

# Die transkranielle Magnetstimulation in der Psychiatrie: tatsächlich ein innovatives Therapeutikum?

## Eine Entwicklungsgeschichte der elektromagnetischen Stimulation des zentralen Nervensystems

A. Conca<sup>1,2,3</sup>, H. Hinterhuber<sup>2,3</sup>, J. Di Pauli<sup>1,3</sup>, A. Hausmann<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Abteilung für Psychiatrie I, LKH Rankweil (Vorstand: Prim. Univ. Prof. Dr. P. König); <sup>2</sup>Universitätsklinik für Psychiatrie, Innsbruck (Vorstand: Univ. Prof. Dr. H. Hinterhuber); <sup>3</sup>AG für spezielle psychiatrische biologische Verfahren der ÖGPP (Vorsitzender: Univ. Doz. Dr. A. Conca)

### Schlüsselwörter

Elektrizität, Magnetismus, Bioichthyotherapie, Elektrokrampftherapie, transkranielle Magnetstimulation, Psychiatrie- und Medizingeschichte

### Zusammenfassung

Die transkranielle Magnetstimulation und ihre therapeutischen Anwendungsmöglichkeiten stoßen auf zunehmendes Interesse der psychiatrischen Fachwelt. Manche Autoren sehen in ihr die Therapieform des 21. Jahrhunderts. Aber schon in der Antike beschäftigte man sich mit den heilenden Kräften der Elektrizität und des Magnetismus. So schrieb Scribonius Largus 47 n. Chr. wie man mit dem bioelektrischen Stoß des Zitterrochen Podagra, Kephalaria und Prolapsus ani behandeln kann. Von da an bis in die Neuzeit erschienen Berichte aus Asien, Afrika, Amerika und Europa, wonach die Elektroichthyotherapie bei der Therapie von Anfällen, Schwindel, Lähmungen, Muskelkontrakturen, Schmerzen, Schlafstörungen und Geisteskrankheiten eingesetzt wurde (aus dem griechischen ichthys = Fisch). Dabei dienten der Zitterrochen, der Zitteraal und der Katzenfisch als Quelle für die elektrischen Reizungen. Erst 1745 wurden die Fische vom Leydener Zylinderglas und später (1800) von der Volta-Batterie ersetzt. Allmählich begann man die neuronale Aktivität und deren Funktion zu verstehen. So gelang es Fritsch und Hitzig 1870 durch Faradaysche Reizung, die Erregbarkeit der zerebralen Hemisphären nachzuweisen. 1896 hingegen stimulierte d'Arsonval durch die Anwendung zeitlich variierender Magnetfelder das zentrale Nervensystem. Bis in die Gegenwart sind die Elektrostimulation (Grundlage der Elektrokonvulsions-therapie) und die transkranielle Magnetstimulation bedeutende Bestandteile der psychiatrischen und der neurologischen Behandlung und Funktionsdiagnostik.

### Keywords

Electricity, magnetism, bioichthyotherapy, electroconvulsive therapy, transcranial magnetic stimulation, history of psychiatry and medicine

### Summary

Current evidence indicates that transcranial magnetic stimulation has potential as therapeutic tool for the 21<sup>st</sup> century in influencing mood disorders in psychiatry. But research of the phenomena of electricity and magnetism and the application of their healing powers are no recent scientific topics. The present paper traces the historical origins of these phenomena, describing the application of electricity and magnetism since Scribonius Largus made his first therapies with the electric ray in 47 AC healing podagra, kephalaria and prolapsus ani. Following reports from Asia, Africa, America and Europe indicate therapeutic potential of the electroichthyotherapy in the treatment of fits, vertigo, paralysis, muscle contractions, pain syndromes, sleep disturbances and mental disorders. Thereby electric rays and eels, and cat-fish were used to originate the electric shock. They were replaced only in 1745 by the Leyden glass jar and in 1800 by Volta's battery. Subsequently neurons' activities and their functional entities were described and understood. Experiments by Fritsch and Hitzig in 1870 revealed the excitability of the cerebral hemispheres by faradization; whereas brain stimulation properties of magnetic fields varying in time were observed by d'Arsonval in 1896. At the present, the electrostimulation (principle of the electroconvulsive therapy) and the transcranial magnetic stimulation are relevant tools in therapy and diagnosis for psychiatrist and neurologist.

**The transcranial magnetic stimulation in psychiatry: Is it actually a new therapeutic approach? The historical evolution of the electromagnetic stimulation of the central nervous system**

Nervenheilkunde 2007; 26: ■■■

Tomasz Zyss veröffentlichte 1992 seine Hypothese, dass die transkranielle Magnetstimulation (TMS) wohl dieselbe Wirkung und Wirksamkeit in der Behandlung von depressiven Störungen wie die Elektrokonvulsive Therapie (EKT) hat und schrieb „[...] hipoteza, iż stymulacja magnetyczna TMS może wywolywać te same efekty terapeutyczne w leczeniu depresji co elektrowstrazasy [...]“ (84). Etwas vorsichtig aber überzeugt verkündet Zyss schon zwei Jahre später das Ende der Elektroschocktherapie: „Our calculation of stimulus parameters have assumed that this inductive method (rapid-rate-time-varying magnetic field pulses) may be able to evoke the same therapeutic effects as ECT, but in a safer way (painless, non invasive and without motor seizure)“ (85). Diese subkonvulsive Technik der TMS wurde von Anfang an mit der EKT verglichen, und somit unmittelbar in ein Näheverhältnis gerückt. Dass polnisch zu englisch wurde, lässt auf das sich ausbreitende Interesse schließen. Dabei vermischten sich soziopolitische Ideologien, historische gewachsene und nationenabhängige Gegebenheiten, wissenschaftsbetriebliche Interessen mit vorerst nur theoretischen wissenschaftlichen Überlegungen. Empirische Erkenntnisse und klinische Untersuchungen zur TMS fehlten und teilweise sogar die wissenschaftlich belegte Notwendigkeit eines Anfallsgeschehen im Rahmen einer EKT, um einen antidepressiven Effekt zu erzielen, ■ wieder infrage gestellt. Die TMS als Ersatz zur EKT fand in der Literatur auch ihren Niederschlag. Nur offene Studien zeigten positive

Resultate und die anfangs gehegten Erwartungen an die TMS, die EKT zu ersetzen, konnten sich nur teilweise erfüllen. Die Stimulation auf subkonvulsivem Niveau bietet dafür eine Erklärung (43).

## Die Erstbeschreibungen der EKT und TMS

Lunedì 11 Aprile 1938 – ore 11.¼ II p. viene disteso supino sul letto [...] 1ª volta: 80 volt per ¼ di s'' [...] II p. durante il passaggio della corrente immediatamente presenta spasmo tonico di tutta la muscolatura del tronco e degli arti, impallidisce lievemente [...] Dopo circa 10 mi si ripete l'esperimento con corr. a 80 V per ½ s'' [...] dopo 15 mi si ripete con 80 V per ¾ di s'' II p. viene liberato, si alza immediatamente e torna tranquillo in corsia (14).

(Montag 11 April 1938 – 11 Uhr 15. Der Patient wird auf das Bett gelegt. [...] Erstes Mal: 80 Volt für eine viertel Sekunde [...] Der P. zeigt während des Stromdurchflusses sofort einen tonischen Krampf der gesamten Rumpfmuskulatur und der Extremitäten, erblasst leicht. Nach circa 10 Minuten wird das Experiment wiederholt mit 80 V für eine halbe Sek. [...] ebenso nach 15 min wiederholt man es mit 80 V für eine drei-viertel Sek. Der Pat. wird anschließend befreit, steht unmittelbar auf und kehrt entspannt auf die Station zurück. – Übersetzung A. C.

