann *umgekehrte* Stromrichtung herrscht; dies hat ROUX⁵ in klassisch schönen Bildern gezeigt und ist auch von den elektrotonischen Strömen am peripheren Nerven her bekannt. Absteigende Stromrichtung im Vordertier bei der Anordnung von WINTERSTEIN ist deshalb auch automatisch mit *aufsteigender* im Hintertier verbunden, ein gKr in den Hinterbeinen also selbstverständlich, sinngemäß dort auch eine GN bei aufsteigendem Strom im Vordertier. Die Umkehr der Versuchsergebnisse steht mit der «funktionellen Polarität» in vollkommener Übereinstimmung.

Zu 3. Beim unter Wasser durchströmten unversehrten Frosch kann von einer lokalen elektrotonischen Wirkung auf die übergeordneten Zentren im Kopf *ebensowenig die Rede* sein wie bei einem von Fuß und Arm aus durchströmten Menschen, da in beiden Fällen keine äußeren «physikalischen» Elektroden über diesen Zentren liegen. An eine solche elektrotonische Wirkung ist schließlich überhaupt nicht zu denken, wenn GN oder gKr am Rückenmarksfrosch³, an einem ausgeschnittenen Stückchen Rückenmark mit dem Nervus ischiadicus und Musculus gastrocnemius⁴ oder an abgeschnittenen Kaulquappenschwänzen mit Rückenmarksresten⁵ auftreten, welche Versuchsobjekte keine übergeordneten Zentren besitzen.

Zu 4. Eine «funktionelle Polarität» sämtlicher Neurone des Rückenmarkes wurde von mir niemals angenommen, vielmehr ausdrücklich nur auf die bei

¹ Physiologisches Institut der Universität Innsbruck.

² H. WINTERSTEIN, siehe den vorhergehenden Artikel.

³ L. HERMANN und FR. MATTHIAS, Pflügers Arch. 57, 391 (1894).

⁴ M. G. FUORTES und F. SCHEMINZKY, Pflügers Arch. 242, 141 (1939).

⁵ W. ROUX, Sitzgsber. Ak. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl. 51 (1892).

⁶ F. K. KÖLLENSPERGER und F. SCHEMINZKY, Pflügers Arch. 241, 38 (1938).

⁷ E. BLASIUS und F. SCHWEIZER, Pflügers Arch. 53, 492 (1893).

⁸ L. HERMANN, Pflügers Arch. 39, 414 (1886).

der GN und dem gKr mitspielenden Zellen beschränkt, die sicher nur einen Bruchteil ausmachen. Ansätze zur Hypothese einer «funktionellen Polarität» finden sich übrigens schon in den Arbeiten namhafter Physiologen wie HERMANN und MATTHIAS¹, LOEB und MAXWELL², BREUER³ sowie MOORE⁴; die von LOEB und MAXWELL² aus dem elektrophysiologischen Experiment vorausgesagte Feinstruktur (Zellenanordnung) für das ZNS der Krebse ist bereits histologisch von ALLEN⁵ nachgewiesen worden.

Auf die Bemerkungen WINTERSTEINS hinsichtlich der Kombination chemisch und elektrisch gesetzter Erregbarkeitsänderungen (Stromdosisverfahren) braucht hier nicht eingegangen zu werden, da die einschlägigen Versuche nur zum Nachweis einer zentralen Stromwirkung überhaupt unternommen wurden, die auch WINTERSTEIN nicht bestreitet; im übrigen führte das Stromdosisverfahren durchaus nicht zu von vornherein zu erwartenden Ergebnissen, wie die Entdeckung der Pharmaka mit «zentral unsymmetrischer» Wirkung zeigt⁶.

Die Hypothese einer «funktionellen Polarität» im ZNS scheint mir daher durch die Überlegungen und Versuche WINTERSTEINS nicht berührt. Der Elektrotonus im ZNS ist übrigens auch Gegenstand einer 1944

an «Pflügers Archiv» eingesandten Arbeit gewesen, welche jedoch infolge der Einstellung deutscher Zeitschriften erst jetzt im ersten Nachkriegsheft erschienen ist¹. Meiner Auffassung über die «funktionelle Polarität» haben sich bereits Elektrophysiologen, wie M. und L. LAPICQUE², BREMER³ sowie GERARD⁴, angeschlossen.

