

J. KOWARSHIK

DIE DIATHERMIE

DRITTE AUFLAGE

DIE DIATHERMIE

VON

DR. JOSEF KOWARSCHIK

PRIMARARZT UND VORSTAND DES INSTITUTES FÜR PHYSIKALISCHE
THERAPIE IM KAISER-JUBILÄUMS-SPITAL DER STADT WIEN

DRITTE
VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE AUFLAGE

MIT 89 TEXTFIGUREN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH
1921

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.

COPYRIGHT 1921 BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER, BERLIN 1921
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 3RD EDITION 1921

ISBN 978-3-662-27576-4 ISBN 978-3-662-29063-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-29063-7

Geleitwort.

Als dieses Buch im Jahre 1913 zum erstenmal erschien, war es die erste zusammenfassende Darstellung der Diathermie. Ich habe damals alles, was bis zu dieser Zeit in verschiedenen Zeitschriften zerstreut über die neue Heilmethode erschienen war, gesammelt, um es im Verein mit dem Ergebnis meiner eigenen Arbeiten in einer geschlossenen Form der Öffentlichkeit zu übergeben. Daß dieses Unternehmen nicht der Berechtigung entbehrte, zeigte mir der Erfolg des Buches, daß in weniger als einem Jahre vergriffen, bereits im April 1914 in zweiter Auflage erscheinen konnte. In den nun folgenden Jahren des Krieges fand die Diathermiebehandlung, die anfänglich mit großer Zurückhaltung aufgenommen worden war, allgemeine Verbreitung und Wertschätzung. Die Ärzte sahen ihre Erfolge in den Spitälern und Lazaretten und mußten die Bedeutung der bisher unbekanntenen Möglichkeit, Wärme in beliebiger Körpertiefe zu erzeugen, anerkennen. So kam es, daß die Diathermie sich heute durch die überzeugende Kraft ihrer Leistungen einen dauernden Platz in der Reihe unserer therapeutischen Methoden gesichert hat.

Seit Beginn des Krieges und damit seit dem Erscheinen der zweiten Auflage sind sieben inhaltsschwere Jahre verlossen. Die Monographie war seit langem im Buchhandel nicht mehr erhältlich. Andere Arbeiten hinderten mich, sie neu zu verlegen. Dies die Gründe, die das verzögerte Erscheinen des Buches bedingen und die es gleichzeitig erklären, daß es seine Gestalt so völlig verändert hat.

Von allen Teilen hat der erste über die Physik der Diathermie die verhältnismäßig geringsten Änderungen erfahren. Einige Streichungen theoretisch-physikalischer Ausführungen, die mir nicht unbedingt notwendig erschienen, schafften Raum für eine kurze Besprechung der Elektronenröhre, ohne daß der Umfang des Abschnittes selbst vergrößert werden mußte. Weitgehendere Änderungen erforderte die Beschreibung des Instrumentariums, um dem derzeitigen Standpunkt der Apparatenfabrikation gerecht zu werden. Die ärztliche Technik der Diathermie, das ist das Anlegen der Elektroden, die Dosierung des

Stromes, seine Lokalisation auf bestimmte Körperteile habe ich noch ausführlicher als früher behandelt, in der Erkenntnis, daß gerade hier am meisten gefehlt wird. Ein neu hinzugekommener Absatz über die am häufigsten vorkommenden Betriebsstörungen und ihre Behebung dürfte dem Anfänger willkommen sein. Die Besprechung der physiologischen Wirkungen der Diathermie bedurfte nur einiger Ergänzungen, der Abschnitt der therapeutischen Anzeigen dagegen machte eine völlige Umarbeitung notwendig, da die Erfahrungen der letzten Jahre manches neue gelehrt und manches alte richtig gestellt haben. Auch die chirurgische Diathermie schien mir einer neuen erweiterten Darstellung bedürftig. Fassen wir das alles zusammen, so ergaben sich nicht unwesentliche Veränderungen und, wie ich hoffen will, auch Verbesserungen.

J. Kowarschik.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung.	
Der Begriff der Diathermie	1
Die Geschichte der Diathermie	2
Die Stellung der Diathermie in der Thermo- und Elektrotherapie	5

Erster Teil.

Die Physik der Diathermie.