Die EKT hat sich nach 1938 rasch verbreitet; das Indikationsfeld wurde um die depressiven und manischen Störungen erweitert, die technische Anwendung verfeinert und das Sicherheitsprofil mit Einführung der allgemeinen Narkose und schlussendlich von muskelrelaxierenden Substanzen (vorerst Curare) für Patienten aller Altersgruppen erhöht. Fachbücher mit entsprechenden Anleitungen erschienen schon 1944 in Großbritannien (68), 1946 in Frankreich (27), der Tschechoslowakei (67) und den USA (48), sowie 1951 in Deutschland (80). Obwohl mit der Einführung der Psychopharmaka das breite Interesse an der EKT abgeschwächt wurde, sind die im Lipincott-Raven Verlag, Philadelphia, quartalsmäßig erscheinende fachspezifische

Zeitschrift „Journal of ECT“ (früher „Convulsive Therapy“) und eine Vielzahl internationaler sowie nationaler Arbeitsgruppen Zeugen ihrer Aktualität. Trotz vieler offener Fragen und erweiterter Therapieangebote gilt die EKT weiterhin als eine relevante Behandlungsform in der modernen Psychiatrie.

55 Jahre nach Ugo Cerletti (1877–1963) und Lucio Bini (1908–1964) verfasste eine deutsche Arbeitsgruppe zwei Falldarstellungen: „[...] We used a [...] stimulator with a 14 cm outer diameter, flat, round-shapes coil. [...] Series of magnetic pulses were applied to the central cortex at 0.75–1.50 T (Tesla) [...] The application [...] was limited to a maximum rate 0.3 Hz [...] TMS and ECT were well tolerated by both patients. [...] there was a slight beneficial effect of TMS in one patient. [...]“ (44). Im Anschluss an diese Erstbeschreibung der therapeutischen Anwendung der TMS von Höflich und Mitarbeitern 1993 nahm das Interesse an der TMS als einer neuen Behandlungsform rapide zu (2). Nach New York 1996 und Interlaaken 1997 fand 1998 das III. Internationale TMS Symposium in Göttingen statt. Die International Society of Transcranial Stimulation (ISTS) wurde 1997 gegründet und verfügt über eine Website ([www.ists.unibe.ch](http://www.ists.unibe.ch)). Die Anfangseuphorie einiger Forscher, welche in der TMS die neuropsychiatrische Methode des 21. Jahrhunderts erblickten, ist mittlerweile eingedämmt. An die abendländische Tradition historisch und analytisch anknüpfend bewerten Shajaham und Ebmeier aus Schottland die TMS als „[...] still a novel treatment and further evaluation is required [...]“ (71). Die eigenen klinischen Erfahrungen und Forschungen im Bereich der EKT (51) und der TMS (24) bekräftigen die Notwendigkeit intensiver Forschung. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf die gegenwärtige Stellung der EKT und der TMS in der Psychiatrie gelegt werden, da beide Meilensteine einer Entwicklung sind, deren Ursprünge in der Antike zu finden sind. Dieses historische Verständnis gilt es im Folgenden anzuregen.

## Die altrömische Epoche

In seinem Werk „Compositiones Medicae“ (ca. 47 n. Chr.) berichtet Scribonius Largus, Geschichtsschreiber und Arzt in Rom, über den „Fall“ Anteros, einen Gefolgsmann Neros (†63 n. Chr.); dieser sei während eines Spazierganges am Strand zufällig mit einem Zitterrochen (torpedo marmorata, malopterurus electricus dymnotus electricus, pisces dormitans, 49) in Berührung gekommen; der bioelektrische Stoß habe ihn von seinen anfallsartigen Gelenkschmerzen (wahrscheinlich Gicht, podagra) befreit. Nach Scribonius soll der lebendige Torpedo (aus dem Lateinischen torpere = lähmen, betäuben) im Augenblick des Schmerzes unter den Fuß gelegt werden; der Erkrankte soll dabei auf feuchtem Boden (Salzwasser) stehen und solange innehalten, bis sich der gesamte Fuß und der Unterschenkel betäubt anfühlen. Diese Behandlung lindert die akuten Schmerzen und kann auch präventiv wirken. Die betäubende Wirkung machte sich der römische Arzt ebenfalls zur Kopfschmerzbehandlung zunutze: eine bei Kaiser Claudius (10 v. Chr. bis 54 n. Chr.) erfolgreich eingesetzte Therapie. Zitat Scribonius: „[...] Selbst ein chronischer und unerträglicher Kopfschmerz ist durch das Auflegen eines lebendigen Torpedo-Fisches an der schmerzhaften Stelle heilbar. Sobald die lokale Betäubung (torpor) einsetzt, soll der Fisch entfernt werden, da er seine spezielle Eigenschaft verlieren kann. Da sehr häufig zwei- bis dreimalige Betäubungen notwendig sind, sollten während dieser Behandlung mehrere Fische zur Verfügung stehen [...]“ (19, 49).

Der Grieche Pedanios Dioskurides 67 n. Chr. (oder 76 n. Chr.) erweiterte das Anwendungsfeld der Elektroichthyotherapie in seinem Werk „De materia medica“, in dem er über 850 Pflanzen, Tiere und Mineralien zur Behandlung verschiedenster Erkrankungen aufführte. Er empfahl diese auch in der Behandlung des prolapsus ani (von einigen Autoren als Hämorrhoiden übersetzt) (16, 49). Neben der schmerzstillenden Wirkung stellt diese Behandlung auch die Erstbeschreibung von gezielt ausgelösten Muskelkontraktion dar (82).

Claudius Galenus (126 bis 200/216) überprüfte die therapeutische Anwendungs-

möglichkeit des Torpedo-Fisches und bestätigte die Wirkung bei podagra, cephalgia und prolapsus ani. Er wies aber darauf hin, dass nur der lebendige und nicht der tote Zitterrochen heilend wirke! Auch versuchte Galenus als erster den Wirkungsmechanismus dieser Behandlung zu erklären (36, 49); danach soll der torpor durch einen Schlag ausgelöst werden. Der Stromstoß bedingt Störungen der Sensibilität und des Bewegungsablaufes am ganzen Körper und insbesondere an den Extremitäten. (Die Griechen bezeichneten den Zitterrochen η θαλασσια νάρκη [narke]; es lässt sich darin der etymologische Stamm des Begriffes Narkose erkennen [ναρκω = erstarren, erlahmen]). In Anlehnung an die Lehre der 4 Körpersäfte meinte Galenus, dass der Stoß des Zitterrochens den torpor durch Kühlung eines der Säfte bewirkt. Dieses Erkältungsmodell findet man auch im „Medizinbuch“ Syriens aus dem 10. Jahrhundert (18). In der byzantinischen Heilkunst war das Aufbereiten von lebendigen Tieren im astrologischen Kontext gebräuchlich: so bemühte sich Alexander von Tralles, ein griechischer Arzt, (ca. 570 n. Chr.) die Wirksubstanz des Zitterrochens zu extrahieren und zu konservieren. Er beschrieb die entsprechende Arbeitsschritte zur Herstellung der Salbenmixturen unter Berücksichtigung der Mondphasen und empfahl ein täglich dreimaliges Auftragen der Mixture zur Linderung von Gicht- und Gelenkschmerzen (45, 49). Schon in der Abhandlung „Von der Diät“ im „Corpus Hippocraticum“ wird dieser besondere Fisch erwähnt. Allerdings verschrieb man damals diesen Fisch wegen seines zarten Fleisches gegen Unwohlsein (49).

Bis Ende des 17. Jahrhunderts galten Galenus und Dioskurides als die Referenzquellen für die Elektroichthyotherapie sowohl für die arabische als auch für die abendländische Heilkunst (22, 49).

## Die arabisch-islamische Epoche

Ibn Sina (Avicenna, 980 bis 1037), Jurist, Politiker, Philosoph und Arzt in Persien, tradierte in seinem medizinischen Hauptwerk „Al-Qanun fi l-tibb“ wie auch Ibn Rushd,

Averrhoes, Arzt arabischer Herkunft in Andalusien (1126 bis 1198), das Wissen um die heilende Wirkung des Torpedo-Fisches (arabisch alrahada = zittern) und empfahlen diese Behandlung bei Patienten, die an Cephalgie und Arthralgie erkrankt waren (16).

Ibn Sidah (1007–1066) hingegen glaubte im 11. Jahrhundert, Anfälle (wahrscheinlich epileptische) heilen zu können, indem man einen elektrifizierenden Katzenfisch auf die Stirn des Patienten legt. Indische Heiler um 1370 behandelten mithilfe des Torpedo-Fisches alle durch exzessive Hitze gekennzeichneten Krankheiten (49).

