



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Elektrizität und ihr Einfluss auf die Entwicklung der
Medizin im „langen“ 19. Jahrhundert

verfasst von / submitted by

Hans Schartner, BA

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Arts (MA)

Wien, 2019 / Vienna 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 803

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Geschichte

Betreut von / Supervisor:

Univ. Doz. Mag. DDr. Sonia Horn

Aus einem Briefverkehr des deutschen Naturforschers Christian Gottlieb Kratzenstein (1723 – 1795)

„Hochedler, Hochgelahrter Hochzuehrender Herr Doctor,

Werden Sie es auch wohl glauben was ich Ihnen sagen werde. Die Menschen lernen sich jetzt so fürchterlich zu machen, daß man sie nicht mehr antasten darf, ohne zu befürchten, daß aus ihnen Feuerflammen fahren, wie aus dem Berge Aetna. Wenn man nicht wüste, daß sie Fleisch und Bein hätten, so sollte man gar dencken, man sey unter die Gesellschaft der bösen Geister gerathen. Gott weiß, was die Menschen endlich noch vor seltsamen Dinge erdencken werden.

Ich rede jetzt von den Experimenten der Electricität. (...). Man kann es nicht allein dadurch bey einer eisernen Stange dahin bringen, daß aus derselben Flammen herausfahren, sondern es erstreckt sich auch diese Kunst bis auf die Menschen und Thiere. (...).“¹

¹ Christian Gottlieb Kratzenstein, Abhandlung von dem Nutzen der Electricität in der Arzneywissenschaft, (Halle 1745), 3.

Inhaltsverzeichnis:

1. Vorwort.....	4
2. Einleitung.....	8
3. Ein Überblick: Industrielle Revolution, Technik, Energie und Elektrizität.....	11
3.1. Von der Proto-Industrialisierung zur Industriegesellschaft.....	12
3.2. Energie und Elektrizität.....	15
3.3. Technische Innovationen im Zeitabschnitt.....	21
4. Verknüpfungen und Bezüge zwischen Medizin und Elektrizität.....	27
4.1. Ein Streifzug durch die medizinische Evolution.....	27
4.2. Georg Prochaska und Emil du Bois-Reymond, Mediziner und Naturwissenschaftler.....	32
4.2.1. Georg Prochaska.....	33
4.2.2. Emil du Bois-Reymond.....	51
4.3. Energiemedizin.....	57
4.3.1. Friedrich (Franz) Anton Mesmer.....	58
4.3.2. Anwendungsfelder der Energiemedizin.....	60
4.4. Elektrizität und Gehirnforschung.....	69
4.4.1. Gehirnforschung - Entwicklungsstufen ab 18. Jahrhundert.....	69
4.4.2. Elektrizität und Magnetismus in der Methodik der Gehirnforschung.....	74
5. Exkurs: Medizin und Elektrizität im Ersten Weltkrieg.....	78
5.1. Kriegsneurosen, Kriegshysterie.....	83
6. Die Zukunft: Neurobionik – Verknüpfung von Neurologie, Biologie und Technik....	90
6.1. Neuroprothetik – Einsatzgebiet der Neurobionik.....	93
7. Zusammenfassung.....	96
8. Glossar.....	99
9. Quellennachweis.....	104
9.1. Primärliteratur.....	104
9.2. Sekundärliteratur.....	106
9.3. Enzyklopädien.....	109
9.4. Internet Links.....	109

1. Vorwort

Die „Electricität“, von der Christian Kratzenstein Mitte des 18. Jahrhunderts schrieb, ist heute in ihrer Nutzung im täglichen Leben und so auch in der Medizin, eine Selbstverständlichkeit geworden. In der heutigen, globalisierten Welt, nimmt fast jeder Mensch im Laufe seines Lebens medizinische Leistungen in Anspruch. Moderne Diagnostik, aufwendige chirurgische Verfahren, rasche Heilungsprozesse und gezielte Therapien werden dabei vorausgesetzt und sind ohne die Entdeckung der Elektrizität, ohne elektrische Energie mit allen ihren Erscheinungsformen, in fast allen medizinischen Bereichen nicht mehr wegzudenken.

Daraus ergibt sich eine allgemeine, doch sehr interessante, grundsätzliche Forschungsfrage: Welche entscheidenden Entwicklungen hatten stattgefunden, die es ermöglichen, dass in unserer Zeit viele medizinische Prozesse in dieser hochtechnisierten „elektrifizierten“ Form ablaufen können? Diese Frage wird heute aufgrund der ganz natürlich gewordenen praktischen medizinischen Abläufe kaum von jemanden gestellt. Noch viel weniger werden die weiteren wesentlichen Fragen, die sich in der Folge aufdrängen, überlegt: Wie und ab wann entstand diese enge Beziehung zwischen Medizin und Technik, respektive Elektrizität, zweier, auf den ersten Blick einander fremder Wissenschaftszweige? Welche wegweisenden Protagonisten waren an der Zusammenführung dieser Forschungsfelder beteiligt?

Der Anstoß, diese nachhaltige Verflechtung zweier Forschungsgebiete und ihre Entstehungsgeschichte im Rahmen einer Masterarbeit für die Allgemeinheit nachvollziehbar darzustellen, kam von Frau Univ. Doz. Mag. DDr. Sonia Horn. Ich möchte mich an dieser Stelle für die sehr gute Betreuung und die wertvollen Anregungen für die Ausarbeitung dieser vielschichtigen und äußerst interessanten Thematik, herzlich bedanken.

Ziel und Zweck dieser Masterarbeit ist es nun mit Hilfe von zahlreichen primären und sekundären Literaturquellen, sowie einigen Enzyklopädien und materiellen Quellen aus dem Technikbereich, einen Beitrag zu leisten, den Ursprung und den Ablauf der zu dieser enormen Entwicklung der „elektrifizierten“ Medizin führte, nachzuzeichnen. Für den Leser soll ein möglichst klares Bild geschaffen werden, das es ihm erleichtern soll, sich mit dieser Materie auseinanderzusetzen und das ihn zugleich anregt, selbst die Antworten auf die oben erwähnten Fragen zu finden.

Eine zeitliche Abgrenzung der Arbeit hat sich aufgrund des umfassenden Themas als unbedingt notwendig erwiesen: Der Zeitrahmen des Kernthemas, das heißt der Weg zur Entwicklung einer „elektrifizierten“ Medizin, spannt sich in dieser Arbeit über eine Dauer von circa 150 Jahre. Gemeint ist das „lange“ 19. Jahrhundert, das ist der ungefähre Zeitraum vom letzten Drittel des 18. Jahrhunderts bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Im historischen Kontext ist diese Periode auch mit der Ausformung und dem Ablauf der „Industriellen Revolution“ gleichzusetzen. Es war dies eine Phase der Transformation, die trotz vieler Kriege, beginnend mit der Französischen Revolution über den Deutsch-Französischen Krieg bis zum Ersten Weltkrieg, das wirtschaftliche-, gesellschaftliche- und politische Leben und nicht zuletzt die Wissenschaft, weltweit stark beeinflusste und letztlich durch Veränderung charakterisiert war.

Neben der zeitlichen, ist eine räumliche Begrenzung infolge des Umfangs der einzelnen Fachgebiete gezwungenermaßen erforderlich: Diese Masterarbeit beschränkt sich deshalb in erster Linie auf den mitteleuropäischen Raum. Allerdings wird zur besseren Gesamtsicht fallweise auch auf die Einflüsse themenbezogener Forschungsergebnisse, die in anderen Teilen Europas und ebenso in den USA erreicht wurden, hingewiesen werden. Der Grund dafür ist die im Zuge der Industriellen Revolution langsam einsetzende Globalisierung. Sie war für die Wissenschaft und für die Forschungsarbeit dieser Zeit gleichzeitig der Beginn einer entsprechend stetig wachsenden weltweiten Vernetzung, sodass der außer-mitteleuropäische Raum bei der gegenständlichen Thematik nicht ganz vernachlässigt werden darf.

Von den vielen handelnden Akteuren - Wissenschaftler, Forscher und Entdecker - aus dem Bereich der Medizin, aus den Naturwissenschaften und der Technik, werden drei Wissenschaftler und Forscher, das sind der aus dem mährisch-österreichischen Raum stammende Georg Prochaska (1741 – 1820) und die beiden Deutschen, Friedrich (Franz) Anton Mesmer (1734 – 1815) und Emil Heinrich du Bois-Reymond (1818 – 1896), näher vorgestellt. Durch diese drei Persönlichkeiten, die man aufgrund ihrer breit gefächerten wissenschaftlichen Tätigkeit fast schon als Universalgelehrte bezeichnen kann, wird vor allem der medizin-historische Kontext dieser Arbeit hervorgehoben. Prochaska, Reymond und Mesmer forschten auf Gebieten, die sich intensiv mit der Verbindung von Medizin und Naturwissenschaft und im Besonderen mit der Elektrizität und dem Magnetismus beschäftigten.

Diese Arbeit inkludiert Theorien über die im Zeitraum der Industriellen Revolution erforschten Möglichkeiten der Anwendung von Elektrizität und von elektrischer Energie, sowie dem

Magnetismus und über elektrische und magnetische Felder. Außerdem in der Gesamthematik enthalten sind Theorien über den Zusammenhang zwischen der inneren Elektrizität und dem äußeren Einfluss von elektrischer Energie auf Lebewesen. Das Kernthema zeigt schließlich die Forschungserfolge, die sich in der vormodernen Zeit aufgrund einer Transformation auf den Gebieten der elektrischen Energie und der Medizin, zu einer Symbiose aus diesen beiden Forschungsfeldern entwickelten. In diesem Fall kann man auch von der Theorie der „mittleren“ Reichweiten sprechen, da weder nur ein einzelnes Ereignis, noch der umfassende Bereich von Medizin und Elektrizität in seiner Gesamtentwicklung erfasst wird. Es werden nur die partiellen Verknüpfungen von jeweils einzelnen Disziplinen in dieser Arbeit angesprochen. Ein weiterer Theorieansatz, der besonders in der medizinischen Forschung und der Anwendung entsprechender Ergebnisse von großer Relevanz ist, stammt aus dem Gebiet der Ethik. Der britische Philosoph, Politiker und Ökonom John Stuart Mill, meint als Vertreter des Prinzips des Utilitarismus sinngemäß: Jede menschliche Handlung soll den größtmöglichen Nutzen für die Weltgemeinschaft hervorbringen.²

Ausgehend von der zentralen Grundthematik erfolgten die methodischen Schritte: Nach Festlegung des Themas war die Hauptaufgabe eine erste Auswahl von Quellen. Daran reihten sich umfangreiche Recherchen, die infolge des interdisziplinären Themas unerlässlich waren. Danach konnten die angeführte Primär- und Sekundärliteratur, sowie die Enzyklopädien und Internetressourcen, den drei verschiedenen Fachbereichen zugeordnet werden, erstens der Medizin, zweitens dem Wirtschafts- und Sozialbereich, sowie drittens der Technik. Um eine bessere Verständlichkeit zu erreichen, erklären zusätzlich einige materielle Belege aus dem technischen Bereich, die verschiedenen Abläufe und Zusammenhänge. Das sind zum Beispiel elektrotechnische Versuchsanordnungen für Experimente und Abbildungen von elektro-physikalischen Geräten.

Zur besseren Erfassung und Veranschaulichung der Wechselbeziehungen zwischen Medizin und Technik, waren die Vorort durchgeführten themenbezogenen Recherchen in fachspezifischen Orten, wie zum Beispiel das Technische Museum und die pathologisch-anatomische Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien, für die Gesamtübersicht sehr aufschlussreich und hilfreich. Nach entsprechender Quellenkritik und Quelleninterpretation wurde anschließend mittels der Cluster Methode, die Erstellung der Grobstruktur und die erste Einteilung der Hauptabschnitte abgeschlossen.

² John Stuart Mill, Dieter Birnbacher (Hg.), Der Utilitarismus, (Stuttgart 2000, engl. 1861/71)

Mit Hilfe der Diskursanalyse (Externe Ausschließung - Verknappung der Ereignisse, Interne Ausschließung - Verknappung der Aussagen), sowie einer Textanalyse und einer Textinterpretation, die im Falle der Literatur von Emil du Bois-Reymond im Zusammenhang mit seinen Aussagen über die Arbeit seines wissenschaftlichen Konkurrenten Carlo Matteucci besonders angebracht war, wurde anschließend die genauere Herausarbeitung der einzelnen Unterabschnitte vorgenommen.

Die im Anschluss daran, unter Anwendung der Fragemethode, durchgeführte chronologische Zuordnung der schon vorhandenen Quellen zu den Unterthemen und den Schlagwörtern, war für eine geordnete und übersichtliche Ausarbeitung des Entwicklungszusammenhanges wichtig. Die sich in der Folge ergebende Recherche nach möglicher adäquater zusätzlicher Literatur und die Einarbeitung neuer aufgefundener Quellen, war ein nächster Schritt.

Entsprechend der Kontextmethode wurden abschließend die Verbindungen zwischen Raum und Zeit, sowie zwischen den verschiedenen Themenbereichen - Medizin, Technik (Elektrizität) Wirtschaft und Soziales - und den einzelnen involvierten Protagonisten der verschiedenen Fachbereiche, nochmals überprüft. Auf diese Weise hatte sich schließlich die Möglichkeit ergeben, alle Einzelthemen und Fakten entsprechend historisch miteinander abzustimmen und dementsprechend zu kombinieren. Sinn dieser Vorgangsweise war, die Gesamtthematik dieser Masterarbeit als ein geschlossenes, homogenes und auch nachvollziehbares Gesamtbild darzustellen.

2. Einleitung

Die vorliegende Masterarbeit betrifft das Hauptfach Geschichte. Involviert sind außerdem die Fachbereiche Medizingeschichte, die Technikgeschichte mit dem Schwerpunkt „Elektrizität, elektrische Energie und Magnetismus“ und, soweit es als notwendig erschien, zu einem kleineren Teil ebenso die Wirtschafts- und Sozialgeschichte.

Diverse eigenständige Forschungsarbeiten zu Themen der „Industriellen Revolution“, der „Elektrizität, sowie die Nutzung von elektrischer Energie“ und der Medizin liegen bereits vor. Im Rahmen dieser Masterarbeit soll jedoch keine isolierte Untersuchung der einzelnen Forschungsfelder vorgenommen werden, vielmehr ist, wie schon im Vorwort festgestellt, beabsichtigt, die Verknüpfungen und Bezüge der Forschungsgebiete Elektrizität und Medizin, sowie den gegenständlichen Zeitraum wahrnehmbar zu machen.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht daher die Darstellung des Weges und markanter Eckpunkte, sowie einiger Schlüsselereignisse, welche zu dieser engen wissenschaftlichen Verbindung allgemein in den Diensten der Medizin und im Besonderen in der Gehirnforschung des 19. Jahrhundert führten. Folgende Themenbereiche sollen die Beziehungen und Nahtstellen zwischen Medizin und Elektrizität deutlich aufzeigen:

- Der innere und äußere Stromfluss mit einem Blick auf die Fortschritte bei der Erforschung des menschlichen Energiefeldes, respektive auf das Forschungsfeld der „Energiemedizin“ und dem „Mesmerismus“.
- Die besondere Verbindung der Mediziner Georg Prochaskas, Friedrich (Franz) Anton Mesmer und Emil du Bois-Reymond mit der Naturwissenschaft und der Medizin.
- Die Verwendung von elektrischer Energie bzw. von Elektromagnetismus im Bereich der Hirnforschung.
- Die Anwendung von Elektrizität in der Diagnostik, sowie zu Heilzwecken und bei Therapien.
- Ein Exkurs in die Thematik von Krieg und Medizin soll die Rolle der Elektrizität und ihre Anwendung in der Psychiatrie beleuchten.

- Zum Abschluss wird noch auf die interessante, auf die Zukunft gerichtete Thematik der Neurobionik kurz eingegangen. Die Neurobionik verknüpft Neurologie, Biologie und Technik miteinander und wird zukünftig in der Medizin eine der Hauptrollen spielen.

Das vorrangige Ziel dieser Arbeit wird es sein, auf die Entwicklungen, Wege und Methoden aufmerksam zu machen, die auf jene, heute nicht mehr wegzudenkenden Beziehungen zwischen den Wirkkräften der elektrischen Energie und deren Anwendungen in medizinischen Fachgebieten hinsteuerten. Dabei ist es zweckmäßig, innerhalb des weiten Forschungsrahmens der Industriellen Revolution im „langen“ 19. Jahrhundert, die interessanten Entwicklungen der einzelnen Forschungsfelder „Elektrizität und elektrische Energie“ und „Medizin und Medizintechnik“ vorerst näher zu betrachten.

Nicht nur die Naturwissenschaft beschäftigte sich mit Elektrizität. Ein wichtiger Faktor für den medizinischen Fortschritt war, dass für viele Ärzte ab Ende des 18. Jahrhunderts, die mögliche Anwendung von elektrischer Energie und Elektromagnetismus in der Medizin, ein zentraler Bestandteil ihrer eigenen Forschungstätigkeit wurde. Daraus folgernd soll dargestellt werden, welche neuen Chancen und Zukunftsaussichten sich aus dieser Kombination für die Medizin entwickelten.

Die Elektrizität war es auch, die in der Zeit der Industriellen Revolution auf vielen Gebieten des täglichen Lebens wesentliche Neuerungen und Verbesserungen ermöglichte. Elektrizität, die unsichtbare und saubere elektrische Energie, übte spätestens seit der Entdeckung der Möglichkeit, diese neue Form von Energie überdies speichern zu können, eine große Faszination auf die Menschen aus. Aus medizinischer Sicht war die Versorgung von Krankenanstalten mit Elektrizität ein wesentlicher Fortschritt, denn abgesehen vom Einsatz der elektrischen Beleuchtung in den Kranken- und Operationssälen, sowie in den Laboratorien, waren Diagnostik, Operationstechnik, Heilung und therapeutische Behandlungen ohne Elektrizität bald nicht mehr denkbar.

Ein Bestandteil dieses Projekts und eng mit der Gesamtmaterie verbunden, ist deshalb auch die Entwicklung der Gehirnforschung im gegenständlichen Zeitraum. Es stellt sich daher eine weitere Frage: Wie nachhaltig hatte die Elektrizität den speziellen Bereich der Gehirnforschung beeinflusst? Grundsätzlich veränderte, wie man in der Folge ersehen wird, die Entdeckung des Zusammenspiels zwischen äußerer Elektrizität und der inneren elektrischen Energie des

Menschen die medizinischen Möglichkeiten wesentlich, da sich daraus auch grundlegende neue Sichtweisen und Methoden in der Behandlung von Kranken ergeben hatten.

Das Kapitel 5, ein Exkurs in den Ersten Weltkrieg, wird sich mit der Beziehung von Elektrizität, Medizin und Krieg auseinandersetzen. Besonders diese Thematik bietet eine gute Gelegenheit, diese im Laufe des 19. Jahrhunderts gewachsenen engen Verschränkungen zweier Wissenschaftsfelder noch einmal zu verdeutlichen. In diesem Abschnitt wird vor allem die praktische Anwendung der Elektrotherapie angesprochen.

Interessant an dieser Thematik ist außerdem der Bezug zum 21. Jahrhundert, denn ein großer Teil der heute erzielten medizinischen Erfolge ist auf diese grundlegende Symbiose zwischen Elektrizität und den medizinischen Forschungen des 19. Jahrhunderts zurückzuführen. In diesem an Erfindungen reichen Jahrhundert, wurden die Grundlagen für viele in der heutigen Zeit maßgeblichen medizinischen Methoden erforscht und entwickelt. Dieser Bezug wird weiter unten im abschließenden Kapitel 6, „Die Zukunft: Neurobionik – Verknüpfung von Neurologie, Biologie und Technik“, dargestellt und erläutert werden.

Im Anhang finden die Leser Definitionen zu einigen Fachausdrücken und eine Tabelle mit der Darstellung von Schaltungssymbolen, die in Schaltplänen von elektrischen Anlagen Verwendung fanden. Sie stammen aus dem Bereich der Elektrizität und waren Ende des 19. Jahrhunderts gebräuchlich. Zum einem Teil kommen diese Symbole auch heute noch zur Anwendung.

3. Ein Überblick: Industrielle Revolution, Technik, Energie und Elektrizität

Bevor jedoch auf das eigentliche Grundthema der Arbeit, der „Elektrifizierung“ der Medizin, genauer eingegangen wird, soll dieses Kapitel zur allgemeinen Einführung in die gesamte Thematik dienen. Eine knapper Querschnitt über den breiten Rahmen der Industriellen Revolution und über die beiden Spezialthemen „elektrischen Energie“ und „Medizinentwicklung“, wird in gestraffter Form durch die Jahrhunderte der Erforschung von Elektrizität und der Medizin führen.

Der Zeitraum des „langen“ 19. Jahrhunderts kann mit dem zeitlichen Ablauf der darin eingebetteten „Industrielle Revolution“ definiert werden. Westeuropa erreichte in dieser Phase eine wirtschaftliche und militärische Vormachtstellung gegenüber der restlichen Welt. Dieser Zeitrahmen vom letzten Drittel des 18. Jahrhunderts bis zum Anfang des 20. Jahrhundert, hatte nicht nur große wirtschaftliche und weitreichend politische-, soziale- und gesellschaftliche Umwälzungen zur Folge. Die Industrielle Revolution brachte ebenso eine verstärkte Forschungstätigkeit mit sich, die in der Folge wichtige neue Erkenntnisse in vielen Bereichen der Wissenschaft nach sich zogen.

Im ersten Abschnitt des gegenständlichen Kapitels wird der in den Staaten Europas zeitlich sehr unterschiedlich erfolgte Übergang vom „vorindustriellen Zeitalter“ in die neue Zeit der „Industriellen Revolution“ vorgestellt. Diese Entwicklung, wie auch die damit verbundenen schon angesprochenen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Veränderungen, prägten nicht nur Europa vom Ende des 18. bis in die Anfänge des 20. Jahrhunderts, sondern hatten folglich auch nachhaltige Auswirkungen vor allem auf politische Struktur des amerikanischen Kontinents.

Die Erzeugung, die Verwendung und die Verbreitung von elektrischer Energie im Zeitabschnitt werden im darauffolgenden Abschnitt ebenso thematisiert, wie der Wandel, der sich durch diese neue Energieform im gesellschaftlichen Leben und in der Arbeitswelt vollzog. Die Vorstellung einzelner Persönlichkeiten und einige ihrer wegweisenden Entdeckungen, die für die Grundlagenforschung und die Einsatzmöglichkeiten der Elektrizität maßgebend waren, sind gleichfalls in diesem Teil enthalten.

Mehrere, im Zusammenhang mit Elektrizität entstandene medizinischen Aspekte und Entwicklungen werden im 4. Kapitel angesprochen. Einer der Schwerpunkte in der Darstellung der fortschreitenden medizinischen Evolution, liegt hier speziell bei der Erforschung der elektrischen Energie von Lebewesen. Gemeint ist damit das Gebiet der tierischen und menschlichen Elektrizität, der sogenannten „inneren“ Elektrizität. Ein anderer Faktor betrifft die sogenannte „äußere“ Elektrizität, eine Form von elektrischer Energie, die von außen auf Lebewesen einwirkt und deren innere Energie beeinflussen kann. Außerdem werden mehrere Wissenschaftler, die sich innerhalb ihrer Arbeitsfelder besonders mit der Anwendung von Elektrizität in medizinischen Bereichen beschäftigten, präsentiert.

3.1. Von der Proto-Industrialisierung zur Industriegesellschaft

Die Proto-Industrialisierung in Europa umfasst grob den Zeitraum vom Beginn der Neuzeit bis Mitte des 19. Jahrhundert. Wobei anzumerken ist, dass der zeitliche Verlauf regional unterschiedlich war. Der Begriff „Proto-Industrialisierung“ wurde im Jahr 1972 von den amerikanischen Wirtschaftshistorikern Franklin F. Mendels und Charles Richard Tilly geprägt. In ihrer Theorie handelte es sich um die erste Phase der Industrialisierung, der sogenannten „vorindustriellen Industrie“, die der modernen Industrie voraus ging und diese vorbereitete.³

Grundsätzlich versteht man unter Protoindustrie bestimmte Formen von industrieller Fertigung, mit ersten Massenproduktionen von Bedarfsartikel und Gütern. Diese Art der Produktion war auf überregionale und auch auf internationale Märkte ausgerichtet. Produziert wurde in ländlicher- und städtischer Hausindustrie bzw. in Manufakturen, also großen zentralen Gewerbebetrieben, die große Mengen an Gütern produzieren konnten.⁴ Das bedeutete die Herstellung von Waren in Handarbeit bei kaum maschineller Hilfe und eine sequentielle Arbeitsteilung. Manche Fertigungsprozesse fanden teilweise auch in Heimarbeit statt. Langsam entwickelte sich mancherorts im Rahmen einer ländlichen Hausindustrie eine expandierende Marktproduktion, die aber immer noch nicht von Maschinen bestimmt war. Vor allem ländliche Bewohner stellten Güter für den Export her. Gute Beispiele für die Protoindustrie sind die vielerorts errichteten wassergetriebenen Hammerwerke, sowie die Wasser- und Windmühlen.

³ Marcus Cerman, Vorindustrielles Gewerbe und Proto-Industrialisierung, In: Marcus Cerman, Franz X. Eder, Peter Eigner, Andrea Komlosy, Erich Landsteiner, Wirtschaft und Gesellschaft. Europa 1000 – 2000, (Wien 2011), 220.

⁴ Cerman, Vorindustrielles Gewerbe und Proto-Industrialisierung, 211.

In den 1970er und 1980er Jahren beschäftigten sich mehrere Wissenschaftler mit dem Thema „Proto-Industrialisierung“ und überlegten zahlreiche theoretische Ansätze. Peter Kriedte, Hans Medick und Jürgen Schlumbohm entwickelten das Konzept der beiden eingangs genannten amerikanischen Wirtschaftshistoriker weiter und bezeichneten die Proto-Industrialisierung in ihrem Buch als „Industrialisierung vor der Industrialisierung“. Für sie war es eine weitere Phase eines Transformationsprozesses in dessen Verlauf auch das mittelalterliche, agrarisch geprägte Feudalsystem mit hineingezogen wurde.⁵

Der Prozess führte ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in die Epoche der sogenannten „Industriellen Revolution“ und des industriellen Kapitalismus. Es war eine Phase der Transformation, die von einer durch Landwirtschaft und Handwerk gekennzeichneten Wirtschaftsordnung zu einer Wirtschaft der maschinellen Fabrikation führte. Anzumerken ist, dass „Revolution“ hier im Sinne eines wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturwandels zu verstehen ist, der sich gegen Ende des 18. Jahrhunderts zuerst in England mit großer Geschwindigkeit durchsetzen konnte. Warum dieser Wandel von England seinen Ausgang nahm hatte folgende Ursachen: Energiereichtum durch leicht abbaubare Kohlevorräte, technische Innovationen, Kapitalbildung und Investitionen, hohe Löhne, positive Agrarentwicklung, rascher Bevölkerungszuwachs und verbesserte Arbeitstechniken. Zusammen waren das die Hauptgründe für die rasche Industrialisierung Englands.⁶

Im kontinentalen Europa vollzog sich der Übergang von der vorindustriellen Zeit in die Periode der Industrialisierung mit einiger Verzögerung. Es war eine „nachholende“ Industrialisierung und ein langsamer Prozess der ab Beginn des 19. Jahrhunderts schrittweise, räumlich und zeitlich unterschiedlich, auch auf dem europäischen Festland eingesetzt hatte.⁷ Hauptgründe in Kontinentaleuropa dafür waren: Noch genügend vorhandene Energieressourcen (Holz), eine noch feudal organisierte Landwirtschaft, ein durch Zünfte eingegengtes Gewerbe, ein durch Zölle behinderter Binnenhandel und eine traditionell organisierte Gesellschaft und Politik.

Zwei konträre Sichtweisen sind hier festzuhalten: Erstens, die vom US-Ökonomen Walt W. Rostow (1916 – 2003) vertretene und als „Take-off“ bezeichnete „revolutionären Sicht“,

⁵ Peter Kriedte, Hans Medick, Jürgen Schlumbohm, *Industrialisierung vor der Industrialisierung*, (Göttingen 1978), 26.

⁶ Peter Eigner, *Der Weg in die Industriegesellschaft*, In: Marcus Cerman, Franz X. Eder, Peter Eigner, Andrea Komlosy, Erich Landsteiner, *Wirtschaft und Gesellschaft. Europa 1000 – 2000*, (Wien 2011), 114f.

⁷ Kriedte, Medick, Schlumbohm, *Industrialisierung vor der Industrialisierung*, 278.

die sich auf einen schnellen Wandel von handwerklichen Produktionsformen zur industriellen Fertigung bezieht und einen kurzen Prozess für ein beschleunigtes Wirtschaftswachstum annimmt. Zweitens, die „graduelle Sicht“ des österreichischen Wirtschaftshistorikers Karl Polanyi (1886 – 1964), welche die „Industrielle Revolution“ als einen langfristigen und vielschichtigen Prozess, mit einem langsamen und nahezu gleichmäßig verlaufenden Wirtschaftswachstum, ansieht. Während Rostows Theorie durchaus auf die rasche industrielle Entwicklung Englands anzuwenden ist, entspricht die „graduelle Sicht“ Polanyis der langsam ablaufenden Industrialisierung Kontinentaleuropas.⁸

Im Mittelpunkt der industriellen Revolution stand die Technik, die auch manchmal mit ihren immer neuen Entwicklungen verkürzt als angewandte Naturwissenschaft (weitere Definition siehe Glossar) bezeichnet wird.⁹ Es entstand das neue kapitalistische Wirtschaftssystem, beherrscht von einem Gewinnprinzip, vom Streben nach Profit und vom Konkurrenz- und Leistungsdenken. Durch technische Neuerungen konnte menschliche und tierische Energie zu einem Großteil durch anorganische Energie ersetzt werden. Maschinen ersetzten das Handwerk – traditionelle Produktionsformen wurden durch neue Produktionstechniken abgelöst und die Produktionseinheiten damit wesentlich vergrößert.

Mit dem Unternehmertum und der Arbeiterschaft bildeten sich zwei neue soziale Gruppen, deren unterschiedliche Interessen erst nach vielen Arbeiteraufständen in einem langwierigen Prozess angepasst werden mussten. Die Lösung der sozialen Frage und damit verbunden die Bewältigung der neuen Herausforderungen, welche die maschinelle Arbeit an viele Lebensbereiche stellte, war ein wesentlicher Bestandteil des gesamten gesellschaftlichen Transformationsprozesses. Es entwickelte sich ein gesellschaftlicher Wertewandel und gleichzeitig eine erhöhte Erwartungshaltung durch die permanente suggestive Schaffung neuer Wünsche.¹⁰ Infolge der parallel dazu auftretenden psychischen und physischen Probleme der Menschen, entstanden bald neue Forderungen an die Medizin. Es wurde für sie unerlässlich, die modernen Möglichkeiten der neuen technischen Innovationen, im Verein mit den großen Chancen, welche die Elektrizität der Medizin bot, in ihre Forschungsarbeit einfließen zu lassen.

⁸ Eigner, Der Weg in die Industriegesellschaft, 105f.

⁹ Hubert Weitensfelder, Technologische Entwicklungen, In: Marcus Cerman, Franz X. Eder, Peter Eigner, Andrea Komlosy, Erich Landsteiner, Wirtschaft und Gesellschaft. Europa 1000 – 2000, (Wien 2011), 161.

¹⁰ Eigner, Der Weg in die Industriegesellschaft, 108.

3.2. Energie und Elektrizität

Energiegewinnung aus Elektrizität spielte zu Beginn der Industrialisierung in der Medizin noch keine wesentliche Rolle. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen erfolgreichen Ablauf der Industriellen Revolution war jedoch der Zugriff auf eine saubere, kostengünstige und rasch verfügbare Energie. Zumindest was die Kosten und Verfügbarkeit betrafen, ist das grundsätzlich auch aus dem Beispiel England, mit seinen in den oberen Erdschichten liegenden und daher leicht abbaubaren Kohlevorkommen, zu erkennen. Die Forderungen der Bevölkerung nach sauberer Energie, konnte erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts durch die Elektrizität, respektive die elektrische Energie erfüllt werden. Die Menschen benötigen Energie zum Beispiel direkt, in Form mechanischer Energie (um etwas zu bewegen), zur Wärmeerzeugung und zur Beleuchtung.

Bis zu Beginn der Industrialisierung waren die wesentlichsten Hauptenergielieferanten: Die Biomasse, für Brennstoff und Nahrung; Wasser und Wind für den Mühlenbetrieb; und tierische und pflanzliche Öle für den Betrieb von Lichtquellen. Neben diesen regenerativen Energiequellen traten mit Ende des 18. Jahrhunderts die fossilen, nichtregenerativen Energieträger immer mehr in den Vordergrund. Nichtregenerative Energielieferanten wie, Kohle, Mineralöl (Grundstoff der chemischen Industrie, Treibstoffe), Erdgas und Uran (Kernenergie), bilden bis heute zum Großteil die Grundlage der Energieversorgung. Festzustellen ist jedoch, dass gegenwärtig eine Trendumkehr stattfindet und die Nutzung von regenerativer Energie wieder forciert wird.

Der Bedarf an Energie steigerte sich zu Beginn der Industriellen Revolution gegenüber der protoindustriellen Phase um ein Vielfaches. Der sich infolge der technischen Innovationen abzeichnende gesteigerte Energiehunger der stetig wachsenden Städte, war nur durch die Bereitstellung neuer Energiequellen zu befriedigen. In den Städten wurden die Gewerbebetriebe häufig von Industriebetrieben abgelöst. Durch den Einsatz von Maschinen konnte die Produktion von Waren aller Art mehrfach gesteigert werden. Natürlich zog diese Entwicklung ein enormes Wachstum vieler Städte nach sich, denn der Bevölkerungszuwachs in den Städten bestand hauptsächlich aus Arbeitskräften, die in der Landwirtschaft nicht mehr gebraucht wurden und deshalb zur Arbeitssuche in die industrialisierten Städte abwanderten.

Ein vermehrter Energiebedarf in den städtischen Bereichen kündigte sich deshalb bereits ab Mitte des 18. Jahrhunderts an. Es war der Beginn eines Wandels, der den Umstieg auf neue

Energiequellen notwendig machte. Dieser Wandel führte wie beschrieben weg vom Gebrauch vorwiegend erneuerbarer Energie und mündete in die Phase der Nutzung von fossilen, nichtregenerierbaren Energiequellen. Obwohl die Energietransformation in vielen Regionen erst zu Beginn des 20. Jahrhundert langsam auch auf den ländlichen Bereich übergriff, kann man den Beginn einer neuen Epoche in der Energieversorgung grundsätzlich schon mit dem letzten Drittel des 18. Jahrhunderts ansetzen.

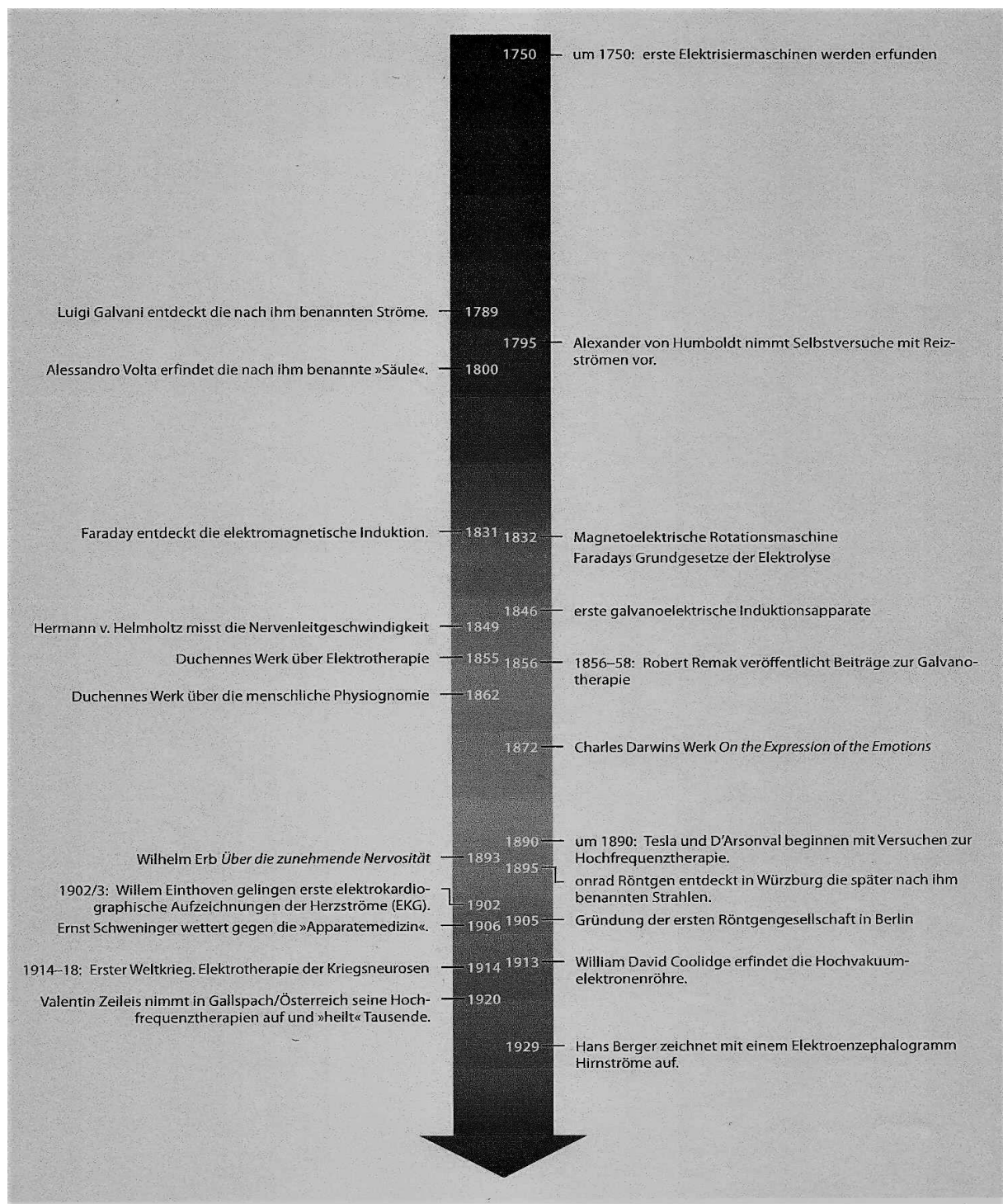
Energiegeschichtlich wäre festzuhalten, dass eine Form von regenerativer Energie, die menschliche und tierische Muskelkraft war. Zwar wurde die menschliche Kraft durch die Erfindung der Dampfkraft in den Hintergrund gedrängt und durch Maschinenkraft ersetzt, aber trotzdem blieb sie zur Bedienung der neuen Maschinen weiterhin unverzichtbar. Sie wurde als Hilfsenergie, beispielsweise im Bergbau oder bei der Heizung von Dampfkesseln vorerst noch immer gebraucht.¹¹ Die tierische Muskelkraft war teilweise noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts, für den allgemeinen Lastentransport noch unentbehrlich. Im innerstädtischen Bereich waren Pferde als Zugtiere der damaligen sogenannten „Pferdetramway“ ein wichtiges Mittel zur Mobilität der Menschen. Die elektrische Energie ermöglichte ab Anfang des 20. Jahrhunderts den sukzessiven Ersatz der „Pferdetramway“ durch eine elektrisch betriebene Straßenbahn.¹²

Als durchaus revolutionär kann man die Erfindungen bezeichnen, die es erlaubten, fast unbegrenzt Elektrizität und somit elektrische Energie bereitzustellen und zwar in einer Form, die ihre Verwendung im Allgemeinen für jedermann möglich machte. Elektrizität, ein Oberbegriff für eine physikalische Erscheinung (siehe Glossar), war und ist auf der Erde immer vorhanden. Dagegen bedurfte es für das Wissen über die damit verbundene elektrische Energie, über ihre Anwendung und ihre Erklärung, eines über viele Jahrhunderte dauernden naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses und vieler physikalischer Experimente. Erst die anerkannte Wissenschaft der Elektrotechnik ermöglichte eine zielgerichtete Erforschung der Elektrizität in allen ihren Ausprägungen. In der Abbildung 1 ist nachfolgend eine knappe geschichtliche Darstellung einiger wichtiger Eckpunkte der grundlegenden Entdeckungen über die Elektrizität in Form eines Zeitstrahles ersichtlich.