I. Allgemeines über Hochfrequenzströme (elektrische Schwingungen)	6
Der Begriff der elektrischen Schwingung	6
Der elektrische Schwingungskreis	11
II. Die Erzeugung von Hochfrequenzströmen	15
Die Erzeugung mittels Funkenstrecke	15
Die Erzeugung mittels Lichtbogen	21
Die Erzeugung mittels Glühkathode	22
III. Die Umwandlung von Elektrizität in Wärme	24
Die Umwandlung im Lichte der Elektronentheorie	24
Die Gesetze der Umwandlung	26
Die Bedeutung des elektrischen Widerstandes für die Erwärmung	27

Zweiter Teil.

Das Instrumentarium der Diathermie.

I. Der Diathermieapparat und seine Bestandteile	30
II. Diathermieapparate verschiedener Firmen	36
III. Die Hilfsapparate	38
IV. Die Elektroden	42

Dritter Teil.

Die Technik der Diathermie.

Einleitung	46
I. Die örtliche Diathermie	46
Das Anlegen, Befestigen der Elektroden u. a.	46
Die Lokalisierung der Wärme	48
Die Dosierung der Wärme	51
II. Die allgemeine Diathermie	54
Die allgemeine Diathermie mittels Kontaktelektroden	54
Die allgemeine Diathermie auf dem Kondensatorbett	57
III. Technische Störungen und Unfälle	59

Vierter Teil.

Die physiologischen Wirkungen der Diathermie.

I. Die fehlende Reizwirkung auf die motorischen und sensiblen Nerven	63
II. Die örtliche Wärmewirkung	66

	Seite
III. Die Wirkung auf das Blutgefäßsystem	70
IV. Die antibakterielle Wirkung	72
V. Die schmerz- und krampfstillende Wirkung	74
VI. Die Wirkung auf den örtlichen Stoffwechsel	76
VII. Die Wirkungen der allgemeinen Diathermie	79

Fünfter Teil.

Die therapeutischen Anzeigen der Diathermie.

I. Allgemeines über Anzeigen und Gegenanzeigen	87
II. Die Erkrankungen der Gelenke und Knochen	92
Anzeigen und Gegenanzeigen	92
Die Technik der Gelenksdiathermie	95
III. Die Erkrankungen der Muskeln	103
Die Myalgie	103
Die Verletzungen der Muskeln	104
IV. Die Erkrankungen des Nervensystems	104
Die Neuralgie und Neuritis	104
Tabes dorsalis	108
Erkrankungen des Zentralnervensystems anderer Art	109
Die Neurasthenie und andere Neurosen	110
V. Die Erkrankungen des Herzens und der Blutgefäße	111
Die Erkrankungen des Herzens	111
Die Arteriosklerose	113
Die Angioneurosen. Die Erfrierung	114
VI. Die Erkrankungen der Lunge, des Magens und Darmes	115
Die Erkrankungen der Lunge	115
Die Erkrankungen des Magens	117
Die Erkrankungen des Darmes	118
VII. Die Erkrankungen der Harnwege	119
Die Erkrankungen der Niere	119
Die Erkrankungen der Harnblase	120
VIII. Die Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane	120
Urethritis gonorrhoeica	120
Die Prostatitis	122
Die Epididymitis und andere Erkrankungen	123
IX. Die Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane	123
Anzeigen und Gegenanzeigen	124
Die Technik der Durchwärmung	125
X. Die Erkrankungen des Auges	127
Experimentelle Untersuchungen	127
Anzeigen und Gegenanzeigen	129
Die Technik der Augendiathermie	130
XI. Die Erkrankungen des Ohres	132

Anhang.

XII. Die Kombination von Diathermie und Röntgenbestrahlung	133
--	-----

Sechster Teil.

Die chirurgische Diathermie und ihre Anzeigen.

I. Die chirurgische Diathermie	135
II. Das Karzinom	141
III. Geschwülste der Harnblase und der Harnröhre	144
IV. Lupus vulgaris	146
V. Warzen, Naevi, Angiome u. a.	147
Literaturverzeichnis	150
Namen- und Sachverzeichnis	161

Einleitung.

Der Begriff der Diathermie.

Diathermie oder Thermopenetration nennt man ein Heilverfahren, bei dem Wechselströme hoher Frequenz durch den Körper oder Teile desselben geleitet werden, um die Wärme, welche diese Ströme auf ihrem Durchtritt durch das Gewebe erzeugen, therapeutisch auszunutzen.