In dem Werk „Colliget“ erwähnt Averrhoes, dass die heilende Kraft des Zitter-Fisches mit derjenigen vergleichbar sei, welche vom Magneteisenstein ausgehe; dieses Konzept wurde später 1667 vom Jesuiten Athanasius Kircher (1601 bis 1680) im Buch „Magneticum naturae regnum“ wiederum aufgegriffen (5, 49, 50).

## Die westliche, moderne Epoche

### 1500 bis 1700

Auch Paracelsus (1493 bis 1541) soll in seinen Vorlesungen 1527 von der Heilkraft des Magneten gelehrt haben (59). Im 16. Jahrhundert stellte Dawud al Antaki fest, dass die Elektroichthyotherapie wirksam sei gegen „[...] chronische und einseitige Kopfschmerzen, und Schwindel sogar in verzweifelten Fällen [...]“ (69, 73). Aus demselben Jahrhundert stammen auch die Berichte von Missionaren aus Abessinien, in denen geschildert wird, wie die Einheimischen schmerzhaft Muskelkontraktionen und Gefühlsbetäubungen am ganzen Körper mit dem elektrifizierenden Katzenfisch auslösten, um den Teufel auszutreiben (65). William Gilbert (1544 bis 1603), Leibarzt von Elisabeth I. und Jakob I., untersuchte als erster systematisch in seinem Werk „De magnetibus [...]“ die Phänomene des Magnetismus (von natürlich vorkommenden Magneten) und der Elektrizität. Er nannte die Eigenschaften von Gegenständen, welche durch Reibung anziehend wirk-

ten *electricae*. Zur Untersuchung nahm Gilbert das *versorium* zu Hilfe, ein Elektroskop, welches von Fracastoro 1555 erstmals beschrieben wurde (39). 1676 veröffentlichte der Ire Robert Boyle (1627 bis 1699) eine Reihe weiterer Materialien mit anziehenden Eigenschaften (8, 15); dabei beschrieb er die elektrische Anziehungskraft als „[...] a Material Effluvium, issuing from and returning to the Electrical Body [...]“ (15, 17). Noch im selben Jahrhundert wurde das erste elektrotechnische Gerät entwickelt. Otto von Guericke (1602–1686), Bürgermeister von Magdeburg, konstruierte 1660 den ersten Drehgenerator zur Elektrizitätsgewinnung (40). Dieser bestand aus einer Schwefelkugel, welche an einem eisernen Stab befestigt war. Drehte man diesen, wurde die Kugel elektrostatisch geladen.

### 1710 bis 1800

Der Zitterrochen oder der Zitteraal dienten bis ins 18. Jahrhundert als Quelle für die elektrischen Reizungen. 1773 beschrieb John Hunter den anatomischen Aufbau des Zitterrochens. Er behauptete, es sei der Wille des Tieres, der die elektrischen Kräfte seines Körpers kontrolliere (46). Erst 1844 konnten Carlo Matteucci (1811 bis 1868) und Pavi diese elektrische Entladungen als einen natürlichen Reflex erklären (8, 17, 57).

Im 18. Jahrhundert kamen dann aus den Werkstätten die ersten Drehgeneratoren (11, 27). Francis Hauksbee (1666 bis 1713) entwarf den elektrostatischen Generator mit zeitlich konstantem Feld. In „Experiments on various Subjects, containing an Account of Several surprising Phenomena Touching Light and Electricity“ beschrieb er die Zusammenhänge von Licht und Elektrizität (42). Ein Gerät, das aber Strom speicherte und die Elektrizität entlud, gab es nicht (8, 17). Petrus van Musschenbroek (1692 bis 1761), Physiker und Mathematiker an der Universität von Leyden, führte Experimente zur Speicherung der Elektrizität durch. Er benutzte aufgeladenes Wasser als Leiter, welches in einem nicht-leitenden Zylinder aus Glas isoliert werden sollte. Als er mittels eines Drehgenerators das Wasser über einen Draht elektrisch laden wollte, entwich das

elektrische Feld. Sein Assistent Allmand ■ und Cunaeus hielt dabei das Zylinderglas in einer Hand und als er unabsichtlich mit der anderen Hand den Draht berührte, erlitt er einen fürchterlichen Schlag. Mit der einen Hand bildete er eine *Platte*, das aufgeladene Wasser war die zweite *Platte* und das Zylinderglas das Dielektrikum (8, 17, 60). Dielektrikum ist ein nicht-leitender Stoff; die Kapazität eines Kondensators vergrößert sich durch Zugabe eines Dielektrikums (77).

Georg Ewald von Kleist (1710 bis 1748), Kanonikus zu Kamin in Pommern machte am 11. Oktober 1745 zufällig dieselbe Entdeckung (8). Das Zylinderglas wurde von seinen Schülern die Kleist-Flasche genannt (17). Von da an verfügten Forscher und Heiler über eine beständige elektrische Quelle. Die Elektrotherapie gewann zunehmend an Bedeutung.

Stephen Gray (1666 bis 1736) erklärte in den „Philosophical Transactions“ 1720 bis 1736, wie sich die Elektrizität von einem Körper auf den anderen überträgt und wie der Strom entlang einem isolierten Faden fließt (Electrical Attraction at distance). Er schrieb von „[...] electrick Virtue [...]“ und meinte anhand seiner Experimente, dass die Tiere zwar „[...] receive Electrick Effluvia [...]“, aber keine elektrische Eigenaktivität haben (17, 63).

Unterstützt von seinem Lehrer Johann Gottlob Krüger (1715 bis 1759), (einem Gegner Georg Ernst Stahl (1659 bis 1734), welcher in seiner „Theoria Medica Vera“ der festen Überzeugung war, dass der Lebenshauch die Muskelbewegungen auslöse) führte Christian Gottlieb Kratzenstein (1723 bis 1795) Tierexperimente und Selbstversuche durch. Seine Ergebnisse wurden 1744 in Briefform unter dem Titel „Abhandlung von dem Nutzen der Electricität in der Arzneiwissenschaft“ veröffentlicht (17, 53, 72). Während seiner Selbstversuche beschrieb Kratzenstein Schweißausbrüche denen er wegen des Salzverlustes heilende Kräfte zuschrieb. Er schilderte die Wiederherstellung der Fingerbeweglichkeit in zwei Fällen bei vorbestehenden Kontrakturen und beobachtete eine schlafanstoßende Eigenschaft der elektrifizierenden Reizung (17, 53). Als diese Neuigkeiten bekannt wurden, beteiligten sich viele Zentren

an weiteren Untersuchungen, besonders Lähmungen standen im Mittelpunkt der Forschung. Die direkte Reizung des Muskels faszinierte die Wissenschaftler. Zahlreiche Doktorarbeiten beschäftigen sich Mitte des 18. Jahrhunderts mit der Elektrizität und ihren Auswirkungen auf den menschlichen Körper.

In Frankreich war es die Schule in Montpellier, welche sich unter der Leitung von François Boissier de la Croix de Sauvages (1716 bis 1767) auf dem Forschungsgebiet der therapeutischen Wirksamkeit der Elektrizität auszeichnete. Er selbst stiftete zwischen 1740 und 1760 ein Ordenskrankenhaus (die Abtei Saint Germain, welche heute Sitz der medizinischen Fakultät ist) einzig zur Anwendung der Elektrotherapie. 1748 erhielt Boissier de la Croix sogar einen Anerkennungspreis der Academie Royale des Sciences in Toulouse für seine Arbeit über Tollwut, eine Dissertation „sur la nature et cause de al rage“, in der er folgende Hypothese zur Erklärung der tonischen Muskelkrämpfe formulierte: „[...] vorausgesetzt die Muskelbewegung ist der Kraft der Nervenflüssigkeit proportional, verdoppelt das Tollwutgift, vermischt mit dem Nervenfluidum, die Geschwindigkeit. Dadurch verdoppelt sich die Dichte der Nervenflüssigkeit und die Nervenkraft wächst. Die entstehende Muskelbewegung wird auf das achtfache des Normalen gesteigert [...]“ (17, 70).