¹¹ Wolfgang *Brune*, Energie als Indikator und Promotor wirtschaftlicher Evolution, (Stuttgart 1998) 43.

¹² Gerhard *Melnitz*, Gas und Elektrizität als Elemente „städtischer Leistungsverwaltung“? In: *Schott*, Energie und Stadt in Europa. Von der vorindustriellen Holznot bis zur Ölkrise der 1970er Jahre. Vierteljahrszeitschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte – Beihefte, Band 135, (Stuttgart 1997), 141-167.

Abbildung 1: Zeitstrahl der Geschichte der Elektrizität von 1750 bis 1929.¹³



¹³ Quelle: Wolfgang U. Eckart, *Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart.* (Berlin, Heidelberg 2011), 196.

Um das Jahr 1600 verfasste der aus England stammende Arzt und Physiker William Gilbert (1544 – 1603), das Buch „De Magnete“ („über Magnetische Körper und der Magnet Erde“ - siehe auch Kap. 4.1.). Er setzte sich darin mit dem Unterschied zwischen Magnetismus und statischer Elektrizität auseinander. Zum Nachweis einer, durch die Anziehungskraft sichtbar und merkbar gewordenen Elektrizität, konstruierte Gilbert ein sogenanntes Nadelelektroskop zur Messung der elektrostatischen Feldverteilung. Gilbert gilt allgemein als Begründer der Elektrizitätslehre als ein eigenständiges Wissensgebiet.¹⁴

Im 17. und 18. Jahrhundert verstärkte sich das Bewusstsein, dass es sich bei der Elektrizität um eine bedeutende Naturkraft handeln muss. Viele Forscher und Erfinder dieser Zeit beschäftigten sich eingehend mit elektrischen Phänomenen. Um weitere Untersuchungen, zum Beispiel über die Möglichkeit der Speicherung oder der Weiterleitung von elektrischer Energie durchführen zu können, musste Elektrizität durch Reibung erzeugt werden. Der englische Wissenschaftler Francis Hauksbee (1660 – 1713) modifizierte dafür 1706 eine vom Deutschen Physiker und Erfinder Otto von Guericke (1602 – 1686) entwickelte „Reibungs-Elektrisiermaschine“.

Eine Vielzahl von Elektrisiermaschinen wurde im 18. Jahrhundert konstruiert, diese dienten aber nicht nur experimentellen Zwecken, sondern auch der Belustigung von Adligen. Joseph Priestley (1733 – 1804), ein englischer Naturforscher, vermerkte dazu in seinem Buch von 1767 „History and Present State of Electricity“: „(...). Die Elektrizität hat darin einen beträchtlichen Vorzug vor den meisten andern Zweigen der Naturwissenschaft, daß sie sowohl Materien des Nachdenkens für Naturforscher, als auch der Belustigung für alle Personen ohne Unterschied liefert. (...)“¹⁵ Die Abbildung 2, zeigt dazu eine Glasscheibenelektrisiermaschine aus dem Jahr 1766. Mittels Kurbel wird die Spiegelglasscheibe (A) gedreht und mit dem aus Lederpolstern bestehenden Reibzeug (R) gerieben. Durch diese Reibung wird Elektrizität erzeugt. Im Glossar, Anhang 3, ist der gesamte technische Aufbau zu sehen, der in den 1780er Jahren für eine Therapieanwendung mittels Elektrisiermaschine erforderlich war.

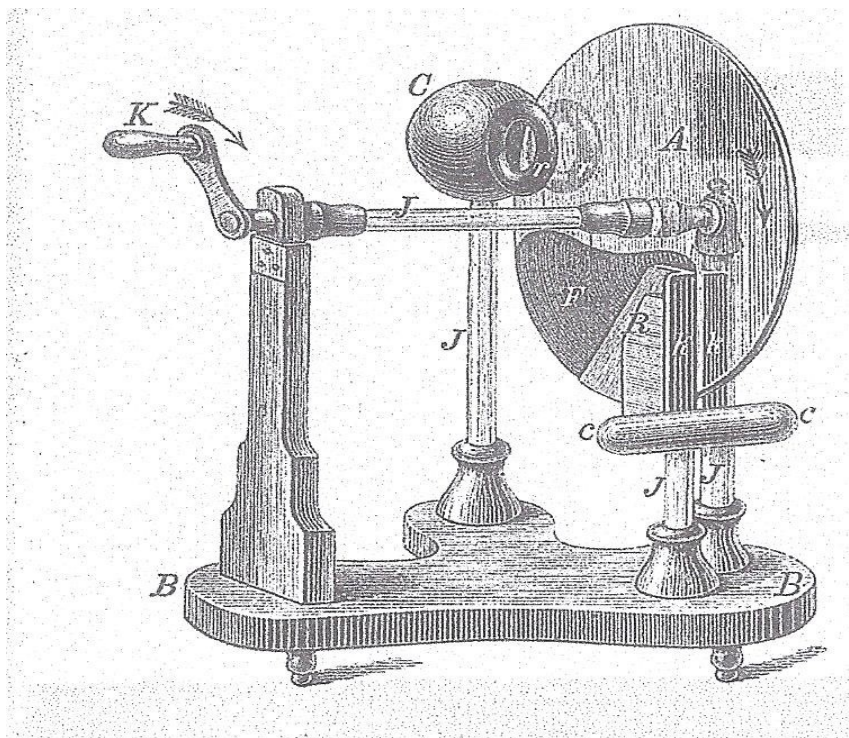
Für die Versuche des niederländischen Physikers Pieter van Musschenbroek (1692 – 1761) und des deutschen Naturwissenschaftlers Ewald Georg von Kleist (1700 – 1748), die beide gegen Mitte des 18. Jahrhunderts nach einer Möglichkeit zur Speicherung von Elektrizität (bekannt unter „Leidener“- oder „Kleist'sche“ Flasche) suchten, war die Verwendung einer verlässlichen

¹⁴ Helmut Lindner, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, (Reinbek bei Hamburg 1985), 28.

¹⁵ Lindner, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 34.

funktionierenden Elektrisiermaschine von grundlegender Bedeutung. Ebenso notwendig war diese „Maschine“ für die Experimente des nordamerikanischen Naturwissenschaftlers und Staatsmann Benjamin Franklin (1706 - 1780), des italienischen Anatomen Luigi Galvani (1737 - 1798) und des ebenso aus Italien stammenden Physikers Alessandro Volta (1745 - 1827). Franklin gelang um 1750 durch Versuche mit „Elektrizität in der Natur“ (natürliche Blitze) und einer Elektrisiermaschine, die Erfindung des Blitzableiters. Galvani dagegen experimentierte gegen Ende des 18. Jahrhunderts mit Froschschenkeln und wollte den Beweis erbringen, dass Elektrizität in Lebewesen vorhanden sei und diese elektrische Energie auch Bewegungen bewirken könne.

Abbildung 2: Glasscheibenelektrisiermaschine 1766 ¹⁶

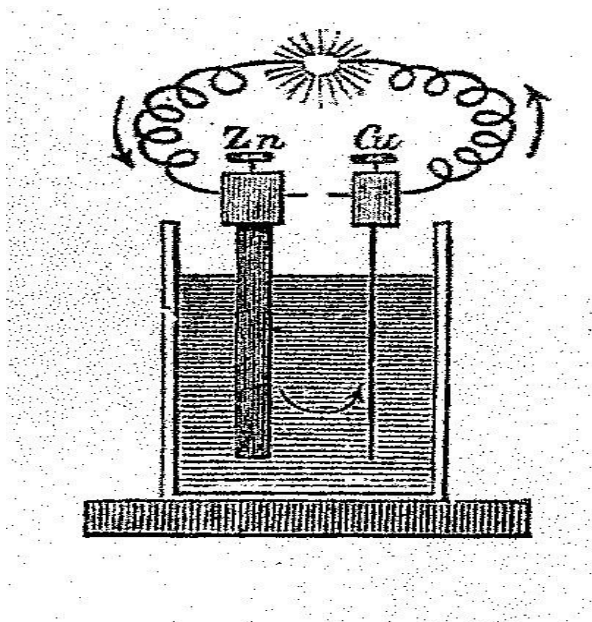


Während jedoch Galvani nach seinen Experimenten mit Froschschenkeln der Überzeugung war, dass er die tierische Elektrizität entdeckt hätte, bewies Volta einige Jahre später, dass Galvani durch seine Versuchsanordnung unwissentlich eine Kontaktelektrizität ausgelöst hatte, die beim Frosch zu Muskelzuckungen führten. Galvanis Annahme wurde zwar von vielen Wissenschaftler seiner Zeit bezweifelt, trotzdem war sein Froschschenkel-Experiment für den italienischen Physiker Alessandro Volta so interessant, dass er weitere Forschungen auf diesem Gebiet anstellte.

¹⁶ Quelle: Ignaz Richter, Lehrbuch der Physik, (Wien 1895), 137.

Volta war mit der Entwicklung der sogenannten „Voltaschen Säule“ eine bahnbrechende Erfindung gelungen. In der Abbildung 3, ist die einfache Darstellung einer „Volta-Kette zu sehen. Zwei Elektrizitätsleiter (Zink und Kupfer) stehen in einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Gefäß. Verbindet man die aus der Säure herausragenden Enden mit einem isolierten Kupferdraht, so entsteht ein elektrischer Schließungsfunke.

Abbildung 3: Volta-Kette ¹⁷



Im Zuge seiner Versuche stellte er außerdem fest, dass, wenn er zwischen zwei, aus verschiedenen Metallen bestehenden Platten ein mit leitender Flüssigkeit getränktes Stück Papier legte, Elektrizität entstand. Ein Auszug aus einer Beschreibung Voltas lautet dazu wie folgt: „(...). Ich beschaffe mir einige Dutzend kleiner runder Platten oder Scheiben aus Kupfer, Messing, oder besser Silber, (...). Ich verfertige ausserdem eine genügende Anzahl runder Scheiben von Pappe, Leder oder anderem porösen Material, welches fähig ist viel Feuchtigkeit oder Wasser aufzunehmen oder zurückzuhalten, (...)“. ¹⁸

Durch die Methode des abwechselnden aufeinanderschichten von Metallscheiben und feuchten porösen Materialien entstand die sogenannte „Voltaische Säule“. Diesen so erzeugten Stromfluss konnte er bei Berührung der Platten auch spüren. Die Gewinnung von Elektrizität

¹⁷ Quelle: *Richter*, Lehrbuch der Physik, 145.

¹⁸ *Lindner*, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 48.

war nun nicht mehr von der Reibungsbewegung einer Elektrysiermaschine abhängig. Mit seiner Apparatur hatte Volta den ersten selbstständigen Stromerzeuger, eine sogenannte „Batterie“, geschaffen. Die Weiterentwicklung dieser Batterie wurde ab diesem Zeitpunkt rasant fortgesetzt und ist auch bis heute, wie die Fortschritte bei Entwicklung eines Elektroautos zeigen, noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. Dieser grundsätzlich dauernd wirksame - zwar vorerst nur geringe Stromstärken produzierende - Stromspender, war der eigentliche Schlüssel zur Erweiterung des medizinischen Forschungsfeldes. Es war der Punkt, ab dem sich die Forschung nun endlich nachdrücklich mit der Beziehung von Elektrizität und Medizin beschäftigen konnte. Aufgrund der nun so gut wie immer zur Verfügung stehenden elektrischen Energie, wurden medizinische Experimente unter Verwendung von Elektrizität in vielen Bereichen des Gesundheitswesens, nicht nur fast uneingeschränkt möglich, sondern auch unter Einbeziehung von umfangreichen Testungen an Menschen und Tieren, tatsächlich sehr intensiv von der Wissenschaft durchgeführt. Weitere Ausführungen dazu folgen weiter unten.

3.3. Technische Innovationen im Zeitabschnitt

Verschiedene technische Innovationen und Erfindungen sind mit dem medizinischen Bereich unmittelbar verwoben. Es geht dabei nicht nur um die Verbindung zwischen Medizin und Elektrizität, die sich bei der direkten Anwendung von Strom an Lebewesen ergibt, sondern ebenfalls um den Einsatz anderer, für die Medizinentwicklung maßgebender technologischer Bereiche. Zu nennen sind beispielsweise die Maschinen- und Gerätetechnik, die Feinmechanik und die Optik. Für technische Produkte und Geräte, die für den Einsatz bei größeren und kleineren operativen Eingriffen zur Verwendung kommen, wird für die verschiedenen Technikgebiete der Sammelbegriff „Medizintechnik“ verwendet. Medizintechnik ist ein nicht zu vernachlässigender Teil des Gesundheitswesens und hat unter anderem eine große gesundheitspolitische Bedeutung. Bestandteil im weiteren Sinn sind auch Qualität und Sicherung der medizinischen Versorgung, sowie die Verbesserung der Diagnose- und Therapiemöglichkeiten und die Entlastung des medizinischen Personals.¹⁹

¹⁹ Rüdiger Kramme (Hrsg.), Medizintechnik. Verfahren – Systeme – Informationsverarbeitung. (Berlin, Heidelberg 2011) 4f.

Bevor im nachfolgenden Abschnitt 4, die Verbindungen zwischen der „inneren“ und „äußeren“ Elektrizität genauer betrachtet werden, ist zur Abrundung des Gesamtthemas dieser Masterarbeit, der Blick kurz auf zukunftsweisende technische Innovationen, die ab Ende des 18. Jahrhunderts die Welt veränderten und die maßgebend auch die medizinische Entwicklung beeinflussten, zu richten. Man wird dabei schnell bemerken, dass dieser Zeitpunkt durchaus als der Beginn einer dauerhaften und sehr engen Beziehung zwischen Elektrizität und der Medizin angesehen werden kann.

Einige nachstehende Beispiele von herausragenden Entdeckungen und Erfindungen, sollen die Entwicklungen in den gegenständlichen Wissenschaften noch besser veranschaulichen und außerdem die Leser einmal mehr darauf aufmerksam machen, dass diese technischen Neuerungen auch neuzeitliche, physische und psychische Belastungen bei der neuen Arbeiter- und Unternehmerklasse verursachten. Diese Belastungen wurden infolge der bald großflächig zur Verfügung stehenden elektrischen Energie entsprechend verstärkt, denn Elektrizität war ein wichtiger Förderer für eine auf vielen Gebieten rasante technische Entwicklung. Wie ich weiter unten darstellen werde, bedeutete die Auseinandersetzung mit dem Thema Elektrizität in der Folge auch für viele Mediziner der verschiedensten Fachrichtungen eine neue Herausforderung. Vor allem Versuche mit elektrophysikalischen Anwendungen in der Psychiatrie fanden eine rasche Verbreitung, die, wie ich später im Kapitel 5 „Medizin und Elektrizität im Ersten Weltkrieg“ darlegen werde, nicht immer zum Wohl des Patienten eingesetzt wurden.

Die nachfolgende Auswahl an weitreichenden Erfindungen ist als prägend für die sich langsam industrialisierende Welt des ausgehenden 18. Jahrhunderts anzusehen. Die Innovationen lassen auch Rückschlüsse auf die angesprochenen neuen Herausforderungen zu, denen die Menschen in dieser Zeit ausgesetzt waren: In der Textilproduktion war der Bau einer wesentlich verbesserten Variante der Spinnmaschine, durch den Schotten Richard Arkwright im Jahre 1775, wegweisend für die Entwicklung von Massenprodukten. Die Produktion konnte dadurch beschleunigt und vereinfacht werden, sodass in den Spinnfabriken anstatt qualifizierter Arbeiter überwiegend ungelernte Arbeitskräfte Beschäftigung fanden. Doch bald zu Beginn des 19. Jahrhunderts kam es in Städten Englands infolge arbeitsmarktpolitischer Probleme zu einem „Sturm gegen die Maschinen“. Die Schuld an den Arbeitsmarktproblemen hatten die Arbeiter in der steigenden Anzahl von Maschinen gesehen, die nach ihrer Meinung die Arbeitskraft der Arbeiter in den Fabriken ersetzen sollten.²⁰ Die Hauptursachen waren jedoch die im November

²⁰ *Internet*: Informationsdienst Wissenschaft e.V. -idw- in Bayreuth, 1998 „Spinner, Weber und Maschinen“

1806 von Napoleon verhängte Kontinentalsperre und die Schließung des amerikanischen Marktes. Damit war der Exportmarkt eingebrochen und viele Arbeiter hatten deshalb ihre Arbeit verloren.

Die vom Schotten James Watt, im Jahr 1769 weiterentwickelte Dampfmaschine, war ein großer nachhaltiger technischer Durchbruch. Sie hatte einen beträchtlichen Anteil an der fortschreitenden weiteren Industrialisierung. Mit Hilfe dieser Dampfmaschine gelang nicht nur der Antrieb weiterer Maschinen, sondern auch die wegweisende Fabrikation einer Dampflokomotive zur Verwendung als Zugmaschine. Damit konnte bald zu Beginn des 19. Jahrhunderts der Bau der ersten Eisenbahnlinien gestartet werden. Aber auch die Entwicklung des Dampfschiffes und die damit verbundene gewaltige Steigerung des Warentransportes und Verbesserung der Warenverteilung über längere Strecken der neu erschlossenen Wasserwege, ist nicht zu übersehen. Nicht zu vergessen ist ferner die Möglichkeit der Nutzung von vielen Flüssen zur Beförderung einer großen Anzahl von Passagieren auf dem Wasserweg. Diese neue Möglichkeit, große Mengen von schweren Gütern über weite Strecken zu transportieren, führte langsam zu einer großflächigen Versorgung vieler Städte mit Kohle. Positiv dabei war die allmähliche Entspannung des Holzmarktes, da sich in einigen Regionen Europas ein spürbarer Holzmangel abzuzeichnen begann.²¹

Der neue Energieträger Kohle, brachte in erster Linie den Städten eine merkliche Verbesserung ihres Energiehaushalts, jedoch hatte dieser - energietechnisch gesehen - positive Fortschritt, auch eine negative Kehrseite. Zum Beispiel machten sich schon bald massive gesundheitliche Probleme für die städtische Bevölkerung Englands infolge der forcierten Verwendung von Kohle bemerkbar. Ursache war die enorme Luftverschmutzung, hervorgerufen durch die fast in jedem privaten und gewerblichen Bereich verwendete stark schwefelhaltige Kohle. Sie wurde deshalb bald zum Hauptproblem für die Gesundheit der städtischen Bevölkerung Englands. Bereits 1272 verbot deshalb der englische König Edward I. unter Androhung der Todesstrafe den Gebrauch von schwefelhaltiger Kohle.²²

²¹ *Internet: Jürgen Paeger, Ökosystem Erde Energie, Die Industrielle Revolution I, (Bochum 2006-2018)*

²² *Hanna Zell, Dissertation, Luftverschmutzung, Feinstaub und Schwefeldioxid: Szientometrische Analyse, (Berlin 2011), 1f.*

Noch 1717 fand sich in einem ökonomischen Lexikon ein Artikel gegen die Verwendung von Steinkohle: „Sie kommen mehren theils aus Engell- und Schottland, woselbst man dabey kochet, und die Stuben damit heizet, sie geben aber einen sehr bösen und corrosiven Rauch von sich, welcher der Brust und Lungen sehr gefährlich, und ohne Zweifel Ursach daran ist, dass, wie ein gewisser Engelländer meldet, der dritte Theil der Einwohner zu London, an der Schwind- und Lungensucht sterben. (...)“. Reisende berichten von schwerer dunkler Luft, die sich über London legt und Häuser, Wäsche und Haut grau erscheinen lässt.²³

Ein weiteres Beispiel für technische Innovation war die Entwicklung der öffentlichen und privaten Beleuchtung. Sie diente nach Einbruch der Dunkelheit vor allem einem großen Sicherheitsbedürfnis der Stadtbewohner. Bevor jedoch eine ausreichende Beleuchtung durch Gaslicht (Gaserzeugung aus Kohle) und in der Folge mit elektrischem Licht erfolgen konnte, waren Waltran- und Petroleumlampen im täglichen Einsatz. Von der Einführung der neuen Gasbeleuchtung profitierten besonders der Betrieb in den Krankenanstalten und die Produktion in den Fabriken. Es wurde nun erstmals auf breiter Basis möglich, die Arbeitszeit in den Produktionsstätten und Operationen in den Krankenhäusern, unabhängig von der Tageszeit festzusetzen. Aber nicht nur der Arbeitsprozess nutzte die Vorteile der neuen Beleuchtung. Auch das kulturelle Leben in der Stadt bekam neue Impulse, da damit z.B. Theater, Veranstaltungssäle, Geschäfte und Gaststätten eine zeitunabhängige erweiterte Nutzbarkeit erhielten und die öffentliche Straßenbeleuchtung der Gesellschaft ein erhöhtes Sicherheitsgefühl vermittelte. Immer umfangreicher und beherrschender wurde aber bald die Rolle der Elektrizität im alltäglichen Leben. Zwar konnte Ende des 19. Jahrhunderts nach der Erfindung des Gasglühstrumpfes durch Auer von Welsbach, eine wesentliche Verbesserung der Lichtstärke erreicht werden, jedoch war der Siegeszug der Elektrizität auch in diesen Bereich nicht mehr zu stoppen.²⁴

An der Schwelle zum 20. Jahrhundert, hatte sich in Wien bereits die Konkurrenz zwischen der aufkommenden Elektrizität, auch „Weiße Kohle“ genannt, und dem Stadtgas bemerkbar gemacht. Mit der Entdeckung des elektrodynamischen Prinzips (1866), durch den deutschen Erfinder Werner von Siemens (1816 – 1892), eröffneten sich neue Möglichkeiten die elektrische Energie wirtschaftlich einzusetzen. Nach der Erfindung der Glühbirne stellten die öffentlichen Einrichtungen und Industriebetriebe die Beleuchtung von Gas auf Strom um.

²³ Rolf Peter *Stieferle*, *Der unterirdische Wald. Energiekrise und industrielle Revolution*, (München 1982), 223f.

²⁴ Helmut *Ruck*, Christian *Fell*, *Gas. Energie für Wien*. Band 1, (Wien 2009) 235.

In den Fabrikhallen setzte man Elektromotore in den verschiedenen Produktionsbereichen zum Aufbau der Automatisierung und damit zur Erreichung einer höheren Produktivität ein. Viele Länder veranstalteten eigene Elektrizitätsausstellungen um die neue Energieform der Bevölkerung näher zu bringen. Im Rahmen der Wiener internationalen Elektrizitätsausstellung im Jahr 1883, beeindruckte eine Vielfalt von Glühlampen in verschiedenen Leuchtstärken die Wiener Bevölkerung.²⁵ Die Abbildung 4 zeigt als Beispiel für den Einsatz von Gleichstrombogenlampen in verschiedenen Objekten, eine Tabelle aus dem Jahr 1905 mit technischen Werten zum errechneten Lichtbedarf.

Abbildung 4: Berechnungstabelle für Lichtbedarf²⁶

Beleuchtungsobjekt	Bodenfläche in m ² , auf welche 1 Lampe zu rechnen ist, deren Stromstärke beträgt						
	3 A	4 A	6 A	8 A	9 A	10 A	12 A
Fabrikshöfe	—	500	900	1400	1600	2000	2700
Bahnhofshallen	—	—	500	700	900	1100	1500
Markthallen	—	—	200	300	350	400	550
Fabrikhallen	—	80	150	230	270	320	450
Fabrikäle	30	50	100	150	—	—	—
Restaurationen, Läden, Konzert- und Ballsäle	15	25	45	65	—	90	—

Wie schon weiter oben festgehalten, entstand eine Konkurrenzsituation zwischen den jeweiligen Befürwortern bzw. Gegner von Elektrizität und Gas, die auf Dauer nicht zu übersehen war. Für die Elektrizität sprach die große Sicherheit gegenüber Gas. Die Befürworter von elektrischer Energie argumentierten mit der hohen Explosionsgefahr und mit der Giftigkeit, die bei der Verwendung von Gas das Leben der Menschen bedrohte. Dagegen benutzten die Anhänger der Gaswirtschaft, die nach ihrer Meinung hohe Brandgefahr, die von den elektrischen Leitungen ausging, als Gegenargument. Zur Steigerung der Stromerzeugung wurden städtische Dampfkraftwerke und mehrere kleinere Wasserkraftwerke errichtet. Die Inbetriebnahme der Anlagen brachte eine bedeutende Erhöhung der Stromproduktion mit sich. Aber dessen ungeachtet zögerte die erwähnte Erfindung des Gasglühlichtes durch Auer von Welsbach, die rasche Ablösung der öffentlichen Gasbeleuchtung noch einige Jahre hinaus.

²⁵ Ruck, Gas. Energie für Wien. 246f.

²⁶ Quelle: Fritz Hoppe (Hg.) Lexikon der Elektrizität, (Wien, Leipzig 1905/06), 531.

Trotz allem war der weltweite Einsatz von Elektrizität nicht zu bremsen und demzufolge betrieb man vielerorts die schrittweise Umstellung der städtischen Gasbeleuchtung auf eine elektrische Variante.²⁷ In Wien dauerte es bis zum Jahr 1923 ehe die Gemeindeverwaltung den Beschluss fasste, infolge der reichlich vorhandenen elektrischen Energie, die Umstellung der Beleuchtung des öffentlichen Raumes vom Gasbetrieb, auf die wesentlich kostengünstigere Variante der elektrischen Energie anzuordnen.²⁸ Mit dem zügigen Ausbau des Leitungsnetzes hielt die Elektrizität schließlich Einzug in die einzelnen Privathaushalte. Im ersten Schritt benutzte man für die Beleuchtung die herkömmlichen elektrischen Glühbirnen. Die weiteren technischen Entwicklungen führten zur Verwendung von Leuchtstoffröhren. Im vorläufig letzten Schritt werden heute aus Gründen einer Einsparung von Energie, sowie der Verringerung von Betriebskosten und der Verbesserung der Lichtausbeute, LED-Lampen verwendet.

Verbunden mit dieser Modernisierungswelle war der nicht zu übersehende stetig steigende Bedarf an Energie. Die Verwaltungen und die Elektrizitätswirtschaft wurden vor die schwierige Aufgabe gestellt, den gesamten städtischen und in der Folge auch den ländlichen Energiehaushalt mit dieser Entwicklung in Einklang zu bringen. Ein wichtiger Punkt war hier die Verteilung des erzeugten elektrischen Stromes. Der Ausbau von Blockstationen und eines vorerst vorwiegend oberirdischen Stromnetzes, konnte in den Städten relativ schnell und kostengünstig vollzogen werden. Zum Beispiel wurden im Jahr 1894 in Deutschland 194 Blockstationen mit einer Gesamtleistung von 48 959 Kilowatt in Betrieb genommen und bereits im Jahr 1898 waren es 651 Stationen mit einer Gesamtleistung von 163 343 Kilowatt.²⁹ Durch die bald flächendeckende Verwendung der elektrischen Energie, also Strom als Endenergieträger, wurde ein nächster Schritt in Richtung Veränderung des städtischen und mit einiger Verzögerung ebenso des ländlichen Lebens gesetzt. Abschließend zu diesem Kapitel ist noch zu bemerken, dass hier nur einige wichtige und interessante Randbedingungen, Parameter und Grundlagen vorgestellt wurden, die notwendig waren, um den Lesern die Entwicklungen rund um die Verschränkung von Medizin und Technik, respektive Elektrizität, in den folgenden Abschnitten plausibel und nicht aus dem Zusammenhang gerissen, darstellen zu können.

²⁷ *Ruck*, Gas. Energie für Wien. 281f.

²⁸ *Ruck*, Gas. Energie für Wien, 257-273.

²⁹ Uwe *Kühl*, Anfänge städtischer Elektrifizierung in Deutschland und Frankreich. In: Dieter *Schott*, Energie und Stadt in Europa. Von der vorindustriellen Holznot bis zur Ölkrise der 1970er Jahre. Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte – Beihefte, Band 135, (Stuttgart 1997), 129-140.

4. Verknüpfungen und Bezüge zwischen Medizin und Elektrizität

Die medizinischen Entwicklungen in Verbindung mit den Möglichkeiten der Elektrizität, sowie mit den damit zusammenhängenden speziellen Forschungen über Elektromagnetismus und den elektromagnetischen Feldern, sollen in diesem Kapitel aufgezeigt werden. Die Wiederaufnahme der Forschung über die tierische Elektrizität und die Entdeckung des Nervenstroms durch den deutschen Wissenschaftler Emil du Bois-Reymond, sowie das Wirken des aus dem mährisch-österreichischen Raum stammenden Anatomen und Physiologen Georg Prochaska, sind Teil dieses Abschnittes. Nicht vergessen werden darf in diesem Zusammenhang der in der Wissenschaft umstrittene Mediziner und „Magnetiseur“ Friedrich (Franz) Anton Mesmer und seine erheblichen Forschungen, die er zum Thema Magnetismus betrieben hatte.

Das Ziel ist, neben einer möglichst klaren Darstellung der Beziehung zwischen elektrischer Energie und Medizin, gleichzeitig die Entwicklung in Richtung des hohen Stellenwertes den eine „elektrifizierte“ Medizin innerhalb des gesamten medizinischen Bereichs bis heute einnimmt, möglichst nachvollziehbar hervorzuheben.

4.1. Ein Streifzug durch die medizinische Evolution

Zur Einführung und zur Gesamtsicht ist ein kurzer überblicksmäßiger Streifzug durch die medizinische Evolution von Vorteil: Wie schon einleitend festgehalten, ist das Hauptthema der vorliegenden Arbeit, die im Laufe des 19. Jahrhunderts entstandene und sich in den folgenden Jahrzehnten vertiefende enge Verbindung zwischen Elektrizität und Medizin, sowie die Aufzeichnung des Weges der dazu führte. Seitdem der Mensch vor tausenden von Jahren begann die Erde in Besitz zu nehmen, war er ein mit Krankheiten belastetes Lebewesen. Die Menschheit versuchte über Jahrtausende mit verschiedensten Mitteln körperliche Beschwerden zu verringern oder zu heilen. Mit Hilfe von religiösen Handlungen, durch magische Kräfte oder mit empirischen Erkenntnissen, sollte die Gesundheit der Menschen wiederhergestellt werden.

Eine der ältesten Überlieferungen medizinischer Erkenntnisse mit Bezug zur Elektrizität stammt aus der chinesischen Medizin, die grundsätzlich bis heute von der naturphilosophischen Medizin beherrscht wird. Schon in der alten chinesischen Medizin war zu Heilzwecken, die

Herstellung eines gleichmäßigen Energieflusses im inneren des Körpers durch die Zufuhr von äußerer elektrischer oder magnetischer Energie in medizinischer Verwendung. Dadurch sollte eine ausgewogene innere körperliche Balance erreicht werden. Bewirken wollte man das entweder durch Setzung feiner Nadeln in bestimmte Energiepunkte (Akupunktur), die sich auf vorgegebenen Leitbahnen (Meridiane) befinden, oder aber durch auflegen eines Magneteisensteins auf bestimmte Energiepunkte. Die Annahme war, dass das innere Energiesystem durch das Anlegen von äußerer Energie positiv beeinflusst werden würde.³⁰

Ganz allgemein kann man den Beginn einer abendländischen Medizin etwa um das 5. vorchristliche Jahrhundert datieren. In diesem Jahrhundert verfasste der griechische Arzt Hippokrates von Kos (ca. 460 – 370 v. Chr.), seine naturkundlichen Erklärungsmodelle für Gesunde und Kranke.³¹ Er übernahm die von Thales von Milet (ca. 624 – 546 v. Chr.) festgestellte Erkenntnis über die elektrostatische Wirkung des Magneteisensteins. In einem Abschnitt seiner Schriften sagt Hippokrates: „Die Krankheiten, die keine Arznei heilt, heilt das Eisen: (...).“ Man nimmt an, dass auch Hippokrates Magnete zu therapeutischen Zwecken verwendet hatte.³²

Die abendländische Medizin im Mittelalter war eng mit dem christlichen Glauben verbunden. Streng unterschieden wurde zwischen den universitär ausgebildeten Ärzten (den *medici*), die sich eher mit der „inneren“ Medizin befassten und den Handwerkschirurgen, die zur Behandlung von sogenannten „äußeren“ Krankheiten, das waren in der Regel einfache chirurgischen Operationen, ermächtigt waren.³³ Träger der medizinischen Überlieferungen im Hochmittelalter waren verbreitet die Klöster. Als bekannte Vertreterin der „Klostermedizin“ sei hier die Äbtissin Hildegard von Bingen (1098 – 1179) genannt. Die Universalgelehrte verfasste mehrere natur- und heilkundliche Schriften und es gelang ihr damit eine Verbindung zur Volksmedizin herzustellen.³⁴

³⁰ Robert O. *Becker*, *Der Funke des Lebens. Elektrizität und Lebensenergie*. (Bern, Wien 1991), 31.

³¹ Karl-Heinz *Leven*, *Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart*. (München 2008), 16.

³² *Leven*, *Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart*, 30.

³³ *Leven*, *Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart*, 32.

³⁴ Henning *Beck*, Sofia *Anastasiadou*, Christopher *Meyer zu Reckendorf*, *Faszinierendes Gehirn*. (Berlin, Heidelberg 2016), 34.

Der Beginn der modernen Medizin fällt in die Zeit der Renaissance. Vom Universalgelehrten Leonardo da Vinci (1452 – 1519) sind sehr genaue Zeichnungen über die Anatomie des Menschen überliefert. Man versuchte Verbindungen zwischen Obduktionsbefunden und den klinischen Beobachtungen an Lebenden zu finden. Der französische Hofarzt Jean Fernel (1497–1558), verfasste dazu das Werk „Universelle Medizin“ bestehend aus den Büchern: „Physiologie“, „Pathologie“ und „Therapeutik“.

Bombastus von Hohenheim (ca. 1493 – 1541), genannt Paracelsus, war der erste medizinisch gebildete, der sich mit dem Einfluss von Umweltbedingungen auf die Gesundheit beschäftigte. Er beobachtete den Gesundheitszustand von Bergleuten, deren Staublungen er auf die staub- und giftstoffhaltige Luft in Bergwerken zurückführte. Zur Behandlung benutzte er Heilkräutermischungen und setzte ebenso auf die positive Wirkung des Magneteisensteines.³⁵ Zwei weitere experimentell-wissenschaftlich arbeitende Mediziner dieser Zeit waren der an der Universität von Padua wirkende Chirurg und Anatom Andreas Vesal (1514 – 1564) und der englische Arzt William Harvey (1578 – 1657). Vesal führte anatomische Sektionen an Leichen durch und verfasste 1543 das für die neue Anatomie wegweisende Buch: „De humani corporis fabrica libri septem. (Sieben Bücher über den Bau des menschlichen Körpers).“ Der Engländer Harvey formulierte in seiner Schrift „Anatomischer Versuch über die Bewegung des Herzens und des Blutes in Lebewesen“ die erste Beschreibung des Blutkreislaufes.³⁶

Experimentelle Physiologie, die mikroskopische Anatomie und die Entwicklung von Methoden zur Erzeugung statischer Elektrizität für weitere medizinische Versuche standen im Mittelpunkt des 17. Jahrhunderts. Der schon im Kapitel 3.2. kurz erwähnte englische Arzt William Gilbert (1544 – 1603), war ein Mediziner, der sich außer für Medizin auch sehr für die Zusammenhänge zwischen Elektrizität und Magnetismus interessierte. Er war der Erste, der zum Nachweis von Elektrizität ein Messgerät baute, das es ihm ermöglichen sollte elektrische Ladungen nachzuweisen. Gilbert beschrieb die Kraft von Elektrizität und den Magnetismus der Erde. Nach seinen Erkenntnissen war die Erde ein einziger Magnet mit zwei Polen.³⁷

³⁵ Becker, Der Funke des Lebens. Elektrizität und Lebensenergie, 37.

³⁶ Leven, Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart, 38ff.

³⁷ Lindner, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 27.

Ebenfalls in diesem Jahrhundert gelang dem niederländischen Naturforscher Anton van Leeuwenhoek (1632 – 1723), der Bau eines neuen, für die Zeit hochauflösenden Mikroskops. Mit neuen, hochqualitativ geschliffenen Linsen, konnte er eine wesentlich höhere Vergrößerungsleistung erreichen, die auch für die nachfolgenden medizinischen Forschungen erheblich wichtig wurden. Leeuwenhoek nutze dieses Mikroskop auch für seine eigenen Untersuchungen. Von ihm stammt unter anderem die Beschreibung von mehreren Bakterienformen und der quergestreiften Muskulatur.³⁸

Die medizinischen Fortschritte im Zeitalter der Aufklärung waren durch den Aufschwung der Chirurgie und weitreichende Forschungsarbeit gekennzeichnet. Ein wesentliches Forschungsergebnis für die Medizin des 18. Jahrhunderts mit Bezug zur Elektrizität, lieferten die Entdeckungen der bereits weiter oben genannten italienischen Wissenschaftler, der Arzt und Naturforschers Luigi Galvani und der Physikers Alessandro Volta.

Einer der bedeutendsten Mediziner und Anatom des 18. Jahrhunderts war der Schweizer Albrecht von Haller (1708 – 1777). Sein vorrangiges Thema war die Untersuchung bzw. die Erbringung des Nachweises über den Unterschied der Haupteigenschaft der Muskeln (Reizbarkeit) und der Haupteigenschaft der Nerven (Empfindungsvermögen). Mit seinem Werk, die Enzyklopädie „Elementa Physiologie“, schuf er eine umfassende Zusammenstellung von Wissen der Anatomie und der Physiologie seiner Zeit.³⁹ Mit dem Thema der Anwendung von Elektromagnetismus im Therapiebereich setzte sich der Arzt Anton Mesmer (1734 – 1815), auseinander. Eine genauere Betrachtung seiner Theorien und seiner Anwendungsversuche folgen etwas später, im Kapitel 4.3. Energiemedizin.

Einen Durchbruch in der medizinischen Versorgung und eine Reihe neuer Forschungserfolge brachte das 19. Jahrhundert mit sich. Die Naturwissenschaft – Physik, Chemie, Biologie und allgemein die Technik - fand in der Medizin ab Beginn des 19. Jahrhunderts zunehmende Beachtung. Besonders interessant in dieser Zeit ist das Wirken des österreichischen Mediziners und Naturwissenschaftlers Georg Prochaska und des deutschen Wissenschaftlers Emil du Bois-Reymond. Diesen beiden Persönlichkeiten und ihren Forschungsarbeiten sind auch die nachfolgenden Abschnitte 4.3.1. und 4.3.2. gewidmet.