Es ist eine seit langem bekannte Tatsache, daß jeder elektrische Strom den Leiter, welchen er passiert, erwärmt. Die Größe dieser Erwärmung ist neben anderem wesentlich von dem Widerstand abhängig, welchen der Leiter dem Durchtritt des Stromes entgegensetzt. Es geht gleichsam ein Teil der elektrischen Energie, unter Umständen selbst die ganze, in der Überwindung dieses Widerstandes als Wärme verloren. Wir betrachten diese Wärme analog unseren Vorstellungen aus der Mechanik als das Resultat einer Art von Reibung und nennen sie daher Reibungs- oder Widerstandswärme oder nach dem Engländer James Joule, der ihre Gesetze näher studierte, auch Joulesche Wärme. Sie verdankt ihre Entstehung einer Umwandlung von elektrischer in kalorische Energie.

Diese Joulesche Wärme wird in der Elektrotechnik vielfach praktisch verwertet. So beruht unsere elektrische Heizung und Beleuchtung durchwegs auf einer solchen Energieumwandlung. Es sind durch den Strom erhitzte Widerstände, welche bei den verschiedenen elektrischen Koch- und Heizapparaten ihre Wärme für praktische Zwecke abgeben, es ist die Widerstandswärme, welche den Faden unserer Glühlampen zu so starker Erwärmung bringt, daß er leuchtet, und es ist die gleiche durch den Widerstand bedingte Wärme, welche die Platinschlinge unseres Galvanokauters zur Rot- und zur Weißglut erhitzt. Dies nur einige Beispiele.

Auch der tierische Körper ist ein Leiter für Elektrizität. Wie steht es nun mit der Möglichkeit, lebendes Gewebe nach diesem Prinzip, aber wohlverstanden, nicht indirekt durch den Kontakt mit erhitzten Leitern, sondern direkt und unmittelbar durch den elektrischen Strom selbst zu erwärmen?

Die Verwirklichung dieses Problems scheiterte bis vor kurzem an der Tatsache, daß uns keine Stromart bekannt war, die für diesen Zweck geeignet gewesen wäre. Denn der Gleichstrom und der Wechselstrom von niederer Frequenz, wie ihn die Industrie und wie ihn ähnlich auch die Elektrotherapie für gewöhnlich verwenden, sind für das beabsichtigte

Ziel ganz und gar unbrauchbar. Die heftigen neuro-muskulären Reizerscheinungen, welche diese Ströme auslösen, gestatten nur die Verwendung von verhältnismäßig sehr kleinen Stromstärken; bei dem konstanten sind es wenige Milliampere, bei dem faradischen selten mehr als ein ganzes Milliampere, die wir therapeutisch anwenden. Zwar wird natürlich auch dabei Joulesche Wärme gebildet, doch ist diese entsprechend der geringen Stromstärke so geringfügig, daß sie praktisch nicht meßbar und therapeutisch bedeutungslos ist. In dem Maße als wir mit der Stromstärke in die Höhe gehen, steigt wohl auch die entwickelte Widerstandswärme; lange bevor wir jedoch eine merkbare thermische Wirkung zu erzielen imstande sind, gebieten uns die Schmerzempfindung der sensiblen und die Muskelreaktion der motorischen Nerven ein kategorisches Halt. Nur bei Stromstärken, welche bereits die schwerste Schädigung oder den Tod des Menschen herbeiführen, finden wir eine thermometrisch nachweisbare Erwärmung.

Dies illustrieren z. B. interessante Untersuchungen von Mc. Donald und Spitzka, welche im Rückenmarkskanal der durch Elektrokution Hingerichteten Temperaturen von 122° Fahrenheit, d. i. 50° Celsius, nachweisen konnten. Es wurde dabei das Rückenmark der Länge nach zwischen einer auf den Kopf und einer auf das Gesäß aufgelegten Elektrode durchströmt. Die zur Verwendung kommende Spannung betrug zwischen 1000—1500 Volt.

Wollen wir am lebenden und fühlenden Menschen eine Durchwärmung durch den elektrischen Strom ausführen, so bedürfen wir dazu einer Stromart, welche dieser schweren physiologischen Wirkungen, die den gewöhnlichen Strömen eigen sind, entbehrt. Nur ein Strom, der keine Schmerzempfindung, nur ein solcher, der keine Muskelzuckung auslöst, läßt sich in seiner Intensität so weit hinaufschrauben, daß er eine merkliche, eventuell therapeutisch verwertbare Wärmewirkung gibt.