In seiner Dissertation „De hemiplegia per electricitatem curanda“ schrieb Joannes Stephanus Deshais 1749, „[...] die Lähmung sei durch den Stau des Nervenfluidum in den Nervenfasern verursacht. Wir müssen deshalb den Druck des Nervenfluidums erhöhen, wenn sich die Lähmung unter herkömmlichen Behandlungen nicht bessert [...]“. Deshais (1665 bis 1773) behauptete, dass die Elektrifizierung den Druck erhöht und damit Lähmungen heilen oder zumindest verbessern könne (28). In einem der unveröffentlichten Manuskripte (1750 bis 1760) von Jacques de Romas (1713 bis 1776), aufbewahrt in den Stadtarchiven von Bordeaux, wird die therapeutische Anwendung der Elektrostimulation an zwei gelähmten Patienten beschrieben. Eine weitere Dissertation verfasste Jean Thecla Dufay 1750 an der Universität von Montpellier.

Dufay vermittelt einen guten Überblick der verschiedenen Versuchsanordnungen und Kenntnisse seiner Zeit und mit dem Satz „[...] Ergo Fluidum nerveum est Fluidum electricum [...]“ beendet er seine Arbeit (17, 31).

In London schrieb John Wesley (1713 bis 1791) 1755 „[...] I am firmly persuaded there is no remedy in nature for nervous diseases of every kind, comparable to the proper and constant use of the electrical machine [...]“ (16, 83). Als Wirkungsweise nahm er an, dass „[...] it seems the Electric Fire in cases of this (headache) and of many other kinds (paralysis), dilates the minute vessels, and capillary passages, as well as separates the clogging particles of the stagnation fluids. By accelerating likewise the motion of the blood, it removes many obstructions [...]“ (73, 82). 200 Jahre später meint der Historiker Barbensi zu dieser Vielzahl an Arbeiten „[...] Le pubblicazioni relative all'azione dell'elettricità sugli esseri viventi, tra cui sull'uomo a scopo terapeutico, continuavano ad essere pubblicate sempre in maggior numero, un fatto del resto pienamente giustificato dalla importanza teorica e pratica dell'argomento [...]“ (8). („[...] Die Veröffentlichungen über die Auswirkungen der Elektrizität auf die Lebewesen, darunter auf den Menschen, zum therapeutischen Zweck, nahmen in ihrer Anzahl stetig zu, eine Tatsache, welche aufgrund der theoretischen und praktischen Bedeutung dieses Gebietes, mehr als gerechtfertigt war – Übersetzung vom Erstautor A. C.).

In den Jahren 1750 bis 1780 erschienen alleine im Journal de Medicine nicht weniger als 26 Artikel zum Thema der heilenden Wirkung der Elektrizität. Arbeiten, die sich mit den medizinischen Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität beschäftigten, wurden von den verschiedenen Akademien geehrt. Um die Validität dieser Arbeiten zu prüfen, schrieb die Wissenschaftsakademie von Lyon 1777 einen Preis zur Beantwortung der Frage aus „Quelles sont les maladies qui dependent de la plus ou moins de grand quantite de fluide electricque dans le corps humain, et quelles sont les mayens de remedier aux unes et aux autres?“ (Welche sind die Krankheiten, die mehr oder weniger durch die Menge an elektrischem Fluidum im Körperinneren bedingt sind und wel-

che sind die Heilmittel für die einen oder die anderen? – Übersetzung vom Erstautor A. C.) (17). Dadurch animiert, erarbeitete der Abbé Pierre Nicolas Bertholon (1742 bis 1800) 1780 in einem zweibändigen Werk die Hypothese, dass die Elektrotherapie über die Aktivierung der körpereigenen Elektrizität heilend wirke. Auch stellte er sich die Frage, ob die elektrische Aufladung per se wirke oder ob sie eher als eine additive Therapie zu bewerten sei (11, 17). Hypothesen und Fragestellungen, welche in ihrem Kern an Aktualität kaum etwas verloren haben. Auch Jean Paul Marat (1743 bis 1793) erhielt einen Preis der Akademie von Paris (1783/1784) für seinen Essay „Memoires sur l'Electricite Medicale“ (17, 56); darin weist der als Revolutionär bekannte Autor darauf hin, dass es nicht ausreiche, den richtigen Schalter einer elektrischen Maschine zu bedienen, sondern dass es erforderlich sei, den zugrunde liegenden Mechanismus zu kennen (16).

Um die Jahrhundertwende erschienen auch die ersten Geschichtswerke, wie z.B. „Istoria dell' elettricità medica“ (78), verfasst vom Anatomen Giovanni Vivencio (1702 bis 1817) oder jenes von Pierre Sue (1739 bis 1816) „Histoire de Galvanisme“ (74). Aufbauend auf den Erkenntnissen der entstehenden Neurowissenschaften erhielt die bis dahin rein empirisch angewandte Elektrotherapie eine naturwissenschaftliche Basis. In einem in französisch verfassten Brief vom 20. März 1800 teilte Alessandro Volta (1745 bis 1827) Sir Joseph Banks (1743 bis 1820), Vorstand der Royal Society, die Erfindung der Batterie mit (79). Das Leydener Zylinderglas wurde ersetzt und eine neue zuverlässige Elektrizitätsquelle stand zur Verfügung. Mit der Arbeit von Luigi Galvani (1737 bis 1798) „De viribus electricitatis [...]“ (37) (in dieser beschrieb Galvani am 6. November 1780 die am Froschschenkel ausgelösten Muskelkontraktion) und ebenso mit dem posthum erschienenen Werk „Biblia naturae“ seines Vordenkers, dem holländischen Anatomen Johannes Swammerdam (1637–1680), begann man die neurofunktionellen Einheiten der Nerven und der Muskeln zu verstehen (4, 8, 75). Aber auch das Wissen um die Einheit des Rückenmarks und der Nerven, sowie des Gehirnes und der peripheren Nerven wuchs (66). Er-

wähnt sei an dieser Stelle Emil Heinrich Du Bois-Reymond (1818 bis 1896). Er entwickelte die Versuchsanordnung ■Ørsted's weiter und wies 1848 in den „Untersuchungen über die thierische Electricität“ periphere Aktionpotenziale nach (30). Damit begründete er die Elektroneurografie. Dass schon Hippokrates (420 v. Chr.) die Erregbarkeit des Gehirns und lokal zuordenbare Funktionen der Gehirnrinde erwähnt haben soll, bleibt aber eine Überinterpretation (29); im griechischen Originaltext des „Corpus hippocraticum“ geht nicht einmal ganz klar hervor, ob das Gehirn eine Drüse ist oder etwas Ähnliches ([...] Η κεφαλη και αυτη τασ αδενασ εξει τον εγκεφαλον, ικελον αδενι) dem Gehirn werden jedenfalls dieselben Funktionen einer Drüse, nämlich Körpersäfte zu transportieren, zugeschrieben ([...] ο εγκεφαλος αποστειρει [= abführen] την υγρασιν). Vom Autor dieser jüngeren Schrift des „Corpus Hippocraticum“ weiß man genauso wenig wie von vielen anderen Verfassern der hippokratischen Schriften (47, sowie Otta Wenskus, Universitätsvorstand für Klassische Philologie Innsbruck, persönliche Mitteilung 1999).

Zwischen 1756 und 1786 beschrieben viele Forscher wie Albert von Haller (1718 bis 1777), Felice Fontana (1730 bis 1805) und Leopoldo Marco Antonio Caldani (1725 bis 1813) das Auslösen von Krampfanfällen mittels elektrischer Stimulation des Gehirns bei Fröschen, Hunden, Katzen und Zicklein (8, 20, 33, 41). Giovanni Aldini (1762 bis 1834), ein Neffe von Galvani, untersuchte vorwiegend in Bologna, aber auch in Paris, Calais (1802) und London (1803) die technischen (wie z. B. das Anlegen der Elektroden) und physiologischen Auswirkungen der Elektrostimulation am Menschen. Beeindruckt von den an Tieren und Leichen ausgelösten Muskelkontraktionen, untersuchte Aldini Köpfe von eben exekutierten Menschen. Dabei beobachtete er, wie der Stromkreis entweder durch das Ohr und den Mund oder durch das offengelegte Gehirn und den Mund Grimassen auslöste. Er erklärte diese Kontraktion mit „[...] le developement d' un fluide dans la machine animale [...]“, einem Fluidum, welches über die Nerven zu den Muskeln geleitet wird. Als Elektrostimulator diente Aldini die Vol-

ta-Batterie. Im Selbstversuch stellte Aldini fest, dass die Galvanische Reizung, wenn durch beide Ohren oder durch ein Ohr und den Mund oder an der Stirn und der Nase appliziert, „[...] une forte action [...]“ induzierte und eine protrahierte, über Tage andauernde Schlafstörung auszulösen vermochte. Er beschrieb diese Versuche als sehr unangenehm, glaubte aber, dass die im Gehirn verursachten Veränderungen, die Geisteskrankheit (*la folie*) heilen würden. So löste er, durch von Ohr zu Ohr geleitete Stromstöße, Krampfanfälle und Schmerzen aus, welche zumindest den Schweregrad von melancholischen Stimmungszuständen linderten. Auch die Nebenwirkungen dieser Therapie wurden von Aldini beschrieben, wenn er meint „[...] une chute, un coup violent porté sur la tête, ont souvent produit des alterations très sensibles dans les facultés intellectuelles [...]“ (1, 17, 62) (ein kräftiger Schlag, ein Stoß auf den Kopf, kann häufig schwerwiegende Veränderungen der geistigen Leistungsfähigkeiten bewirken – Übersetzung vom Erstautor A. C.).