³⁸ Alexander Sigelen, Vom Aderlass zum Nanoskop. Eine Geschichte der Medizintechnik, (Berlin 2818), 124.

³⁹ Erhard Oeser, Geschichte der Hirnforschung. Von der Antike bis zur Gegenwart. (Darmstadt 2002), 74f.

Wortführer der aufkommenden Naturwissenschaften, die ihre Abgrenzung zu den Geisteswissenschaften betonten, waren Emil du Bois-Reymond (1818 - 1896) und der Berliner Pathologe Rudolf Virchow (1821 – 1902).⁴⁰ Allgemein kann man als Ausgangspunkt der naturwissenschaftlichen Medizin das Jahr 1858 annehmen. Es war das Jahr in dem der Pathologe Rudolf Virchow, mit seinem grundlegenden Werk „Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf Physiologie und pathologische Gewebelehre“, ein neues, für die Medizin richtungsweisendes Konzept vorstellte.

Virchow sah die Zellen als den Grundbaustein des Lebens an, die deshalb in die Forschungen über Anatomie, Physiologie, Pathologie und Pathophysiologie einzubeziehen wären. Er vertrat die folgende Meinung: „Die Zelle, als die einfachste Form der Lebensäußerung, welche durch die Gedanken des Lebens vollständig repräsentiert, ist die organische Einheit, das theilbare lebendige Eine. Darin kommt Alles Lebendige überein, dass es von der Zelle ausgeht: nicht bloss die einzellige Pflanze und das einzellige Thier, sondern auch die vollendeste Pflanze und das höchst entwickelte Thier (der Mensch; welche von der einfachen Zelle (Eizelle) ihren Anfang nehmen.“⁴¹ In weiterer Folge wurden in der naturwissenschaftlichen Medizin die Quantifizierung und qualitative Wahrnehmung von Befunden ein wichtiger zusätzlicher Bestandteil der medizinischen Arbeit. Mit Hilfe der Statistik und der Auswertung von verschiedensten Messwerten, konnten Krankheiten und ihr Verlauf messbar und damit objektivierbar gemacht werden.⁴²

Sehr intensiv mit Elektrizität und Elektrodynamik beschäftigte sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts der deutsche Physiker Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923). Seine Entdeckung wirkte sich unmittelbar auf die Medizin aus. Im Zuge seiner Forschungsarbeiten und Experimente mit den Emissionen einer, vom englischen Physiker William Crookes (1832-1919) in den 1870er Jahren konstruierten Kathodenstrahlröhre, entdeckte er eher zufällig, dass die aus der Röhre entweichende Strahlung Körper durchdringen kann. Röntgens besondere Leistung bestand in der richtigen Deutung seiner Entdeckung, da auch andere Wissenschaftler

⁴⁰ Constantin Goshler, „Wahrheit“ zwischen Sezierraum und Parlament. Rudolf Virchow und der kulturelle Deutungsanspruch der Naturwissenschaften. In: Wolfgang Hardtwig (Hs.), Geschichte und Gesellschaft. Zeitschrift für Historische Sozialwissenschaft, (Göttingen 2004), 219ff.

⁴¹ Andreas Hoflehner, Die Begründung der naturwissenschaftlichen Medizin am Beispiel der Zellulärpathologie Rudolf Virchows, (Diplomarbeit, Wien 2013), 122.

⁴² Leven, Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart, 51f.

vor ihm mit Gasentladungsröhren experimentiert hatten. Die Strahlung, die von Röntgen die Bezeichnung „X-Strahlung“ erhielt, wurde später nach ihm mit „Röntgenstrahlung“ benannt.⁴³ Auf Grundlage der 1895 von Konrad Röntgen entdeckten X-Strahlen, erfolgte noch Ende dieses Jahrhunderts der Bau eines Apparates zur Durchleuchtung des menschlichen Körpers.⁴⁴ In der Folge entstand ein regelrechter Operationsboom: Durch die Sicht ins Körperinnere konnten nun erste Operationen an Niere, Magen, Bauchspeicheldrüse, Schilddrüse und Blinddarm unter wesentlich besseren Voraussetzungen vorgenommen werden.

Nicht nur für den medizinischen Bereich, sondern auch in der Organisationsstruktur der Krankenanstalten, brachte das 19. Jahrhundert einige Neuerungen mit sich. Aus den schon bestehenden Krankenhäusern wurden moderne Behandlungszentren, wo sich - abgesehen von den Fächern Innere Medizin und Chirurgie - mehrere klinische Einzelfächer, wie zum Beispiel Augen- und Kinderheilkunde und die Dermatologie, herausbilden konnten.⁴⁵ Mit der Entwicklung der Bakteriologie und ihren Begründern, dem deutschen Mediziner und Mikrobiologen Robert Koch (1843 – 1910) und dem französischen Chemiker und Physiker Louis Pasteur (1822 – 1895), formte sich das medizinische Fach der Labormedizin mit den notwendigen Laboreinrichtungen zur Erforschung von mikrobiellen Krankheitserregern zu einem eigenständigen Zweig.

4.2. Georg Prochaska und Emil du Bois-Reymond, Mediziner und Naturwissenschaftler

An dem Beispiel des wissenschaftlichen Wirkens des ursprünglich aus Mähren stammenden Mediziners und Naturforschers Georg Prochaska (geb. 1749 in Mähren – gest. 1820 in Wien) und an den Leistungen, des gleichfalls der Naturwissenschaft sehr verbundenen deutschen Physiologen und Mediziners Emil Heinrich du Bois-Reymond (geb. 1818 in Berlin – gest. 1896 in Berlin), lässt sich sehr prägnant und eindeutig ablesen, wie diese enge Verflochtenheit zweier Wissenschaftszweige entstehen konnte und wie sie auch praktisch gelebt wurde. Beide Wissenschaftler führten ihre Forschungen und Experimente in einer Form durch, bei der die Elektrizität und ihre Wirkung auf Lebewesen, oberste Priorität hatte.

⁴³ *Sigelen*, Vom Aderlass zum Nanoskop. Eine Geschichte der Medizintechnik, 55.

⁴⁴ Wolfgang U. *Eckart*, Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart. (Berlin, Heidelberg 2011), 208.

⁴⁵ *Leven*, Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart, 51f.

4.2.1. Georg Prochaska

Betrachtet man die Biographie Georg Prochaskas, erkennt man bereits wie vielseitig interessiert dieser mährisch-österreichische Arzt war. Er ist eines der besten Beispiele zur Darstellung, wie diese Verbindung zweier konträrer Wissenschaften – Elektrizität und Medizin - in der Praxis verwirklicht werden konnte. Prochaska war Physiologe, Anatom und Ophthalmologe und versuchte das Leben von Menschen, Tieren und Pflanzen in Verbindung mit innerer und äußerer Elektrizität zu sehen. Nach dem Besuch des Gymnasiums in Znaim, studierte er in Olmütz Philosophie und empfing bereits 1767 die Doktorwürde der Philosophie. Ein Verwandter, der Domherr am Capitel zu Olmütz, sorgte für seine weitere Ausbildung und Prochaska konnte sich an der Prager Hochschule dem Studium der Medizin widmen. 1774 reiste er nach Wien und absolvierte weitere Studien bei Anton de Haen (1704 – 1776), einem Kliniker. Er erhielt im Jahr 1776 die medizinische Doktorwürde. Joseph Barth (1745 – 1818), Professor für Anatomie und Augenheilkunde, förderte nach dem Tod de Haens Prochaska weiter. Er verwendete ihn als Mitarbeiter zur Betreuung seiner Sammlung anatomischer Präparate, sowie als Assistenten in seiner ärztlichen Praxis. Prochaska wurde schon 1778 zum Magister der Augenheilkunde promoviert.⁴⁶

Kurz danach bewarb sich Georg Prochaska um die freie Lehrkanzel der Anatomie an der Universität Prag und erhielt dort 1778 die Professur für Anatomie und Augenheilkunde. Nach dem Rücktritt seines Förderers und Lehrers, Professor Joseph Barth, wurde er 1791 nach Wien zurückberufen und übernahm dessen Lehrkanzel für Anatomie, Physiologie und Augenheilkunde in Wien, die er bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1819 innehatte. Neben seinen größeren bibliographischen Werken, die im weiteren Textverlauf angeführt sind, verfasste Prochaska viele Fachaufsätze für periodische Zeitschriften. Er schrieb unter anderem in den „Abhandlungen der kön. Böhmisches Gesellschaft“, in den „Wiener Beiträgen zur praktischen Arzneikunde“ und in den „Abhandlungen der k.k. Josephinischen medicinisch-chirurgischen Akademie“. Zu erwähnen ist noch, dass Prochaska außer seiner ausgedehnten fachbezogenen Tätigkeit, seine Zeit auch den schönen Künsten widmete und sich dabei vor allem mit der Malerei und der Musik beschäftigte.⁴⁷

⁴⁶ Constant von Wurzbach, Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich, Band 23, (Wien 1872), 333f.

⁴⁷ Wurzbach, Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich, Band 23, 335.

Nach dieser kurzen einleitenden Biographie ist der nachfolgende Text den wissenschaftlichen Leistungen Georg Prochaskas, seinen Beobachtungen und seinen histologischen und physiologischen Entdeckungen gewidmet. In Constant von Wurzbachs Werk „Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich“ aus dem Jahr 1872, ist über Prochaska folgendes zu lesen: „Physiologie oder die Lehre vom Menschen“ geben Zeugenschaft, daß P. nicht die Menge der Beobachtungen, nicht das Häufen isolierter Erfahrungen, sondern die Auffindung des inneren nothwendigen Zusammenhanges des Naturganzen als seine höchste wissenschaftliche Aufgabe betrachtete.“⁴⁸ Georg Prochaskas eignete sich bei Professor Barth die Technik der Herstellung von Präparaten an und setzte damit direkt die Arbeit seines Lehrers fort. Seine bei Professor de Haen geübte Beobachtungskunst ermöglichte Prochaska in seinem Anfangswerk von 1778 „De carne musculari“, die erstmalige Beschreibung der Primitivbündel der Muskel und die Hülle der Muskelfasern (Sarkolemm). Schon 1779 lieferte er mit seiner Arbeit „De structura nervorum“ eine erste Charakteristik der Nervenfasern. Durch aufmerksame Beobachtung erkannte Prochaska 1810 die richtige Auslegung des Prozesses der Knochenbildung: Knochenbildung erfolgt nicht durch die Umwandlung von Knorpel in Knochen, sondern nach deren Verdrängung und Vernichtung.⁴⁹

Im Mittelpunkt Prochaskas Interesses stand jedoch die Physiologie und im Besonderen die Leistung des Nervensystems. Von Vorteil war Prochaskas Fähigkeit seine Arbeit experimentell zu gestalten. Die bei seinen Versuchen mit Fröschen gemachten Beobachtungen und Erkenntnisse, konnte er dann in seinen Abhandlungen über das Nervensystem entsprechend berücksichtigen. Eines seiner Hauptwerke war „Commentatio de functionibus systemis nervosi“, das 1784 erschien. Er stützte dabei seine Feststellungen über die Funktion von Nerven ebenfalls auf Beobachtungen. Prochaska stellte in diesem Zusammenhang eine Theorie über die Reflexbewegung auf und erklärte den Muskelreflex mit einer Nervenkraft, die von einem gemeinsamen Sinneszentrum gesteuert wird. Durch seine Experimente mit Fröschen konnte er beweisen, dass für die Koordination nicht allein das Gehirn zuständig ist, sondern auch das Rückenmark daran beteiligt ist.

Weitere grundlegende Überlegungen lieferte Prochaska zu den Sinnesenergien und der Lokalisationstheorie der Aufklärungsmedizin, die von der Vorstellung geprägt war, dass

⁴⁸ Wurzbach, Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich, Band 23, 336.

⁴⁹ Erna Lesky, Die Wiener medizinische Schule im 19. Jahrhundert. (Graz 1978), 92.

verschiedene psychische Handlungen mit unterschiedlichen Teilen des Gehirns verbunden sind.⁵⁰ In seinem Buch aus dem Jahr 1820 „Physiologie oder die Natur des Menschen“ stellt Prochaska fest: „Die Verschiedenheit der Empfindungen die wir durch die äußeren Sinnesorgane erhalten, hängt nicht allein von dem Bau dieser Organe ab, es scheint, dass dazu auch eine eigene Beschaffenheit der Nerven, besonders mit einem gewissen Theil des Gehirns erforderlich sey; (...), es müssen demnach die gewissen Theile des Gehirns mit denen gewisse äußere Sinnesorgane mittels ihrer Nerven in Verbindung stehen auch nur zur Empfindung gewisser Eindrücke besonders organisiert seyn.“⁵¹

Ein großes Interesse hatte der Mediziner Georg Prochaska an naturwissenschaftlichen Zusammenhängen. Die elektrischen Erscheinungen an Muskeln, die Galvani 1791 bei seinen Versuchen mit Froschschenkel registrierte und der nachfolgende Diskurs den Galvani mit Volta führte, veranlassten ihn sich eingehender mit dieser Materie zu befassen. Neben Prochaska hatten sich mehrere Naturwissenschaftler mit der sogenannten Theorie des Galvanismus beschäftigt und diese soweit gefestigt, dass sie versuchten die Erscheinungen auf die Erklärung des organischen Lebens im Gesamten anzuwenden. „Der organische Körper vollbringe viele seiner Funktionen durch galvanisch-electrische Tätigkeit“, diese Aussage wurde von der Naturwissenschaft als Gegebenheit angesehen. Weiterverbreitet hatten diese Theorie mehrere tonangebende, naturwissenschaftlich forschende Gelehrte, dazu gehören unter anderem J. W. Ritter, Anton Heidmann, Leopold Reinhold und auch Georg Prochaska.⁵²

Ein kurzer Abriss soll die Arbeit von Ritter, Heidmann und Reinhold knapp beleuchten. 1798 versuchte Ritter in seiner Schrift „Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess in dem Thierreich begleite. Nebst neuen Versuchen und Bemerkungen über den Galvanismus“, einen dauernden, den Lebensprozess begleitenden Galvanismus zu beweisen. Er führte Experimente mit der Voltschen Säule an menschlichen Muskeln und Organen durch. Ritter sah den tierischen Körper als eine Kette zusammenhängender Glieder, die aus festen und flüssigen Teilen oder Körpern bestand und die fast alle gute elektrische Leiter waren. Er erweiterte seine Theorie auch auf die anorganische Natur und stellte schließlich fest, dass der Galvanismus den Lebensprozess der ganzen Natur beherrscht. Anton Heidmann, ein Arzt aus

⁵⁰ Lesky Die Wiener medizinische Schule im 19. Jahrhundert. 93.

⁵¹ Georg Prochaska, Physiologie oder die Lehre von der Natur des Menschen, (Wien 1820), 101f.

⁵² Burkard Eble Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800 – 1825, (Wien 1836), 108.

Wien und Anhänger der Galvanismus-Idee, schlug vor, die Wirkungsweise des Galvanismus zur Unterscheidung des wahren Todes, von einem möglichen Scheintod anzuwenden.⁵³ Sehr ausführlich und wissenschaftlich widmete sich Leopold Reinhold dem tierischen Leben und versuchte dieses, wie Ritter, nach den galvanischen Gesetzen zu erklären. Er nahm jedoch Bezug auf das Weltall und dem Streben der Wiedervereinigung mit diesem, da seiner Meinung nach, jedes materielle Gebilde des Mineral-, Pflanzen- und Tierreichs, seine Entstehung und Fortdauer, dem Weltall entspringen würde.⁵⁴ Alle diese Theorien der vorgenannten Wissenschaftler beeinflussten Georg Prochaska bei seinen Forschungsarbeiten und Experimenten und förderten sein großes Interesse an den Zusammenhängen zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und der Medizin.

Prochaskas Forschungstrieb, naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu erkennen, geht schon aus dem „Vorbericht“ seines 1797 in mehreren Ausgaben erschienen Buches „Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen“ hervor. Prochaska verfasste dieses Lehrbuch um für seine Physiologie Vorlesungen den angehenden Ärzten eine zusätzliche Unterlage für ihre Studien bereitstellen zu können. Ausführliche Argumente für seine Ausführungen erbrachte er hauptsächlich für seine neuen Lehrsätze, bei schon bekannten Annahmen fasste er sich eher kurz. Burkard Eble (1799 – 1839) berichtet in seinem Werk „Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800 – 1825“ über Prochaskas physiologische Lehrsätze nicht nur positives. Er bewertet zwar seine Erkenntnis über die „Lebenskraft“ (§ 147 der Lehrsätze) als durchaus richtig, schreibt aber über Prochaskas Lehrsatz „Von den Kräften überhaupt“, dass die im § 72 angeführten Aussagen über die „allgemeinen Kräfte“ mehrfach beanstandet wurden und diese Beanstandungen durchaus zurecht erfolgt wären.⁵⁵ Auch Erna Lesky setzt sich in ihrem Buch „Die Wiener medizinische Schule im 19. Jahrhundert“ aus dem Jahr 1978, mit Prochaska und seinem Thema über die „Lebenskraft“ und die darin enthaltene „Nervenkraft“ auseinander. Sie stellte fest, dass Prochaska seine Formulierungen zum Begriff „Nervenkraft“ in seinen frühen Werken (siehe Ausgabe 1797, §147) eher vorsichtig gestaltet hatte und erst in seinem Werk von 1820, durch den umfassenderen Ausdruck „Lebensprozess“ ersetzte.⁵⁶ Wenn man jedoch seinen Lehrsatz

⁵³ Eble Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800 – 1825, 109.

⁵⁴ Eble Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800 – 1825, 110.

⁵⁵ Eble Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800 – 1825, 113.

⁵⁶ Lesky Die Wiener medizinische Schule im 19. Jahrhundert. 94.

„Nervenkraft, Muskelkraft und Contactilität des Zellengewebes“ überlegt, erscheint seine Formulierung doch sehr eindeutig: „Die Nervenkraft ist diejenige, welche das ganze Nervensystem zu den ihm eigenthümlichen Verrichtungen fähig macht. Sie ist die Mischung und Wirkung der Nervenmaterie (§. 131). Ihre Wirkungen sind in der thierischen Oekonomie von der grössten Wichtigkeit. (...).“⁵⁷

Das Kapitel „Nerven und Seelenverrichtungen“ zeigt seine intensive Forschungsarbeit, die er in dieser Thematik betrieb. Infolge dieser Verrichtungen gelangt der Mensch zu seiner Bestimmung, meint Prochaska, und weiter: „(...), so sind die Nerven und Seelenverrichtungen als Schlüssel zu den übrigen zu betrachten, (...).“⁵⁸ Im Abschnitt „Die Entstehung, Verschiedenheit und die Bestimmung der Nervenkraft“, teilt er uns seine Erkenntnis mit, dass die Nervenkraft nicht nur im Gehirn, sondern im gesamten Nervensystem erzeugt wird, das heißt, jeder Nerv erzeugt Nervenkraft. Zum Beweis führt er Missgeburten ohne Gehirn an. Nach Prochaskas Überlegungen wird die Nervenkraft durch die Lebenskraft aufrechterhalten, wofür der Kreislauf des Blutes, das Atmen und die Ernährung erforderlich sind.⁵⁹

In seinen weiteren Untersuchungen zur Nervenkraft, experimentierte Prochaska unter Verwendung von Elektrizität. Er hatte einen elektrischen Funken vom Kopf eines Frosches bis zu dessen Füßen geleitet und dadurch das Nervensystem des Frosches so verletzt, dass dieser die Nervenkraft und damit auch die Muskelkraft im gesamten Nervensystem verloren hatte. Andererseits hatte er festgestellt, wenn der Funke nur durch das Gehirn geleitet wird, geht zwar die Nervenkraft des Gehirns, also die Empfindung und das Bewusstsein des Frosches verloren, jedoch bleibt die Kraft der unverletzten Nerven erhalten. Prochaska zog aus diesen Versuchen den folgenden Schluss: „Der Fall der verletzten Organisation des Gehirns scheint auch oft die Ursache der Schlagflüsse bey Menschen zu seyn, wenn gleich wir nicht im Stande sind, die Verletzung mit unseren Augen ausfindig zu machen.“⁶⁰

Das ausführliche Studium über die Nerven und das Nervensystem spiegelt sich in den beiden Lehrsätzen Prochaskas „Die Verhältnisse zwischen der Nervenkraft und den Reizen“ und „Nervenverrichtungen“ wieder. Seine Grundannahme ist: „Wenn die Nervenkraft wirken soll,

⁵⁷ Georg Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, (Wien 1797, 2. Auflage 1802), 80.

⁵⁸ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 98.

⁵⁹ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 114.

⁶⁰ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 115f.

muss sie durch einen Reiz dazu aufgefordert werden; ohne Reiz erfolgt keine Empfindung, noch Bewegung.“⁶¹ Prochaska folgerte daraus, dass jede Empfindung und jede Bewegung zugleich die Wirkung des Reizes und der Nervenkraft sein müssen. Die grundsätzliche Nervenverrichtungen der vom Gehirn und Rückenmark ausgehenden Nerven sind nach Prochaska jene, die äußere und innere Eindrücke aufnehmen und mit einer elektrischen Geschwindigkeit zu ihrer Bestimmung zu leiten.

Prochaskas weitere Abhandlungen und seine Lehrsätze zu dem Thema „Nerven“ noch intensiver zu erläutern, wäre zwar durchaus von Interesse, jedoch würde das den Rahmen dieser Arbeit übersteigen. Von Interesse ist aber doch noch seine naturphilosophische Einstellung. Aufschluss darüber gibt der nachfolgende Absatz aus dem Vorbericht zu dem genannten Buche aus dem Jahr 1797. Dieser weist auch einen deutlichen Bezug zur „Weltall“ Theorie des oben erwähnten Leopold Reinhold auf: „(...). Denn obwohl man einigermaßen mit Recht den Menschen als eine Welt im Kleinen (microcosmus) angesehen hat, so ist er doch nur ein Glied aus der Kette der der ganzen Schöpfung, und kann aus diesem Grunde nur im Zusammenhange mit anderen Weltkörpern begriffen werden. Die vollkommene Kenntniss der Natur des Menschen setzt folglich die Kenntniss aller Weltkörper und ihrer Kräfte voraus, mit denen der Mensch im Zusammenhange steht, auf die er, und sie auf ihn wechselseitig wirken; (...)“⁶²

Für Prochaska ist die Physiologie „die Lehre vom Zustand des Menschen“. Er betrachtete dabei sowohl den Körper, wie auch seine kleinsten Bestandteile als Ganzes. Nach seiner Meinung betrifft die Lehre der Physiologie die Bestandteile des Körpers und ihre Zusammenhänge: (...). Sie lehret ferner die mehr und mehr zusammengesetzten Theile, bestimmten ihre Form, Lage, Zusammenhang, Organisation, Kräfte, Verrichtung, Zweck und Einfluss, (...) auf die ganze Gesundheit haben.“⁶³ Prochaskas Überlegungen sind dabei sehr umfassend, denn er ist überzeugt, dass die Lehre der Physiologie nur in Verein mit sogenannten Hilfswissenschaften betrieben werden könne und bezieht sich abgesehen von Chemie, Anatomie und Naturgeschichte, vor allem auf Mathematik und die Physik. Man muss ihm auch heute noch rechtgeben, wenn er sagt, dass die gänzliche Ergründung der Natur für den Menschen unerreichbar ist und der Physiologe nicht imstande ist über alle Erscheinungen im Menschen Aufklärung geben zu können: „(...)“; er muss vielmehr nur empirisch zu Werke gehen, und

⁶¹ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 122.

⁶² Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, VI f.

⁶³ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 3.

sich oft begnügen, wenn er sagen kann, was geschieht, und zu welchem Zweck es geschieht, wenn er auch nicht darthun kann, wie es geschieht.“⁶⁴

Wenn man Prochaska in seinen Ausführungen weiter folgt, stößt man bei ihm auf eine gewisse religions-philosophische Verbindung. In seiner Abhandlung „Von den Menschen überhaupt“, sieht er den Menschen als das vollkommenste tierische Geschöpf an, das sich aufgrund seiner Anlagen über alle Geschöpfe der Erde erhebt und die ihn deshalb zum Ebenbild Gottes machen. Er sieht den Menschen ebenso als den Eigentümer der Erde an, wenn er meint: „In seinem grossen und vollkommenen Hirnbau liegt die Anlage zu seinem Verstande, wodurch er sich zum Eigenthümer der ganzen Erde macht, und dasjenige, was über der Erde ist, erforscht und bewundert.“⁶⁵

In seinen Lehrsätzen „Von den Bestandteilen des Menschen“ spricht Prochaska von den „einfachen“ Bestandteilen des Körpers, den „Elementartheilen“, obwohl diese wie er meint, keine wirklichen Elemente sind, sondern „einen Grad von Zusammensetzung und Organisation haben“. Dazu schreibt Prochaska noch: „Diese Elementartheile haben in Rücksicht der Art, (...) verschiedene Eintheilungen: sie sind also chemisch oder mechanisch; fest oder flüssig; hart oder weich; (...)“⁶⁶

Sein Wissen um die Chemie stellt Prochaska beim Abschnitt über die „Chemischen Bestandtheile“ unter Beweis. Wesentlich ist für ihn die Einteilung der Bestandteile nach „entfernteren“ Teilen, das sind zum Beispiel Oxygen, Hydrogen, Kohlenstoff und Eisen und den „näheren“ Bestandteilen, die nach ihren Bestandteilen und Proportionen aus den entfernten Teilen zusammengesetzt sind. Prochaska zählt dazu unter anderem Wasser, Eiweißstoff, Zuckerstoff, Fett und Salze. Er fasst dann zusammen: „Alle diese (§. 19 bis 21.) chemischen Bestandtheile in einer nach Zahl, Mass und Proportion bestimmten Mischung gelangen in den thierischen Körpern zur Organisation, (...). Man theilet sie gewöhnlich in die festen und flüssigen Theile ein.“⁶⁷ Weiteren Beschreibungen betreffen die festen und die flüssigen Bestandteile des Körpers, miteingeschlossen seine Abhandlung über das Blut.

⁶⁴ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 4.

⁶⁵ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 6.

⁶⁶ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 12.

⁶⁷ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 14f.

Alle diese Berichte spiegeln wieder, wie ausführlich sich der Mediziner Prochaska mit den Themen Chemie und Physik auseinandergesetzt hatte. Er spricht zum Beispiel auch davon, dass sich die festen Bestandteile, nur infolge des festeren Zusammenhaltes durch eine, vorerst noch unbekannten Ursache, von den flüssigen unterscheiden.⁶⁸ Die flüssigen Teile definierte Prochaska folgendermaßen: „Unter den flüssigen Teilen unseres Körpers versteht man jene Säfte, welche in den Höhlen des Herzens (...) und anderen Behältnissen enthalten sind, (...). Sie machen drey Hauptklassen aus: (...).“ Diese Klassen sind bei Prochaska: Erstens, das Blut; zweitens, die vom Blut aus den Arterien abgesonderten Säfte; und drittens, die Lymphe oder die rohen Säfte.⁶⁹ Seine detaillierten Abhandlungen über das Blut, die Blutgefäße und die Blutmenge, lassen den Schluss zu, dass es sich in diesem Fall um eine neue, noch nicht so umfassend erforschte Materie handelt, denn er liefert dazu auch Lehrsätze welche die Blutwärme, das Blutgas, das Blutwasser und den Blutkuchen betreffen.

Im physikalischen Bereich sind es unter anderem speziell die folgenden Themen, die seinen Forschungstrieb weckten: Auswirkungen von Druck- und Schwerkraft, die Anziehungskraft, die Wärme in der Natur und nicht zuletzt die Wirkkraft von Elektrizität und Magnetismus auf Lebewesen, die für Prochaska von hohem Interesse waren. Er übertrug physikalische Gegebenheiten auf Vorgänge im menschlichen Körper. Als Beispiele dazu dienen die zwei nachstehenden Komponenten:

- Erstens die Druckkraft, dabei verglich er die Kraft, die ein bewegter Körper auf einen ruhenden ausübt, mit dem Druck, den das Herz beim Zusammenziehen auf das Blut ausübt und dieses dadurch in die Arterien presst.
- Zweitens, sein Beitrag über die Wärme in dem er sagt: „Die Wärme ist in der ganzen Natur eines der wirksamsten Elemente. Ohne sie keimet kein Pflanzensamen, und wird auch kein thierisches Ey ausgebrütet, und ebenso nothwendig ist sie zur Fortdauer des thierischen und Pflanzenlebens.“⁷⁰

In seinen Lehrsätzen über die Elektrizität bezeichnet Georg Prochaska die durch Reibung erzeugte, als die künstliche Elektrizität, und im Gegensatz dazu spricht er bei Luft- und tierischerer Elektrizität von einer natürlichen Elektrizität. Seine grundsätzliche Definition von

⁶⁸ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 15.

⁶⁹ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 23.

⁷⁰ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 50.

Elektrizität lautet wie folgt: „Elektrizität nennt man jenen Zustand eines Körpers, in welchen er die sich ihm nähernden leichten Körper anziehet, und gleich darauf wieder zurück stösst, gegen den genäherten Finger oder einen anderen Körper einen leuchtenden Funken mit einem knisternden Schalle gibt, einen Phosphorgeruch verbreitet, auch andere mit ihm verbundene Körper in nämlichen Zustand versetzt, und noch andere dergleichen bekannte Wirkungen äussert *). *) Gehler physikalisches Wörterbuch.“⁷¹

Das Lufterlektrizität als eine natürliche anzusehen ist, hat schon Franklin bei seinen Untersuchungen von Gewittern bewiesen. Die Thematik der tierischen Elektrizität war zu Ende des 18. Jahrhunderts noch nicht vollkommen erforscht und deshalb widmete sich Prochaska diesem Teil seiner Lehrsätze auch ausführlicher. Interessant sind Prochaskas Gedanken über die Entstehung von Elektrizität durch die Reibung des Blutes in den Blutgefäßen: „Indessen ist in unserem Körper das Reiben des Blutes mit seinen Gefässen, es kommt darin das Schmelzen, Erwärmen, Abkühlen, und andere die Elektrizität sonst erregenden Ursachen (§.108.) wie in der Luft vor, (...).“ Er glaubte deshalb, dass so wie in der Luft, auch im Menschen eine Art von modifizierter Elektrizität erzeugt werden könne.⁷²

Mit der für ihn neuen Entdeckung Voltas, befasst sich Prochaska etwas eingehender. Er beschreibt die technische Anordnung der einzelnen Bauteile dieses aktuellen „Stromerzeugungsgerätes“ und resümiert: „Man ist darin einstimmig, dass diese Verkalkung durch die Zersetzung des Wassers bewirkt wurde, und dass dieser chemische Process die Ursache von der Entstehung dieser Elektrizität sey. Aus allen diesen gewinnt zwar die Vermuthung von der Existenz der thierischen Elektrizität, obwohl an eine verlässliche und anwendbare Theorie derselben noch nicht zu gedenken ist; und wie es scheint (...), dass dieser Gegenstand unter jene gehöre, an welchen der geübte Menschenverstand bisher seine Grenzen gefunden hat.“⁷³

Einen breiteren Raum spendet Prochaska ferner der Materie der „dunklen Kräfte“. Er bezeichnet dabei den Magnetismus vorerst ebenfalls noch als eine zweifelhafte „dunkle Kraft“: „Ausser allen den bisher angeführten Kräften, deren Wirkung auf unsern Körper keinem Zweifel unterliegen kann, gibt es noch welche, die, wenn auch ihr Daseyn nicht ganz bezweifelt

⁷¹ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 62.

⁷² Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 65

⁷³ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 67.

werden kann, doch ihre Wirkung auf den thierischen Körper so unmerklich äussern, dass man Ursache hat dieselbe, (...) gar zu läugnen, doch wenigstens sie so lang für zweifelhaft zu erklären, bis sie durch richtige Versuche erwiesen seyn. Hieher gehören der Aether, der Magnet und die Kraft der Gestirne (...).“⁷⁴ Ich möchte mich hier nur auf Prochaskas Standpunkt über die Wirksamkeit, respektive Nicht- Wirksamkeit der magnetischen Kraft beschränken, die er auch den „dunklen Kräften“ zuordnet. Diese von ihm als „merkwürdig“ bezeichnete Kraft (weder die eines natürlichen noch die eines künstlichen Magneten), übt nach seiner Meinung keine merkbare Wirkung auf Lebewesen aus. Kritisch schrieb Prochaska darüber, dass berühmte Ärzte, unter ihnen Galen, glaubten mit Hilfe von Magnetismus, zum Beispiel Nervenschmerzen oder Magenkrämpfe heilen zu könnten.⁷⁵ Ebenso negativ beurteilte er den Arzt und Magnetiseur Anton Mesmer, der ebenfalls die Ansicht vertrat, mit der Anwendung von Magnetismus viele Krankheiten heilen zu können. Prochaska fühlte sich mit seiner negativen Beurteilung der Wirksamkeit des Magnetismus in der Medizin nicht allein und notierte dazu in einem seiner Lehrsätze: „(...) Einsichtsvolle Männer haben nach genauer Prüfung alles das für ein Spiel erklärt, welches man mit der Einbildungskraft nervenkranker oder sonst getäuschter Menschen treibt. (...)“⁷⁶

Die Einbildungskraft der Menschen und unbekannte Kräfte werden bei Prochaska auch bei seinen Ansichten über die Kraft der Gestirne thematisiert. Er spricht in diesem Fall von einem vermuteten ungeklärten Einfluss der Planeten auf die Atmosphäre, die Erde, sowie auf Pflanzen und Lebewesen. Er ist zwar einerseits der Meinung, dass diese ungewisse Beeinflussung überdies zum Betrug verwendet wird, ist sich aber andererseits selbst nicht sicher, ob zum Beispiel Veränderungen des Mondes, nicht zumindest Auswirkungen auf das Wetter und auch auf ein vermehrtes auftreten verschiedener Krankheiten haben könnte. Bestätigt von den Physikern seiner Zeit, sieht Prochaska dagegen die Anziehungskraft von Mond und Sonne und die infolge dessen ausgelösten Effekte, die Ebbe und Flut in den Weltmeeren. Aufgrund der Unsicherheiten über den Einfluss der Gestirne zog er folgende Konsequenz: „Indessen sind wir doch nicht im Stande was sicheres daraus zu bestimmen, bis nicht eine Reihe von sicheren Erfahrungen uns ein besseres Licht gegeben haben.“⁷⁷

⁷⁴ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 73.

⁷⁵ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 76.

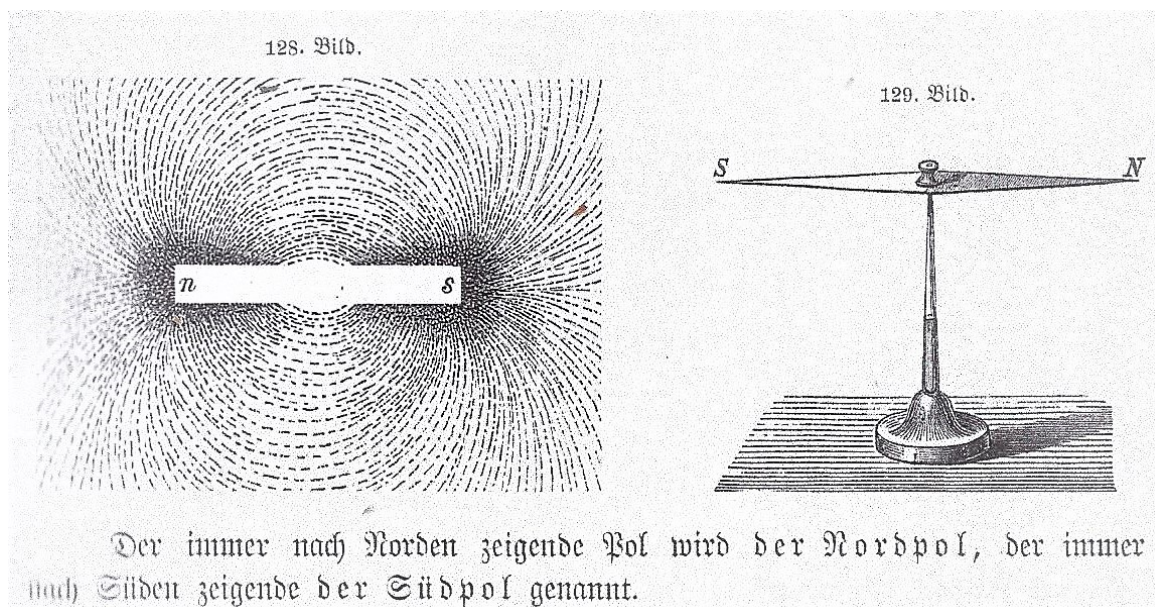
⁷⁶ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 77.

⁷⁷ Prochaska, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, Band 1, 79

Nach seiner mehrjährigen Arbeit an seinen Lehrsätzen über die Physiologie des Menschen, wendete sich der Mediziner Prochaska den „polarischen Naturgesetzen“ zu. Seine starke Verbundenheit mit der Naturwissenschaft und der nachhaltige Eindruck den Galvani und Volta mit ihren Entdeckungen über die Elektrizität bei ihm hinterlassen hatten, spiegelt sich auch in seinem Buch „Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes und dessen Anwendung“ aus dem Jahr 1815 wieder. Er verknüpft darin sein medizinisches Wissen, mit seinen Erkenntnissen über die Elektrizität und dem Magnetismus. Seine Kenntnisse gibt Prochaska in Form der im Buch nachzulesenden Leitfäden über die „Anwendung des polarischen Naturgesetzes auf die Erscheinungen der unorganischen Körper, auf die Erscheinungen der organischen Körper, auf die Thätigkeiten der Vegetabilien und auf die Tätigkeiten der Thiere“, an die Wissenschaft weiter. Zur Einführung erhält der Leser von Prochaska eine „Darstellung des Begriffes und der Realität des polarischen Naturgesetzes“.

Ausgangspunkt für Prochaskas Darstellung des polarischen Naturgesetzes ist die Festlegung früherer Astronomen, welche die Namen der Pole - der zwei entgegengesetzten Punkte der Weltachse - mit Nord- und Südpol bezeichneten. Diese Bezeichnung hatte man in der Folge auf gedachte Achse der Erdkugel übertragen. Eine Entdeckung der Naturwissenschaft war die Bewegung einer Magnetnadel, die sich mit einem Teil nach Norden und mit dem entgegengesetzten nach Süden ausrichtete (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Kraftlinien eines Magneten (Bild 128) und Magnetnadel (Bild 129) ⁷⁸



⁷⁸ Quelle: Richter, Lehrbuch der Physik, 125.

Prochaska stellte dazu fest: „(...)“; daher bekamen auch diese Theile oder Punkte des magnetischen Körpers den Nahmen der Pole, und zwar der eine den Nahmen des Nordpols und der andere den Nahmen des Südpols, oder wie andere wollen des „+ M.“ und „– M.“.⁷⁹ Zur Thematik des Magnetismus studierte Prochaska die Erkenntnisse mehrerer Physiker, unter ihnen auch der Physiker William Gilbert, die alle zu den Eigenschaften von Magneten, ihrer Kraft und ihrem Verhalten zueinander geforscht hatten. Sie stellten fest, dass gleichnamige Pole sich abstoßen und ungleichnamige sich anzogen. Die Physiker folgerten daraus: „(...)“, daß die Erde selbst ein großer Magnet sey, von dessen Polen die ungleichnamigen Pole der Magnetnadel angezogen, die gleichnamigen hingegen abgestossen werden.“⁸⁰ Über die Durchdringung verschiedener Körper mit magnetischer Kraft, sollten nachfolgende Versuche eine Klärung bringen. Man fand heraus, dass die magnetische Kraft außer durch Eisen, ungehindert die verschiedensten Körper durchdringen konnte und die Magnetnadel an allen Orten der Erde den Erdpolen folgen würde.