Die Geschichte der Diathermie.

Eine Stromform, welche diese Bedingungen erfüllt, hat die Elektrotechnik in den Hochfrequenzströmen gefunden. Diese wurden zuerst von dem Ingenieur Nicola Tesla dargestellt als Wechselströme von außerordentlich raschem Richtungswechsel (Frequenz), verbunden mit einer Spannung bis zu mehreren hunderttausend Volt. Sie heißen in dieser Form daher auch Teslaströme. Solche Ströme wurden von dem französischen Physiologen Arsonval im Jahre 1892 für Heilzwecke empfohlen, weshalb ihre Anwendung in der Therapie den Namen Arsonvalisation erhalten hat.

Eine Reihe von auffallenden physikalischen Erscheinungen ist ihnen eigen, welche sie zur Erzielung glänzender Experimente verwerten lassen. Im Gegensatz dazu ist aber ihre Reizwirkung auf motorische und sensible Nerven überraschend gering. Wenn es auch eine oft wiederholte Übertreibung ist, daß ihnen eine solche überhaupt nicht zukommt, so ist doch ihre physiologische Wirkung in diesem Sinne unverhältnismäßig schwächer als die des gewöhnlichen Gleich- oder Wechselstromes. Infolgedessen können sie auch therapeutisch in ungleich größeren Stromstärken zur Anwendung kommen.

Bereits Tesla war es aufgefallen, daß sich unter der Einwirkung solcher Ströme bisweilen Körper deutlich erwärmen. Auch Arsonval machte die Beobachtung, daß sie bei der Anwendung am Menschen in bestimmter Versuchsanordnung und entsprechender Stromstärke eine nicht unbeträchtliche Erwärmung des durchströmten Gewebes zur Folge haben¹⁾. Diese Tatsache wurde im weiteren durch die Experimente von A. Cornu und J. Marey bestätigt²⁾.

Diesen Forschern und desgleichen allen jenen, welche später ähnliche Beobachtungen machten, lag jedoch der Gedanke vollkommen fern, diese Wärme, die sie wenigstens zum Teil als Widerstandswärme physikalisch richtig deuteten, therapeutisch auszunutzen. Arsonval selbst bezeichnete sie als lästige Nebenerscheinung (*une sensation de chaleur désagréable*)³⁾. Weder ihm noch den anderen Beobachtern kam die theoretische und praktische Bedeutung dieser Erscheinung zum Bewußtsein⁴⁾. Es verdient dies aus dem Grunde betont zu werden, weil heute von zahlreichen französischen Autoren (Delherm, Laquerrière, Doyen u. a.) die Diathermie als Erfindung Arsonvals reklamiert wird.

Als im Jahre 1898 R. v. Zeynek im Laboratorium Professor Nernsts Untersuchungen mit Hochfrequenzströmen anstellte, konnte auch er die eben erwähnte Wärmewirkung nachweisen. Er stellte fest, daß Hochfrequenzströme bestimmter Wellenlänge keine andere Empfindung als die der Wärme auslösen. Er erkannte aber auch gleichzeitig die Tragweite dieser Entdeckung und sprach als erster in bestimmter Form den Gedanken aus, diese Wärme für die Therapie nutzbar zu machen. Zeynek sagt in seiner diesbezüglichen Arbeit⁵⁾: „Eine Beobachtung von Interesse ist bei diesen Versuchen gemacht worden: obwohl keine der uns geläufigen physiologischen Stromwirkungen bei der Mehrzahl dieser Versuche auftrat, war eine deutliche Erwärmung der beiden zum Versuch verwendeten Finger zu verspüren; diese rührt offenbar von Joulescher Wärme her. Es dürften die Tesla-Schwingungen das einzige Mittel sein, eine gleichmäßige Durchwärmung des Körpers zu ermöglichen.“

Allerdings war zu dieser Zeit die Technik der Hochfrequenz noch in ihren Anfängen und es war noch nicht gelungen, hochfrequente Wechselströme in jener Form herzustellen, die, vollkommen frei von sensibler oder motorischer Reizung, die Wärmewirkung rein zur Geltung kommen ließen. Nichtsdestoweniger aber verfolgte Zeynek den einmal gefaßten Gedanken weiter und es gelang ihm, im Jahre 1904 Dr. W. v. Preyß für die Sache zu interessieren. Beide unternahmen nun eine Reihe von planmäßigen Untersuchungen mit einem Teslainstrumentarium besonderer Konstruktion. Im Jahre 1905 unterzog Zeynek

¹⁾ Comptes rendus. 20. März 1893. Conférence faite à la Société de Physique, 20. April 1892.