## 1800 bis 1900

In den „Experimenta circa Effectum Conflictis Electrici in Acum Magneticum“ berichtete der dänische Physiker Hans Christian Oersted (1777 bis 1851) 1820, dass ein elektrischer Strom, also bewegte geladene Teilchen, von einem selbsterzeugten magnetischen Feld umgeben sind (8, 17, 61). Dabei legte er oberhalb einer Kompassnadel einen leitenden Draht, ließ diesen mit Gleichstrom durchfließen und beobachtete, wie sich die Nadel nach der heute noch gültigen Rechtenhandregel ausrichtete (7): Wenn der gestreckte Daumen der rechten Hand die Richtung des Stromes angibt, dann zeigen die um den Daumen greifenden Finger die Richtung der magnetischen Feldlinien an (39). Das Phänomen des Elektromagnetismus war beschrieben. Andre-Marie Ampère (1775 bis 1836) war davon überzeugt, dass die einzige Quelle magnetischer Felder der elektrische Strom sei. Er stellte die Hypothese auf, dass es im Inneren des Magneten unsichtbare und mikroskopische Ströme gebe, welche nach den physikalischen Regeln der makroskopischen Strö-

me Magnetfelder erzeugen. Heute wissen wir, dass diese von Ampère postulierten „molekularen Ströme“ tatsächlich existieren (3, 12).

Die elektromagnetische Induktion, das zugrunde liegende Prinzip der transkraniellen Magnetstimulation, wurde von Michael Faraday (1791 bis 1867) 1831 beschrieben. Er stellte sich die Frage, ob ein magnetisches Feld, erzeugt durch einen elektrischen Strom, seinerseits wiederum einen elektrischen Strom induzieren kann. In seiner Versuchsanordnung beobachtete Faraday ausschließlich während der Ein- bzw. Ausschaltphase des ersten Stromkreises kurze Stromimpulse im zweiten Kreis. Daraus zog der Forscher den Schluss, dass zeitlich sich verändernde Magnetfelder Grundvoraussetzung dafür sind, um elektrische Felder zu induzieren (12, 34). Von diesen Beobachtungen ausgehend formulierte 1864 der schottische Physiker James Clerk Maxwell (1831 bis 1879) diese Wechselbeziehung elektrischer und magnetischer Felder in den als die Maxwell'schen Gleichungen bekannt gewordenen Thesen (29, 58, 77):

- Ein elektrischer Strom oder ein zeitlich sich änderndes elektrisches Feld erzeugen magnetische Wirbelfelder.
- Ein zeitlich sich änderndes Magnetfeld erzeugt ein elektrisches Wirbelfeld.

Während bei Anwendung von Gleichstrom nur beim Ein- und Ausschaltvorgang eine Reizung ausgelöst wird (Galvanische Reizung), kann diese bei Wechselstrom (Faradaysche Reizung) rhythmisch und frequenzabhängig erzeugt werden (77). Die Anwendung der Faradayschen Reizung galt als die bessere Methode, um die Hirnaktivität und -funktion zu erforschen. So schrieb Roberts Bartholow (1831 bis 1904) 1874 im Rahmen einer Falldarstellung: „[...] The most important results as regards localization of functions, have been obtained by faradization of limited parts of the brain. The demonstrations recently (1871) made this way by Fritsch (1838 bis 1929) and Hitzig (1838 bis 1907), and by Ferrier (1808 bis 1886) are entirely opposed to the well-known experiments of Magendie (1783 bis 1855), Longet (1811 bis 1871), Flourens (1794 bis 1867), Vulpian (1826 bis 1887), and others, which had apparently shown the inexcitability of

the cerebral hemispheres [...]“ (9). Wie groß das Interesse in diesem Forschungsbereich war, zeigt sich in der Einleitung der Arbeit von Gustav Fritsch (1838 bis 1929) und Eduard Hitzig (1838 bis 1907) „[...] Es würde zu weit führen und auch dem speziellen Zweck der gegenwärtigen Arbeit nicht dienen, wenn wir aus der ungeheuren einschlägigen Literatur auch nur die uns zuverlässig scheinenden Resultate anführen wollten, welche durch Reizversuche an allen einzelnen Theilen des Centralnervensystems gewonnen sind [...]“ und später auf Seite 324 über die Seriosität mancher Untersuchungen „[...] Wo sind die Untersuchungen über Muskeleigenschaften oder die Qualitäten des Tastsinnes, die gerade hier mehr am Platze wären, als an manchen anderen Orten an denen sie, ein wissenschaftlicher Humbug, nur dazu dienen, harmlosen Lesern Sand in die Augen zu streuen! [...]“ Bemerkenswert ist auch der Schlusssatz „[...] Es geht ferner aus der Summe aller unserer Versuche hervor, dass keineswegs wie Flourens und die Meisten nach ihm meinten, die Seele ist eine Art Gesamtfunktion der Gesamtheit des Grosshirns, deren Ausdruck man wohl im Ganzen aber nicht in einzelnen Teilen durch mechanische Mittel aufzuheben vermag, sondern dass vielmehr sicher einzelne seelische Funktionen (gemeint sind insbesondere Willensbildung, Ausdruck des Wollens, Bewusstsein) wahrscheinlich alle, zu ihrem Eintritt in die Materie oder zur Entstehung aus der derselben auf circumscribed Centra der Grosshirnrinde angewiesen sind [...]“ (35).

Im Jahr 1896 verwendete Arsene d'Arsonval (1851 bis 1940), Arzt und Physiker, zeitlich variierende Magnetfelder erstmals zur gezielten Reizung des zentralen Nervensystems. Mithilfe einer großen aus dünnen Messingrohren bestehenden Spule, welche um den Kopf gelegt wurde, setzte er neurophysiologische Reize. d'Arsonval wählte als Stimulationsparameter 42 Hertz, 110 Volt und 30 Ampère (4). Die Probanden berichteten von der Wahrnehmung heller Flecken (Phosphene) im gesamten Gesichtsfeld, beklagten Schwindelgefühle, manche fielen sogar in Ohnmacht, und bei einigen Personen wurden Muskelzuckungen beobachtet. Die Muskelkontraktionen wurden auf eine Stimulation des motori-