Aus seinen Studien über das Wesen des Magnetismus, gewann Prochaska die Überzeugung, dass die Elektrizität zum Teil ähnliche Phänomene wie der Magnetismus aufweist. Prochaska versucht dazu im oben genannten Abschnitt „Darstellung des Begriffs und der Realität des polarischen Naturgesetzes“, auch eine entsprechende Begründung zu liefern: „Weil die Elektrizität durch mehrere ähnliche Phänomene mit dem Magnetismus verwandt ist, so wurde auch die Benennung der Polaritäten auf dieselbe übertragen. Ich glaube das wesentlichste über diese Naturerscheinung vorläufig auch anführen und mit dem Magnetismus vergleichen zu müssen, um darthun zu können, daß das polarische Naturgesetz vorzüglich in der Elektrizität gegründet sey.“⁸¹ Daraus schließt Prochaska, dass auf diese Art alle Körper zur Erzeugung von Elektrizität fähig sind. Seine ausführliche Abhandlung über die Materie des Magnetismus verweist darauf, welches umfangreiche Wissen über Elektrizität und den Magnetismus sich der Mediziner Prochaska angeeignet hatte.

Zum Thema Elektrizität studierte er unter anderem auch die Erklärungen Franklins und Voltas. Franklin definierte die Elektrizität zweier unterschiedlichen Körper als „zwei entgegengesetzte

⁷⁹ Georg Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes und dessen Anwendung auf die Thätigkeiten der organischen und unorganischen Körper, mit einem Rückblick auf den thierischen Magnetismus. (Wien 1815), 2.

⁸⁰ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 3.

⁸¹ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 6.

Elektrizitäten“ und bezeichnete dann eine davon als die positive (+) und die andere als die negative (-) Elektrizität. Neben Franklin hatte auch Volta bei seinen Versuchen durch das aneinanderzureihen verschiedene Metallplatten Elektrizität zu erzeugen, die positive und negative elektrische Ladung entdeckt. An Hand der, in diesem Zusammenhang von ihm erfundenen „elektrischen Säule“ – die Volta selbst, in einem Schreiben im Vergleich zu dem natürlichen Organ eines Kampfrochens, als „künstliches Organ“, bezeichnete – konnte er diese Entdeckung auch nachweisen.⁸²

Wie detailliert sich Prochaska mit der Materie auseinandergesetzt hatte, darüber geben die folgenden Zeilen Auskunft: „(...). Denn mit Genauigkeit angestellte Versuche mehrerer gelehrten Männer haben es bewiesen, daß sowohl die gemeine als auch die galvanische Elektrizität in der Atmosphärluft, und noch lebhafter in der Lebensluft erzeugt wird, in dem luftleeren Raum oder bey verdünnter Luft abnimmt, und endlich fast ganz erlischt, (...).“⁸³ Er interessierte sich auch für Nachweise anderer Wissenschaftler die zeigen sollten, welche möglichen Einflüsse die Intensität der in der Voltaschen Säule erzeugten Elektrizität, entweder verstärken oder schwächen könnten. Prochaska sammelte Ergebnisse von wissenschaftlichen Experimenten, die die Auswirkungen einer verstärkten Zufuhr von Sauerstoffgas und von Licht und Wärme auf die Intensität der erzeugten Elektrizität geprüft hatten. Im Zusammenhang mit der Untersuchung, welche Wirkung Wasser oder eine veränderte Luftfeuchtigkeit in kalten und in heißen Gegenden hatten, stieß Prochaska auf eine, vom italienischen Physiker Guiseppe Zamboni, 1812 entwickelte „trockene“ elektrische Säule, bei der zwischen den Platten trockenes, auf Veränderungen der Luftfeuchtigkeit reagierendes Papier gelegt wurde.⁸⁴

Sein Resümee zu diesen Versuchen ist folgendes: „Wenn gleich die Natur der Elektrizität allenthalben dieselbe ist, so ist doch ihre Wirksamkeit quantitativ und qualitativ verschieden. Das Quantitative entspricht der Stärke der Gegensätze, durch welche die Elektrizität erregt wird: also der Mehrheit der Körper und ihrer Berührungspuncte wie auch der Natur derselben. Die Metalle und Kohlen sind starke Erreger. (...) Das Qualitative der elektrischen Wirksamkeit kommt von ihrer verschiedenen Modifikation, (...).“ Er meint damit, die Elektrizität sei das allgemeinste Prinzip in der Natur, deshalb muss die elektrische Wirksamkeit zu ebenso vielen

⁸² Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 9.

⁸³ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 11.

⁸⁴ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 13.

Modifikationen imstande sein, wie sie durch die Naturerscheinungen, das sind die Erzeugung, Veränderung, Zerstörung und Wiedererzeugung von Körpern, möglich sind.⁸⁵

Ein weiteres Beispiel für die Nähe Prochaskas zur Elektrizität und aus diesem Grund auch zu den Entdeckungen Galvanis und Voltas, gibt der folgende Absatz: „(...). Aller Naturforscher, denen die neuen Entdeckungen über die Elektrizität nicht unbekannt sind, ist nur eine Stimme, daß durch die Entdeckung der galvanischen Elektrizität, und besonders der voltaischen Säule und ihrer Wirkungen, ein großes Licht für die gesammte Naturkunde aufgegangen sey, welches man vorhin nicht einmahl ahnden konnte. (...)“⁸⁶ Er versuchte die Lebensprozesse nach den galvanischen Gesetzen zu erklären und spricht von einer Naturkraft aus der die wechselseitige, polarische Wirkung von Körpern entsteht. Er hält dazu fest: „(...); indessen glaube ich doch, daß man nach und nach die Realität und die Vorzüge des polarischen Systems mehr einsehen und bey der Erklärung der Naturerscheinungen berücksichtigen wird, (...)“⁸⁷

Prochaska schließt das Kapitel „Darstellung des Begriffs und der Realität des polarischen Naturgesetzes“ mit der Aussage, dass die Erscheinungen an den Körpern, welche aus ihrem chemischen und dynamischen wechselseitigen Einfluss entstehen, nach keinen anderen Gesetzen als jenen der polarischen Naturgesetze erklärt werden können.

Seine grundlegende Erkenntnis aus seinen Studien fasst er folgendermaßen zusammen: „Aus dem bisher gesagten geht, glaube ich, schon hervor, daß die Erscheinungen an den Körpern, welche aus ihrem chemischen und dynamischen wechselseitigen Einfluß entstehen, und auf ihre Mischungs- und Formveränderung Bezug haben, nach keinen andern als polarischen Gesetzen erklärt werden können, weil ein allgemeines Naturgesetz erwiesen ist, daß durch die Berührung zweyer oder mehrerer heterogenen Körper ein Prozeß entzweyter Kräfte entsteht, welche nach dem Grad der Verschiedenheit der Körper auf einander wirkend die Quelle ihrer mannigfaltigsten Veränderungen sind. Dieses Naturgesetz erscheint uns an dem Magnetismus und an der Elektrizität; nur ist der Magnetismus mehr auf das Eisen eingeschränkt, die Elektrizität aber allen Körper eigen, (...)“⁸⁸

⁸⁵ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 15f.

⁸⁶ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, IV.

⁸⁷ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, VII

⁸⁸ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 20.

Nach Prochaskas Überlegungen ist Elektrizität in der Naturlehre nicht mehr länger als eine, von anderen Naturerscheinungen abgesonderte Erscheinung zu betrachten, sondern der Grund für alle anderen. Alle an Körpern entstehenden Erscheinungen leitet er deshalb von der Elektrizität ab, wie die folgenden Abschnitte über die „Anwendung der polarischen Naturgesetze“ zeigen werden. Er betrachtete zunächst die Anwendung des polarischen Naturgesetzes auf die Erscheinungen der unorganischen leblosen Körper und vergleicht diese mit den Erscheinungen auf die belebten organischen, wobei er die grundsätzliche Gemeinsamkeit des Entstehens und des Vergehens feststellte. Auf diese Gemeinsamkeit ging Prochaska in der anschließenden Abhandlung über die „Anwendung des polarischen Naturgesetzes auf die Erscheinungen der organischen Körper überhaupt“, näher ein.

Die Intensität, mit der sich Georg Prochaska aus dem Blickwinkel eines Mediziners mit der Elektrizität in Lebewesen befasste, ist in dem oben genannten Abschnitt gut zu erkennen. Er erklärt darin, dass die Erscheinungen und Tätigkeiten der organischen Körper, nur oberflächlich betrachtet, von den unorganischen unterschiedlich seien, weshalb man die Tätigkeiten der organischen Körper „das Leben“ und die unorganischen „die tote Natur“ nenne. Für Prochaska sind organische und unorganische Körper gleichermaßen in ihrem Bereich aktiv und er begründet das auch. Er ist überzeugt, dass unter diesen Körpern ein immerwährendes, wechselseitiges Streben nach Galvanischen Gesetzen stattfindet und deshalb nach genauer Überlegung nichts als tot oder untätig anzunehmen sei, denn jeder Körper hat seine eigenen besonderen Kräfte. Einige Naturforscher, die, wie Prochaska meinte, die allgemeinen physischen, chemischen und mechanischen Kräfte nicht erklären konnten, bezeichneten deshalb die Kräfte, nach denen das Leben ablief mit Lebenskraft. Nach seiner Ansicht war diese „Lebenskraft“ die allgemeine Naturkraft des Anziehens und Abstoßens.⁸⁹

Dem Absatz zum Thema der Organisation der Lebensprozesse und der Modifikation ihrer Elektrizität, aus seinem Buch aus dem Jahr 1815 ist zu folgendes entnehmen: „Nachdem in einem jeden Organ eines organischen Körpers ein eigener und auf der Berührung seiner festen und flüssigen Theile beruhender Lebensprozeß Statt hat, (...), so muß in demselben auch eine Elektrizitätserzeugung Statt haben; woraus folget, daß die Erzeugung der thierischen und überhaupt der organischen Elektrizität, nicht wie man insgemein geglaubt hat, bey den Thieren auf das Gehirn und auf das Nervensystem eingeschränkt sey, sondern daß sie sowohl in dem

⁸⁹ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 40f.

Gehirne und zwar besonders in dessen gefäßreicher Rindensubstanz als in allen übrigen Organen entsteht, und daß die Elektrizität der Organe mit der Hirnelektrizität durch Abwechslung ihrer Polaritäten wechselseitig aufeinander wirkend, die sogenannten animalischen Verrichtungen hervorbringen. So wirken auch die einzelnen Organe, mit Ausschluß des Gehirns, durch ihre Elektrizitäten aufeinander, (...). In beiden Fällen dienen die Nerven als Leiter der Elektrizität. (...).“⁹⁰ Prochaska bearbeitet hier zwar teilweise dasselbe Thema wie schon im ersten Band seines Werkes von 1797 „Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen“, geht jedoch ausführlicher auf die Zusammenhänge zwischen Elektrizität und den Nerven- und Muskelfunktionen ein. „In den galvanischen Prozessen der organischen und unorganischen Körper pflegt man das Chemische und Dynamische besonders zu betrachten, obwohl sie unzertrennlich sind, und das Chemische ohne dem Dynamischen nicht bestehen kann.“⁹¹ schreibt Prochaska. Er untersucht umfassend das chemische und dynamische Prinzip im Ablauf des elektrischen Prozesses und die chemischen und dynamischen Eigenschaften der Elektrizität. An Hand seiner Ergebnisse studierte er diese Prozesse und Prinzipien an den Eigenschaften organischer Körper. Prochaska zieht im Rahmen seiner umfangreichen Experimente mit der Elektrizität, sowie mit der elektrischen Spannung und ihren Schwingungen, Vergleiche mit den elektrischen Spannungen der Organe und macht die Aufnahmefähigkeit für Reize, die gleichfalls Schwankungen unterworfen sind, davon abhängig.

Nach der ausführlichen Darstellung des polarischen Naturgesetzes auf die organischen Körper, wandte sich Prochaska entsprechend seinen vorher aufgestellten Grundsätzen der Elektrizität, den Lebenstätigkeiten der Vegetation zu. Er betont, dass jedes Organ eines Gewächses seinen eigenen Lebensprozess hat, der durch Berührung von heterogenen Stoffen ebenso nach galvanischen Gesetzen entsteht. Infolge der an den Berührungspunkten entstehen Spannungen wirken die Organe aufeinander polarisch. Prochaska fand bei seinen Forschungen über die Tätigkeiten der Vegetation eine Besonderheit heraus: „Besonders auffallend ist die polarische Thätigkeit gewisser Pflanzen und Pflanzentheile, welche sich bey der Einwirkung der Reize durch eine sichtbare Bewegung offenbaret, und welche Aehnlichkeit wegen mit der den Thieren zukommenden Thätigkeit die Reizbarkeit genannt wird.“⁹²

⁹⁰ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 48.

⁹¹ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 51.

⁹² Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 79.

Der letzte Punkt, dem sich Georg Prochaska bei der Darstellung des polarischen Naturgesetzes zugewandt hatte, war die „Anwendung des polarischen Naturgesetzes auf die Thätigkeiten der Thiere“. Seine Erläuterungen dazu sind sehr umfassend und teilweise auch sehr detailliert. Nach ihm sind auch die Aktivitäten der Tiere auf einen galvanischen Prozess gegründet, wobei er Wirkung und Gegenwirkung als unzertrennlich einstuft. „Der thierische Körper ist ein Ganzes, dessen Theile durch eine gleiche Kraft bestehen. Jeder Theil hat seinen eigenthümlich modificierten Lebensprozeß.“ sagt Prochaska.⁹³ An den einzelnen Berührungspunkten dieser Teile kommt es zu Spannungen. Der Vorgang ist ähnlich dem wie er im Bereich der Vegetation stattfindet. Prochaska folgerte daraus: „Aus dem Verein der Spannungen sämtlicher Organe ergibt sich dann eine allgemeine Spannung des Individuums, (...). Durch diese allgemeine Spannung kommen dann auch die Thiere in ein polarisches Verhältniß mit den Außendingen.“⁹⁴ Aufgrund seiner Forschungen stellte Prochaska die folgende Theorie auf: Nach den Grundsätzen, die sich aus den Eigenschaften der Elektrizität ergeben, geschehen alle Eindrücke oder Reize, die sich durch unsere Sinnesorgane ergeben, nach galvanischen Gesetzen.⁹⁵

Zuletzt widmet sich Prochaska noch der Frage, welche Auswirkungen der polarische Einfluss eines magnetisierenden Arztes bei einem Schlafwandler hervorrufen könnte. Könnten solche Bewegungen entstehen, welche beim Schlafwandler reale, vorher nie gehabte Begriffe und Vorstellungen hervorrufen und würde er diese zur Herstellung seiner Gesundheit als taugliche Mittel erkennen? Prochaska fand darauf keine schlüssige Antwort und geht abschließend auf den Versuch Anton Mesmers, eine Erklärung für dieses Phänomen zu finden, mit den Worten ein: „Die Erklärung, welche Mesmer von diesen Phänomenen zu geben versucht hat, wollen wir dahin gestellt seyn lassen, (...).“⁹⁶ Diese Aussage spiegelt seine Haltung gegenüber Mesmers wissenschaftlichen Erkenntnissen wieder.

Mit seinem letzten, in seinem Todesjahr 1820 erschienenen Werk „Physiologie oder die Lehre von der Natur des Menschen“, beweist Georg Prochaska noch einmal sein breites, über die Jahre erworbenes medizinisches Wissen, das er während einiger Jahrzehnte mit seinen breitgestreuten naturwissenschaftlichen Erkenntnissen verknüpft hatte. In diesem Buch erfasst

⁹³ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 85.

⁹⁴ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 86.

⁹⁵ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 91.

⁹⁶ Prochaska, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes, 101.

Prochaska in neun Abschnitten, beginnend mit der äußeren Beschaffenheit des Menschen, ebenso die Gesamtheit der inneren Beschaffenheit des Menschen und die Abläufe von der Zeugung bis zur Alterung des Menschen, die schließlich zu seinem Tod führt. Diese enge Beziehung zur Naturwissenschaft bringt er auch mit dem dritten Abschnitt dieses Buches „Das Leben überhaupt aus den Gesetzen des elektrischen Prozesses abgeleitet“ zum Ausdruck. Aufgrund seiner bisherigen Forschungsergebnisse gelangte er zur Überzeugung, dass es als eine erwiesene Wahrheit anzusehen ist: (...), dass nämlich die Voltasche Säule ein Naturgesetz offenbare, auf welches sich alle durch gegenseitige Wirkung sowohl an den unorganischen als organischen Körpern ergebende Erscheinungen beziehen, (...).“⁹⁷

Seine Überlegungen führen ihn schlussendlich vom physischen zu einem fast schon geistig-philosophischen Lebensprinzip: „Nebst dem physischen Lebensprinzip von elektrischer Anziehung und Abstossung haben wir bey dem Menschen auch ein geistiges zu betrachten, welches an mehreren Lebenserscheinungen zugleich Antheil hat, die auch die Seelenverrichtungen genannt werden und das sogenannte animalische Leben ausmachen. (...). Sowohl das physische als das geistige Lebensprinzip als Kraft betrachtet sind kein Gegenstand unserer Wahrnehmung, wie kennen sie nur aus ihren Wirkungen, (...).“⁹⁸ Prochaska folgerte dann daraus: „(...). Die Natur und die Kräfte der für sich bestehenden und von dem Körper getrennten Seele, da sie kein Gegenstand unserer Erfahrung mehr ist, sind auch kein Gegenstand mehr der Naturwissenschaft und der Physiologie.“⁹⁹

Mit den zwei folgenden philosophischen Gedanken über das Leben, die der Mediziner und Naturwissenschaftler Georg Prochaska uns überliefert hat, wird seine Denkweise noch einmal offensichtlich: „Das Leben ist die wundervollste und wohlthätigste Naturerscheinung für die Geschöpfe die sich desselben erfreuen, die Natur hat auch dessen Genuss so sehr verssüßet, dass die lebenden Geschöpfe, vornämlich die Thiere, mit aller Anstrengung suchen sich ihre Lebensbedürfnisse zu erwerben, (...). Das Leben ist durch die ganze Natur mit unübersehbaren Verschiedenheiten und Abstufungen verbreitet, so dass es sich von dem vollkommensten Leben des Menschen durch alle Thierklassen bis zu dem geringsten Wurm und von diesem durch das ganze Pflanzenreich erstreckt; (...).“¹⁰⁰

⁹⁷ Prochaska, Physiologie oder Lehre von der Natur des Menschen. 29.

⁹⁸ Prochaska, Physiologie oder Lehre von der Natur des Menschen. XII.

⁹⁹ Prochaska, Physiologie oder Lehre von der Natur des Menschen. XIIIff.

¹⁰⁰ Prochaska, Physiologie oder Lehre von der Natur des Menschen. 26.

Wenn man nun das Leben und Wirken des österreich-mährischen Wissenschaftlers, des Mediziners und naturwissenschaftlich gebildeten Georg Prochaska zusammenfasst, so kann man, glaube ich, zurecht davon sprechen, dass er mit seiner unermüdlichen und umfangreichen Forschungsarbeit, einen nachhaltigen Beitrag geleistet hat, Beweise für einen Zusammenhang zwischen der inneren Elektrizität von Lebewesen und der äußeren, der natürlichen Elektrizität zu finden.

4.2.2. Emil Heinrich du Bois-Reymond

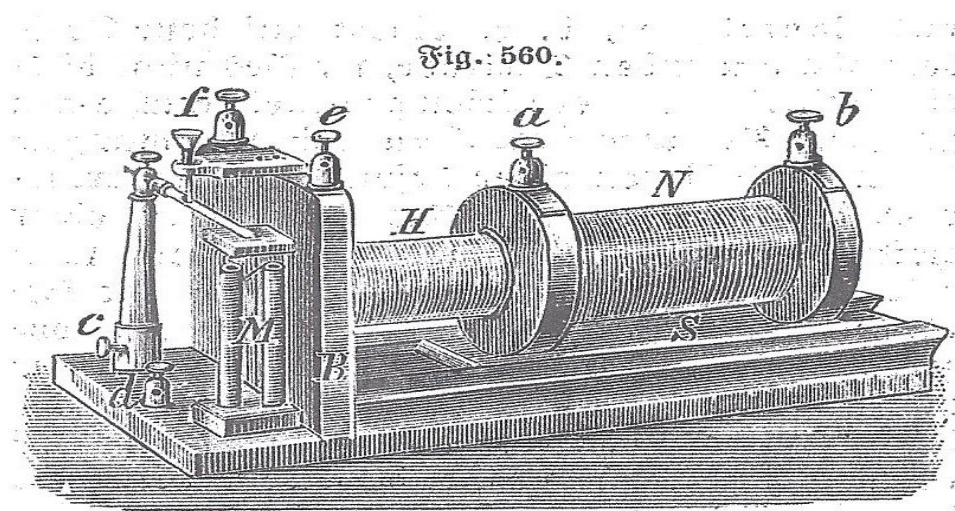
Zukunftsweisend für weitere große medizinische Fortschritte war die im 19. Jahrhundert wiederaufgenommene Erforschung der tierischen Elektrizität durch den deutschen Wissenschaftler Emil du Bois-Reymond. Er schloss damit an die Entdeckung der tierischen Elektrizität, sowie an die Experimente Galvanis und die Erkenntnisse Prochaskas an. Emil du Bois-Reymond leitete eine neue Phase von Analysen ein, die das vorhanden sein von Elektrizität in Lebewesen beweisen sollten. In seinen Untersuchungen beschäftigte sich Reymond unter anderem mit den Veränderungen des Muskelstroms bei Ausdehnung und beim Zusammendrücken eines Muskels. Mit Hilfe von verbesserten empfindlicheren Strommessgeräten wollte Bois-Reymond den Nachweis über das vorhanden sein des Nervenstromes erbringen.

Der knapp vor dem Todesjahr Prochaskas geborene Emil du Bois-Reymond war nicht weniger dynamisch in seiner wissenschaftlichen Arbeit als Georg Prochaska. Als vielseitig interessierter junger zukünftiger Wissenschaftler besuchte er Vorlesungen in Botanik, Geographie und Geologie. Er studierte auch Mathematik und Philosophie bevor er 1839 in Berlin mit dem Studium der Medizin begann. In Berlin wurde er Schüler des Anatomen und Physiologen Johannes Peter Müller (1801 – 1858) und promovierte 1843 mit einem Thema über den Froschstrom und über elektromotorische Fische. Du Bois-Reymond beschäftigte sich intensiv mit elektrophysikalischen Studien und übernahm nach dem Tod Müllers im Jahr 1858 den Lehrstuhl für Physiologie an der Universität in Berlin.

Sein großes Interesse galt der Elektrophysiologie. Um im Zuge seiner Forschungen über die „tierische Elektrizität“ Nervenströme messen zu können, konstruierte er besonders empfindliche Messgeräte. Denn wichtig für Bois-Reymonds Untersuchungen zur Feststellung einer tierischen Elektrizität, war eine entsprechende technische Ausrüstung, die es ihm

ermöglichen sollte, auch sehr schwache elektrische Ströme nachzuweisen. Er entwickelte dafür spezielle physikalische Instrumente wie zum Beispiel Multiplikatoren (Galvanometer), Schlitteninduktoren (siehe Abbildung 6) und verschiedene andere Messgeräte. Von Bedeutung für Bois-Reymonds Konstruktionen und deshalb auch für seine weitere erfolgreiche Forschungsarbeit ganz wesentlich, waren die Entdeckung des Elektromagnetismus durch Hans Christian Ørsted (1777 – 1851) und die Erfindung eines besonders empfindlichen Messgerätes für schwache Ströme vom Franzosen Andre Marie Ampere (1775 – 1836).¹⁰¹

Abbildung 6: Schlittenapparat: Ein Induktionsapparat für ärztliche Zwecke nach Bois-Reymond, zur Regulierung der Stromstärke durch verschieben der über der Hauptspule (H) angeordneten Nebenspule (N)¹⁰²



In seinem Buch aus dem Jahr 1848: „Untersuchungen über thierische Elektrizität (Band 1/1)“ schreibt du Bois-Reymond im ersten Kapitel „Vom Multiplikator bei thierisch-elektrischen Versuchen“: „Mit dem Vorzuge der Empfindlichkeit verbindet der Multiplikator denjenigen, dass er unmittelbare und unzweideutige Anzeige von der Richtung und (...) eine (...), doch ungefähre Vorstellung von der relativen Grösse der Wirkungen gewährt; zwei Eigenschaften, welche der Froschschenkel nur im allerbedingtesten Masse besitzt. Er ist es also, dessen wir uns (...) zur ersten Grundlegung aller Tatsachen zu bedienen haben werden.“¹⁰³

¹⁰¹ Klaus Beneke, Biographien und Lebensläufe von Kolloidwissenschaftlern, deren Lebensdaten mit 1996 in Verbindung stehen. (Nehnten 1999), 97f.

¹⁰² Quelle: Hoppe (Hg.) Lexikon der Elektrizität, 790.

¹⁰³ Emil Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/1, (Nachdr. d. Ausg. Berlin 1848. 2008), 161.

Seine Erfolge im Bereich des Messgerätebaues, können heute als eine Grundlage für elektrophysiologische Messungen angesehen werden. Erhard Oeser berichtet dazu in seinem Buch „Geschichte der Hirnforschung“: „Mit dieser Methode der elektrischen Reizung des Nervengewebes, die eine genau messbare Schwankung des nervösen Eigenstroms hervorruft, hat du Bois-Reymond nicht nur die Elektrophysiologie der Nerven begründet, sondern auch das methodisch-technische Werkzeug (...) geliefert, (...).“¹⁰⁴

Beispiele für den heutigen Fortschritt sind die Elektroenzephalographie (EEG), zur Messung elektrischer Gehirnaktivitäten und die Elektroneurographie, zur Funktionsbestimmung peripherer Nerven. In seinem umfassenden Werk „Untersuchungen über die tierische Elektrizität“ (Band 1/1848 und Band 2 /1884 erschienen), schildert Bois-Reymond sehr genau den Ablauf seiner Froschschenkel-Experimente und die dabei verwendeten Materialien und Werkzeuge. In seiner Vorrede zu Band eins schreibt er: „Im Frühling 1842 nahm erst die Reihe meiner eigentlichen Arbeiten ihren Anfang. Ich fand nun nacheinander den Muskelstrom, auf welchen ich den Nobili'schen [Anm. des Verfassers: Leopoldo Nobili (1784 – 1835), italienischer Physiker] Froschstrom zurückführte; das von mir sogenannte Gesetz des Muskelstromes; (...); sodann den Nervenstrom und sein Gesetz, welches mit dem des Muskelstromes übereinkommt.“¹⁰⁵

Du Bois-Reymonds Versuche gingen vor allem in eine Richtung: Er wollte in allen Teilen des tierischen Nervensystems elektrische Ströme nachzuweisen. Seine Sorge dabei war, dass seine Erkenntnisse von vielen Physiologen nicht verstanden werden würden, da diese wenig Interesse an der Elektrizität und ihrer Wirkung zeigten. Du Bois-Reymond klagte: „So kann ich die Furcht nicht unterdrücken, daß sich nur wenige Physiologen finden werden, die sich' nicht verdrießen lassen, sich mit der Elektrizitätslehre vertraut zu machen, um den Gänge meiner Erörterungen folgen zu können. (...).“¹⁰⁶ Er spielt dabei auf die Schwierigkeit an, fachlich versierte Physiologen zu finden, die imstande gewesen wären, zwischen seiner und der Lehre des angesehenen italienischen Physikers Carlo Matteucci (1811 – 1868), als Schiedsrichter fungieren zu können. Nach Bois-Reymonds Meinung hatte Matteucci versucht sich Ergebnisse, die Bois-Reymond schon Jahre vorher veröffentlicht hatte, anzueignen.¹⁰⁷

¹⁰⁴ Erhard Oeser, Geschichte der Hirnforschung. Von der Antike bis zur Gegenwart. (Darmstadt 2002), 172.

¹⁰⁵ Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/1, V.

¹⁰⁶ Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/1, XVIII.

¹⁰⁷ Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/1, XXII.

Seine intensive Beschäftigung mit der physiologischen Elektrizität spiegelt sich im Kapitel „Von der physiologischen Elektrizität überhaupt“ seines ersten Bandes wieder. Er setzt sich darin mit den physiologisch-elektrischen Erscheinungen an Pflanzen, Tieren und Menschen auseinander. Zur Begriffsbestimmung schreibt er: „Unter „physiologischer Elektrizität“ ist nach dem Vorbild der atmosphärischen Elektrizität einerseits, der physiologischen Chemie andererseits, der Inbegriff aller derjenigen elektrischen Erscheinungen zu verstehen, welche an den organischen Wesen oder an Theilen derselben, so lange sie im Besitz ihrer Lebenseigenschaften sind, (...), und in unmittelbaren Zusammenhang von Ursach und Wirkung mit den Vorgängen des Lebens wahrgenommen werden können. (...)“¹⁰⁸

Du Bois-Reymonds Experimente zur Erstellung eines „Gesetzes des Muskelstromes“ zeigten seine akribische Arbeitsweise sehr deutlich. Er führte Untersuchungen an Muskeln durch und erhielt dabei Aufschluss über die jeweiligen Stromstärken und Stromschwankungen bei Muskelbewegungen. Über zwanzig Lebewesen - vom Menschen über Vögel zu Fröschen bis zum Regenwurm - verwendete Bois-Reymond für seine Muskel-Experimente.¹⁰⁹

Die Abbildung 7 stellt eine Versuchsanordnung Bois-Reymonds vor. Die Figur 19, in der Mitte, zeigt einen Träger für die Tierische-elektrischen Versuche, die Figur 24, links unten, zeigt eine Vorrichtung mit den an einem Frosch angelegten stromzuführenden Klemmen (siehe Fig. 25, 26) und die Figur 23, rechts unten, bildet eine Vorrichtung zur Befestigung eines lebenden Frosches ab.

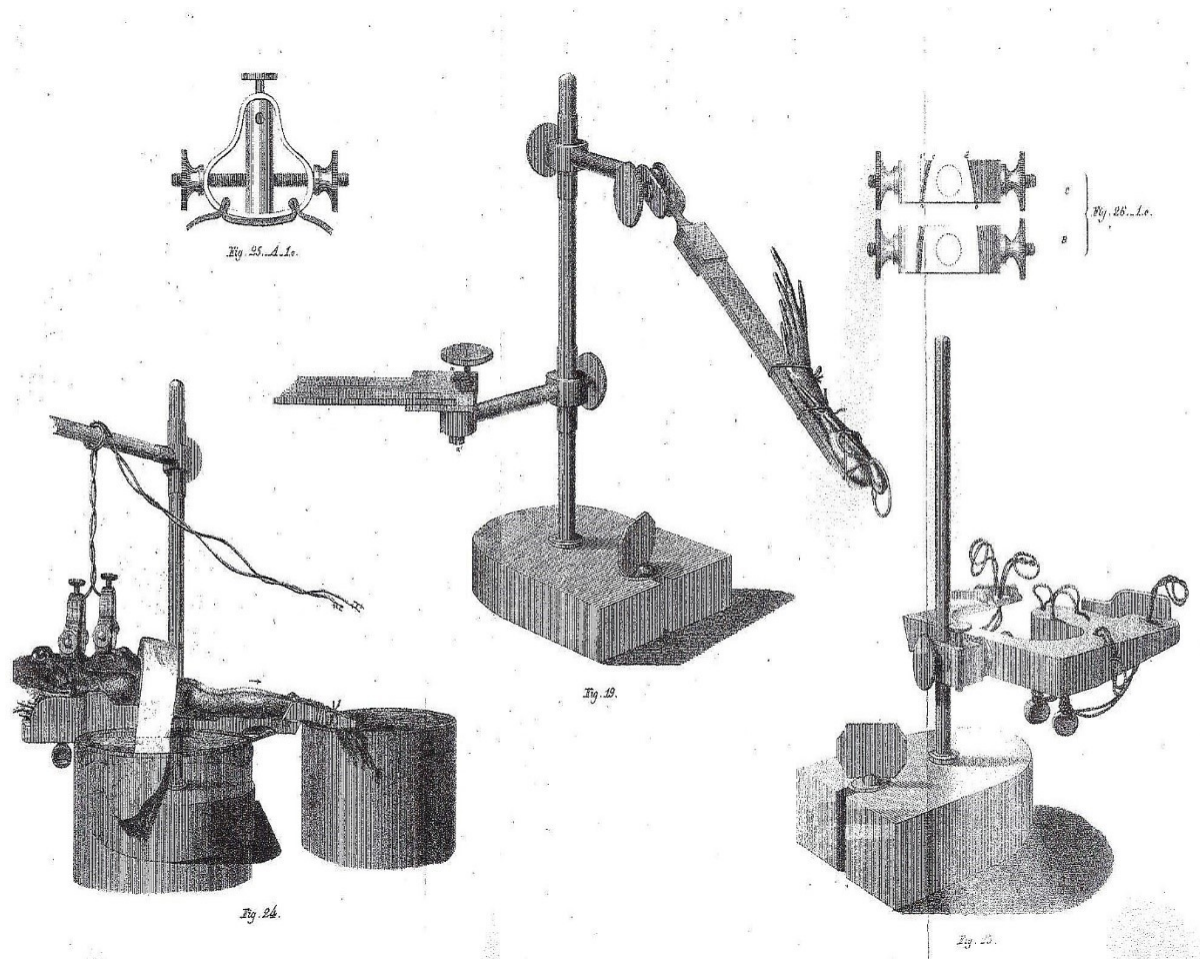
Wie in anderen Belangen, ergab sich auch in der Thematik des Muskelstrom-Gesetzes ein „Wettstreit“ mit dem Physiker Matteucci: „Ich werde jetzt Matteucci's weitere Fortschritte in diesem Gebiete darstellen, und daran zeigen, dass er auch heutzutage das Gesetz des Muskelstromes noch nicht deutlich aufgefasst hat, (...), geschweige, dass er etwas von den schwach wirksamen Zusammenstellungen und den feineren Bedingungen der völligen Unwirksamkeit des Muskels wüsste. (...)“¹¹⁰

¹⁰⁸ *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/1, 4.

¹⁰⁹ Emil Du *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/2, (Nachdr. d. Ausg. Berlin 1848. 2008), 523.

¹¹⁰ *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/2, 538.

Abbildung 7: Versuchsanordnung von Bois-Reymond.¹¹¹



Der Konflikt mit Matteucci ist auch ein Jahr später noch nicht zu Ende und Bois-Reymond stellt fest: „Man sieht demnach, (..), ein volles Jahr nachdem ich das Gesetz des Muskelstromes bekannt gemacht hatte, fängt der hauptsächlichste Punkt desselben Matteucci erst aufzudämmern an, aber es handelt sich dabei für ihn nur um völlig unbestimmte Vermuthungen, die Ursachen des gleichen Verhaltens der „Sehne“ und des „Muskelinneren“ (...), sind ihm, nach eigenen gedruckten Geständnisse, vollständig unbekannt.“¹¹² Trotz der Meinungsverschiedenheiten und schwieriger Diskurse mit Matteucci, setzte Reymond seine Forschungen über den Muskelstrom unbeirrt fort. Er betrieb die Erörterung des elektromotorischen Wirkungsgesetzes des Muskelgewebes und erforschte die Anordnung der wirksamen und unwirksamen Bestandteile im Muskelgewebe.

¹¹¹ Quelle: *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/2, Anhang

¹¹² *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/2, 541.

Zum Abschluss des zweiten Teiles seines ersten Bandes zur Thematik der „thierischen Elektrizität“ und des Muskelstromes, notiert du Bois-Reymond: „Hier schliessen wir die Untersuchungen über das Gesetz des Muskelstromes ab. Das Gewicht, welches auf dieselben gelegt worden ist, erscheint vielfach noch mehr gerechtfertigt, wenn ich alsbald bevorworte, dass wir auf diese Weise zugleich das Gesetz des Nervenstromes erforscht haben. Jetzt wenden wir uns einer anderen Seite (...) zu, indem wir anfangen, die Einflüsse zu ermitteln, welche mannigfaltige Bedingungen, denen die Muskel ausgesetzt werden, auf den Strom derselben ausüben. (...)“¹¹³ In dieser vorstehenden Anmerkung Bois-Reymonds, wird seine Vorstellung von einer ineinanderlaufenden Verbindung von Medizin und Elektrizität ganz stark bemerkbar.

Du Bois-Reymonds breitgestreute Interessen betrafen neben der Suche nach naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, ebenso die Philosophie. Anlässlich eines Vortrags vor der fünfundvierzigsten Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Leipzig 1872 unter dem Titel „Über die Grenzen des Naturerkennens“ sprach er abschließend:

„Schliesslich entsteht die Frage, ob die beiden Grenzen unseres Naturerkennens nicht vielleicht die nämliche seien, d.h. ob, wenn wir das Wesen von Materie und Kraft begriffen, wir nicht auch verständen, wie die ihnen zugrunde liegende Substanz unter bestimmten Bedingungen empfinden, begehren und denken könne. (...). Gegenüber den Räthsel der Körperwelt ist der Naturforscher längst gewöhnt, mit männlicher Entsagung sein „*Ignoramus*“ auszusprechen. (...). Gegenüber dem Räthsel aber, was Materie und Kraft seien, und wie sie zu denken vermögen, muss er ein für allemal zu dem viel schwerer anzugebenden Wahrspruch sich entschliessen: „*Ignorabimus!*“¹¹⁴

Mit dieser Rede hat du Bois-Reymond eine Erklärung zu seiner naturwissenschaftlichen Denkweise abgelegt und löste damit einen Streit über die Grenzen des „Naturerkennens“ („Wir wissen es nicht und werden es niemals wissen“) aus. Seine Forschungsarbeiten über den Zusammenhang zwischen Elektrizität und den Lebewesen, und die Schwierigkeit, den Einfluss von Elektrizität auf sämtliche Lebensabläufe aufzuzeigen zu können, sollten seine Aussage in der Rede noch untermauern.

¹¹³ Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1/2, 728.

¹¹⁴ Emil du Bois-Reymond, Über die Grenzen des Naturerkennens. Ein Vortrag in der zweiten öffentlichen Sitzung der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Leipzig am 14. August 1872. (Leipzig 1876), 38f.

4.3. Energiemedizin

Auf dem vorhergehenden Kapitel aufbauend, soll mit dem gegenständlichen Abschnitt „Energiemedizin“, ergänzend die Beziehung zwischen innerer (menschlicher) Elektrizität und einer von außen wirkender elektrischer Energie aufgezeigt werden. Ein Beispiel dafür ist der sogenannte „Mesmerismus“, benannt nach dem Arzt, Naturwissenschaftler und „Magnetiseur“ Friedrich (auch Franz) Anton Mesmer (1734 – 1815) und dessen, gegen Ende des 18. Jahrhunderts vorgenommene Versuche, mittels elektromagnetischer Kraft Menschen zu heilen. Details zu Anton Mesmer werden im Punkt 4.3.1. vorgestellt.