²⁾ Comptes rendus. 3. Juli 1893.

³⁾ Bulletin de la Société intern. des electriciens 1897.

⁴⁾ Comptes rendus. Band 133 (1901), S. 1298 „il faut éviter. . . toute élévation anormale de temperature“.

⁵⁾ Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (Mathem.-physikal. Abteilung) 1899, S. 101.

auf der Klinik Wölfler in Prag seine Methode der ersten klinischen Erprobung und hatte die Genugtuung, bei der Behandlung eines infolge von Gonorrhoe versteiften Handgelenkes einen schönen Erfolg zu erzielen. Dabei verschwieg er sich aber nicht, daß die Technik seines Verfahrens noch manches zu wünschen übrig ließ, und daß sie in dieser Form ungeeignet war, dem therapeutisch-praktischen Bedürfnis des Arztes zu genügen. Vor allem war es die hohe Spannung der Teslaströme, daneben ihr ungleichmäßiger Verlauf, welche sich höchst störend bemerkbar machten.

Es handelte sich also darum, die überflüssig hohe Spannung herabzudrücken und andererseits die diskontinuierlichen Wechselströme, wie sie Tesla verwendete, in kontinuierliche umzuwandeln. In diesem Bestreben fand er einen erfolgreichen Mitarbeiter in Dr. v. Bernd, dem vor allem die weitere Ausgestaltung der Apparatur zu danken ist.

Das Problem, kontinuierliche oder ungedämpfte Hochfrequenzströme zu erzeugen, wurde damals auch von den Technikern der drahtlosen Telegraphie auf das eifrigste verfolgt. Der dänische Ingenieur Waldemar Poulsen war der erste, welchem die Lösung dieser Aufgabe gelang. Er zeigte, daß sich mit dem nach ihm benannten elektrischen Lichtbogen Wechselströme von sehr hoher Frequenz und annähernd kontinuierlichem Verlauf erzeugen ließen. Bernd war die Bedeutung dieser Erfindung für die von Zeynek, Preyß und ihm verfolgte Absicht sofort klar und er konstruierte mit Hilfe des Poulsenschen Lichtbogens einen Hochfrequenzapparat, der sich für die Zwecke der elektrischen Durchwärmung als durchaus brauchbar erwies.

Nachdem die genannten Forscher zuerst in zahlreichen Experimenten an Tieren und sich selbst die Technik und die physiologische Wirkung des von ihnen ersonnenen Verfahrens studiert hatten, stellten sie auf der Klinik Professor Ortners in Innsbruck die erste Serie klinischer Untersuchungen an, über welche sie im April 1908 (Wiener klin. Wochenschr. Nr. 15) ausführlich berichteten. Es waren 10 Fälle von teils akuten, teils subakuten Arthritiden, welche sie mit gutem Erfolg behandelten. Die neue Heilmethode erhielt von ihren Erfindern den Namen Thermopenetration.

Das Verdienst Zeyneks und seiner Mitarbeiter, die elektrische Tiefendurchwärmung in die Therapie eingeführt zu haben, blieb, wie bekannt, nicht unbestritten. Fr. Nagelschmidt in Berlin beanspruchte die Priorität der Idee für sich. Auch Nagelschmidt waren die Wärmewirkungen, welche Hochfrequenzströme im lebenden Gewebe entfalten, gleich anderen Forschern nicht unbekannt und in einem Referat, das er auf der 79. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1907 in Dresden über Hochfrequenzströme hielt, wies er unter anderem auf dieses Phänomen hin und demonstrierte es am lebenden Menschen¹⁾. Der entscheidende Gedanke, diese Erscheinung als therapeutische Methode systematisch zu verwerten, wurde von Nagelschmidt aber erst im Dezember 1908 in seiner Arbeit „Tabes und Hochfrequenz-

¹⁾ Zit. nach Nagelschmidt. Leider fand gerade diese zweifellos bemerkenswerte Mitteilung weder in die Verhandlungen der Gesellschaft noch auch in die Referate eine Aufnahme.

behandlung“ (Münch. med. Wochenschr. 1908, Nr. 49) ausgesprochen, wo er dieses Verfahren als Elektrotranssthermie bezeichnet¹⁾). Zu dieser Zeit hatten jedoch Zeynek und seine Mitarbeiter schon ein eigenes Instrumentarium speziell für den Zweck der elektrischen Tiefendurchwärmung gebaut, hatten diese neue Methode bereits klinisch geprüft und ihre Erfolge veröffentlicht. Mag somit der Gedanke Nagelschmidts auch ein selbständiger gewesen sein, so war er doch bereits durch die Priorität der Tatsachen überholt.