schen Kortex zurückgeführt, während das Auftreten von Phosphenen eine Reizung der Retina oder des optischen Kortex vermuten ließ. d'Arsonval untersuchte auch die elektrische Kraft des Zitterrochen; er arbeitete an Tieren von 25 cm Breite und 35 cm Länge und fand, dass die Dauer der Schläge ein bis anderthalb Zehntelsekunden betrug: Die Spannung des Stromes schwankte zwischen 8 und 17 Volt, seine Intensität zwischen 1 und 7 Ampère. Diese Ströme machte er durch eine Glühlampe für 4 Volt und 1 Ampère sichtbar, welche er durch Drähte mit dem elektrischen Organ des Fisches verband. Dabei beobachtete er, dass bei zu starkem Zwickeln des Flossenrandes die Lampe verbrannte (4, 21). Weitere Forscher beschäftigten sich mit der elektromagnetischen Induktion und ihren neurophysiologischen Auswirkungen; so teilte der Österreicher Berthold Beer 1902 mit, dass „[...] subjektive Erscheinungen [...] wie sie in den Achtziger Jahren von einem Dubliner Physiker und an einer amerikanischen Universität [...] bei Einstellung des Kopfes in ein sehr starkes magnetisches Feld in Form von Kopfschmerzen, Benommenheit, Schwindel auftraten. [...] Ein experimentell und theoretisch wohl begründetes Urteil über die Frage: Hat das magnetische Feld eine physiologische Wirkung? verdanken wir dem Physiologen L. Hermann, der dieselbe in seiner 1888 erschienenen Arbeit mit einem entscheidendem Nein beantwortete. Die Versuche, auf die [...] hingedeutet wurde, wurden mit [...] ruhigen magnetischen Feldern vorgenommen. Nun hat vor einigen Jahren ein Schweizer Ingenieur, [...] E. K. Müller, bei Versuchen mit einem kräftigen, ein stark undulierendes magnetisches Feld erzeugenden Elektromagneten die Beobachtung gemacht, dass bei Annäherung des geöffneten Auges oder der Augengegend an den Elektromagneten im Auge eine subjektive Lichterscheinung in Form von Flimmern aufträte [...]“ Beer erklärt das „[...] Zustandekommen dieser Lichtempfindung durch das andere Verhalten undulierender magnetischer Felder gegen magnetische Körper das heißt thierische Gewebe und Flüssigkeiten, welche schon Faraday als diamagnetischen bestimmt hat [...]“ (10).

## 1900 bis 1993

Der Amerikaner Silvanus Phillips Thompson (1828 bis 1951) induzierte 1910 mit einer selbst konstruierten Kupferspule (innerer Durchmesser 22,86 cm und einer Länge von 20,32 cm) am Kopf seiner Probanden alternierende Magnetfelder mit einer Stärke von 140 Millitesla und einer Frequenz von 50 Hertz (zum Vergleich: die vom menschlichen Körper erzeugten Magnetfelder haben eine Stärke von  $10^{-9}$  bis  $10^{-10}$  Tesla; das Magnetfeld der Erde von  $10^{-4}$  Tesla = 1 Gauss). Die Untersuchten nahmen dabei flackernde Lichtpunkte wahr, die bei offenen und geschlossenen Augen auftraten. Unabhängige Untersuchungen bestätigten 1911 die Ergebnisse von Arsene d'Arsonval, E. K. Müller und Silvanus Phillips Thompson (10, 32, 55). Ob aber die evozierten visuellen Sensationen eindeutig der Stimulation der Retina oder/und des Nervus opticus und/oder des occipitalen Kortex zugeschrieben werden können, blieb unklar (29, 76). 1918 berichteten K. Löwenstein und M. Borhardt über experimentell ausgelöste optische Halluzinationen bei einem Patienten mit einer Schussverletzung am Hinterhaupt. Sie stimulierten mit Wechselstrom die in Lokalanästhesie operativ freilegte, verletzte, linke Sehrinde des Patienten. „[...] elektrische Reizung der Hinterhauptsgegend mit faradischem Strom. Der Patient gibt deutlich an, dass er in der Sehspäre rechts von sich Flimmern bemerkt. Bei jedermaliger Berührung gibt er das stets wieder von neuem an, während er die Periostreizung und von anderen Stellen aus diese Gehirnerscheinung nicht bemerkt. [...] Der Patient gib an, dass es dieselben Erscheinungen sind, die er bei Beginn des epileptischen Anfalls verspürt [...]“ (54). Weitere Arbeitsgruppen beschäftigten sich mit dem Phänomen der Phosphene. 1947 publizierten Horace B. Barlow und Mitarbeiter z.B. Schwellenwerte, die erreicht werden mussten, um Phosphene zu induzieren (7). 1959 konnten Alexander Kolin und Mitarbeiter mittels alternierender magnetischer Felder über dem temporalen und occipitalen Bereich Frequenz- (60 Hz, 1 000 Hz) und Intensitätsabhängige (8740 gauss vs. 2260 gauss) Phosphene auslösen; relevant erscheint in dieser Arbeit die Versuchsanord-

nung, wonach es gelang, den peripheren Nerven des Frosches magnetisch zu stimulieren und die muskuläre Reizantwort aufzuzeichnen (52). In weiterer Folge beschrieben 1965 R. G. Bickford und B. D. Fremming den erfolgreichen Versuch, periphere Nerven von Menschen und Tieren magnetisch zu stimulieren (13). Die moderne Ära der Neurodiagnostik begann (16). So gelang es Michael John Ross Polson 1981 diese peripheren evozierten Muskelpotenziale aufzuzeichnen (64). Anthony Barker und Mitarbeiter lokalisierten 1985 mit der transkraniellen Magnetstimulation (TMS) als schmerzlose Untersuchungstechnik erstmals motorkortikale Funktionen (6). Funktionelle Neurokartografien wurden gezeichnet und neue Konzepte zu Neurokognition, -emotion und -verhalten entwickelt. Die Bonner Arbeitsgruppe um G. Höflich beschrieb die antidepressive Wirkung der TMS und leitete 1993 die Ära der therapeutischen Anwendungsmöglichkeit der TMS ein (44). Ab 1995 versuchte man infolge bildgebender Verfahren durch hochfrequente Stimulation umschriebener Areale des präfrontalen Kortex basierend auf biospsychische Konzepte „antidepressive“ Manipulationen zu setzen.

## Ausblick

Der TMS wird derzeit eine selektive und spezifische psychoaktive Wirkung zugeschrieben. Diese ist abhängig von Stimulationsort, von der unter- bzw. überschwelligem Stimulationsintensität, Frequenz, Dauer, Anzahl und Intervallabständen der einzelnen elektromagnetischen Reizimpulse sowie der Anzahl der Stimulationssitzungen. Obwohl es noch weiterer systematischer Erforschung dieser Parameter bedarf, könnte die TMS als Begleittherapie die Latenzzeit der medikamentösen antidepressiven Wirkung verkürzen und als Augmentierungsstrategie bei medikamentöser Therapieresistenz schon bald eine tragende Rolle im klinischen Alltag ■zukommen (23). Auch Subtypen von depressiven Störungen und Komorbiditäten, wie sie die Persönlichkeitsstörungen darstellen, dürften auf verschiedene Parameter der TMS ansprechen

(25). Dennoch hat sich gezeigt, dass die TMS, insbesondere in ihrer antidepressiven Wirksamkeit deutlich geringer einzustufen ist als die EKT. Da sich aber mittels der TMS gezielte Gehirnregionen aktivieren lassen, haben Holy Lisanby und Thomas Schläpfer am 1. Mai 2000 erstmals in Bern (CH) die konvulsive Magnetstimulation (MKT) in der Behandlung einer depressiven Frau mit psychotischen Symptomen angewandt. Die Technik ist aber derzeit der limitierende Faktor; die Thyristoren haben nämlich nicht die ausreichende Kapazität, um hohe Magnetfeldstärken von  $> 2,5$  Tesla, mit einer Frequenz von  $> 40$  Hertz und einer Dauer von  $> 8$  Sekunden zu produzieren. Da aber die MKT im Vergleich zur EKT ein unterschiedliches elektrochemisches Wirkungsmuster aufweist, sind in Abhängigkeit des technischen Fortschrittes weitere Untersuchungen von hohem klinischen Interesse. Ende 2006 stammen Erkenntnisse dazu vorwiegend aus der Tierforschung und es bedarf wohl noch einiger Jahre, um die klinische Relevanz zu untersuchen. Interessant wie sich hier der Kreis mit der EKT wieder schließt. Die TMS selbst ist aber auch Gegenstand intensiver Forschung ihrer therapeutischen Anwendungsmöglichkeit bei anderen psychiatrischen Störungen wie Manie, Schizophrenie, Zwangsstörung und posttraumatische Störungen (38, 81).