Die Energiemedizin ist aus meiner Sicht das typische Beispiel, das es gestattet deutlich die Konnekte, die sich aus der Beziehung Elektrizität und Medizin ergeben, hervorzuheben. Grundsätzlich sind unter Energiemedizin Verfahren der Komplementärmedizin bzw. der Alternativmedizin zu verstehen, die Energiefelder bei der Erstellung von Diagnosen und zur Heilbehandlung verwenden.¹¹⁵ Im 19. Jahrhundert experimentierte die Wissenschaft verstärkt in den Laboratorien um den Nachweis für das vorhanden sein von sogenannter „innerer“ Elektrizität, das heißt von elektromagnetischen Feldern und einem elektrischen Stromfluss im menschlichen Körper, erbringen zu können. Das Ziel der Forscher war, eine bildliche Darstellung des Stromflusses bzw. Energieflusses und gleichzeitig die Aufzeichnung von Werten mit Hilfe einer neuen Werteskala zu erreichen.

Nachdem sich Anfang des 19. Jahrhunderts die homöopathische (alternative) Medizin entwickelt hatte, beeinflussten dann ab Mitte des Jahrhunderts Physik, Chemie und die Biologie die medizinische Forschung. Aufgrund der Forschungserfolge dieser Zeit wurde Elektrizität in Form von elektrischer Energie dauerhaft verfügbar gemacht. Sie konnte sich in Verbindung mit Medizin, als sogenannte „Energiemedizin“, auch als wissenschaftliches Forschungssegment etablieren. Im Zuge weiterer Forschungen hatten fast hundert Jahre später, Wissenschaftler des Internationalen Instituts für Biophysik in der deutschen Stadt Neuss, das Phänomen der „Zellstrahlung“ entdeckt und festgestellt, dass der menschliche Organismus nicht nur aus Zellen, Moleküle und Gewebe besteht, sondern auch eine elektromagnetische Feldkomponente besitzt.¹¹⁶

¹¹⁵ James L. *Oschman*, Energiemedizin. Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. (München 2009), VI.

¹¹⁶ *Oschman*, Energiemedizin. Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung, V.

4.3.1. Friedrich (Franz) Anton Mesmer

Der in seiner Zeit sehr umstrittene Mediziner Franz Anton Mesmer wurde 1734 in Deutschland, am Bodensee, geboren und studierte in Wien Medizin. Als Schüler der beiden angesehenen niederländischen Mediziner, Gerard van Swieten (1700 – 1772) und Anton de Haen (1704 – 1776), erhielt er nach seiner Dissertation „Über den Einfluß der Planeten“ im Jahr 1766, den Dokortitel. Mit dieser Dissertation legte er den Grundstein für seine weiteren Forschungen über den animalischen Magnetismus. Mesmer kämpfte bis zu seinem Tod um die Anerkennung seiner Lehre von der Heilung durch die Wirkung des Magnetismus. Er verfasste dazu 1781 eine „Abhandlung über die Entdeckung des thierischen Magnetismus“. In dieser Schrift bezeichnete Mesmer den „thierischen“ Magnetismus als eine neugefundene Kraft, auch „Lebensmagnetismus“ genannt.¹¹⁷

Mesmer konnte mit Hilfe natürlicher und künstlicher Magnete einige Heilungserfolge erzielen. Er bemerkte aber bald, dass er als Magnetiseur, wenn er nur mit seiner Hand knapp oberhalb des Körpers über den Patienten strich, ebenso eine heilende magnetische Kraft auf den Patienten übertragen konnte, sodass dieser dann mitunter in einen „magnetischen“ (hypnotischen) Schlaf verfiel. Mesmers Folgerung war, dass der Magnet nicht die Quelle, sondern nur ein Leiter für die vom behandelnden Arzt ausgehende Kraft sei.¹¹⁸ Seine Experimente wurden jedoch von vielen Wissenschaftlern seiner Zeit nicht anerkannt. Er versuchte deshalb in seiner Vorrede zu seinem Buch aus dem Jahr 1814 „Mesmerismus oder System der Wechselwirkungen, Theorie und Anwendung des thierischen Magnetismus als die allgemeine Heilkunde zur Erhaltung des Menschen“, seinen Kritikern entgegenzuwirken und schildert seine Beobachtungen, die er bei Kranken gemacht hatte. Mesmer zog daraus den Schluss, dass ein Einfluss der großen Himmelskörper, besonders von Sonne und Mond, nicht nur auf den tierischen Körper, sondern auch auf alle Teile unserer Erdkugel vorhanden sein müsse.¹¹⁹ Am Ende dieser Vorrede betont er, dass dieses Werk die Theorie seiner Entdeckungen und seine vielen praktischen Anwendungen, die er seit 1780 entworfen hatte, darstellen würden.

¹¹⁷ Werner E. Gerabek, Bernhard D. Haage, Gundolf Keil, Wolfgang Wegner, Enzyklopädie Medizingeschichte, (Berlin 2007) 882

¹¹⁸ Th. Puschmann, Handbuch der Geschichte der Medizin. Zweiter Band, (Jena 1903), 109.

¹¹⁹ Friedrich Anton Mesmer, Karl Christian Wolfart (Hg.), Mesmerismus. Oder System der Wechselwirkungen, Theorie und Anwendung des thierischen Magnetismus als die allgemeine Heilkunde zur Erhaltung des Menschen. (Berlin 1814), LXV.

Mesmer bekräftigte seine wissenschaftlichen Leistungen und verteidigte diese auch gegenüber seinen Kritikern: „Es ist überlegenen Geistern und Talenten vorbehalten, jene zu vervollkommen und ihre Nützlichkeit auszudehnen. Ich erkläre zum voraus, daß dies Werk, indem ich mich bei keiner fremden Meinung Rathes erholte, ohne wissenschaftliche Ausrüstung erscheint; aber daß es aus meinen eigenen Erfahrungen und meinen Betrachtungen entsprungen ist. Ich halte dasselbe eben dadurch von denjenigen Vorurtheilen und Irrthümern frei, welche der Unterricht oder eine ankündelnde Erziehung mir hätten einflößen können. Beschäftigt die nützlichen Kenntnisse aufzufinden und zu erweitern, habe ich mich jeder Art von Klügelei und von Gelehrthun enthalten: es bleibt der Nachwelt überlassen, die Bahn zu messen und auszuschnücken, welche ich geöffnet habe.“¹²⁰ Mit der Darstellung, wie er selbst seine wissenschaftliche Arbeit sieht, hoffte Mesmer die Missverständnisse seiner Kritikern gegenüber seinen Erkenntnissen nochmals entkräften zu können.

Ein Anhänger des Mesmerismus, oder auch animalischen Magnetismus, war der deutsche Arzt Karl Christian Wolfart (1778 – 1832). Er war Mitglied einer Kommission, die ein Gutachten über die Einrichtung von Lehrstühlen für „animalischen Magnetismus“ an den preußischen Universitäten erstellen sollte. 1812 reiste Wolfart zu Mesmer um sich mit dessen Ansichten und Theorien zu der Thematik „Magnetismus“ genauer vertraut zu machen. Wolfart, der Herausgeber des oben genannten Buches „Mesmerismus oder System der Wechselwirkungen“ war, verfasste bald darauf im Jahr 1815 seine eigene Schrift mit dem Titel „Erläuterungen zum Mesmerismus“. Er setzt sich darin mit der Person Franz Anton Mesmer auseinander und charakterisiert dessen Forschungsarbeit. In seiner Vorrede zu den „Erläuterungen....“ schreibt Wolfart: „(...). Es kann wohl dem Leser, indem er sich mit Mesmers Ideen und seiner Entdeckung beschäftigt, nicht unerwünscht seyn, zu wissen, wie dieser Geist in der Jugend sich ausgebildet habe; darnach wird die Bahn seines Lebens, innig verwebt mit dem Magnetismus, ohne Zweifel um so deutlicher in dem hier folgenden Umriß sich darstellen.“¹²¹ Diese Schrift Wolfarts kann als ein chronologischer Kommentar zu Anton Mesmers Forschungsarbeit angesehen werden, die seinen Anhängern, aber auch speziell den Gegnern seiner Theorien, eine positive Sicht auf die Arbeit Georg Mesmers vermitteln sollte.¹²²

¹²⁰ Mesmer, Mesmerismus. Oder System der Wechselwirkungen, LXXIIIff.

¹²¹ Karl Christian Wolfart, Erläuterungen zum Mesmerismus. (Berlin 1815), VIII.

¹²² Karl Christian Wolfart, Erläuterungen zum Mesmerismus. Beiblatt

4.3.2. Anwendungsfelder der Energiemedizin

Vor allem nach der Entdeckung, dass auch lebende Organismen niedrigster Stufe elektrische und magnetische Kräfte enthalten, hatte man dem Körper gewisse Selbstheilungskräfte zugeschrieben. Energiemedizin und die heilende Wirkung von elektrischem Strom und Elektromagnetismus waren über Jahrhunderte ein in der Wissenschaft umstrittenes Thema. So wurde das im vorstehenden Abschnitt vorgestellte Konzept Anton Mesmers über den „tierischen Magnetismus“, im Jahr 1784 in Frankreich durch eine wissenschaftliche Kommission abgelehnt. Erst durch die Entdeckungen von Galvani, Volta, Faraday, Maxwell und anderen Wissenschaftlern, die Beziehungen zwischen Elektrizität, Magnetismus und Elektromagnetismus erforscht hatten, änderte sich das Bild. Der englische Experimentator Michael Faraday (1791 – 1867) kam Mitte des 19. Jahrhunderts in seinen Experimenten zu dem Schluss, dass elektrische und magnetische Felder physikalisch real sind. Einige seiner Versuchsanordnungen für seine Experimentalarbeit zur Entdeckung der elektromagnetischen Induktion in den 1830er Jahren, sind in der Abbildung 8 zu sehen. Seine große Entdeckung war, dass mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Es war dies das Grundprinzip eines Generators zur technischen Erzeugung von Elektrizität.¹²³

Aufbauend auf diese Erkenntnis entwickelte der schottische Physiker James Clerk Maxwell (1831 – 1879) eine mathematische Gleichung aus der hervorging, dass sich elektrische und magnetische Felder einander durch den leeren Raum „vorwärtstreiben“ und dabei in Form von elektromagnetischen Wellen eine bestimmte Menge an Energie transportieren – eine mit Lichtgeschwindigkeit sich ausbreitende Welle.¹²⁴ 1888 konnte der deutsche Physiker Heinrich Hertz (1857 – 1894) die Existenz dieser Wellen experimentell nachweisen. In der Folge fand die besondere Wirkung dieser Wellen bei ihrer Verwendung in der medizinischen Therapie, nach und nach die zumindest teilweise wissenschaftliche Anerkennung.¹²⁵

¹²³ Lindner, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 62.

¹²⁴ Lindner, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 174.

¹²⁵ Roger Penrose, Computerdenken. Die Debatte der künstlichen Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik. (Heidelberg, Berlin 2002), 179f.

Abbildung 8: Originalabbildungen zu Faradays Experimenten aus der Publikation „Experimental Researches in Electricity (London 1839) ¹²⁶

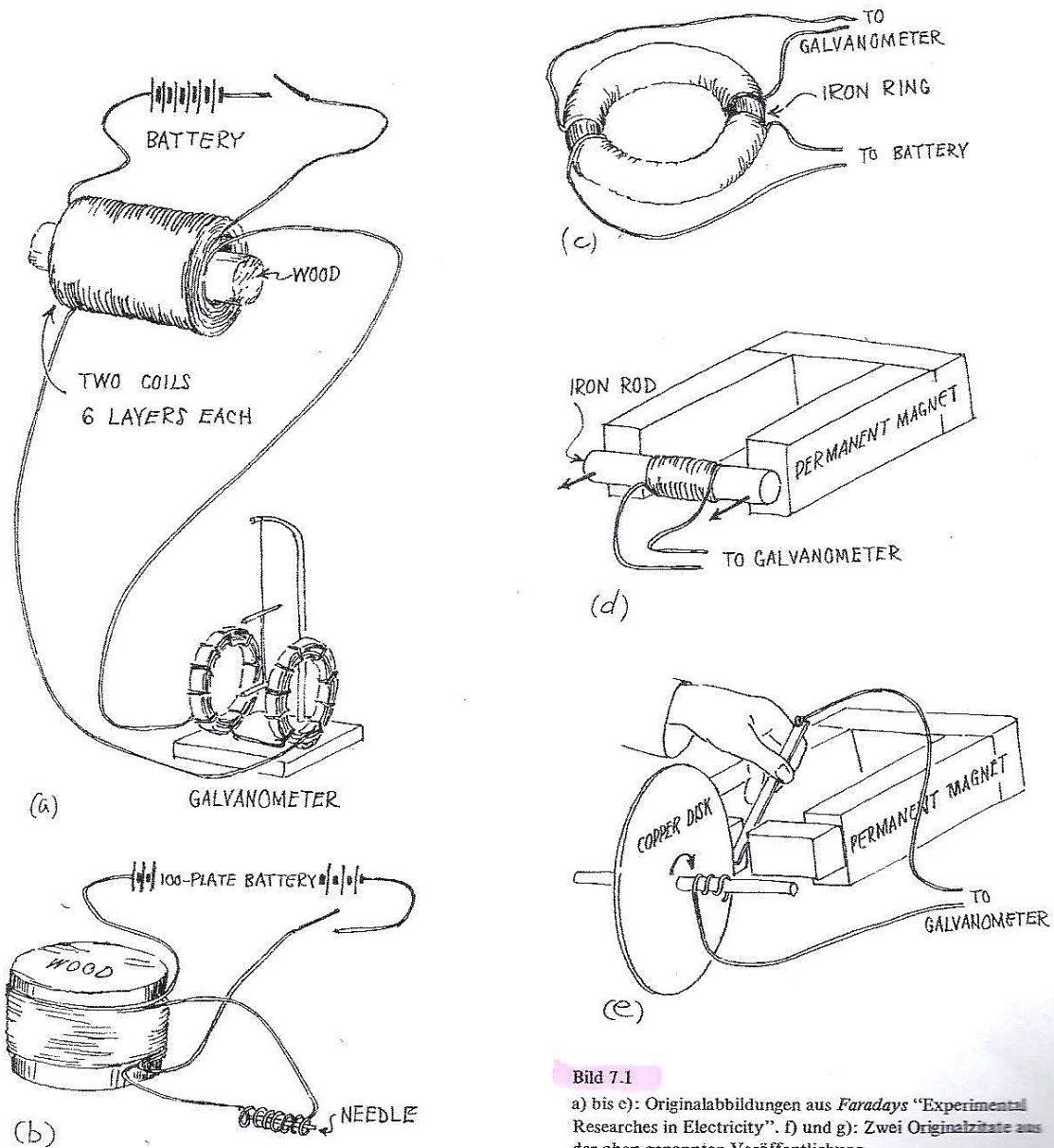


Bild 7.1

a) bis c): Originalabbildungen aus Faradays "Experimental Researches in Electricity". f) und g): Zwei Originalzitate aus der oben genannten Veröffentlichung

¹²⁶ Quelle: Edward M. Purcell, Elektrizität und Magnetismus. (Braunschweig 1979), 170.

Wie eingangs festgehalten, versuchte die Wissenschaft ab dem 19. Jahrhundert verstärkt den Beweis für das Vorhandensein von Elektrizität, respektive von elektromagnetischen Feldern, und für das Fließen von elektrischem Strom im menschlichen Körper zu erbringen. Ziel war es, eine bildliche Darstellung und eine Aufzeichnung mittels einer Werteskala zu erreichen. Für die Entdeckung des niederländischen Arztes Willem Einthoven (1860 – 1927), elektrische Herzaktivitäten mit Hilfe eines Galvanometers aufzuzeichnen, erhielt dieser 1924 den Nobelpreis. Einthoven legte damit den Grundstein für eine moderne Herzdiagnostik. Der sich über den Körper ausbreitende Herzstrom kann heute mit Hilfe des Elektrokardiogramms (EKG) auf der gesamten Haut gemessen werden.¹²⁷

Ebenfalls von Bedeutung für die Herzdiagnostik ist die Messung des Herzmagnetismus. Dieser entsteht infolge eines aufgrund der Herzaktivität erzeugten elektrischen Herzstromflusses. Der dänische Physiker Hans Christian Oersted, beobachtete schon 1820, dass elektrischer Strom beim Durchfluss durch einen Leiter ein Magnetfeld erzeugt. Er entdeckte damit den Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus. Ein Auszug aus dem Artikel „Elektromagnetismus“ in Gehler's „Physikalischen Wörterbuch“ aus dem Jahr 1827 dazu lautet wie folgt: „Kaum waren diese Nachrichten ins Publikum gekommen, als nicht bloß alle Physiker, sondern auch eine Menge Naturforscher, Ärzte (...), sich mit einer unerhörten Leidenschaft der neuen Entdeckungen bemächtigten. (...)“¹²⁸

Oersteds Erfolge in der Forschung waren für mehrere Wissenschaftler die Grundlage für ihre Vermutung, dass durch die elektrische Herzaktivität auch ein Magnetfeld um das Herz entstehen müsste. Aber erst 1963 gelang es den Herzmagnetismus wissenschaftlich nachzuweisen.¹²⁹ Es wurde in der Folge möglich, neben dem EKG, mit Hilfe der Magnetokardiographie ein Magnetokardiogramm (MKG) für diagnostische Zwecke zu erstellen (siehe Abbildung 9). Nachdem Herzstrom und Herzmagnetismus festgestellt werden konnten, war die Annahme naheliegend, dass auch im Gehirn und in den Muskeln Strom und Magnetismus bzw. elektrische und magnetische Felder vorhanden sein müssten. Hans Berger (1873 – 1941), ein deutscher Neurologe, machte in den 1920er Jahren für die Gehirnforschung erste Messversuche mit Elektroden, welche direkt an der Kopfhaut befestigt wurden.¹³⁰

¹²⁷ *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 21.

¹²⁸ *Lindner*, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 53f.

¹²⁹ *Lindner*, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 22.

¹³⁰ *Lindner*, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, 25.

Abbildung 9: Aufzeichnung EKG und MKG ¹³¹

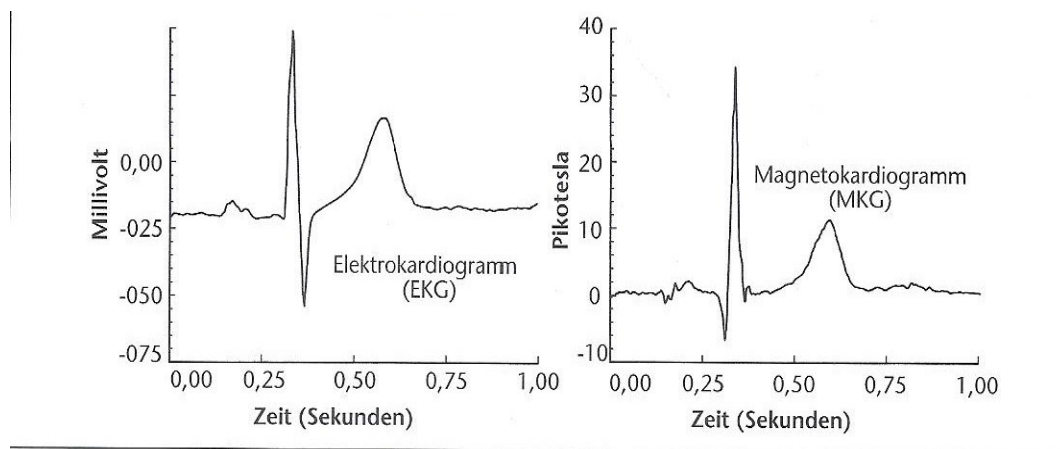


Abb. 2.3 Aufzeichnung des elektrischen Herzfeldes (Elektrokardiogramm, EKG links) und des entsprechenden Magnetfeldes (Magnetokardiogramm rechts) [nach Brockmeier et al. 1995].

Die Wissenschaft fand auch bald heraus, dass außer dem Herzmuskel, jeder Muskel durch Kontraktion, je nach seiner Größe, größere oder kleinere elektrische und magnetische Felder erzeugt. Sichtbar gemacht werden diese Felder mittels Elektromyogramme bzw. Magnetomyogramme. Zur Beurteilung der Hirnfunktion - (siehe Kapitel 4.4.) - werden heute Elektroenzephalogramme (EEG) und zur Messung des Hirn-Magnetismus ein Magnetoenzephalogramm (MEG) routinemäßig angefertigt.

Elektrizität für Heilzwecke war bereits vor mehreren tausend Jahren in Form von Zitterraalen in Verwendung. Der Versuch des schon erwähnten Anton Messners im Jahr 1773, Heilung mittels elektromagnetischer Kraft zu erreichen, fand unter den damaligen Wissenschaftlern vorerst jedoch keine Anerkennung. Dennoch erlebte Elektrizität in der Medizin bis ins 19. Jahrhundert einen großen Aufschwung. Elektrostatik, Gleichstrom, Wechselstrom und Hochfrequenzstrom waren bereits im Gebrauch. Vor allem in den USA benutzten schätzungsweise tausende Ärzte – ohne wissenschaftliche Fundierung – Elektrizität zur Heilbehandlung.¹³² Zum Beispiel verwendete man zur klinischen elektrotherapeutischen Behandlung von Patienten (siehe Abbildung 10), eine vom amerikanischen Arzt und Journalisten Elias Smith (1769 – 1846), im Jahr 1869 hergestellte körpergroße Drahtspule.

¹³¹ Quelle: *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 24.

¹³² *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 8.

Abbildung 10: Elektromagnetisches Behandlungsgerät ¹³⁴

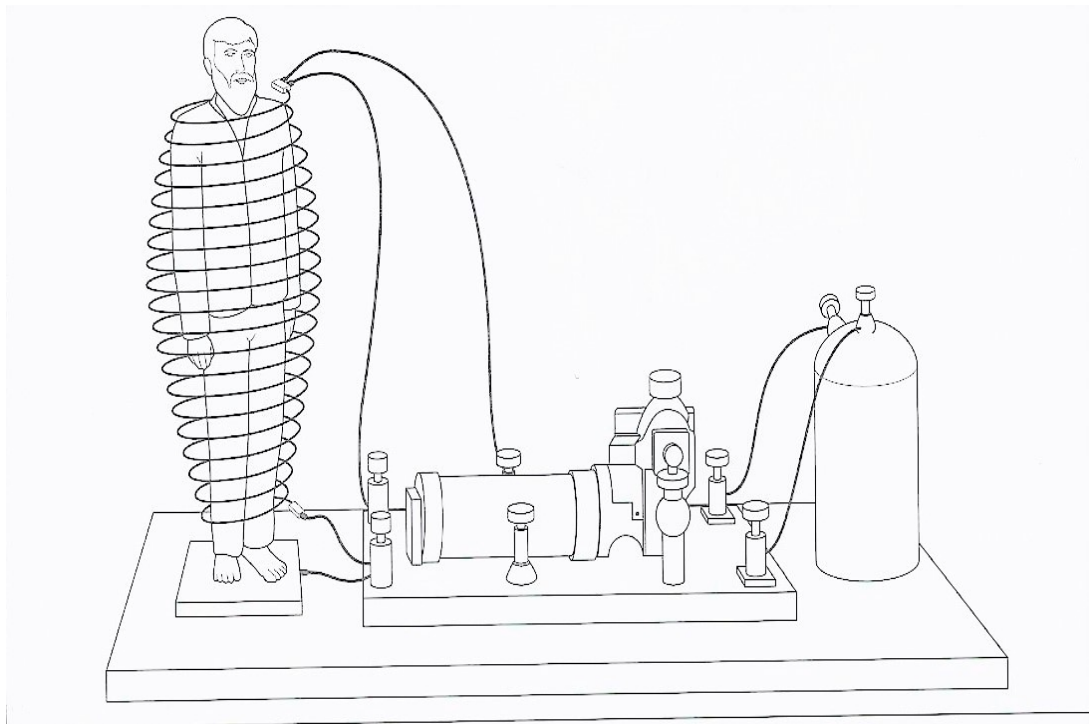


Abb. 1.3 Patentiertes Behandlungsgerät von E. Smith (US-Patent No. 96,044 vom 19. Okt. 1869). Aus Bequemlichkeitsgründe besteht die Spule aus zwei Teilen, damit der Patient in die untere Hälfte einsteigen und die obere über seinen Kopf geführt werden kann. Sobald Strom durch die Spule fließt, wird um und im Körper ein Magnetfeld erzeugt. Zur Verstärkung wird vom Kopf bis zu den Füßen ein zweiter Strom durch den Körper geleitet.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde das Angebot an elektrischen Heilgeräten, deren Wirkung wissenschaftlich nicht nachweisbar war, in den USA unüberschaubar. Infolgedessen hatte man dort zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Elektrotherapie vorerst verboten. Aber schon in den 1930er Jahren begann der Amerikaner Harold Saxton Burr (1889 – 1973), seine Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Energiefelder und der Elektrizität. Burr beschäftigte sich stark mit der Krebsfrüherkennung, sowie im Zusammenhang damit, mit den Schwankungen des elektrischen Energiefeldes eines Lebewesens und dem Unterschied der elektrischen Leitfähigkeit eines gesunden Gewebes zu einem Tumorgewebe.¹³³

¹³³ Oschman, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 16f.

¹³⁴ Quelle: Oschman, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 8.

Eine weitere Methode einer Heilbehandlung war die Stimulation von Hautpunkten (heute spricht man von „motorischen Punkten“) mittels elektrischem Strom, die eine Kontraktion der darunter liegende Muskeln auslöste.¹³⁵ An Hand der elektrisch messbaren Aktivität lässt sich auch hier mittels der Elektromyographie (EMG) die Muskelinnervation beurteilen.

Besonders gut erforscht wurden das von lebenden Körpern erzeugte Magnetfeld (inneres Feld) und der Einfluss von äußeren Magnetfeldern auf lebende Systeme. Nach den Forschungsergebnissen kann das Nervensystem als ein grundlegendes Energiesystem des Körpers bezeichnet werden. Bei der Übertragung von Nervenimpulsen werden elektrische Felder erzeugt und folglich auch magnetische Felder. Der US-Amerikanische Arzt Robert O. Becker (1923 – 2008) sprach von einem dualen Nervensystem (siehe Abbildung 11): Das „klassische“ neurale System hat die Aufgabe, Informationen in Form von elektrischen Impulsen weiterzuleiten, während das „Perineurale“ System Wundheilung und Gewebereparatur steuert.¹³⁶ Aufgrund dieses Wissens erzeugte man künstlich elektrische und magnetische Felder und setzte diese in Form der „Pulsierenden Elektromagnetfeld-Therapie“ (PEMF-Therapie), zum Beispiel für einen Schnellstart des Heilungsprozesses bei Knochenbrüchen ein, wie in der nachstehenden Abbildung 12 abgebildet.

Nach einigen Erfolgen in der Beschleunigung von Heilungsprozessen im Bereich von Knochenbrüchen, wurde die Anwendung der PEMF-Therapie zusätzlich auf das Gebiet von Weichteilverletzungen (Nerven, Haut, Muskeln, Sehnen) erfolgreich ausgedehnt. Im Zuge dieser Anwendungserweiterung konnte festgestellt werden, dass jedes dieser Gewebe auf eine andere Pulsationsfrequenz anspricht. Bei einem entsprechenden Versuch mit Ratten hatte man außerdem erkannt, dass sich ein beschädigter Ischias-Nerv bei der Behandlung mittels pulsierender Magnetfelder schneller regenerieren konnte.¹³⁷

¹³⁵ *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 9.

¹³⁶ *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 173.

¹³⁷ *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 61.

Abbildung 11: Duales Nervensystem ¹³⁸

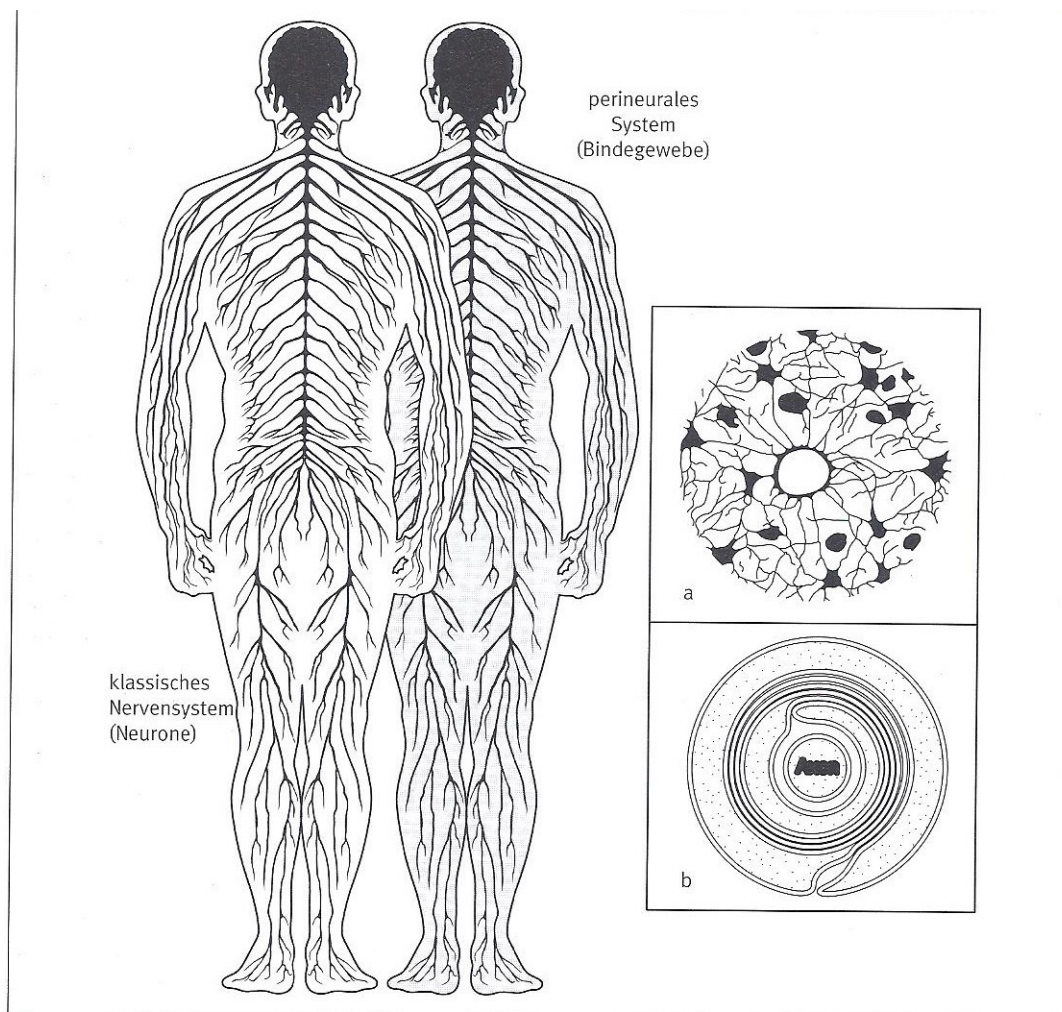


Abb. 15.2 Das duale Nervensystem. Wenn man alle Nerven im Gehirn und Körper auflösen könnte, würde mit bloßem Auge betrachtet nichts fehlen. Hirn-, Rückenmarks- und alle peripheren Nerven wären bis hinunter die kleinsten Endigungen weiter intakt. Der Grund dafür ist, dass das zentrale Nervensystem (ZNS) aus zwei Zellarten besteht, den Nervenzellen oder „Neuronen“ und den „perineuralen Zellen“ [Becker 1990a, b, 1991]. Das „klassische“ Nervensystem besteht aus Neuronen, die Informationen als elektrische Impulse von einer Stelle zur anderen leiten. Diese Signale sind digital oder funktionieren nach dem „Alles-oder-nichts-Prinzip“. Signale können einzelne Spitzen oder eine Abfolge von Pulsen (Trains) sein. Digitale Systeme übertragen Informationen mit hoher Geschwindigkeit und in großen Mengen. Bezogen auf Evolution und Phylognese stellt dieses Nervensystem eine relative Neuentwicklung dar. Es ist für Sinnesempfindungen und Bewegungen zuständig und Kommunikationen erfolgen von Punkt zu Punkt. Das perineurale Nervensystem besteht dagegen aus perineuralen (Bindegewebe-)Zellen, die Informationen in Form von relativ langsam variierenden Gleichstromschwankungen von einer Stelle zur nächsten leiten. Diese langsamen Wellen sind analog und nicht digital. Analoge Systeme können zwar keine großen Datenmengen übertragen, sind aber ideal zu einer genauen Kontrolle einzelner Funktionen geeignet. Einige dieser Oszillationen oder Schwingungen werden durch Schrittmacher aufrechterhalten (z. B. Hirnwellen). Bezogen auf Evolution und Phylognese ist das perineurale System sehr alt. Es ist verantwortlich für die Gesamtsteuerung des klassischen Nervensystems und regelt Wundheilungs- und Reparaturprozesse. Statt einer Signalvermittlung von Punkt zu Punkt pflanzen sich Informationen in diesem System wellenförmig fort und breiten sich im ganzen Körper aus. Die Ausschnitte zeigen Beispiele perineuraler Zellen: a) faserige Astrozyten mit Fußfortsätzen um ein kleines Blutgefäß [Glees 1995], b) Schwann-Zelle, die ein Axon des peripheren Nervensystems umhüllt [Fawcett 1994].

¹³⁸ Quelle: *Oschman, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung*. 172.

Abbildung 12: Polaritätstherapie ¹³⁹

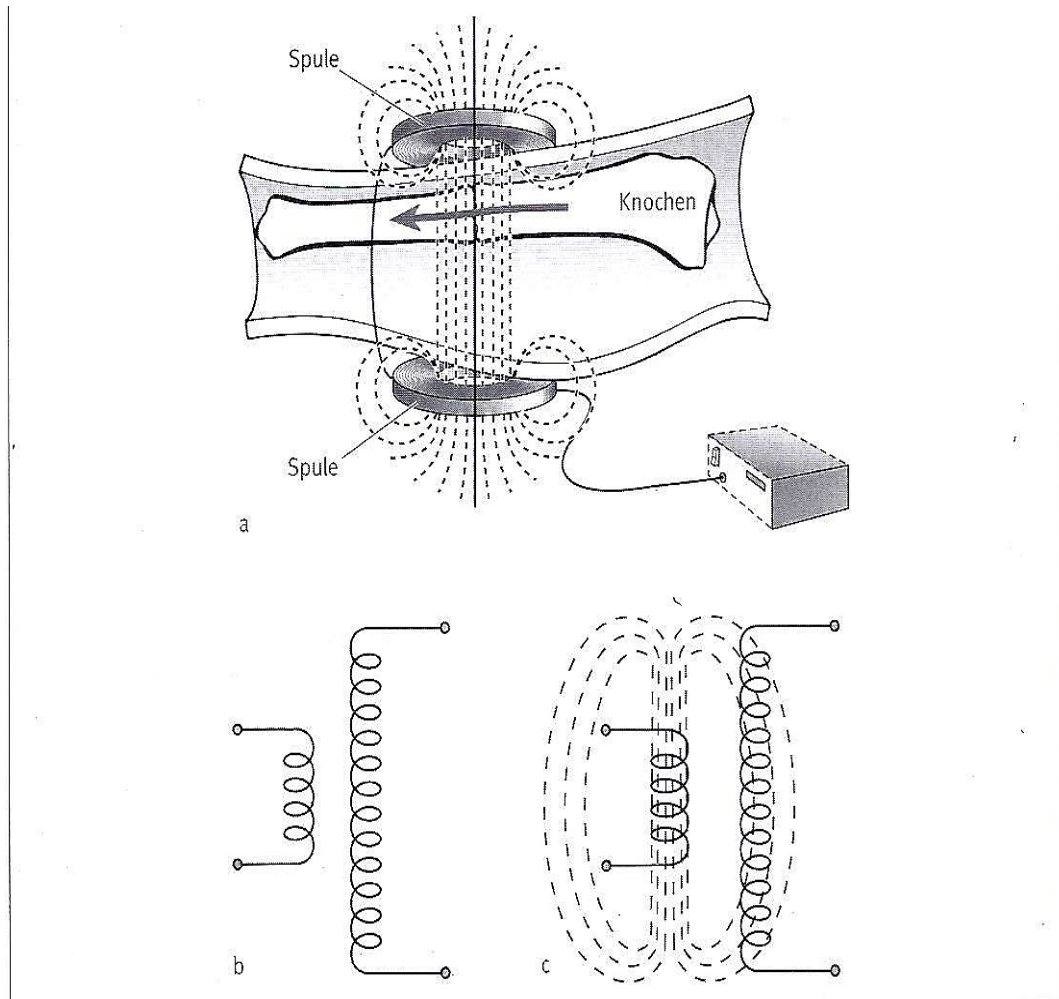


Abb. 6.1 a) Die Pulsierende Elektromagnetfeld-(PEMF-)Therapie bewirkt, dass elektrischer Strom durch Spulen in der Nähe einer Verletzung (z.B. einer Knochenfraktur) fließt. Der von Magnetfeldern induzierte Stromfluss im Knochen (Pfeil) führt zu einem „Schnellstart“ der Knochenheilung [nach Bassett 1995]. b) Transformator aus zwei benachbarten Drahtspulen. c) Fließt elektrischer Strom durch die Spiralen der linken Spule, wird ein Magnetfeld erzeugt, das auch in der anderen Spule einen Stromfluss induziert.

¹³⁹ Quelle: *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 60.

Zum Abschluss dieses Kapitels noch eine Theorie oder auch nur eine Idee, des Schweizer Färbereibesitzers Arnold Rikli (1823 – 1906): Um die Mitte des 19. Jahrhunderts überlegte Rikli, wie natürliche Elektrizität auch in Naturheilkunde, der Alternativmedizin, Anwendung finden könnte. Er entwickelte die folgende Theorie:

„(...) jeder Temperaturwechsel, (...) provocirt eine elektrische Spannung in unserem peripheren Nervensystem, (...) welche wir Thermoelektrizität heißen. (...). Diese electrische Strömung (...) pflanzt sich auf das Nervencentrum (Gehirnmasse) fort, und wird von diesem (...) auf die (...) Schleimorgane, sowie auf das Gefäßsystem (Blut- und Lymph-Röhrennetz) übertragen.“ Nach Riklis Überzeugung sollten sich durch diesen Vorgang positive Auswirkungen auf den menschlichen Organismus ergeben.¹⁴⁰

Bis heute sind die Auswirkungen von Elektromagnetismus auf den Menschen ein oft kontrovers diskutiertes Thema im Rahmen von verschiedensten wissenschaftlichen Fachsymposien. Umweltwissenschaftler und Mediziner beschäftigen sich eingehend mit dem Zusammenhang zwischen Elektrosmog und Krankheiten und versuchen einen Konnex zwischen der Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern, zum Beispiel auf die Wetterfähigkeit vieler Menschen herzustellen. Dessen ungeachtet ist heute, trotz einiger noch offenen Fragen, die positive Kraft der Elektrizität in allen ihren Erscheinungsformen und ihr Einsatz in vielen Bereichen der Medizin unbestritten.

Interessant dazu ist noch eine „Hypothetische Definition“ von James L. Oschmann zum Thema „Heilende Energie“, wenn er sagt:

„Heilende Energie“ – ob von einem medizinischen Gerät oder vom menschlichen Körper ausgehend – ist Energie einer bestimmten Frequenz oder eines Frequenzspektrums, von der die Reparatur eines Gewebes (oder von mehreren Geweben) stimuliert wird.“¹⁴¹

¹⁴⁰ Eckart, Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart. 200f.

¹⁴¹ Oschman, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung. 70.