Summary

I must refute H. WINTERSTEIN's objections to my theory of a "functional polarity" of cord-like central nervous systems (CNS). As early as 1894 HERMANN rejected the hypothesis that a given section of the CNS could be put as a whole in an electrotonic state; a galvanic current always produces only *local electrotonic zones* on the single nerve cells, this however in the entire length of the tissue through which the current passes, not merely in the vicinity of the electrodes applied to the body. When a current is made to flow through experimental animals under water or through a human subject between arm and leg, then no electrodes whatever lie in the vicinity of the CNS, so that in such a case only the direction of the current, i.e. the position of the electrotonic zones in the nerve cells, can be decisive. The reversal of the current effects observed by H. WINTERSTEIN with his manner of applying the electrodes is to be referred simply to the presence of arcs of current, which have a *reversed* direction of flow in the caudal part of the spinal cord and therefore naturally must alter the effect of the current apparently into its contrary.

¹ L. HERMANN und FR. MATTHIAS, Pflügers Arch. 57, 391 (1894).

² J. LOEB und S. S. MAXWELL, Pflügers Arch. 63, 121 (1896).

³ J. BREUER, Sitzgsber. Ak. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl. 3, 114 (1905).

⁴ A. R. MOORE, J. gen. Physiol. 5, 458 (1923).

⁵ ALLEN, Microsc. Sci. 36, 461.

⁶ F. SCHEMINZKY, Wien. Z. inn. Med. 28, 285 (1947).

¹ F. SCHEMINZKY, Pflügers Arch. 249, Heft 1 (1947).

² M. LAPICQUE und L. LAPICQUE, C. r. Soc. Biol. Paris 130, 1054 (1939).

³ F. BREMER, Arch. int. Physiol. 51, 211 (1941).

⁴ W. R. GERARD, Ann. Rev. Physiol. 4, 329 (1942).

Brèves communications - Kurze Mitteilungen Brevi comunicazioni - Brief Reports

Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Für die kurzen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Per le brevi comunicazioni è responsabile solo l'autore. – The editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Die radiofrequente Strahlung der Sonnenkorona

Im folgenden wird der Versuch gemacht, auf Grund unserer heutigen Vorstellungen von der physikalischen Konstitution der Sonnenkorona die wichtigsten zu erwartenden Eigenschaften ihrer radiofrequenten Strahlung abzuleiten. Mit L. G. HENYEV und P. C. KEENAN¹ machen wir die Voraussetzung, daß die radiofrequente kosmische Strahlung durch die frei-frei-Übergänge der Elektronen entstehe. Bei diesem Mechanismus beträgt die optische Dicke einer Schicht²:

$$\tau_\nu = \int N_e N_i \frac{16 \pi e^6 Z^2}{3 c (2 \pi m k T)^{3/2} \nu^2} \lg \frac{4 k T}{\xi h \nu} d\nu, \quad (1)$$

wobei die Integration über die ganze Schicht zu erstrecken ist. Darin bedeuten N_e und N_i Zahl der freien Elektronen bzw. Ionen pro cm^3 , ν die Frequenz und $\lg \xi = 0,577$ die Eulersche Konstante, während die übrigen Bezeichnungen die übliche Bedeutung besitzen. In Anwendung auf die Sonnenkorona übernehmen wir die Elektronendichte N_e und die Elektronentemperatur T_K der Korona einer vorangegangenen Arbeit¹:

$$N_e = 10^8 \left[\frac{3,00}{q^{16}} + \frac{1,47}{q^6} + \frac{0,031}{q^{2,5}} \right], \quad (2)$$

$$T_K = 1,4 \cdot 10^6 \text{ Grad.} \quad (3)$$

Dabei bedeutet q den in Sonnenradien gemessenen Abstand vom Sonnenmittelpunkt. Von dem geringfügigen

¹ L. G. HENYEV und P. C. KEENAN, Ap. J. 91, 625 (1940).

² A. UNSÖLD, Naturwiss. 33, 37 (1946).

¹ M. WALDMEIER, Astron. Mitt. d. Eidg. Sternwarte, Zürich, Nr. 154 (1948).