## Schlussfolgerung

Die historische Vielzahl und Vielfalt von Informationen über die elektromagnetischen Stimulationen des Nervensystems als Therapeutikum und Diagnostikum zeigen, wie verfehlt es wäre, die Geschichte der medizinischen Technik schlicht als stetige Erweiterung und Verbesserung der ärztlichen Möglichkeiten zu begreifen. Vom Einsatz des Zitterrochens bis hin zur Entwicklung von hochfrequenten Magnetstimulatoren ging die Geschichte der medizinischen Forschung einher mit sozialpolitischen, geistigen und naturwissenschaftlichen Revolutionen. Diese verändern grundlegend das medizinische Weltbild, das ärztliche Berufsbild sowie die Beziehung zwischen Arzt und Patient. Auch weitere Stimulationsverfahren

wie DBS (tiefe Gehirnstimulation), VNS (Vagus Nervus Stimulation), aber auch die LFMST (niederfrequente Magnetstimulation) und tDCS (transkranielle direkte Gleichstrom Stimulation) werden zu Entwicklungen der Medizin beitragen. Aber bevor der „historische Edelrost“ sie befallen wird, gilt es für die Psychiatrie, sich an der gegenwärtigen Entwicklung zu beteiligen und diese zu gestalten. Denn wie schon Jean Paul Marat 1783 in seinem Essay „Memoires sur l'electricité medicale“ meinte, reicht es nicht, den richtigen Schalter einer elektrischen Maschine zu bedienen. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Integration dieser Stimulationstechniken in die Arzt-Patienten-Beziehung dar, eine auf die Psychiatrie innerhalb der medizinischen Disziplinen maßgeschneiderte Rolle.

## Literatur

- Aldini G. Saggio di esperienze sul galvanismo, di Giovanni Aldini. Bologna: AS. Tommaso d'Aquino 1802.
- Alvery DH, George MG. ISTS database für studies of transcranial stimulation in the treatment of depression. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1998; 107 (3): 93.
- Ampère AM. Suite du mémoire sur l'action mutuelle entre deux courants électriques, un courant électrique et entre deux aimants. *Annales de Chimie et de Physique* 1820; Vol. XV: 170.
- d'Arsonval A. Dispositifs pour la mesure des courants alternatifs de toutes frequences. *Cr Soc Biol Paris* 1896; 3: 450–451.
- Averroes [d.i. Muhammad Ibn Ahamad Ibn Ruschd]. *Abhomeron Abynozohar. Colliget Averrois*. [Herausgegeben von Hieronymus Surianus]. Venedig: Gregorio de Gregoriis 1514.
- Barker AT, Jalilou R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of the human motor cortex. *Lancet* 1985; 1: 1106–1107.
- Barlow HB, Kohn HL, Walsh EG. Visual sensations aroused by magnetic fields. *Am J Physiol* 1947; 148: 372–375.
- Barbensi G. *Opere scelte di Galvani Luigi*. Torino: Unione tipografica torinese 1967; 102–111, 121–122.
- Bartholow R. Experimental investigations into the functions of the human brain. *Am J Med Sciences* 1874; April CXXXIV: 305–313.
- Beer B. Vorläufige Mittheilung: Ueber das Auftreten einer subjectiven Lichtempfindung im magnetischen Felde. *Wien Klin Wschr* 1902; 4: 108–109.
- Bertholon P. De l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie; ouvrage couronné par l'Académie de Lyon, dans lequel on traite de l'électricité de l'atmosphère, de son influence & de ses effets sur l'économie animale, &c., &c., par Bartholon. Lyon: Bernuset 1780.
- Bettini A. *Elettromagnetismo*. Decibel 1994; 185, 249–251.
- Bickford RG, Fremming BD. Neural stimulation by pulsed magnetic fields in animals and man. In: *Digest of the 6<sup>th</sup> International Conference on Medical Electronics and Biological Engineering*. Tokyo 1965; 6–7.
- Bini L. Reproduction of Professor Bini's notebook entry. *Convuls Ther* 1995; 11 (4): 261.
- Boyle R. Essays of the strange subtilty determinate nature, great efficacy of Effluvioms, to which are annex new experiments to make fire and flame ponderable together with a discovery of the perviousness of glass. London: Pitt 1673.
- Brandon S. The history of shock treatment. In: *Electroconvulsive therapy: an appraisal*. Palmer RL (Hrsg). New York, Toronto: Oxford University Press 1981; 3–5.
- Brazier M. The Emergence of electrophysiology as an aid to Neurology. In: *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*. Second Edition. Aminoff MJ (Hrsg). New York, Edinburgh, London, Melbourne: Churchill Livingstone 1991; 1–19.
- Budge WE. *Syriac Book of Medicine*. Oxford Press 1913; 2: 123.
- Compositiones medicae. Joannes Rhodius recensuit, notis illustravit, lexicon scribonianum adiecit. Patauii: P. Frambotti 1655.
- Caldani L. *Institutiones physiologicae et pathologicae*. Leyden: Luchtman 1784.
- Central-Zeitung für Optik und Mechanik 1895; XVI. Jg. No. 17: 191.
- Conrad L, Neve M, Nutton V et al. *The Western Medical Tradition 800 BC to AD 1800*. Cambridge, New York, Melbourne: Cambridge University Press 1995; 7–9, 89, 114, 118–119, 128, 399–400.
- Conca A, Koppi St, König P et al. Transcranial magnetic stimulation: a novel antidepressant strategy? *Neuropsychobiol* 1996; 34: 204–207.
- Conca A, Swoboda E, König P et al. Clinical impacts of single transcranial magnetic stimulation (sTMS) as an add-on therapy in severe depressed patients under SSRI treatment. *Hum Psychopharmacol* 2000; 15: 429–438.
- Conca A, Di Pauli J, Hausmann et al. Combining high and low Frequencies in rTMS Antidepressive Treatment Preliminary results. *Hum Psychopharmacol* 2002; 17: 353–356.
- Dawud al-Antaki's medical treatise Tadhkirat al-Albab E.W. Lane Description of Egypt, Brit. Mus. MS, ADD. 34080, vol. I fol. 215; idem Manners and Customs of Modern Egyptians, first publ. 1836), Everman's Library ed. 222.■
- Delay J. L'Électrochoc et la Psycho-Physiologie. Paris: Masson & Cie 1946; 169.
- Deshais JÉ. De hemiplegia per electricitatem curanda, propugnabit Joannes Stephanus Deshais. Monspelii, J. Martel 1749.
- Devinsky O. Electrical and Magnetic Stimulation of the Central Nervous System. Historical Overview. In: Devinsky O, Beric A, Dogali M (Hrsg.) *Advances in Neurology Vol 63: Electrical and Magnetic Stimulation of the Brain and Spinal Cord*. New York: Raven Press 1993; 1–16.
- Du Bois-Reymond E. *Untersuchungen über thierische Electricität*. 2 Vols. Berlin: Reimer 1848.
- Dufay JTF. An Fluidum nerveum sit fluidum electricum? Montpellier: Martel 1749.
- Dunlop K. Visual sensation from the alternating magnetic field. *Science* 1911; 33: 68–71.
- Fontana F. *Ricerche filosofiche sopra la fisica animale*. Tomo I. Firenze, G. Cambiagi 1775.
- Faraday M. *Experimental Researches in Electricity*, Londres, Bernard Quaritch, 3 volumes, 1839–1855.
- Fritsch G, Hitzig E. Ueber die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. *Archiv f Anat Physiol u Wissenschaftliche Medicin* 28. April 1870; 3: 300–322.
- Galenus C. *Opera omnia* [griechisch u. lateinischer Übersetzung] Editionem curavit C.G. Kühn. 20 Bde. In 22 Bänden. Leipzig 1821–33. 2. Reprint: Hildesheim 1997. [Band XX. Indices: 2. Reprint: Hildesheim 1986]. *Epilogum et notas bibliographicas adiecit K. Schubring*. CDXX/197772 S. Leinen. (Medicorum Graecorum Opera quae exstant, Vol. 1–XX.).
- Galvani A. De viribus electricitatis in motu musculari Commentarius, De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii, vol. VII, Bononiae, Ex Typographia Instituti Scientiarum, 1791; 363–418.
- George MS, Lisanby SH, Sackeim HA. Transcranial magnetic stimulation. Application in neuropsychiatry. *Arch Gen Psychiatry* 1999; 56: 300–311.
- Gilbert W. (Gulielmi Gilberti Colcestresis): *De magnetete, magnetisque corporibus et de magno magnetete tellure*. London: Peter Short 1600.
- Guericke ■. *Otonnis de Guericke Experimenta nova (ut vocantur) magdeburgica de vacuo spatio primum a R.P. Gaspare Amstelodami: apud J. Janssonium a Waesberge* 1672.
- Haller A. *Elementa Physiologiae corporis humani*, 8 vols., Lausanne 1757–66 (esp. vol. IV [1762], p. 269–408 and 440–576).
- Hauksbee F. Physico-mechanical experiments on various subjects, containing an account of several surprising phenomena touching light and electricity, producible on the attrition of bodies, with many other remarkable appearances, not before observed. London: R. Brugis 1709.
- Hausmann A, Walpoth M, Kramer-Reinstadler K, Hörtnagel C, Hinterhuber H, Conca A. Wirkmechanismen und Wirksamkeit der repetitiven transkraniellen Magnetstimulation (rTMS) in der Depression: Klinische und präklinische Daten. *Neuropsychiatrie* 2002; 16: 125–140.
- Höflich G, Kasper S, Hufnagel A et al. Application of transcranial magnetic stimulation in treatment of drug-resistant depression. *Hum Psychopharmacol* 1993; 8: 361–365.
- Horden P. The Byzantine welfare state: image and reality. *Society of the Social History of Medicine Bulletin* 1985; 37: 7–10.
- Hunter, J. *Anatomical Observations on the Torpedo*. *Phil Trans Royal Soc* 1773; 63: 481–489.