4.4. Elektrizität und Gehirnforschung

In diesem Abschnitt wird die Erforschung des Gehirnstroms und des Gehirnmagnetismus beschrieben. Die Absicht ist dem Leser mit dieser speziellen Thematik einmal mehr die Besonderheit der Entwicklung des Zusammenwirkens zwischen Medizin und Elektrizität näher zu bringen. Gleichzeitig soll damit allgemein nachvollziehbar gemacht werden, dass heute eine moderne medizinische Vollversorgung ohne elektrische Energie nicht möglich wäre.

Einige grundlegende Themen aus dem Bereich der Gehirnforschung und die geschichtliche Weiterentwicklung, beginnend ab dem 18. Jahrhundert, sind Bestandteil der anschließenden Unterkapitel. Betrachtet werden unter anderem die unterschiedlichen Theorien über die Aufgaben der einzelnen Gehirnregionen und die von Forschern bei der Anwendung von elektrischer Gehirnstimulation festgestellten verschiedenen Reaktionen bestimmter Gehirnsegmente. Außerdem wird auf die Methodik der Gehirnforschung mit Bezug zur Elektrizität und dem Magnetismus näher eingegangen. Mit einem kurzen Blick auf die weitere elektrizitätsbezogene Entwicklung der Gehirnforschung nach dem 19. Jahrhundert schließt dieses Kapitel.

4.4.1. Gehirnforschung – Entwicklungsstufen ab 18. Jahrhundert

Der nachfolgende Text soll einen knappen allgemeinen Überblick über die seit dem 18. Jahrhundert gewonnenen Erkenntnisse im Bereich des Aufbaues bzw. der Struktur des Gehirns, sowie über die Aufgaben des Gehirns im Zusammenspiel mit den verschiedenen Körperfunktionen und dem Einfluss auf die menschlichen Verhaltensweisen vermitteln. Dabei wird bald zu erkennen sein, wie allmählich das Thema Elektrizität sich in der Gehirnforschung etabliert hatte und zunehmend an Bedeutung gewann. Erkenntnisgewinn war jedoch nur mit Hilfe verschiedenster Experimente die an – zum Teil auch lebenden – Tieren und Menschen durchgeführt wurden denkbar. Wobei anzumerken ist, dass die experimentelle Vivisektion am Menschen nicht eindeutig belegt ist. Der Wahrheitsgehalt, der vom römischen Enzyklopädisten Cornelius Celsus und dem Kirchenmann Tertullian überlieferten Berichte über angebliche Vivisektionen am Menschen, ist bis heute nicht erwiesen und immer noch umstritten.¹⁴²

¹⁴² Barbara *Elkeles*, Der moralische Diskurs über das medizinische Menschenexperiment im 19. Jahrhundert, (Stuttgart, New York 1996), 154.

Belegt ist aber menschliches „Untersuchungsmaterial“ aus „natürlichen“ Vivisektionen, das von durch Kriegs- und anderen Kampfhandlungen kopf- und hirnverletzten Menschen oder von zum Tode verurteilter Verbrecher stammte.¹⁴³ Die Entwicklung der Hirnforschung war dadurch zwar einerseits erfolgreich und fortschrittlich, jedoch andererseits mit Qualen und Grausamkeiten für das „Forschungsmaterial“ verbunden. Mit Hilfe dieser vorgenannten Versuche sollte bewiesen werden, dass bestimmte Gehirnregionen unterschiedliche Aufgaben erfüllen würden – siehe weiter unten die Ausführungen zum Thema „Lokalisationstheorie“.

Im Gegensatz zur Lokalisationstheorie, wollte Mitte des 18. Jahrhunderts der Schweizer Arzt Albrecht von Haller (1708 – 1777) durch seine Äquipotenztheorie, der Gleichwertigkeit der Gehirnregionen, sowie mit seiner Lehre der Irritabilität und Sensibilität eines belebten Körpers, den Nachweis erbringen, dass die Aufgaben des Gehirns von den verschiedenen Gehirnregionen gleichberechtigt erledigt würden.¹⁴⁴

Einfache mechanische Modelle waren in der Hirnforschung bis ins 19. Jahrhundert maßgebend. Nach der Maschinentheorie des französischen Aufklärers und Arztes Julien de La Mettrie (1709 – 1751), ist der Mensch nichts Anderes als eine komplex konstruierte, auf zwei Beinen stehende „emporgereckte Maschine“, die sich aus ihren physikalischen und chemischen Bestandteilen erklären lässt.¹⁴⁵ Jedoch war, wie die weiteren Forschungen gezeigt haben, die Erforschung des Gehirns wesentlich komplizierter als Mettrie und viele andere Wissenschaftler in ihrer Zeit vermutet hatten.

Ein Meilenstein in der Geschichte der Hirnforschung des 18. Jahrhunderts war, wie schon oben kurz erwähnt, die Entdeckung der „tierischen Elektrizität“ durch Luigi Galvani. Er vertrat nach seinen Versuchen mit Zitterrochen die Meinung, dass die Nerven die natürlichen und eigentümlichen Leiter dieser Elektrizität seien. Erst nach Galvanis Entdeckung der tierischen Elektrizität, begann die Wissenschaft mit der genauen Erforschung der Reizbarkeit von Nervenfasern und ihrer Reaktion auf elektrische Beeinflussung. Die näheren Ausführungen darüber erfolgten bereits in den Unterkapiteln über die wissenschaftlichen Forschungen von Georg Prohaska (4.2.1.) und du Bois-Reymond (4.2.2.).

¹⁴³ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 12f. und 99.

¹⁴⁴ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 76.

¹⁴⁵ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 86.

Nach dem Vorbild der Zitterfische konstruierte Alessandro Volta seine „Voltasche Säule“ und bewies, dass es sich bei der tierischen Elektrizität nur um eine „Kontaktelektrizität“ handeln würde (siehe auch Kapitel 3.2). Mit der so erfundenen „Batterie“, einer Stromquelle, die grundsätzlich dauernd Strom liefern konnte, war nach vieler Experimentierarbeit die Möglichkeit gegeben, Elektrizität und die magnetischen Eigenschaften des elektrischen Stromes, in weiterer Folge auch bei der Erforschung des Gehirns miteinzubeziehen.

Die Medizin des 19. Jahrhunderts war geprägt von der Suche nach weiteren Erkenntnissen auf dem Gebiet der Architektur des Gehirns, sowie dessen Aufbau und dem Zusammenspiel der einzelnen Regionen des Gehirns. Dem deutschen Arzt und Anatomen Franz Joseph Gall (1758 – 1828) gelang zu Beginn des Jahrhunderts eine wichtige hirnanatomische Leistung. Er war es, der zum ersten Mal die zwei Strukturelemente des Nervensystems bestimmte: „Das Nervensystem besteht wesentlich aus zwei ganz verschiedenen Substanzen, aus einer Marksubstanz und einer Rindensubstanz. (...)“¹⁴⁶ Mehrere Wissenschaftler, wie zum Beispiel die Ärzte Tiedemann und Huschke, versuchten auch einen Zusammenhang zwischen dem Gewicht des Gehirns, der Hirngröße und der Ausprägung der Gehirnwindungen einerseits, sowie dem Intellekt eines Menschen andererseits herzustellen.

Das gegenständliche Jahrhundert brachte zugleich eine grundsätzliche Neubewertung der sogenannten Geisteskrankheiten. Philippe Pinel (1745 – 1826), ein anerkannter Kliniker und Pathologe seiner Zeit, gilt als Vorreiter in der Anerkennung dieser Krankheit. Er war der Meinung es würde sich um eine psychische Erkrankung handeln, die deshalb einer entsprechenden Behandlung und Pflege bedurfte. Im Zuge der weiteren Entwicklung der Psychiatrie, wurden Geisteskrankheiten, als lokalisierbare Krankheiten des Gehirns, dann auch anerkannt und entkriminalisiert.¹⁴⁷ Große Verdienste in der Fortentwicklung der Psychiatrie und auch der Neuropsychiologie, erwarb sich um die Mitte des 19. Jahrhunderts der französische Arzt Paul Broca (1824 – 1880). Seine Arbeiten über die Lokalisation von Gehirnfunktionen gaben den Anstoß zu einer systematischen Erforschung der Zuordnung bestimmter Funktionen zu bestimmten Gehirnarealen (Lokalisationstheorie). Broca lokalisierte 1861 erstmals das motorische Sprachzentrum bei Rechtshändern in der linken Gehirnhälfte.¹⁴⁸

¹⁴⁶ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 128.

¹⁴⁷ Eckart, Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart. 169.

¹⁴⁸ Eckart, Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart. 170.

Mit der elektrischen Reizbarkeit des Großhirns beschäftigten sich der Arzt Eduard Hitzig (1838 -1907) und der Anatom Gustav Fritsch (1838 – 1927). Ihnen gelang durch Vivisektion an nicht narkotisierten Hunden der Beweis, dass das Großhirn entgegen früherer Meinungen durch elektrische Reize doch erregt werden kann. Nach Franz Josef Gall, der schon überzeugt war, dass das Gehirn abgegrenzte Regionen mit unterschiedlichen Aufgaben aufweist, gelten Hitzig und Fritsch als Begründer der modernen Lokalisationstheorie.¹⁴⁹

Ein Gegner dieser strikten Lokalisationstheorie war der deutsche Internist und Neurologe Carl Wilhelm Hermann Nothnagel (1841 – 1905). Er kam infolge eigener Experimente zu dem Schluss, dass eine strenge Lokalisation der geistigen Funktionen auf bestimmte Zentren der Großhirnrinde nicht vorhanden ist. (Nothnagel 1873, vgl. Hitzig 1874, S. 50).¹⁵⁰ Die im 19. Jahrhundert aus der Forschungs- und Experimentierarbeit rund um den Aufbau und der Funktion des Gehirns gewonnenen Erkenntnisse, bilden vielfach auch die Grundlage für die weitere Gehirnforschung bis in die heutige Zeit. Ein Beispiel dafür ist die Bezeichnung und Kartierung der Hirnregionen (Brodmann-Areale)¹⁵¹ durch den deutschen Neuroanatomen Korbinian Brodmann (1868 – 1918) aus dem Jahr 1909, die heute noch in Verwendung ist.

Eine Wende in der weiteren Erforschung des Gehirns brachte die Entdeckung der Nervenzellen und des neuronalen Aufbaus des Gehirns. Dem spanischen Histologen Ramon y Cajal (1852 – 1934), war eine entscheidende Weiterentwicklung in der Erforschung der Gehirnstruktur gelungen. Für ihn stellte jedes Element des Nervensystems einen autonomen Bezirk dar und bildete daher mit anderen Elementen kein Netzwerk. Durch spezielle Färbetechnik war es Cajal geglückt die Struktur einzelner Nervenzellen sichtbar zu machen.¹⁵²

Der Kontakt zwischen den Elementen findet laut Cajals Meinung durch eine Art von elektrischer Übertragung statt. Diese – vorerst noch hypothetischen – Kontaktstellen zwischen Neuronen nannte der englische Physiologe Charles Scott Sherrington „Synapsen“ (neuronale Verknüpfungen). Tatsächlich anatomisch-real nachgewiesen konnten Synapsen erst Mitte des 20. Jahrhunderts. Seit Ende des 20. Jahrhunderts beschäftigt sich die Gehirnforschung mit der

¹⁴⁹ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 172ff.

¹⁵⁰ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 176.

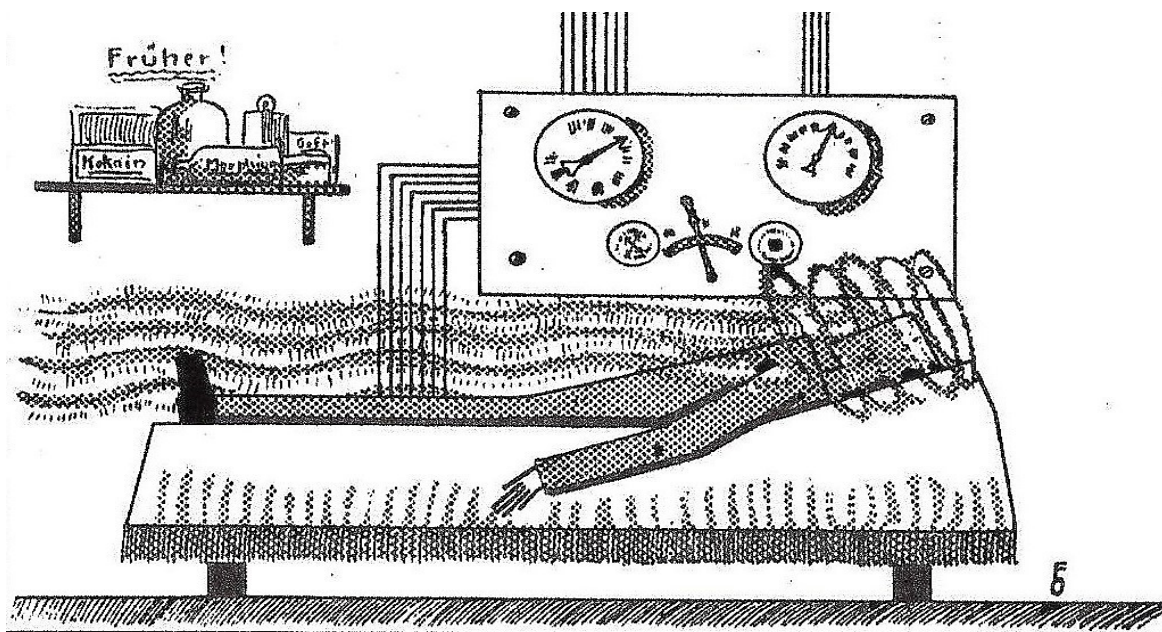
¹⁵¹ Internet, Wikipedia vom 4.12.2018.

¹⁵² Henning Beck, Sofia Anastasiadou, Christopher Meyer zu Reckendorf, Faszinierendes Gehirn. (Berlin, Heidelberg 2016), 263

kognitiven Neurowissenschaft, d.h. die Erforschung von mentalen Abläufen im Gehirn, wie zum Beispiel die Sprachverarbeitung, das Lernen und das Lang- und Kurzzeitgedächtnis, oder auch bei Suggestion. Entsprechende Versuche mit einer „Electro-suggestive Therapy“ bei Drogenabhängigen und mit „Lernen im Schlaf“, wurden schon in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts durchgeführt. (siehe Abbildung 13 und 14).

Mit der späteren Entwicklung des „Elektroenzephalogramm“ (EEG) durch den deutschen Neurologen Hans Berger (1893 – 1941) , in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, konnten erstmals, ohne Eröffnung des Schädels, Hirnströme und deren Veränderung bei organischen Störungen im Gehirn dokumentiert werden. Dabei wurden Elektroden außen auf die Kopfhaut aufgesetzt und die schwachen Ströme mittels empfindlicher Registriergeräte gemessen.¹⁵³

Abbildung 13: Electro-suggestive therapy ¹⁵⁴

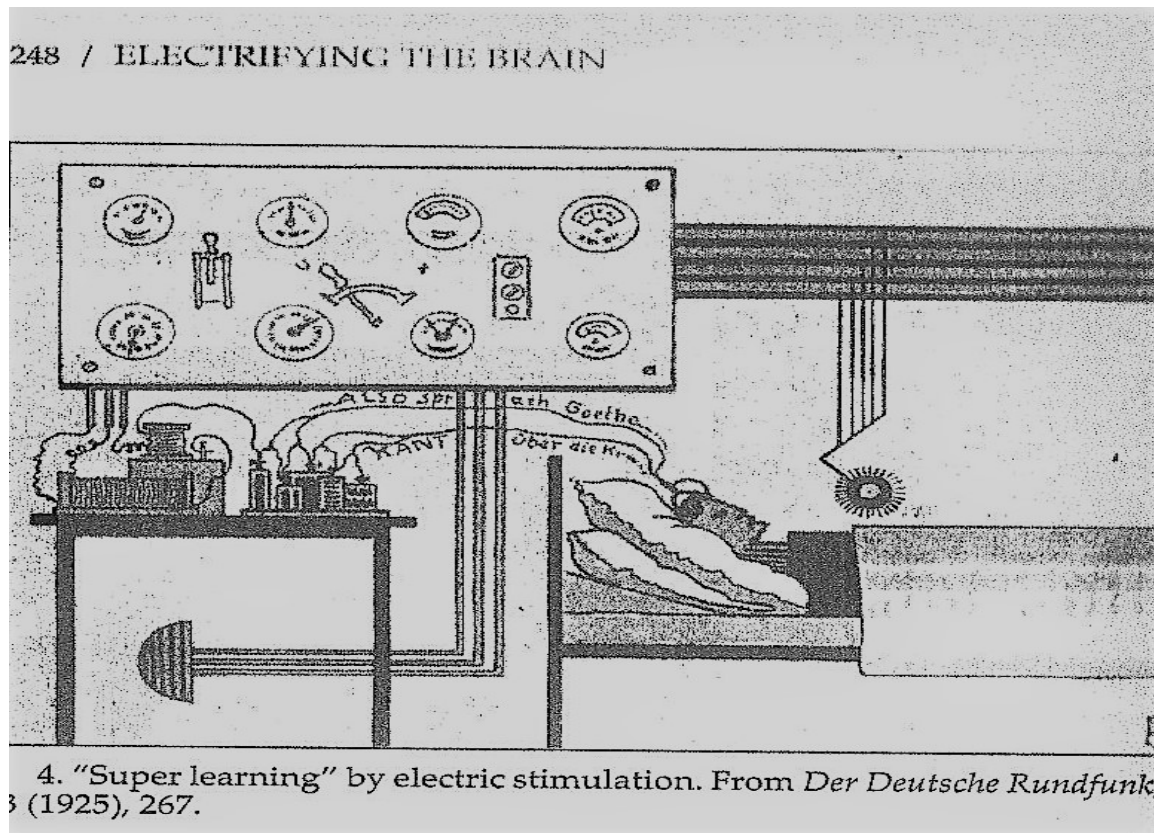


3. Electro-suggestive therapy instead of drugs. From *Der Deutsche Rundfunk*, 3 (1925). 73.

¹⁵³ Oeser, Geschichte der Hirnforschung. 258.

¹⁵⁴ Quelle: Paola Bertucci, Guliano Pancaldi, (Hg.) Electric Bodies. Episodes in the history of medical electricity, (Bologna 2001), 247.

Abbildung 14: „Super Learning“ by electric stimulation.¹⁵⁵



4.4.2. Elektrizität und Magnetismus in der Methodik der Gehirnforschung

Noch vor gut 100 Jahren war die Erforschung des Gehirns nur durch Schädelöffnungen realisierbar. Eingefärbte Gewebeschnitte machten dabei Gehirnstrukturen erkennbar. Mit Hilfe der wissenschaftlichen Erkenntnisse im Bereich der Elektrizität und des Magnetismus, wurde es im Laufe des 20. Jahrhunderts möglich – ohne Eingriffe von außen – an lebenden Probanden Einblicke in das Gehirn zu erhalten. Man entwickelte Verfahren um den Aufbau und die Funktion des Gehirns sichtbar zu machen bzw. kognitive Leistungen des Gehirns zu erforschen. Mit Elektrizität und Strahlung beschäftigte sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts sehr intensiv der bereits weiter oben angesprochene Physiker Wilhelm Conrad Röntgen. Verbesserungen in der Röhrentechnik um die Mitte des 20. Jahrhunderts und die technische Möglichkeit

¹⁵⁵ Quelle: Bertucci, Pancaldi, (Hg.) *Electric Bodies. Episodes in the history of medical electricity*, 248.

Magnetaufzeichnungen vorzunehmen, führten in den 1970er Jahren zuletzt zur Entwicklung eines Schichtaufnahmeverfahrens, der heutigen Computertomographie (CT). Diese ist wesentlich weniger kostspielig und einfacher durchzuführen als die nachfolgend beschriebene Magnetresonanztomographie (MRT) und erlaubt eine schnelle, jedoch räumlich nur grobe Untersuchung des Gehirns. Mittels Röntgenstrahlen wird das Gehirn schichtweise durchleuchtet und gleichzeitig werden Röntgenaufnahmen angefertigt. Dabei wird weiches Gewebe leichter von den Strahlen durchdrungen als dichtes Gewebe. Mit der CT lassen sich daher unter anderem Verletzungen an Knochen gut feststellen und ebenso darstellen. Aus diesem Grund wird diese Methode vorrangig bei rasch notwendigen Untersuchungen, z.B. des Gehirns nach schweren Gehirnerschütterungen, angewendet.¹⁵⁶

Auch die nachfolgend genannten oft lebenswichtigen medizinischen Untersuchungsmethoden sind ohne Elektrizität nicht denkbar. Unter den bildgebenden Verfahren ist sicher an erster Stelle die Magnetresonanztomographie (MRT) zu nennen: Mittels einer äußeren Hochfrequenzspule wird ein Magnetfeld erzeugt, das mit Hilfe einer inneren Hochfrequenzspule im Gehirn einen Resonanzvorgang der Wasserstoffatome in Gang setzt. Dieser ist je nach Gewebe infolge des unterschiedlichen Wassergehalts auch nie identisch. Es handelt sich hierbei um eine „scheibchenweise“ Gehirnuntersuchung, bei der die Art des Gewebes – zum Beispiel festes oder weiches – sehr exakt festgestellt werden kann. Diese Schichten werden anschließend zu einem Gesamtbild zusammengesetzt.¹⁵⁷

Eine Weiterentwicklung der MRT zur „funktionellen“ MRT (fMRT), ermöglicht die Feststellung der Aktivität von Gehirnregionen (Denkprozesse). Infolge des Eisengehaltes von Blut, ändern sich bei einer magnetischen Beeinflussung auch die magnetischen Eigenschaften eines durchbluteten Gewebes. Die mehr oder weniger stark durchbluteten Gehirnregionen senden unterschiedliche Messsignale aus. Denkprozesse können somit auf einem Computer farblich divergent dargestellt werden.¹⁵⁸

Um auch die Vernetzung innerhalb des Gehirns sichtbar zu machen bedient man sich dagegen der „diffusionsgewichteten“ MRT. Man nutzt dabei, die durch den oben beschriebenen Resonanzvorgang in den Nervenfasern in Bewegung gesetzte Wanderung von Wassermolekülen. Nach der Einfärbung dieser Wanderbewegungen am Computer zeigen

¹⁵⁶ Sigelen, Vom Aderlass zum Nanoskop. Eine Geschichte der Medizintechnik, 67.

¹⁵⁷ Beck, Anastasiadou, Meyer zu Reckendorf, Faszinierendes Gehirn. 265.

¹⁵⁸ Beck, Anastasiadou, Meyer zu Reckendorf, Faszinierendes Gehirn. 266f.

verschiedene Farben die diversen Faserverbindungen im Gehirn an.¹⁵⁹ Zur Vervollständigung wird ein weiteres bildgebendes Verfahren kurz erwähnt, die Positronenemissionstomographie (PET). Mit Hilfe der PET kann der Stoffwechsel des Gehirns sichtbar gemacht werden. Verwendet wird die PET zur Demenz Früherkennung und zur Krebsdiagnostik. Es kann damit unter anderem der erhöhte Stoffwechsel von Gehirntumoren dargestellt werden.¹⁶⁰

Neben der zuvor erwähnten fMRT, zeigt auch die Elektroenzephalographie (EEG) Funktionalitäten des Gehirns an. Bei diesem Verfahren wird elektrische Aktivität von Nervenzellen ausgewertet und grundsätzlich die normale Gehirnfunktion beurteilt. Mit den direkt auf der Kopfhaut angeordneten Elektroden wird das bei der Aktivität eines Gehirns erzeugte schwache elektrische Feld verstärkt und Spannungsänderungen können entsprechend zeitnah genau gemessen und aufgezeichnet werden. Ein Nachteil gegenüber der fMRT ist jedoch, dass keine genaue räumliche Zuordnung getroffen werden kann.¹⁶¹ Mit der Weiterentwicklung des fMRT Verfahrens zu einem System der „parallelen“ Aufnahmetechnik (pMRT), wird eine verbesserte zeitliche und räumliche Methode verwirklicht.

Außer der Messung der elektrischen Gehirnaktivität ist es ebenso möglich die magnetische Aktivität des Gehirns zu ermitteln. Dafür wird die Technik der Magnetoenzephalographie (MEG) angewandt. Elektrischer Strom in den Nervenzellen verursacht im Gehirn magnetische Signale, die wiederum elektrische Spannungen im MEG-Aufnahmegerät induzieren, welche sofort aufgezeichnet werden können. Auf diese Weise ermöglicht das MEG eine sehr hohe zeitliche und eine räumliche Wiedergabe von Gehirnaktivitäten.¹⁶²

¹⁵⁹ Beck, Anastasiadou, Meyer zu Reckendorf, Faszinierendes Gehirn. 269.

¹⁶⁰ Beck, Anastasiadou, Meyer zu Reckendorf, Faszinierendes Gehirn. 275.

¹⁶¹ Martin Dresler (Hg.), Kognitive Leistungen. Intelligenz und mentale Fähigkeiten im Spiegel der Neurowissenschaften. (München 2010), 240.

¹⁶² David Cohen, Magnetoencephalography: Detection of the Brain's Electrical Activity with a Superconducting Magnetometer. (Copyright 1972 by the American Association for the Advancement of Science) und Magnetoencephalography: Evidence of Magnetic Fields. Produced by Alpha-Rhythm Currents. (Copyright 1968 by the American Association for the Advancement of Science)

Elektroden im Gehirn, Gehirnstimulation mit elektromagnetischen Wellen:

Auch zur Behandlung der verschiedenen Formen von Depression, Epilepsie und der Schizophrenie kommt Elektrizität zum Einsatz. Elektroden werden dazu entweder direkt auf der Kopfhaut, oder wie bei der tiefen Hirnstimulation (THS) direkt ins Gehirn lokalisiert.

Im ersten Fall wird eine Magnetspule über der zu behandelnden Gehirnregion platziert, welche ein pulsierendes Magnetfeld aussendet und im Gehirn einen elektrischen Stromfluss auslöst. Die betreffende Gehirnregion wird dadurch stimuliert und bestimmte andere Gehirnfunktionen werden gestört. Vor allem bei Menschen mit depressiven Störungen, war man mit dieser Methode bereits erfolgreich.¹⁶³ Sie ist eine Alternative zur Elektrokrampftherapie (EKT), die ebenfalls bei den genannten Krankheitsbildern zum Einsatz kommt. Bei dieser Behandlungsweise wird beim Patienten mit Hilfe eines, in einem bestimmten Bereich des Gehirns gesendeter Stromimpulses, ein künstlicher, nur wenige Sekunden dauernder epileptischer Anfall ausgelöst, wodurch eine therapeutische Wirkung erzielt werden soll. Der zweite Fall, die angesprochene THS, ist ein Verfahren bei dem Elektroden in bestimmte tiefe Gehirnregionen durch - nur wenige Millimeter große - in den Schädel gebohrte Löcher eingebracht werden. Hilfreich für die richtige Position der Elektroden ist dabei die Möglichkeit der Darstellung der Zielregion mittels einer MRT. Die so situierten Elektroden üben in diesen Gehirnarealen spezielle elektrische Reizungen bzw. Stimulationen aus, die bei verschiedenen Erkrankungen, wie zum Beispiel bei Parkinson, bei zentralen Schmerzsymptomen oder Bewegungsstörungen, entsprechend positive Wirkungen hervorrufen sollen.¹⁶⁴

Offen bleibt jedoch die ethische Frage, wie mit der Möglichkeit der Beeinflussung der kognitiven Leistungsfähigkeit des Menschen und mit einer durchaus vorstellbaren menschlichen Persönlichkeitsveränderung durch das THS-Verfahren, zukünftig umgegangen werden wird.¹⁶⁵ Die Beantwortung dieser noch offenen Frage fällt in den wissenschaftlichen Bereich der Ethik.

¹⁶³ Internet: Medica Magazin, Interview Prof. Michael Nitsche, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung, TU Dortmund vom 3.12.2018. https://www.medica.de/cgi-bin/md_medica/lib/pub/tt.cgi/Hirnstimulation_Behandlung_durch_Strom_und_Magnetfelder.html?oid=93338&lang=1&ticket=g_u_e_s_t

¹⁶⁴ Sigelen, Vom Aderlass zum Nanoskop. Eine Geschichte der Medizintechnik, 260

¹⁶⁵ Thomas E. Schläpfer, Schnittstelle Mensch / Maschine: Tiefe Hirnstimulation, in: *Deutscher Ethikrat*, Der steuerbare Mensch? Über Einblicke und Eingriffe in unser Gehirn. (Vorträge der Jahrestagung des Deutschen Ethikrates 200, 57ff.

5. Exkurs: Medizin und Elektrizität im Ersten Weltkrieg

Mit diesem Exkurs verlasse ich den Weg der Darstellung von verbindenden Forschungsergebnissen und Entwicklungen. Ich möchte mich im gegenständlichen Kapitel mit der praktischen Anwendung dieses neuen, aus der Symbiose zwischen Medizin und Elektrizität entstandenen Wissenskonglomerates auseinandersetzen und zeigen, welche Auswirkungen sich dadurch in der Zeit des Ersten Weltkriegs im Bereich der Psychiatrie ergeben hatten.

Bei dieser Betrachtung bietet sich somit die Möglichkeit, voraussehbare oder auch nicht absehbare Effekte, die bei der Behandlung von psychisch belasteten Menschen mit Elektrizität auftreten können, aufzuzeigen. Ausdrücklich möchte ich darauf hinweisen, dass in diesem Abschnitt nicht die Frage nach der Rolle und Verantwortung bestimmter Ärzte im Kriegseinsatz, ob diese instrumentalisiert wurden, ob sie den Krieg verabscheuten oder aber Kriegsbegeisterte waren, behandelt wird. Die Bearbeitung dieser Frage wäre nicht nur überaus umfangreich, sondern wahrscheinlich auch schwierig objektivierbar. Deshalb sollte diese Materie Gegenstand einer eigenständigen Arbeit sein.

Im gegenständlichen Exkurs wird lediglich auf einige markante handelnde Personen und deren Tätigkeit mit Bezug zur Psychiatrie hingewiesen. Im Zusammenhang damit, soll ausschließlich die Anwendung von Elektromedizin zur Behandlung von nervlichen Erkrankungen und zur Verbesserung der Kriegstauglichkeit von Soldaten, sowie zur Enttarnung von vermuteten Simulanten im Militärdienst, thematisiert werden.

Allgemein hatte die naturwissenschaftliche Medizin im Laufe des 19. Jahrhundert an Anerkennung gewonnen. Nicht nur auf dem Gebiet der Mikrobiologie versuchten Forscher, Erfinder und Wissenschaftler mit Hilfe verbesserter optischer Geräte und der Verwendung von Chemie neue medizinischen Erkenntnisse zu gewinnen, sondern auch in der Behandlung von psychisch erkrankten Personen. Durch den Einsatz, der nun permanent zur Verfügung stehenden Elektrizität versuchte die Psychiatrie nervliche Probleme zu behandeln und die ursprünglich als „moderne“ Krankheit der wohlhabenden Schicht bezeichnete „Neurasthenie“ zu heilen.

Bereits Mitte des 18. Jahrhunderts befasste sich der schottische Neurowissenschaftler Robert Whytt (1714 – 1766) mit dem Thema der Reizübermittlung und der Funktion des menschlichen

Nervensystems. Fast hundert Jahre später untersuchte der US-Nervenarzt George Miller Beard (1839 – 1883) die Erregbarkeit der Nerven. Er war es auch, der den Begriff „Neurasthenie“ als Bezeichnung für Nervenschwäche einführte und der aufgrund seines großen Interesses an der Elektrizität, verschiedene Experimente mit elektrischem Strom an „Neurasthenikern“ durchführte. In seinem Buch „American Nervousness“ aus dem Jahr 1881 vermerkte Beard: „Neurasthenia, the most frequent, the most important, the most interesting nervous disease of our time, or of any time.“¹⁶⁶

Beard beschäftigte sich bereits in jungen Jahren mit dem Thema Elektrizität und verfasste dazu 1866 die Schrift „Electricity as a tonic“, in der er sich mit der Anwendung von elektrischem Strom in der Nerventherapie zur Wiederherstellung einer erschlafften Nervenspannung auseinandersetzte. Eine vorübergehende Zusammenarbeit mit dem bedeutenden US-amerikanischen Erfinder Thomas Alva Edison (1847 – 1931) verstärkte sein Interesse an der Elektrizität und der Elektrotherapie. Georg Miller Beard war begeistert von der Arbeit Edisons und schrieb 1881: „Edisons elektrisches Licht „gebe“ die bestmögliche Illustration der Wirkungen der modernen Zivilisation auf das Nervensystem.“¹⁶⁷ Auch heute wird die Lichttherapie, zum Beispiel zur Behandlung von Depressionen, angewendet.

Beards Theorien über die Wirksamkeit dieser Therapieform fanden jedoch allgemein keine Anerkennung, da man die erzielten Erfolge auf eine Suggestion durch den Therapeuten bezog und nicht auf elektrische Reize zurückführte. Besonders diese Kooperation zwischen dem Mediziner Beard und dem Autodidakten und Erfinder Edison, zeigt sehr gut welchen Einfluss Elektrizität auf die Medizin, respektive welche Faszination Elektrizität auf Mediziner auszuüben imstande war. Eine engere Beziehung zu Beards Arbeit ergab sich für Wilhelm Erb (1840 – 1921), Professor an der Leipziger medizinischen Poliklinik. Er war ein Anhänger der Elektrotherapie und von Beards Theorien überzeugt. „Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts dämmert das Zeitalter des Dampfes herauf und es tritt die unendliche Verwerthbarkeit der wunderbaren Kraft der Elektrizität hinzu.“ sagt Erb in seinem Buch „Über die zunehmende Nervosität unserer Zeit“ von 1883.¹⁶⁸

¹⁶⁶ Georg M. Beard, *American Nervousness. Its Causes and Consequences. A Supplement to Nervous Exhaustion (Neurasthenia)*, (New York 1881), XI. (Preface). In: Hans-Georg Hofer, *Nervenschwäche und Krieg*, (Wien, Köln, Weimar 2004)

¹⁶⁷ Joachim Radkau, *Das Zeitalter der Nervosität. Deutschland zwischen Bismarck und Hitler*, (München, Wien 1998), 51.

¹⁶⁸ Eckart, *Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart*. 195.

Erb verfasste 1882 eigens ein Handbuch zu diesem Thema. Er hatte aber auch Gegner, die seinen Therapien negativ gegenüberstanden. Einer davon war sein eigener Mitarbeiter Adolf Strümpell (1853 – 1925), der über ihn schrieb: „Die meisten seiner Nervenkranken behandelte er mit elektrischen Strömen und zeigte darin eine unermüdliche Ausdauer. Er empörte sich jedoch über „Ungeheuerlichkeiten“ einer harten Medikamententherapie, die einen „unglücklichen Neurastheniker“ mit einer Mischung aus einem Dutzend der „stärksten, giftigsten Alkaloide“ zu kurieren suchte.“¹⁶⁹

In seinem Buch „Das Zeitalter der Nervosität“ beschreibt Joachim Radkau die Ansicht eines Wiener Nervenarztes über die Situation bei der Behandlung von Nervenkrankheiten am Ende des 19. Jahrhunderts. Dieser stellte fest, dass wegen der schwachen Erfolge, die die Ärzte bisher auf diesem Gebiet zu verzeichnen hatten, jedem abenteuerlichen Einfall Tor und Tür geöffnet wurde, sodass Trink-, Bade-, Hunger- Schwitzkuren und viele andere Kuren kommen und gehen.¹⁷⁰ Gemeint hatte der Arzt damit auch die Modernität der Elektrotherapie.

Passend dazu, gibt Radkau einen Ausspruch des Schweizer Psychotherapeuten und Neuropathologen Paul Dubois (1848 – 1918) wieder: „Nun kommt die Reihe an die Elektrizität: Die Kranke muß sich auf den Isolierschemel der statischen Maschine setzen. ... Und mit großer Befriedigung wird der Nervenarzt seine Elektrode über die ganze Körperoberfläche seines Opfers spazieren führen, ohne sich durch das – ach, wie so skeptische – Lächeln der Kranken abhalten zu lassen. Seien wir ganz offen: der Kränkste von beiden ist gewiß nicht der, den man meinen sollte!“¹⁷¹

In ihrem Kern waren Elektrizität und Nervenkraft um die Mitte des 19. Jahrhunderts noch zu wenig erforscht um therapeutische Wirkung der Elektrotherapie entsprechend erklären zu können, somit musste auch die richtige Dosierung der Stromstärke eher dem Zufall überlassen werden. Mit der Entdeckung der Starkstromerzeugung gegen Ende des 19. Jahrhunderts, verschärften sich infolgedessen die Gefahren für den Behandelten noch weiter. Das Resultat einer Strombehandlung war kaum wirklich vorhersehbar. Sie konnte entweder die Heilung, oder bleibende physische und psychische Schäden bedeuten, oder aber auch unter Umständen zum Tod des Patienten führen.

¹⁶⁹ Radkau, Das Zeitalter der Nervosität. Deutschland zwischen Bismarck und Hitler, 95.

¹⁷⁰ Radkau, Das Zeitalter der Nervosität. Deutschland zwischen Bismarck und Hitler, 95f.

¹⁷¹ Radkau, Das Zeitalter der Nervosität. Deutschland zwischen Bismarck und Hitler, 96.

Die negativen Auswirkungen dieses willkürlichen Gebrauchs von Elektrizität in der Elektrotherapie, zeigten sich aber auch schon vor Beginn des Ersten Weltkriegs, wo man ohne genaue Kenntnis der tatsächlichen Auswirkungen auf den zu Behandelnden, Versuche unternommen hatte, mittels der Elektrotherapie die Nervenstärke von Soldaten zu verbessern, Kriegsneurotiker zu heilen und Simulanten zu entdecken. Der deutsche Psychiater Gustav Aschaffenburg (1866 – 1944) meint dazu: „Für noch verfehlter aber halte ich die vielfach geübte Methode, mit Hilfe schmerzhafter Eingriffe – besonders beliebt ist der faradische Pinsel – die Kranken zu quälen. In dieser Methode steckt noch immer ein Stück des alten Vorurteils, daß der Kranke simuliere und nicht gesund werden wolle. (...).“¹⁷²

Die folgenden Feststellungen zweier Ärzte über die Aufgabe eines Militärarztes dienen der Komplettierung der Gesamtdarstellung des Themas. Über die Rolle der Ärzte zu Beginn des Deutsch-Französischen Kriegs 1870, schrieb der Arzt Rudolf Virchow: „Die Medizin ist zunächst berufen, die Aera des Friedens vorzubereiten. Inmitten der Schrecken des Krieges ist sie und wesentlich nur sie amtlich berufen, auf den Schlachtfeldern anwesend zu sein als Vertreter der Humanität, als Repräsentantin des Menschenfriedens (...). Seien wir Hohepriester der Humanität im Kriege, Segen spendend für Alle.“¹⁷³

Aus der Sicht eines Oberstabsarztes stellt sich die Rolle eines Militärarztes wie folgt dar. Er notiert in einer Studie von 1872 unter anderem: „Das edelste und kostbarste Kriegsmaterial ist der Soldat. Die ökonomische Verwaltung dieses Materials bildet den Inhalt der militärärztlichen Obliegenheiten. (...) Das Individuum darf nicht berücksichtigt werden, sobald es sich um die Existenz des Ganzen handelt“. Der Mensch wurde zur Sache. Ziel der Ärzte sollte es sein die Kriegstauglichkeit von sogenannten „Kriegsneurotiker“ in möglichst kurzer Zeit wiederherzustellen.¹⁷⁴ Schon aus den bisher festgestellten Fakten ist abzulesen, dass der Erste Weltkrieg aufgrund der enormen physischen und psychischen Belastungen, denen die Kriegsteilnehmer, aber auch die Zivilgesellschaft ausgesetzt waren, sicher die bis zu diesem Ereignis größte Herausforderung für Ärzte, Sanitäter und ärztliche Hilfskräfte darstellte.

¹⁷² Hans-Georg Hofer, Nervenschwäche und Krieg. Modernitätsbewältigung und Krisenbewältigung in der österreichischen Psychiatrie (1880 – 1920), 293f.

¹⁷³ Johanna Bleker, Medizin im Dienst des Krieges – Krieg im Dienst der Medizin, In: Johanna Bleker, Heinz-Peter Schmiedebach (Hg.), Medizin und Krieg. Vom Dilemma der Heilberufe 1865 bis 1985, (Frankfurt am Main 1987), 13.

¹⁷⁴ Bleker, Medizin im Dienst des Krieges – Krieg im Dienst der Medizin, 16.

Mit der psychischen Verfassung der Gesellschaft in den Jahren vor und während des Ersten Weltkriegs setzte sich auch der Historiker Joachim Radkau, in seinem 1998 erschienen Buch „Das Zeitalter der Nervosität. Deutschland zwischen Bismarck und Hitler“ auseinander und forschte unter anderem zur Thematik des im 19. Jahrhundert sich verbreitenden Krankheitsphänomens, der Neurasthenie bzw. Nervenschwäche. In seiner These stellt er einen Zusammenhang zwischen der Entstehung des Ersten Weltkriegs und den historischen Prozessen zur Nervosität der Zeit her. Radkau meint, dass auch die deutsche militärische und politische Führung die Nervosität thematisierte und diese als einen für das Deutsche Kaiserreich subversiven Faktor betrachtet hatte. Die deutsche Führung hielt es deshalb für notwendig, ihrerseits Nervenstärke und Willensstärke zu beweisen. Nach Radkaus Annahme, war diese Demonstration der Stärke, unter anderem mit eine der Ursachen für den Beginn des Ersten Weltkriegs im Sommer 1914.¹⁷⁵

In der deutschen Militärpsychiatrie wurden vor dem Ersten Weltkrieg psychisch Kranke hauptsächlich mittels Hypnose und eher selten elektro-therapeutisch behandelt. Dagegen hatten die Ärzte im militärischen Bereich Österreich-Ungarns, schon Mitte des 19. Jahrhunderts im Krieg gegen Sardinien versucht, mit Hilfe elektrischer Stromstöße Zitter- und Lähmungserscheinungen zu kurieren. Zur selben Zeit wurde Elektrizität aber auch bereits als Mittel zur Beseitigung von soldatischem Ungehorsam eingesetzt.¹⁷⁶

Ziel der militärischen Führung war zwar die möglichst vollständige Wiederherstellung der Gesundheit, jedoch stand an erster Stelle zumindest eine beschränkte militärische Einsatzfähigkeit der Soldaten zu erreichen. Der „Wille zur Krankheit“, welcher sich nach Meinung der Militärverantwortlichen schon bald nachdem die erste Kriegseuphorie vorüber war bei den Frontsoldaten verbreitet hatte, musste mit allen Mitteln gebrochen werden. Die positive Einstellung zum Krieg musste rasch wiederhergestellt werden. Der deutsche Psychiater Ernst Lüdemann schrieb dazu: „Bald nachdem die erste Kriegsbegeisterung verrauscht war, sah man zunehmend Menschen, die mit Kopf, Armen und Beinen wackelten, allerlei Gesichter schnitten, stotterten, nicht gehen konnten (...).“¹⁷⁷

¹⁷⁵ Hofer, Nervenschwäche und Krieg. 26.

¹⁷⁶ Hofer, Nervenschwäche und Krieg. 291.

¹⁷⁷ Internet: Kriegsneurotiker und Militärpsychiatrie im Ersten Weltkrieg, Ernst Lüdemann, Die Nerven, ihr Wesen, ihre Gesunderhaltung, ww1.habburger.net/de/themen/medizin-im-ersten-weltkrieg.

5.1. Kriegsneurosen, Kriegshysterie

Kriegsneurosen, Kriegshysterie einerseits, sowie Willensschwäche und Simulation andererseits, waren in den Kriegsjahren des Ersten Weltkriegs weitverbreitet. Der Gebrauch von elektrischem Strom zur Heilung von Hysterikern, Kriegsneurotikern und von vermeintlich Willensschwachen, fand in der Neuropsychiatrie allgemeine Verwendung. Ebenso gebrauchte man elektrischen Strom auch als Hilfsmittel um Simulanten leichter zu entdecken.

Elektrische Stromstöße und Röntgenbestrahlung in einer Dunkelkammer wurden neben anderen Maßnahmen, als „therapeutische“ Instrumente zur Wiederherstellung der Kriegstauglichkeit, oder um zumindest eine Arbeitsfähigkeit zu erreichen und Simulanten zu identifizieren, genutzt.¹⁷⁸ Erwähnt sei dazu die sogenannte „Kaufmann-Methode“ eine elektrotherapeutische Anwendung benannt nach dem deutschen Stabsarzt Fritz Kaufmann (1875 – 1941), bei der ein „Patient“ mitunter stundenlang starkem Wechselstrom ausgesetzt wurde. Mit dieser Methode sollte aufgrund eines langandauernden Schockzustandes, möglichst in nur einer Sitzung die Heilung der Soldaten erzwungen werden.¹⁷⁹

Kaufmann verfasste dazu 1916 eine therapeutische Richtlinie mit dem Titel „Die planmäßige Heilung komplizierter psychogener Bewegungsstörungen bei Soldaten in einer Sitzung“. Ein erlittener psychischer Schock sollte mit einem künstlich veranlassten Gegenschock, dem eine suggestive Ermutigung des Patienten vorangehen musste, neutralisiert werden. Er hatte vier Grundsätze für sein Vorgehen formuliert: ¹⁸⁰

- Erstens, die suggestive Vorbereitung des Patienten: Er wird aufmerksam gemacht, dass die Sitzung zwar Schmerzen, jedoch auch Heilung bringen wird.
- Zweitens, die Anwendung kräftiger Wechselströme unter gleichzeitiger Zuhilfenahme von reichlicher Wortsuggestion.
- Drittens, strenges Innehalten der militärischen Formen unter Benutzung des gegebenen Subordinationsverhältnisses und Erteilen der Suggestion in Befehlsform, gleich einer Art Überrumpelungsbehandlung.
- Viertens, unbeirrbar konsequente Erzwingung der Heilung in einer – oft auch stundenlangen - Sitzung.

¹⁷⁸ Wolfgang U. Eckart, *Medizin u. Krieg. Deutschland 1914 – 1924*, (Paderborn 2014) 148.

¹⁷⁹ Eckart, *Medizin u. Krieg. Deutschland 1914 – 1924*, 149.

¹⁸⁰ Hofer, *Nervenschwäche und Krieg*. 298f

Anzuführen wäre hier auch der österreich-ungarische Arzt Viktor Gonda, der ebenfalls auf eine Kombination der Elektrotherapie mit der Suggestionstechnik setzte. 1916 berichtet er über seine Vorgangsweise: „Ich benütze den faradischen Strom, dessen Stärke langsam steigernd, bis ich eine energische Kontraktion der Muskel erreiche. Jetzt schalte ich den Strom aus und erhöhe die Stromstärke auf das Doppelte, (...). Während dieser kleinen Pause übe ich eine starke Suggestion mit meinen Worten aus, zum Beispiel: jetzt kommt der Strom, der Leben gibt und schalte plötzlich ein. Der Kranke schreit vor Schmerz auf, (...).“¹⁸¹

Sehr engagiert auf dem Gebiet der Elektrotherapie war der Wiener Neurologe und Elektrotherapeut Moriz Benedikt (1835 – 1920), der auch gemeinsam mit Moritz Rosenthal in Wien, die Elektrotherapie als akademisches Fachgebiet gründete. Benedikt war sich nicht sicher, ob auch bei heftigen Fällen von Zittererscheinungen mit einer Elektrotherapie die gewünschten Erfolge zu erzielen wären. In seinem Buch „Elektrotherapie“ aus dem Jahr 1868, beschäftigte er sich eingehend mit den technischen Möglichkeiten der Anwendung von elektrischem Strom zu therapeutischen Zwecken. Für seine Experimente verwendete er galvanische Ströme aus Batterien des englischen Physikochemiker John Daniell (1790 – 1845), da diese in der Lage waren einen konstanten Strom zu liefern. Die Abbildung 15 zeigt eine von mehreren Versuchsanordnungen. Wenn nun bei der, in dieser Abbildung dargestellten Anordnung beim Unterbrechungsapparat „C“ der Batteriestrom unterbrochen wird, entsteht in der Spirale durch Induktion, ein momentaner Strom mit geringer Quantität aber mit höherer Spannung. Je nach Bau der Spirale ändert sich die physiologische Reizkraft des Stromes.¹⁸²

Nach wie vor ungeklärt waren auch die für den Behandelten oft lebenswichtigen Fragen, welche Stromart und Stromstärken verwendet werden sollen und wie lange eine Behandlung andauern sollte. Unbeantwortet war außerdem die Frage einiger Nervenärzte, ob nicht die Suggestivwirkung, die schon allein von der für die elektrotherapeutische Behandlung notwendige und optisch imponierende Apparatur ausging, einen Heilungsprozess in Gang setzen würde.¹⁸³

Um die Frage beantworten zu können, wie schmerzhaft diese Behandlungen mit elektrischem Strom tatsächlich wären, führte der österreichische Mediziner Stefan Jellinek (1871 – 1968) im

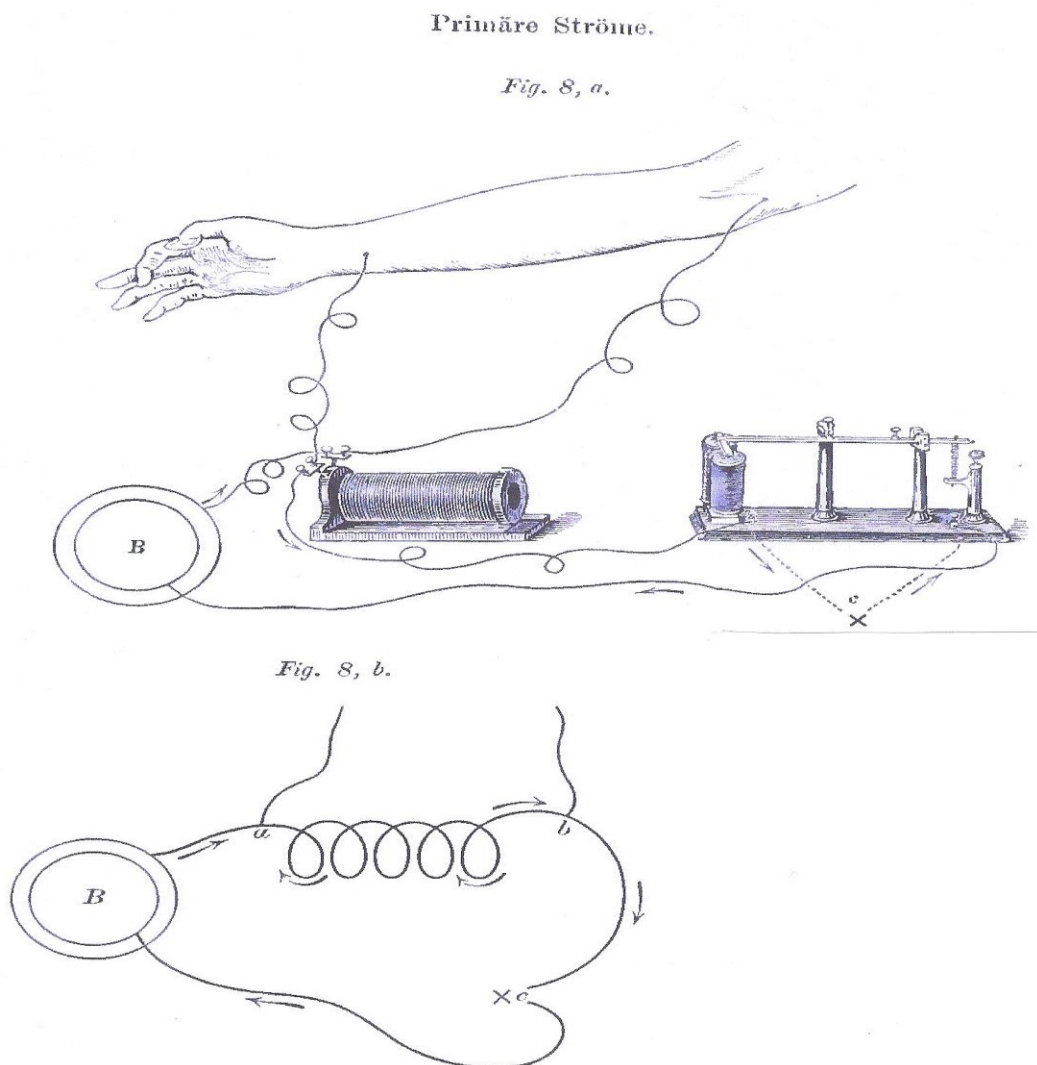
¹⁸¹ Hofer, Nervenschwäche und Krieg, 305.

¹⁸² Moriz Benedikt, Elektrotherapie. (Wien 1868) 20.

¹⁸³ Hofer, Nervenschwäche und Krieg, 291f.

Jahr 1918 einen Selbstversuch durch: Er befestigte die beiden angefeuchteten Elektroden dabei jedoch nur an seinen Händen und nicht, wie bei den Soldaten, an besonders empfindlichen Stellen des Körpers. Die Erhöhung der Stromstärke erfolgte stufenweise und zwar von der kaum spürbaren Stufe eins; über die Stufe neun: „Kontraktion recht schmerzhaft“; bis zu Stufe fünfzehn: „Loslassen ganz ausgeschlossen, Gefühl absoluter Hilflosigkeit“. Jellinek stellte anschließend fest, dass ihn der voll eingeschaltete Sinusstrom derart gepackt hätte, dass er das Gefühl hatte die Eigenherrschaft verloren zu haben.¹⁸⁴

Abbildung 15: Versuchsanordnung zur Bestimmung der Auswirkung von Spannungsänderungen bei der physikalischen Anwendung von Elektrizität.¹⁸⁵



¹⁸⁴ Hofer, Nervenschwäche und Krieg, 317.

¹⁸⁵ Quelle: Benedikt, Elektrotherapie, 19.

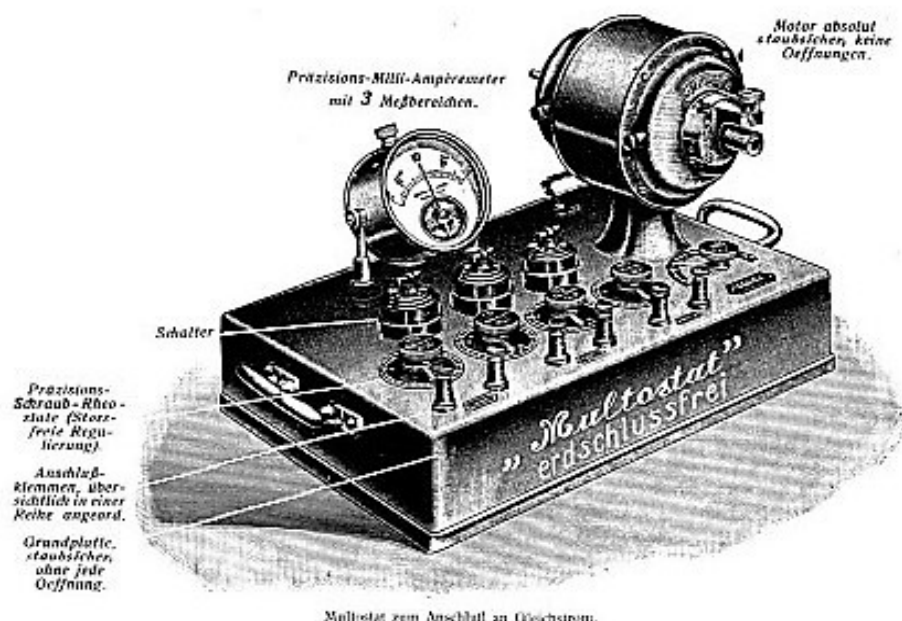
Der vorstehende Text zum Thema Krieg und psychische Erkrankungen bringt zum Ausdruck, auf welche Art und Weise die elektrische Energie ihren Einfluss auf bestimmte Bereiche der Medizin ausgeübt hatte. Zur Vervollständigung des gegenständlichen Abschnitts sollen mit einer kurzen elektrotechnischen Darstellung, die Wirkungsweise jener, bei den oben angeführten elektrotherapeutischen Sitzungen zur Anwendung gekommen Stromarten, erläutert werden. Genutzt wurden vorrangig der galvanische Strom (Galvanisation – benannt nach Luigi Galvani) und der faradische Strom (Faradisation benannt nach Michael Faraday).

Die beiden angeführten Stromarten unterschieden sich wesentlich in ihrer Wirkungsweise. Bei der Galvanisationsmethode fließt elektrischer Strom von einer Stromquelle (z.B. Akkumulator), mit konstanter Spannung und Richtung, über Leitungen, zu zwei Elektroden, die an verschiedenen Stellen des menschlichen Körpers angelegt wurden. Der Mensch fungierte nun als elektrischer Leiter der einen dauernden gleichbleibenden Stromfluss ermöglichte. Der Stromkreislauf wurde erst dann unterbrochen, wenn eine Elektrode entfernt wurde oder wenn die Stromquelle keinen Strom mehr lieferte.

Aufgrund der einfachen Dosierbarkeit und der gleichmäßigen Wirkung des Gleichstroms waren bei der richtigen Ausführung des Verfahrens keine schmerzhaften Nebenwirkungen zu befürchten. Behandelt wurden damit Menschen, die zum Beispiel Erkrankungen des peripheren (Neuralgien, Lähmungen) und des motorischen Nervensystems (Muskelkrämpfe) aufwiesen. Aber auch bei Patienten, die unter Störungen des Zentralnervensystems litten (zum Beispiel funktionelle Neurosen - Hysterie oder Neurasthenie), kam eine Gleichstrombehandlung zur Anwendung.

Ganz anders dagegen war die Wirkweise der Faradisation, denn faradischer Strom - ein immer wieder unterbrochener Gleichstrom - der physikalisch einem unsymmetrischen Wechselstrom entspricht, wechselt periodisch die Spannung oder die Richtung, oder aber auch Beides. Bei der Behandlung mit faradischem Strom ist die Wirkkraft auf den Patienten infolge der sich abrupt fortwährend ändernden Stromstöße, bei hoher Dosierung wesentlich stärker als bei der Galvanisierung und mitunter auch erheblich schmerzhafter. In der nachfolgenden Abbildung 16, ist ein Apparat aus dem Jahr 1908 zu sehen, der für verschiedenste elektrophysikalische Behandlungen verwendet werden konnte.

Multostat „erdschlußfrei“ ohne Preiserhöhung.



Erdschlußfreie Vielfach-Schaltapparate anderer Fabriken kosten ca. 100 Mk. mehr und sind durch die Anschaltung einer Dynamomaschine sehr kompliziert. Jeder Arzt, der sich einen Vielfach-Schaltapparat anschaffen will, wird daher schon aus Gründen der Sparsamkeit und Betriebssicherheit nur den erdschlußfreien Multostat wählen, da die großen Vorteile, die dieser Apparat in Bezug auf Billigkeit, praktische Ausführung, Eleganz und Einfachheit bietet, klar auf der Hand liegen.

Der Universal-Anschlußapparat „Multostat“ ist ein außerordentlich vielseitig verwendbarer Apparat, der alle für den Arzt in Frage kommenden

Arten der Anwendung elektrischer Ströme

einschließlich des Motor-Antriebes ermöglicht.

Der „Multostat“ ist zu verwenden für:

Galvanisation
Elektrolyse — Kataphorese,
(sinusoidale) Faradisation,
Galvano-Faradisation,
Elektrische Vierzellen-Bäder nach Dr. Schénée,
Hydroelektrische Volt- und Teil-Bäder,

Kautik,
Endoskopie,
Vornahme chirurgischer Eingriffe, wie Fräsen,
Meißeln, Bohren, Trepanieren, Sägen, sowie
Vibrationsmassage.

Wie oben bereits festgestellt, war die Stärke des für den Menschen gerade noch verträglichen elektrischen Stromes und die Behandlungsdauer, zu dieser Zeit noch zu wenig erforscht um in einigen Fällen bleibende Schäden oder Todesfälle vermeiden zu können.

¹⁸⁶ Quelle: Cultural Heritage Online, Katalog und Erläuterung der Elektrizitätsgesellschaft „Sanitas“ 37.

Zu unterschiedlich war die körperliche Konstitution der einzelnen Patienten und so endeten einige dieser Verfahren mit dem Tod des Behandelten. Zu bemerken ist hier noch, dass im Ersten Weltkrieg nicht nur in den Armeen Österreichisch-Ungarns und Deutschlands elektrischer Strom zur Behandlung von Kriegsneurosen und Nervenschwächen verwendet wurde, sondern Elektrizität ebenso in der französischen und englischen Kriegspsychiatrie zum Einsatz kam.¹⁸⁷ Nach dem Krieg hatte diese oft extreme und willkürliche elektrotherapeutische Behandlung von nervlich belasteten Kriegsteilnehmern eine kommissionelle Untersuchung der ärztlichen Verantwortlichkeit zur Folge. Ein Beispiel dazu liefert der nachfolgend erläuterte Fall des Wiener Psychiaters Professor Wagner-Jauregg,

Julius von Wagner-Jauregg:

Nach dem Zusammenbruch Österreich-Ungarns 1918, wurde im neugegründeten Nachfolgestaat, der künftigen Republik Österreich, im Folgejahr eine Kommission zur Untersuchung von militärischen Pflichtverletzungen im Krieg eingesetzt. Gegen mehrere Neuropsychiater, unter ihnen auch der bekannte Wiener Psychiater Prof. Julius von Wagner-Jauregg (1857 – 1940), wurde kurz nach Ende des Ersten Weltkrieges Anklage wegen vermuteter Misshandlung von Kriegsneurotikern mittels elektrischen Zwangstherapien erhoben. Der Wiener Psychiater Julius von Wagner-Jauregg musste sich vor dieser Kommission wegen seiner Behandlungen von Kriegsneurotikern mit elektrischem Strom verantworten.

Er meinte dazu in seinen „Lebenserinnerungen“: „(...) Bald befaßte sich diese Kommission, der ich angehörte, auch mit meiner Person als Objekt. Wenn alle Tachinierer, die ich an der Klinik während des Krieges, manchmal etwas unsanft, geheilt hatte, als meine Ankläger aufgetreten wären, hätte das allerdings eine imposante Verhandlung gegeben. (...). Aber einer erhob doch gegen mich Anklage. (...). Ich wurde natürlich nicht verurteilt.“¹⁸⁸ Vor der Untersuchungskommission sagte er dann 1920 aus: „Alles, was während des Krieges zur Behandlung der Neurosen geschehen ist, hat man auch in Friedenszeiten praktiziert. Man kann auch nicht sagen, daß es nur an meiner Klinik geschehen ist, sondern es ist dies ganz allgemein

¹⁸⁷ Hofer, Nervenschwäche und Krieg. 299.

¹⁸⁸ L. Schönbauer, M. Jantsch, Julius Wagner-Jauregg Lebenserinnerungen. (Wien 1950), 71.

geübt worden, nicht nur in Wien, sondern in ganz Österreich, auch in Deutschland und in den feindlichen Staaten ebenso.“¹⁸⁹ Wagner-Jauregg vermerkte dazu noch in seinen Lebenserinnerungen, dass er vor jeder elektrischen Behandlung die Stärke des Stroms bei sich selbst ausprobiert hätte, um darauf hinzuweisen, dass der Anwendungsschmerz gerade noch erträglich sei.¹⁹⁰

Mit der Erstellung eines Gutachtens „über die elektrische Behandlung von Kriegsneurotiker“, beauftragte die Untersuchungskommission den Wiener Psychiater Professor Sigmund Freud (1856 – 1939). Es ging dabei vor allem auch um die Fachfrage, wie man Simulation von Neurosen unterscheiden könne, und ob nicht durch eine medikamentöse Behandlung, Diät, Isolierung oder Elektrisieren ein besseres Resultat zu erreichen wäre, als mit jener von Professor Freud vertretenen Methode, der psychoanalytischen Therapie. Nachstehend ein kurzer Auszug aus der Rechtfertigung Wagner-Jaureggs:

„(...). Herr Prof. Freud hat zugegeben, daß man alles tun kann was ich gemacht habe, daß er es aber für richtiger halten würde, wenn die Kranken psychoanalytisch behandelt würden. Darf ich (...) die Frage richten, ob das physisch möglich gewesen wäre? Die Psychoanalyse ist eine Kur, die lange dauern muß und darin besteht, daß man mit dem Kranken häufig täglich bis zu einer Stunde spricht. (...). Ich bitte die Verhältnisse zu berücksichtigen. Im Moment des Kriegsausbruchs sind mir alle Ärzte weggenommen worden, (...), und da waren hunderte Neurosen, (...). Ich frage, ob es nicht grotesk ist, wenn man mir zumutet, ich hätte psychoanalytisch behandeln sollen?“¹⁹¹ Nachdem Professor Freud im Februar 1920 das Gutachten fertiggestellt hatte, erfolgte einige Monate später die Rehabilitierung Prof. Wagner-Jaureggs. In seinen „Lebenserinnerungen“ berichtet Wagner-Jauregg dazu: „Der zweite Sachverständige, Raimann, trat selbstverständlich sehr lebhaft für mich ein. Ich wurde natürlich freigesprochen. Nachdem ich den Bescheid in Händen hatte, legte ich meine Stelle als Ersatzmann in diesem merkwürdigen Tribunal nieder, (...). Die Prozesse dieses Tribunals endeten übrigens, soweit ich mich erinnere, alle mit Freispruch, auch die, welche Militärpersonen betrafen.“¹⁹²

¹⁸⁹ Hofer, Nervenschwäche und Krieg. 290.

¹⁹⁰ Julius von Wagner-Jauregg Lebenserinnerungen, (Wien 1950) 87.

¹⁹¹ Internet: Sigmund Freud, über Kriegsneurosen, Elektrotherapie und Psychoanalyse. Ein Auszug aus dem Protokoll des Untersuchungsverfahrens gegen Wagner-Jauregg im Oktober 1920.

¹⁹² Julius von Wagner-Jauregg 73.

6. Die Zukunft: Neurobionik – Verknüpfung von Neurologie, Biologie und Technik

Dieser Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die sich aus dem Einfluss von Elektrizität auf die Entwicklung der Medizin bis heute ergeben haben und die sich zukünftig noch ergeben könnten. Die grundlegenden Ergebnisse der Verknüpfung dieser beiden Fachbereiche, sollten durch die vorhergehenden Kapitel dieser Arbeit, mittlerweile bereits offensichtlich gemacht worden sein. Mit den Erkenntnissen aus dem 5. Kapitel, sollte die einleitend gestellte Frage, nach den Auswirkungen der im 19. Jahrhundert auf den Gebieten der Medizin und der Elektrizität durchgeführten Forschungen auf die künftigen medizinischen Fortschritte, beantwortet werden können.

Dieses gegenständliche Kapitel wird sich dem oben genannten Zukunftsthema, dem Zusammenspiel von Neurologie, Biologie und Technik, der sogenannten Neurobionik, widmen. Damit wird nachdrücklich und abschließend auf die heute nicht mehr wegzudenkende Verflechtung von Elektrizität und Medizin zu einer „elektrifizierten“ Medizin hingewiesen. Die Wissenschaft der Neurobionik kommt schon heute weit in die Nähe der Möglichkeit eine „künstliche Art von Menschen“ zum Leben zu erwecken. Das grundlegende Ziel der Neurobionik sollte es sein, durch eine Verbindung zwischen biologischen und technischen Systemen, ausgefallene oder beeinträchtigte Funktionen des zentralen Nervensystems mit Hilfe künstlicher Funktionsträger zu ersetzen.

Professor Werner Nachtigall (* 1934), ein deutscher Zoologe, befasste sich in seinen wissenschaftlichen Studien mit „technischer Biologie und Bionik“. Er war einer der Begründer dieser Wissenschaften und hatte für die technische Betrachtung der Biologie den Begriff „Biotechnik“ verwendet. Torsten Rossmann und Cameron Tropea definieren die Bestandteile dieses Begriffes im Vorwort zu ihrem Buch „Bionik“ folgendermaßen: ¹⁹³

- Bionik = von der Natur lernen um die Technik zu verbessern.
- Biomechanik = die Natur erklären mit Hilfe der Technik.
- Biomedizintechnik = der Natur / den Menschen mit Hilfe der Technik auf die Sprünge zu helfen.

¹⁹³ Torsten Rossmann, Cameron Tropea, Bionik. (Berlin 2005), Vorwort der Herausgeber.

Ein vollkommen zerstörtes Nervengewebe im zentralen Nervensystem, also dem Gehirn und dem Rückenmark, ist nicht mehr regenerationsfähig. Es müssen daher Mittel und Wege gefunden werden, welche es ermöglichen, die infolge der Schädigung ausgefallenen Funktionen des Zentralnervensystems künstlich auszugleichen. Dabei spielen Elektrizität und Technik eine ganz wesentliche Rolle. Seit den bereits angesprochenen Forschungen Galvanis über die Wirkung von Elektrizität auf einen abgetrennten Froschschenkel, beschäftigte sich die Wissenschaft intensiv mit dem Zusammenspiel zwischen elektrischen Signalen, den Nerven und den verschiedenen Muskeln. Durch das gemeinsame Forschen von Medizin, Biologie, Elektrizität und Technik, sollte versucht werden eine gewisse Verschmelzung dieser Forschungsfelder zu erreichen.

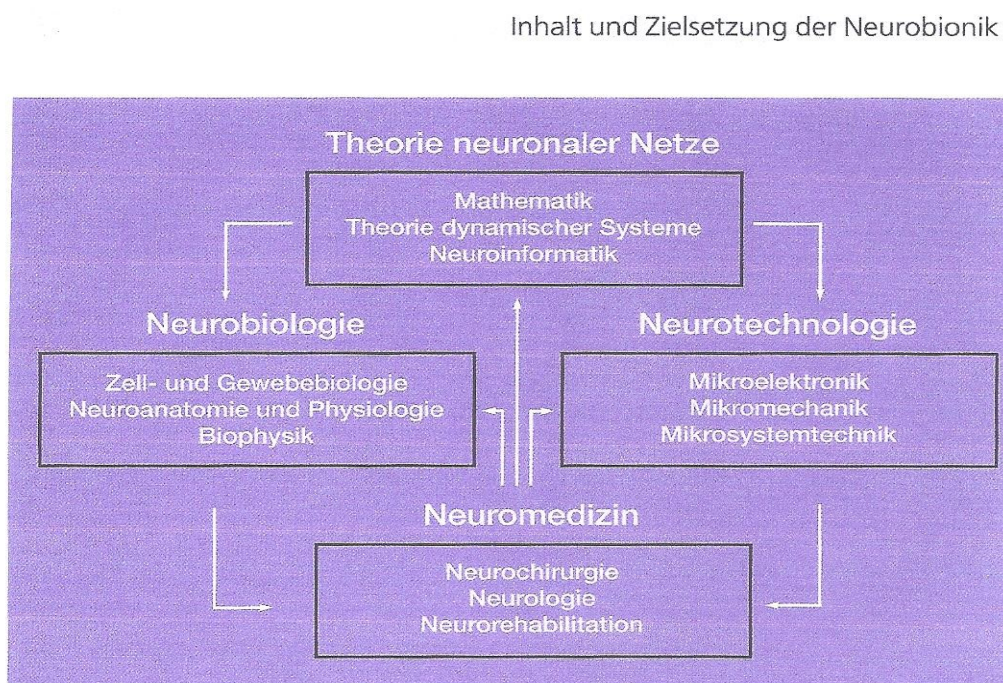
Wie bereits weiter oben ausgeführt, ist der Mensch, nach der vereinfachten Ansicht des französischen Aufklärers Julien de La Mettrie, nichts Anderes als eine komplex konstruierte, auf zwei Beinen stehende „emporgereckte Maschine“, die sich aus ihren physikalischen und chemischen Bestandteilen erklären lässt. Wenn man nun diese Meinung La Mettries weiterführen und mit den neuen, in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten Erkenntnissen der Verbindung von Mensch und Elektrizität in Einklang bringen würde, könnte es - hypothetisch gedacht - möglich werden, diese „emporgereckte Maschine“ zu einem „automatisierten Menschen“ weiter zu entwickeln. Die Medizinethik wird gefordert sein, solche oder ähnliche Entwicklungen zu beobachten und wenn nötig entsprechende Ethikgrundsätze auszuarbeiten.

Die Wissenschaft der Neurobionik kommt schon heute weit in die Nähe der Möglichkeit eine „künstliche Art von Menschen“ ins Leben zu rufen. Jedoch ist für viele Menschen das Wissen, dass künftig mit Hilfe eines technischen Eingriffs in das menschliche Gehirn, gleichzeitig seine Funktionalität verändert werden könnte, mit großem Unbehagen verbunden. Es sollte aber trotzdem das Ziel der Neurobionik bleiben, durch eine Verbindung zwischen biologischen und technischen Systemen, ausgefallene Funktionen des zentralen Nervensystems mit Hilfe künstlicher Funktionsträger zu ersetzen. Die Abbildung 17, zeigt dazu ein Blockbild über die Zusammenarbeit der Neurobionik mit verwandten Forschungsfeldern.

Festzuhalten ist noch, dass unzählige Experimente über die Wirkung von Elektrizität an Menschen und vor allem an Tieren, viele neue wissenschaftliche Erkenntnisse für den Bereich der Medizin mit sich brachten. Wobei jedoch an dieser Stelle in Bezug auf die Neurobionik

folgendes anzumerken ist: Aufgrund des einzigartig entwickelten menschlichen zentralen Nervensystems und der speziellen Art der Informationsverarbeitung des Gehirns, können Tierversuche grundsätzlich kaum eine Antwort auf Fragen geben, die bei Forschungen im Bereich der Neurobionik relevant wären.¹⁹⁴ Generell ist jedoch nicht zu vergessen, dass schon bisher einige positive Erfolge auf dem Gebiet der Neurobionik zu verzeichnen sind und für die Zukunft noch erwartet werden können. In dem problematischen Bereich der Medizin, natürliche Sinnesorgane künstlich zu ersetzen, sollen durch intensive Forschungen im wichtigen Teilgebiet der Neurobionik, der Neuroprothetik, neue Produkte Erleichterungen für die Patienten bringen, wie der nachfolgende Abschnitt aufzeigen soll.

Abbildung 17: Partnerschaften der Neurobionik ¹⁹⁵



Partnerwissenschaften der Neurobionik

Die neue Wissenschaftsdisziplin Neurobionik erfordert engste Zusammenarbeit verschiedener Forschungsbereiche, die sich in vier übergeordnete Bereiche einteilen lassen: Theorie neuronaler Netze, Neurobiologie, Neurotechnologie und Neuromedizin. Die Neuromedizin gibt die Ziele der Forschungsprojekte vor und korrigiert die Zwischenergebnisse im Hinblick auf das vorgegebene Endergebnis, die theoretischen Fächer schaffen die Grundlage für die Arbeit von Neurobiologie und Technologie, die Systeme zur klinischen Anwendung entwickeln und fertigen.

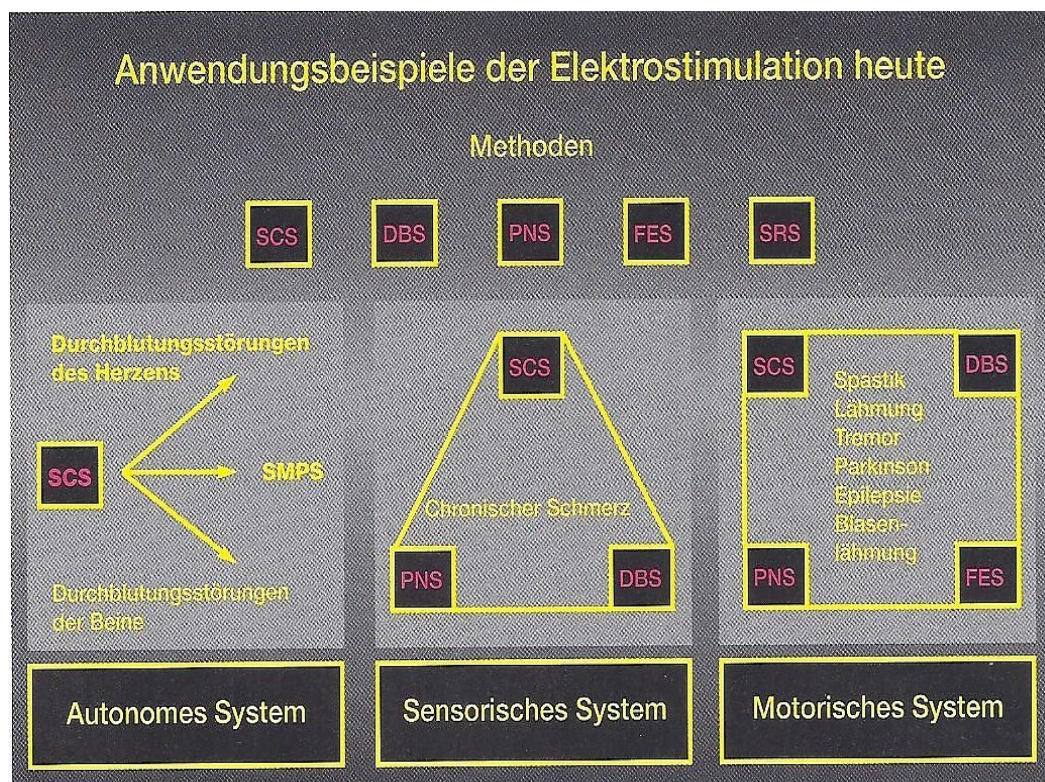
¹⁹⁴ Hans-Werner Bothe, Bedeutung von Tierversuchen in der Neurobionik, in: Johannes Caspar, Hans-Joachim Koch (Hrsg.), Tierschutz für Versuchstiere – Ein Widerspruch in sich? (Baden-Baden 1989), 140.

¹⁹⁵ Quelle: Hans-Werner Bothe, Michael Engel, Neurobionik. Zukunftsmedizin mit mikroelektronischen Implantaten. (Frankfurt am Main 1998), 45.

6.1. Neuroprothetik – Einsatzgebiet der Neurobionik

Bei den bisherigen Erfolgen, die in der Neurobionik bereits erreicht wurden, spielte die Elektrizität auch auf ihrem Teilgebiet der Neuroprothetik, eine entscheidende Rolle. Seit Jahrtausenden versuchen die Menschen abgetrennte Körperteile, oder wie heute ebenso verlorene Funktionen von Sinnesorganen, durch Prothesen zu ersetzen. Mit mechanischen-, elektro-mechanischen- und elektronischen Hilfen experimentiert man heute um gangbare Lösungen zu finden. Derzeit ist es möglich durch die Methode der elektrischen Stimulation (siehe Abb. 18), mittels mikroelektronischer Implantate, die im Bereich des Gehirns und der spiralen und peripheren Nerven eingesetzt werden, viele Krankheiten, Gebrechen und Schmerzen zu lindern, oder womöglich ganz auszuschalten.