47. Joly R. *Corpus Hippocraticum* Bd XIII. Paris 1978; 118/VIII, 1 Zeile 578–583.
48. Kalinowsky L, Hoch PH. Shock Treatment, Psychosurgery and Other Somatic Treatments in Psychiatry. New York: Grune & Stratton 1952; 396.
49. Kellaway P. The part played by electric fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *Bull Hist Med* 1946; XX: 117, 123, 129–133.
50. Kircher A. *Magneticum naturae regnum sive disceptatio physiologica de triplici in natura rerum magnete, iuxta triplicem eiusdem naturae gradum digesto inanimato, animato, sensitivo*. Romae: Typis Ignatii de Lazaris 1667.
51. König P, Angelberger-Spitaller H, Conca A et al. ECT in Austria: Is it still a valid treatment? Appraisal of present day standards in a psychiatric Hospital. *Convuls Ther* 1992; 8: 25–32.
52. Kolin A, Brill NQ, Broberg PJ. Stimulation of irritable tissues by means of an alternating magnetic field. *Proc Soc Exp Biol Med* 1959; 102: 251–253.
53. Kratzenstein CG. Abhandlung von dem Nutzen der Electricität in der Arzneywissenschaft Halae Magdeburgicae, Impensis C.H. Hemmerde 1744.
54. Löwenstein K, Borchardt M. Symptomatologie und die elektrische Reizung bei einer Schussverletzung des Hinterhauptlappens. *Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde* 1918; 58: 264–292.
55. Magnusson CE, Stevens HC. Visual sensation caused by changes in the strength of the magnetic field. *Am J Physiol* 1911; 29: 124–136.
56. Marat JP. *Mémoire sur l'électricité médicale* Couronné 6 Août 1783, par l'Académie royale des sciences, belles-lettres & arts de Rouen. Paris, N.T. Méquignon 1784.
57. Matteucci C. *Traite des Phenomenes Electro-physiologiques des animaux suivi d'etudes anatomiques sur le systeme nerveux et sur l'organe électrique de la torpille* par Paul Savi. Paris: Fortin et Masson 1844.
58. Maxwell, JC. *An Elementary Treatise on Electricity*, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Clarendon Press 1888.
59. Meier P. *Paracelsus Arzt und Prophet*. Zürich: Ammann Verlag AG, 2. Aufl. 1993; 232–233.
60. Musschenbroek P van. *Physicae experimentales et geometricae*. Lugduni Batavorum 1729.
61. Oersted C. *Experimenta circa effectum conflictis electrici in acum magneticum*. *J Chem Phys* 1820; 29: 275.
62. Parent A. Giovanni Aldini: from animal electricity to human brain stimulation. *Can J Neurol Sci* 2004; 31: 576–584.
63. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 1735 and 1736; Vol. 31, 105, 107, 1720–21; Vol. 37, 18–44, 1731–2; Vol. 37, 227–230, 1731–2; Vol. 37, 285–291, 1731–2; Vol. 37, 397–407, 1731–2; Vol. 39, 17–24, 1735–6; Vol. 39, 167–170, 1735–6; Vol. 39, 220, 1735–6; Vol. 39, 400–403.
64. Polson MJR. The stimulation of human peripheral nerve trunks by time varying magnetic fields. (PhD thesis) Sheffield: University of Sheffield 1981.
65. Purchas S. *Hakluytus posthumus; or, Purchas his pilgrimes*. Glasgow, 1905–07; IX: 227.
66. Rolando L. *Saggio sopra la vera struttura del cervello dell'uomo e degli animali e sopra le funzioni del sistema nervoso*. Sassari: Stamp Privilegio 1809; 12.
67. Roubicek J. *Sokově Léčení Dusevních Chorob*. Prague: Prometheus Press 1946; 132.
68. Sargent W, Slater E. *An Introduction to Somatic Methods of Treatment in Psychiatry*. Baltimore: Williams & Wilkins 1944; 171.
69. Schechter DC. Origins of electrotherapy. *N Y State J Med* 1971; 71: 997–1008.
70. Sauvages de la Croix FB de. *Dissertation sur la nature et la cause de la rage, dans laquelle on recherche quels en peuvent être les preservatifs & les remèdes*, par François de Sauvages. Toulouse: Chez Robert 1749.
71. Shajaham P, Ebmeier K. Transcranial magnetic stimulation: a treatment of the future? *Progress in Neurology and Psychiatry* 1998; 2/2: 19–22.
72. Stahl GE. *Theoria Medica Vera. Physiologiam et pathologiam Halae [Halle]: literis Orphanotrophei, 1708*.
73. Stillings D: A Survey of the history of electrical stimulation for pain to 1900. *Med Instrum* 1975; 9: 255–259.
74. Sue P. *Histoire du galvanisme; et analyse des différents ouvrages publiés sur cette découverte, depuis son origine jusqu'à ce jour*. Paris: Bernard 1802.
75. Swammerdam J. *Biblia Naturae sive Historia insectorum Leydae, apud I. Severinum, B. et P. Vanderaa 1737*.
76. Thompson SP. A physiological effect of an alternating magnetic field. *Proc R Soc Lond [Biol]* 1910; 82: 396–399.
77. Trautwein A, Kreibitz U, Oberhausen E. *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*. Berlin, New York: Walter de Gruyter 1977; 248, 254, 258–259, 315.
78. Vivenzio G. *Storia dell'elettricità medica*. Napoli: Nella Stamperia Reale 1784.
79. Volta A. On the electricity excited by mere contact of conducting substances of different kinds. *Philosophical transactions of the Royal Society of London* 1800; 1–3, 403–431.
80. Von Baeyer WR. *Die Moderne Psychiatrische Schockbehandlung*. Stuttgart: Thieme 1951; 160.
81. Walpöth M, Hoertnagl C, Hinterhölzl J, Hinterhuber H, Conca A, Hausmann A. Aspekte der Repetitiven Transkraniellen Magnetstimulation in der Neuropsychiatrie. *Neuropsychiatrie* 2005; 19(1): 3–14.
82. Wellmann M. *Pedanii Dioscoridis Anazarbei De materia medica Libri quinque, 3 vols*. Berlin, Weidmann 1906.
83. Wesley John. *The Desideratum: Or, Electricity Made Plain and Useful. By a Lover of Mankind, and of Common Sense*. London: Printed: And sold by W. Flexney, MDCCLX, vii, 9–72.
84. Zyss T. *Czy terapia elektrowstrzasowa musi być "wstrzasowa" – hipoteza stymulacji megnetycznej mozgu jako nowej terapii psychiatrycznej*. *Psychiatr Pol.* 1992; 26: 531–41.
85. Zyss T. Deep magnetic brain stimulation – the end of psychiatric electroshock therapy? *Med Hypotheses* 1994; 43: 69–74.

**Korrespondenzadresse:**

OA. Univ. Doz. Dr. med. Andreas Conca  
 Vorsitzender der österreichischen Arbeitsgemeinschaft  
 für spezielle psychiatrische biologische Verfahren  
 Psychiatrische Abteilung I, LKH Rankweil  
 Valdunastr. 16, 6830 Rankweil  
 Austria  
 Tel. 0043/522-403  
 E-Mail: andreas.conca@lkh.at