Abbildung 18: Elektrostimulation heute.¹⁹⁶



¹⁹⁶ Quelle: Bothe, Engel, Neurobionik. Zukunftsmedizin mit mikroelektronischen Implantaten. 151.

Die folgenden Beispiele sollen ein Bild über einige der bisher möglichen Einsatzgebiete der Neuroprothetik vermitteln: Bereits vielfache Anwendung finden Retina-, Cochlea- und Herzschrittmacher-Implantate. Bei der Retina-Implantat Methode sollen, stark vereinfacht dargestellt, die unter die Netzhaut (Retina) implantierten Photodioden, Licht in elektrischen Strom umwandeln und den Sehnerv folglich reizen. Die entstandenen Impulse werden in das Gehirn geleitet, wo diese dann als Bild empfangen werden. Voraussetzung dafür ist allerdings ein intakter Sehnerv. Das Cochlea-Implantat übernimmt mit Hilfe von Elektroden, die im Innenohr eingesetzt werden, die Funktion der Hörzellen und ersetzt diese durch direkte Elektrostimulation der Nervenendigungen. Gut einsetzbar ist dieses Implantat bei einer Schädigung des Gehörs durch Krankheit oder Unfälle, jedoch ist bei völliger Beeinträchtigung des Hörnervs gegenwärtig keine Verbesserung zu erwarten.¹⁹⁷

Dass Nervenfasern als Stromleitung fungieren können wurde schon angesprochen. Diese Entdeckung hatten Wissenschaftler bei der Konstruktion und der Funktion eines Herzschrittmachers genützt. Dabei wird eine Elektrode in das Herz vorgeschoben, die dann bei entsprechend programmierter und gleichmäßiger elektrischer Stimulation eine Kontraktion des Herzmuskels auslöst. Die Taktfrequenz ändert sich dabei je nach körperlicher Aktivität. Elektrizität und Muskelreizung durch elektrischen Strom, ist vor allem auch für Querschnittsgelähmte ein überaus wichtiges Thema (Funktionelle Neuromuskuläre Stimulation – FNS). Die technischen Herausforderungen für einen funktionellen „Schrittmacher“ für Querschnittsgelähmte, sind freilich wesentlich komplizierter als für einen Herzschrittmacher. Im Gegensatz zum Herzschrittmacher, der für einen gleichmäßig rhythmischen Schlag des Herzmuskels sorgt, müssen beim „Schrittmacher“ für Querschnittsgelähmte, elektrische Stromimpulse (Reizungen) in variabler Stärke über Elektroden direkt auf die jeweils zu aktivierenden Muskelbereiche wirken. Verschiedene Bewegungsprogramme, wie Aufstehen oder Gehen, können auf Knopfdruck über einen Computer aktiviert werden.¹⁹⁸ Weitergehende Forschungen auf diesem Gebiet beschäftigen sich mit der „Funktionellen Elektrischen Stimulation“ (FES). Dabei sollen nicht die Muskeln Ansatzpunkt der Elektroden sein, sondern Nerven.

¹⁹⁷ Julia Wolf, Die Verbindung von Gehirn und Elektronik – Mögliche Konsequenzen und ethische Implikationen der Neurobionik, in: Christoph Herrmann, Michael Pauen, Jochem W. Rieger, Silke Schickelanz (Hg.), Bewusstsein. Philosophie, Neurowissenschaften, Ethik. (Paderborn 2005) 356.

¹⁹⁸ Julia Wolf, Die Verbindung von Gehirn und Elektronik, 359f.

Noch nicht so weit verbreitet und wesentlich komplizierter als die vorgenannten Implantate ist der Einsatz sogenannter Hirnschrittmacher, da hierzu die schon im Unterkapitel 4.4.2. dargestellte tiefe Hirnstimulation (THS) zur Anwendung kommt. Bei dieser Implantation werden programmierbare Elektroden in das Gehirn eingesetzt. Die individuelle Anpassung der elektronischen Stimulation an den Patienten wird mittels eines Computers und einem Sender vorgenommen. Gerade diese Möglichkeit der individuellen Anpassung lässt Stimmen laut werden, die befürchten, dass in Zukunft elektronische Gehirnstimulation auch mittels Fernsteuerung möglich gemacht werden könnte und damit ungewollte Bewusstseinsänderungen vorgenommen werden würden.¹⁹⁹ Auch derartige Überlegungen sind jedoch ein Thema für den bereits angesprochenen Bereich der Medizinethik.

Ein Blick auf die moderne Chirurgie soll dieses Kapitel vervollständigen. Auch in diesem medizinischen Fach ist die Elektrizität in ihren verschiedenen Erscheinungsformen nicht mehr wegzudenken. Eine beachtliche Rolle im Operationsaal spielt die Elektronik, die heute ebenfalls selbstverständlich geworden ist. Operative Eingriffe ohne den Einsatz von Elektronik, gleich in welcher Form, werde heute nur mehr in Sonderfällen durchgeführt.

Angesprochen sind im chirurgischen Bereich die unterschiedlichen elektromechanischen Systeme und zwar in Form eines Zusammenspiels zwischen Elektronik, Informationstechnik und Mechanik. Als Beispiel dient hier das Verfahren der Minimal-Invasiven Chirurgie (MIC). Es ist dies eine Operationsmethode, bei der das umliegende Gewebe nur minimal verletzt wird. Diese Operation wird mit einem speziellen langgestreckten Instrument mit eingebautem Endoskop vorgenommen und kann deshalb direkt auf einem Bildschirm übertragen werden.²⁰⁰

Hinweisen möchte ich zuletzt auch noch auf jene einfacheren Systeme, die auf Basis der Elektromechanik arbeiten. Diese stellen grundsätzlich gleichfalls eine Verbindung zwischen Elektronik und Mechanik dar, kommen aber nur in bestimmten medizinischen Geräten zum Einsatz: Beispielhaft dafür zu nennen sind jene technisch weniger komplizierten Geräte, die bei verschiedenen Druckmessungen eingesetzt werden, das sind in erster Linie die Augen-, Hirn- und Herzdruckmessgeräte.

¹⁹⁹ *Bothe, Engel*, Neurobionik. Zukunftsmedizin mit mikroelektronischen Implantaten. 162.

²⁰⁰ *Rossmann, Tropea*, Bionik. Aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaft. 394.

7. Zusammenfassung

Als die entscheidende Triebkraft, für die in dieser Arbeit untersuchte Entwicklung, ist die ab Ende des 18. Jahrhundert immer schneller voranschreitende Energietransformation anzusehen. Auslöser dafür war die Industrielle Revolution, die schließlich gegen Ende des 19. Jahrhunderts einer neuen Energieform, der Elektrizität, zum Durchbruch verholfen hatte. Im Zuge dieser Arbeit hat sich bestätigt, dass die Elektrizität mit ihren vielen differenten Erscheinungsformen, in der heutigen Medizin praktisch auf allen ihren Gebieten zum Einsatz kommt. Die Grundlage dafür lieferten jene Wissenschaftler, die im „langen“ 19. Jahrhundert bei ihren Forschungsarbeiten naturwissenschaftliche Erkenntnisse und medizinische Experimente miteinander zu verbinden suchten.

Mehrere Generationen von Wissenschaftlern widmeten sich bei ihren medizinischen Forschungen nicht nur der Erkundung des physischen Aufbaus des menschlichen Körpers, sondern versuchten parallel dazu Mittel und Wege zu finden um die unterschiedlichen Krankheiten und Gebrechen der Menschen zu heilen oder zumindest zu lindern. Gleichzeitig waren der Naturwissenschaft weiterführende Entdeckungen rund um die Elektrizität gelungen. Aus der Verbindung der Forschungsergebnisse der zwei Wissenschaftsfelder, resultierten dann die Möglichkeiten elektrischen Strom, sowie elektrische und magnetische Felder, auf dem breiten Feld der Medizin sinnvoll einzusetzen.

Aus den neuen Erkenntnissen, die Wissenschaftler und Forscher durch ihre Arbeit rund um das Thema Elektrizität gewinnen konnten, resultierten neue Möglichkeiten für die medizinische Weiterentwicklung. Die Verwendung von elektrischem Strom, sowie elektrischer und magnetischer Felder sind heute in den medizinischen Bereichen selbstverständlich geworden. Beispiele dafür sind: Das Fach der Diagnostik, die Beschleunigung von Heilungsprozessen durch effektivere Therapien und nicht zuletzt die chirurgischen Erfolge durch neue Operationstechniken, die heute mit Hilfe von mit neuester Elektronik ausgestatteter chirurgischer Geräte ausgeführt werden können.

Zwei Protagonisten, der mährische-österreichische Wissenschaftler Georg Prochaska und der deutsche Forscher Emil du Bois-Reymond, hatten einen Hauptteil ihrer Arbeit der Verbindung von Naturwissenschaft und Medizin gewidmet. Durch ihre Forschungserfolge hatten sie einen großen Anteil an der Schaffung jener Grundlagen, die für den Aufbau der heutigen

„elektrifizierten“ Medizin erforderlich waren. Aufgrund ihrer wissenschaftlichen Vielseitigkeit und ihrer detaillierten experimentellen Arbeitsweise konnten Prochaska und Bois-Reymond wesentlich zur Erforschung des Muskel- und Nervenstromes beitragen.

Es ist zu erwarten, dass Elektrizität in der Medizin zukünftig noch eine weit größere Rolle als schon bisher spielen wird. Grund dafür ist die Weiterentwicklung der Neurobionik, deren Stellenwert in der heutigen Medizin bereits sehr hoch ist. Vor allem für Menschen mit Querschnittslähmung oder mit neurologischen Ausfällen im Gehirn, sind auf dem Gebiet der Neurobionik noch viele richtungsweisende Forschungserfolge zu erwarten, die für eine große Anzahl von Patienten eine wesentliche Erleichterung bei der Bewältigung ihres täglichen Lebens bringen könnten.

Noch ein paar Anmerkungen zum Exkurs zum Thema „Medizin und Elektrizität im Ersten Weltkrieg: Dieser Exkurs sollte speziell die Anwendungen und die Auswirkungen der Elektrotherapie an physisch und psychische belasteten Kriegsteilnehmern veranschaulichen. Einerseits war aufzuzeigen, welche positiven Auswirkungen diese innerhalb mehrerer Jahrzehnte entstandene enge Verbundenheit zweier Forschungsgebiete und die daraus resultierenden elektro-therapeutischen Möglichkeiten, auch für das militärische Gesundheitswesen mit sich gebracht hatten. Andererseits jedoch ist nicht zu vergessen und es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Elektrotherapie, sei es infolge von Unwissenheit oder eines sorglosen Umgangs mit ihren gebotenen Möglichkeiten, sei es aber auch durch wissentlichen Missbrauch, im Zuge ihrer Anwendung, doch auch eine zum Teil negative Entwicklung genommen hatte. Deshalb wurde dieser Therapieform mitunter auch zurecht mit großem Misstrauen begegnet.

Mit einem kurzen Auszug aus einem Buch aus dem Jahr 1804, mit dem Titel „Galvanische und elektrische Versuche an Menschen- und Tierkörpern“, soll noch einmal an den Ausgangspunkt dieser Arbeit erinnert werden. Es ist dies eine zusätzliche Quelle die erneut erkennen lässt, wie sich eine Generation von Forschern zu Beginn des 19. Jahrhunderts dem Thema der Erforschung einer Verbindung zwischen Lebewesen und Elektrizität annäherte. Mit Hilfe von vielen Experimenten und Untersuchungen und nach vielen theoretischen Annahmen, konnte letztendlich eine Beziehung zwischen Lebewesen und Elektrizität auf der einen Seite und der Medizin auf der anderen Seite hergestellt werden.

Zur Illustration dient dazu die Erwähnung eines Ausschnittes aus der ersten Abteilung „Versuche mit der Voltaschen Säule“ des oben genannten Buches. In diesem Absatz wird über medizinische Experimente mit menschlichen Körpern unter anderem folgendes berichtet:

„Am Tage der Hinrichtung der zwanzig Verbrecher (...), versammelten wir uns in der Hütte, (...), um alles, was zu den Versuchen erfordert wurde, vorzubereiten. Wir errichteten zu diesem Ende zwei aus Kupfer, Zink und in Salmiakwasser getauchten Tuchlagen bestehende Säulen. (...).

Versuche mit dem ersten Körper.

Unter diesen Umständen, als die grössere der beiden Säulen bereits zwei, die kleinere anderthalb Stunden gestanden hatte, erhielten wir den ersten Körper ungefähr in der vierten Minute nach der Hinrichtung. (...).“²⁰¹

Wie man dem kurzen Text entnehmen kann, waren dies die ersten Versuche von experimentierfreudigen Forschern und Wissenschaftlern, die Anfang des 19. Jahrhunderts mit großem Interesse begannen, das Verhalten und etwaige Veränderungen des menschlichen Körpers unter Einwirkung von Elektrizität zu ergründen und die dabei gewonnenen Erkenntnisse für die Nachwelt aufzuzeichnen.

²⁰¹ Franz Joseph Wittmann, Joseph Wenzel, Galvanische und elektrische Versuche an Menschen- und Thierkörpern, (Frankfurt am Main 1804)

8. Glossar

An dieser Stelle werden einige grundsätzliche Definitionen und Erklärungen, die überwiegend aus dem Bereich der Elektrizität stammen, der Arbeit angefügt. Mit Hilfe dieser Erläuterungen und Begriffsbestimmungen soll für die Leser eine allgemein bessere Verständlichkeit und Lesbarkeit des Textes erreicht werden.

Anhang 1 - Definitionen:

- Allgemein: Energie ist die Fähigkeit eines Systems Arbeit zu leisten (z.B. etwas zu bewegen, zu erwärmen oder zu kühlen)
- Elektrische Energie: Eine Energieform, die mit Elektrizität übertragen wird und die in einem Kondensator (elektrischer Energiespeicher) gespeichert werden kann.
- Elektrizität (Statische Elektrizität) ist die Ursache elektrischer Erscheinungen, hervorgerufen durch einen Spannungszustand, der durch Reibung (Reibungselektrizität), durch chemische Vorgänge (Berührungselektrizität) oder durch Änderung eines magnetischen Feldes (Induktionselektrizität) entsteht.
- Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge): Kann durch Reibung entstehen. Dabei entsteht entweder Elektronenmangel (positive Ladung) oder ein Elektronenüberschuss (negative Ladung). Negative (Elektronen) und positive (Protonen) Elementarteilchen sind elektrische Ladungsträger.
- Elektrische Spannung (U): Zwischen zwei Punkten mit unterschiedlicher elektrischer Ladung besteht eine elektrische Spannung, die bestrebt ist sich auszugleichen und daher die Ursache für den elektrischen Stromfluss ist.
- Elektrischer Strom (I): Beschreibt die Bewegung der elektrischen Ladungsträger beim Ausgleich der elektrischen Spannung, die wiederum die Ursache von magnetischen Feldern ist. Durch die beschleunigte Bewegung elektrischer Ladungsträger werden elektromagnetische Felder erzeugt.
- Elektrisiermaschine: Vorrichtung zur Erzeugung statischer Elektrizität durch mechanische Arbeit (z.B. Reibung durch Kurbelbewegungen, siehe Kapitel 3.2.).

- Elektroskop: Gerät zur Bestimmung der elektrostatischen Verteilung des elektrischen Feldes. (Nadelelektroskop nach Gilbert)
- Elektroden: Elektrisch leitende Teile (Metall oder Graphit), die zwischen zwei Medien ein elektrisches Feld erzeugen. In der Medizin z.B. bei der Elektrodiagnostik und zur Reizstromtherapie angewendet.
- Elektrodynamik ist die Lehre von der Wirkung von elektrischen Strömen aufeinander. Sie befasst sich mit dem Gesamtgebiet der elektrischen und magnetischen Erscheinungen.
- Elektromagnetismus ist die Beziehung zwischen Magnetismus und Elektrizität. Dabei bewirkt die Bewegung elektrischer Ladungsträger, Veränderungen im elektrischen- und im magnetischen Feld. (künstlicher Magnetismus, zum Unterschied des natürlichen Magnetismus des Magneteisensteines). / Magnetismus:
- Elektromagnetische Wellen, sind wellenförmige, sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitende, räumliche und zeitliche periodische Änderungen von elektromagnetischen Felder.
- Faradisation: Verfahren in der Elektrotherapie bei dem Strom mit niedriger oder höherer Frequenz und kurzen Impulsen zur Anwendung kommt. (unterbrochener und gewendeter Gleichstrom).
- Galvanisation: Anwendung eines elektrischen Stromes konstanter, d.h. gleichbleibende Polspannung und Richtung (Gleichstrom) in der Elektrotherapie.
- Galvanometer: Ein elektromechanisches Gerät zur Strommessung. Strom erzeugt eine mechanische Drehbewegung, die einen Stromanzeiger bewegt.
- Gleichstrom / Wechselstrom: Elektrischer Gleichstrom ändert weder Richtung noch Stärke, dagegen ändert Wechselstrom seine Richtung periodisch.
- Hochfrequenzspule: Ist ein elektrisches Bauelemente, dass bei Stromdurchfluss ein Magnetfeld erzeugt. Für die unter anderem in der Medizintechnik eingesetzten Hochfrequenzspulen, werden zur Erzielung sehr hoher Frequenzen besondere Materialien eingesetzt und Spulen mit speziellen Drahtwickelformen verwendet.
- Magnetismus ist eine physikalische Grundkraft, die sich als Kraftwirkung zwischen Magneten und bewegten elektrischen Ladungen zeigt.

- Multiplikator: Galvanometer mit vielen Drahtwindungen. Kraft des Stromes wird dadurch multipliziert und es können auch geringe Stromstärken angezeigt werden.
- Technik – Definition nach dem deutschen Technikphilosophen und Technikhistoriker Günter Ropohl (1939 – 2017).

„Technik umfasst:

- a) die Menge der nutzenorientierten, künstlichen gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- b) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und
- c) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“²⁰²

²⁰² *Weitensfelder*, Technologische Entwicklungen, In: Marcus *Cerman*, Franz X. *Eder*, Peter *Eigner*, Andrea *Komlosy*, Erich *Landsteiner*, Wirtschaft und Gesellschaft. Europa 1000 – 2000, 161.

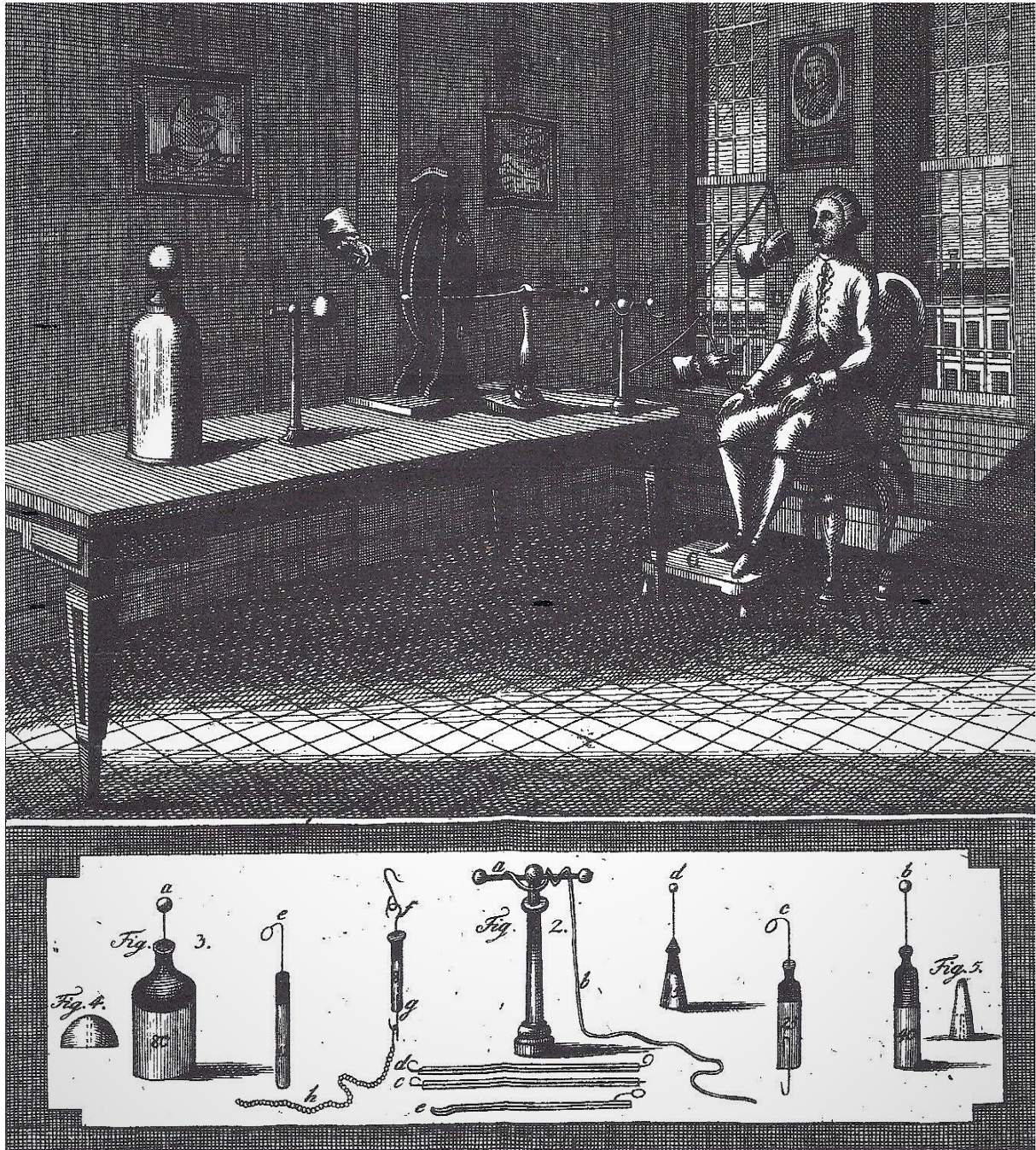
Anhang 2:

- Schaltsymbole für elektrische Anlagen. Verwendet in Schaltungsschemata zur Darstellung von Verbindungen zwischen Dynamomaschinen, Batterien, Schaltapparaten, Leitungsnetzen und Stromverbrauchern (z.B. Lampen).²⁰³

	= Feste Glühlampe.		= Nach oben führende Steigleitung.
	= Bewegliche Glühlampe.		= Nach unten führende Steigleitung.
	= Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).	BC	= Blanker Kupferdraht.
	= Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).	BE	= Blanker Eisendraht.
Obige Zeichen gelten für die Glühlampen jeder Kerzenstärke, sowie für Fassungen mit und ohne Fahn.		[GB	= Gummibanddraht.]
	= Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6) in Ampère.	GA	= Gummiaaderdraht.
	= Dynamomaschine, bezw. Elektromotor jeder Stromart mit Angabe der höchsten zulässigen Beanspruchung in Kilowatt.	[MB	= Mehrfach-Gummibandleitung.]
	= Akkumulatoren.	MA	= Mehrfach-Gummiaaderleitung.
	= Wandfassung, Anschlußdose.	PA	= Panzerader.
	= Einpoliger, bezw. zweipoliger, bezw. dreipoliger Umschalter mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (6) in Ampère.	[FA	= Fassungsader.]
	= Umschalter, bezgl.	[SB	= Gummibandschnur.]
	= Sicherung (an der Abzweigstelle).	SA	= Gummiaaderschnur.
	= Widerstand, Heizapparate u. dgl. mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (10) in Ampère.	[PL	= Pendelschnur.]
	= Dgl., beweglich angeschlossen.	KB	= Blanke Kabel.
	= Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt (7.5).	KA	= Asphaltierte Kabel.
	= Drosselspule.	KE	= Eisenarmierte Kabel.
	= Blitzschutzvorrichtung.	(g)	= Verlegung auf Isolierglocken.
	= Spannungssicherung.	(r)	= Verlegung auf Rollen oder Ringen.
	= Erdung.	(k)	= Verlegung auf Klemmen.
	= Blitzpfad.	(o)	= Verlegung in Röhren.
	= Holzmast.	(f)	= Schutz durch Eisen.
	= Eisenmast.	(l)	= Schutz durch isolierende Bekleidung.
	= Zweileiter- bezw. Dreileiter- oder Drehstromzähler mit Angabe des Meßbereiches in Kilowatt (5, bezw. 20).	(n)	= Schutznetz.
	= Zweileiterschalttafel.	(e)	= Schutz durch Erdung.
	= Dreileiterschalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.	NB! Die mit [] eingeklammerten Zeichen kommen für Hochspannungsanlagen nicht in Betracht, dagegen finden für diese Anlagen noch folgende Bezeichnungen Verwendung:	
	= Einzelleitung.	SGA 3000	= Spezial-Gummiaaderleitung mit Angabe der Betriebsspannung (3000 V).
	= Ein- und Rückleitung.	SMA 1500	= Mehrfach-Spezial-Gummiaaderleitung mit Angabe der Betriebsspannung (1500 V).
	= Dreileiter- o. Drehstromleitung.	SPA 3000	= Spezial-Panzerader mit Angabe der Betriebsspannung (3000 V).
	= Fest verlegte Mehrfachleitung jeder Art.		

²⁰³ Hoppe (Hg.), Lexikon der Elektrizität und Elektrotechnik, 772f.

Anhang 3: Anordnung der für eine Elektrisierungs-Therapie notwendigen technischen Bestandteile ²⁰⁴



²⁰⁴ Wilhelm von Barneveld, *Medizinische Elektrizität*, (Leipzig 1787), Anhang Tafel III.

9. Quellennachweise

9.1. Primärliteratur

Wilhelm von *Barneveld*, Medizinische Elektrizität, (Leipzig 1787)

Moriz *Benedikt*, Elektrotherapie, (Wien 1868)

Emil Du *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1, Teil 1, (Nachdr. d. Ausg. Berlin 1848. Hildesheim 2013)

Emil Du *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 1, Teil 2, (Nachdr. d. Ausg. Berlin 1848. Hildesheim 2008)

Emil Du *Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Band 2, Teil 2, (Nachdr. d. Ausg. Berlin 1884. Hildesheim 2008)

H. *Boruttau*, Die Elektrizität in der Medizin und Biologie, (Wiesbaden 1906)

Burkard *Eble*, Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800 – 1825, (Wien 1836)

Heinrich *Faßbender*, Die Technischen Grundlagen der Elektromedizin, (Braunschweig 1916)

Wilhelm *Fechner*, Die Anwendung der Elektrizität in der Medizin bei Nervenleiden, Gehirn- und Rückenmarks-Krankheiten: populäre Darstellung mit Holzschnitten, (Berlin 1885)

J. Jakob *Hemmer*, Anleitung Wetterleiter an allen Gattungen von Gebäuden, (Offenbach am Mayn 1786)

Christian Gottlieb *Kratzenstein*, Abhandlungen von dem Nutzen der Elektricität in der Arzneywissenschaft, (Halle 1745)

Karl Gottlob *Kühn*, Geschichte der medizinischen und physikalischen Elektricität und der neuesten Versuche, (Leipzig 1783)

Karl Gottlob *Kühn*, Die neuesten Entdeckungen in der physikalischen und medizinischen Elektrizität, (Leipzig 1796)

Rudolf *Lewandowski*, Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde, (Wien 1883)

Rudolf *Lewandowski*, Elektrodiagnostik und Elektrotherapie einschliesslich der physikalischen Propädeutik für Praktische Ärzte, (Wien 1892)

Ernst *Lüdemann*, Die Nerven: ihr Wesen, ihre Gesunderhaltung, Heilung des erkrankten Nervensystems, (München 1928)

Friedrich Anton *Mesmer*, Karl Christian *Wolfart* (Hg.), Mesmerismus. Oder System der Wechselwirkungen, Theorie und Anwendung des thierischen Magnetismus als die allgemeine Heilkunde zur Erhaltung des Menschen, (Berlin 1814)

John Stuart *Mill*, Dieter *Birnbacher* (Hg.), Der Utilitarismus, (Stuttgart 2000, engl. 1861/71)

Georg *Prochaska*, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, (Erster Band, Wien 1797, 2. Auflage 1802)

Georg *Prochaska*, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, (Zweiter Band, Wien 1797, 2. Auflage 1802)

Georg *Prochaska*, Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes und dessen Anwendung auf die Thätigkeiten der organischen und unorganischen Körper, mit einem Rückblick auf den thierischen Magnetismus, (Wien 1815)

Georg *Prochaska*, Physiologie oder Lehre von der Natur des Menschen, (Wien 1820)

Ignaz *Richter*, Lehrbuch der Physik, (Wien 1895)

P. Karl *Robida*, Magnetismus. Fortsetzung und Dchluss der Vibatrions-Theorie der Elektrizität, (Klagenfurt 1858)

George John *Singer*, Elemente der Elektrizität und Elektrochemie, (Breslau 1819)

Karl *Sundelin*, Anleitung zur medizinischen Anwendung der Elektrizität und des Galvanismus, (Berlin 1822)

Franz Joseph *Wittmann*, Joseph *Wenzel*, Galvanische und elektrische Versuche an Menschen- und Thierkörpern, (Frankfurt am Main 1804)

Karl Christian *Wolfart*, Erläuterungen zum Mesmerismus, (Berlin 1815)

Hugo *Ziemssen*, Die Elektrizität in der Medizin. Studien, (Berlin 1857)

9.2. Sekundärliteratur

Erwin H. *Ackerknecht*, Geschichte der Medizin, (Stuttgart 1986)

Henning *Beck*, Sofia *Anastasiadou*, Christopher *Meyer zu Reckendorf*, Faszinierendes Gehirn, (Berlin, Heidelberg 2016)

Robert O. *Becker*, Der Funke des Lebens. Elektrizität und Lebensenergie, (Bern, Wien 1991)

Lea *Benirschke*, The Influence of Electricity on Socio-Economic Development, (Wien 2010)

Paola *Bertucci*, Giuliano *Pancaldi* (Hg.), Electric Bodies. Episodes in the history of medical electricity, (Bologna 2001)

Johanna *Bleker*, Heinz-Peter *Schmiedebach* (Hg.), Medizin und Krieg. Vom Dilemma der Heilberufe 1865 bis 1985, (Frankfurt am Main 1987)

Hans-Werner *Bothe*, Michael *Engel*, Neurobionik. Zukunftsmedizin mit mikroelektronischen Implantaten, (Frankfurt am Main 1998)

Samuel N. *Brajnes*, Probleme der Neurokybernetik und Neurobionik, (Stuttgart 1970)

Johannes *Caspar*, Hans-Joachim *Koch* (Hg.), Tierschutz für Versuchstiere – Ein Widerspruch in sich? (Baden-Baden 1998)

Wolfgang *Brune*, Energie als Indikator und Promotor wirtschaftlicher Evolution, (Stuttgart 1998)

Markus *Cerman*, Franz X. *Eder*, Peter *Eigner*, Andrea *Komlosy*, Erich *Landsteiner*, Wirtschaft und Gesellschaft. Europa 1000 – 2000, (Wien 2011)

Deutscher Ethikrat, Der steuerbare Mensch? Über Einblicke und Eingriffe in unser Gehirn, (Berlin 2009)

Peter *Düweke*, Kleine Geschichte der Hirnforschung. Von Descartes bis Eccles, (München 2001)

Martin *Dresler* (Hg.) Kognitive Leistungen. Intelligenz und mentale Fähigkeiten im Spiegel der Neurowissenschaften, (München 2010)

Wolfgang U. *Eckart*, Illustrierte Geschichte der Medizin. Von der französischen Revolution bis zur Gegenwart, (Berlin, Heidelberg 2011)

Wolfgang U. *Eckart*, Medizin und Krieg. Deutschland 1914 – 1924, (Paderborn 2014)

Barbara *Elkeles*, Der moralische Diskurs über das medizinische Menschenexperiment im 19. Jahrhundert, (Stuttgart, New York 1996)

Andreas *Frewer*, Josef Neumann (Hg.), Medizingeschichte und Medizinethik. Kontroversen und Begründungsansätze 1900 – 1950, (Frankfurt/Main 2001)

Heinz *Goerke*, Medizin und Technik. 3000 Jahre ärztliche Hilfsmittel für Diagnostik und Therapie, (München 1988)

Hans *Göpfert*, Die Beeinflussung des ärztlichen Handelns durch die Entwicklung der Naturwissenschaften seit Entdeckung der Elektrizität mit besonderer Berücksichtigung der physikalischen Therapie, (München 1938)

W. O. *Henderson*, Die Industrielle Revolution. Europa 1780 – 1914, (Wien 1969)

Christoph *Herrmann*, Michael *Pauen*, Jochem W. *Rieger*, Silke *Schicketanz* (Hg.), Bewusstsein. Philosophie, Neurowissenschaften, Ethik, (Paderborn 2005)

Hans-Georg *Hofer*, Nervenschwäche und Krieg. Modernitätsbewältigung und Krisenbewältigung in der österreichischen Psychiatrie (1880 – 1920), (Köln, Weimar 2001)

Rüdiger *Kramme* (Hg.), Medizintechnik. Verfahren – Systeme – Informationsverarbeitung, (Berlin, Heidelberg 2011)

Peter *Kriedte*, Hans *Medick*, Jürgen *Schlumbohm*, Industrialisierung vor der Industrialisierung, (Göttingen 1978)

Paul *Laurentius*, Geschichte der Krankenbehandlung mittels Elektrizität, (Krefeld 1936)

Karl-Heinz *Leven*, Geschichte der Medizin. Von der Antike bis zur Gegenwart, (München 2008)

Erna *Lesky*, Die Wiener medizinische Schule im 19. Jahrhundert, (Graz 1978)

Helmut *Lindner*, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, (Reinbek bei Hamburg 1985)

Erhard *Oeser*, Geschichte der Hirnforschung. Von der Antike bis zur Gegenwart, (Darmstadt 2002)

- James L. *Oschman*, Energiemedizin: Konzepte und ihre wissenschaftliche Begründung, (München 2009)
- Roger *Penrose*, Computerdenken. Die Debatte der künstlichen Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik, (Heidelberg, Berlin 2002)
- Klaus *Plitzner* (Hg.), Elektrizität in der Geistesgeschichte, (Bassum 1998)
- Edward M. *Purcell*, Elektrizität und Magnetismus, (Braunschweig 1979)
- Joachim *Radkau*, Das Zeitalter der Nervosität, Deutschland zwischen Bismarck und Hitler, (München, Wien 1998)
- Michael *Riss*, Heilung durch Strom. Geschichte der Elektrotherapie und ihrer Geräte, Diss. (Wien 2014)
- Torsten *Rossmann*, Cameron *Tropea*, Bionik. Aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaft, (Berlin 2005)
- Helmut *Ruck*, Christian *Fell*, Gas. Energie für Wien, (Wien 2009)
- Wolfgang *Schmale*, Renate *Zedinger*, Josephinismus – eine Bilanz, Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft zur Erforschung des achtzehnten Jahrhunderts, Bd. 22, (Bochum 2008)
- Dieter *Schott*, Energie und Stadt in Europa. Von der vorindustriellen Holznot bis zur Ölkrise der 1970er Jahre. Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte – Beihefte, Band 135, (Stuttgart 1997)
- Alexander *Sigelen*, Vom Aderlass zum Nanoskop. Eine Geschichte der Medizintechnik, (Berlin 2018)
- Rolf Peter *Stieferle*, Der unterirdische Wald. Energiekrise und industrielle Revolution, (München 1982)
- Julius von *Wagner-Jauregg*, L. *Schönbauer*, (Hg.) M. *Jantsch* (Hg.) Lebenserinnerungen, (Wien 1950)
- Hanna *Zell*, Dissertation, Luftverschmutzung, Feinstaub und Schwefeldioxid: Szientometrische Analyse, (Berlin 2011)

9.3. Enzyklopädien

Werner E. *Gerabek*, Bernhard D. *Haage*, Enzyklopädie der Medizingeschichte, (Berlin 2007)

Fritz *Hoppe* (Hg.), Lexikon der Elektrizität und Elektrotechnik, (Wien, Leipzig 1905/1906)

K. W. G. *Kastner* (Hg.), Archiv für die gesamte Naturlehre, (Nürnberg 1828)

Johann Friedrich *Pierer*, Allgemeine Medizinische Annalen des neunzehnten Jahrhunderts, (Leipzig 1830)

Theodor *Puschmann*, Handbuch der Geschichte der Medizin, Erster Band, (Jena 1902)

Theodor *Puschmann*, Handbuch der Geschichte der Medizin, Zweiter Band, (Jena 1903)

Constant von *Wurzbach*, Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich, Band 23, (Wien 1872)

„Vollständige Bibliothek oder enzyklopädisches Real-Lexikon der gesammten theoretischen und praktischen Homöopathie zum Gebrauch für Aerzte, Wundärzte, Studierende, Apotheker und alle gebildete Richtärzte.“ Zweiter Band. (Leipzig 1836)

9.4. Internet Links

David *Cohen*, Magnetoencephalography: Evidence of Magnetic Fields. Produced by Alpha-Rhythm Currents. (Copyright 1968 by the American Association for the Advancement of Science) <http://davidcohen.mit.edu/publications> - aufgerufen am 31.10.2017.

David *Cohen*, Magnetoencephalography: Detection of the Brain's Electrical Activity with a Superconducting Magnetometer. (Copyright 1972 by the American Association for the Advancement of Science) <http://davidcohen.mit.edu/publications> - aufgerufen am 31.10.2017.

Echo - Cultural Heritage online: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/EchodocuView?url=permanent/vlp/lit63/index.meta&start=1&viewMode=image> - Katalog und Erläuterungen der Elektrizitätsgesellschaft „*Sanitas*“, Hilfsapparate für Galvanisation, Faradisation, Elektrolyse, Kataphoresis, Kaustik, Endoskopie. Akkumulatoren-Batterien und Stromapparate. (Berlin 1908) aufgerufen Oktober 2018.

Sigmund *Freud*, über Kriegsneurosen, Elektrotherapie und Psychoanalyse. Ein Auszug aus dem Protokoll des Untersuchungsverfahrens gegen Wagner-Jauregg im Oktober 1920, aufgerufen im September 2018.

Informationsdienst Wissenschaft e.V. -idw- in Bayreuth, <http://www.idw-online.de/>, Pressemitteilung vom 14.10.1998: „Spinner, Weber und Maschinen, aufgerufen am 22.11.2018.

Kriegsneurotiker und Militärpsychiatrie im Ersten Weltkrieg, Ernst *Lüdemann*, Die Nerven, ihr Wesen, ihre Gesunderhaltung, ww1.habburger.net/de/themen/medizin-im-ersten-weltkrieg. Aufgerufen am 16.10.2018.

Otto *Lueger* (Hs.), Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften, (Stuttgart und Leipzig 1904 – 1920), www.zeno.org/Lueger-1904/L/Lueger-1904+Bd.+01, aufgerufen November 2018.

Medica Magazin, Interview Prof. Michael Nitsche, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung, TU Dortmund vom 3.12.2018. https://www.medica.de/cgi-bin/md_medica/lib/pub/tt.cgi/Hirnstimulation_Behandlung_durch_Strom_und_Magnetfelder.html?oid=93338&lang=1&ticket=g_u_e_s_t, aufgerufen am 15.12.2018.