Das Verfahren, das von Zeynek zuerst Thermopenetration genannt worden war, wurde von Nagelschmidt als Diathermie bezeichnet. Dieser Name, der späterhin auch von Zeynek angenommen wurde, erscheint zweckmäßiger und auch der Kürze wegen der griechisch-lateinischen Mißbildung Thermopenetration vorzuziehen. Er soll daher durchwegs im folgenden gebraucht werden. Delherm und Laquerrière verwenden auch die Bezeichnung Endothermie, was vielleicht das Wesen der Sache noch besser trifft, indem es die autochthone oder endogene Entstehung der Wärme betont.

Die Stellung der Diathermie in der Thermo- und Elektrotherapie.

Es ist aus dem bisher Gesagten wohl ohne weiteres klar, daß die Diathermie ein vollkommen neues, eigenartiges Mittel darstellt, Organe und Organteile zu erwärmen, das sich von den bisher gebräuchlichen Arten der Wärmetherapie grundsätzlich unterscheidet. Während diese ausschließlich von der Oberfläche der Haut oder Schleimhäute aus in die Tiefe zu wirken suchen, erzeugt die Diathermie die Wärme im Innern des Gewebes selbst, wo sich elektrische Energie in Wärme umsetzt. Dadurch wird es verständlich, daß die Diathermie an Tiefenwirkung allen anderen Verfahren weit überlegen ist; wir können wohl sagen, daß sie die einzige Methode ist, die es ermöglicht, Gewebe oder Organe in beliebiger Tiefe zu durchwärmen.

Doch ist es nicht allein die Tiefenwirkung, welche die Diathermie vor anderen Methoden auszeichnet, auch einen zweiten wesentlichen Unterschied dürfen wir nicht übersehen. Die durch Hochfrequenzströme erzeugte Wärme verdankt ihren Ursprung der Zufuhr freier Energie, die wir dem Körper in Form von Elektrizität einverleiben. Anders bei den früher üblichen thermischen Prozeduren, etwa einem Heißluftbad. Hier wird die Erwärmung des Gewebes nicht durch die Einführung fremder Energie in das Körperinnere bedingt, denn eine Tiefenwirkung in dem Sinne, daß die von außen wirkende Wärme einfach in die Tiefe weiter geleitet wird, können wir nach den Untersuchungen von Iselin kaum mehr annehmen²⁾). Wenn es zu einer Erwärmung tieferer Gewebsschichten kommt, so erfolgt diese durch eine Steigerung des chemischen Umsatzes, durch eine Erhöhung des örtlichen Stoffwechsels, die durch den auf die Haut gebrachten Wärmeträger reaktiv ausgelöst werden.

¹⁾ In der von Nagelschmidt zitierten Arbeit: „Bemerkungen zur Blitzbehandlung“, Deutsche medizinische Wochenschrift 1908, Nr. 10 findet sich nur ein ganz kurzer Hinweis auf die „thermische Wirkung“ der Fulguration.

²⁾ Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie 1911, S. 431.

Die Erwärmung ist also hier die Folge einer biologischen Reaktion, mit welcher der Körper auf den äußeren Wärmereiz antwortet.

Es besteht somit ein tiefgreifender Unterschied in dem Mechanismus der Wärmebildung bei der Diathermie und den anderen thermischen Verfahren: Bei der ersteren ist es ein Energieüberschuß, den wir dem Organismus erteilen, bei allen anderen Methoden dagegen ist es ein gesteigerter Energieverbrauch, zu dem wir den Körper veranlassen. Das muß festgehalten werden, wenn wir die Verschiedenheit in der therapeutischen Wirkung der Diathermie gegenüber den seit altersher geübten Wärmeverfahren verstehen wollen.

Wenn die Diathermie ihrem therapeutischen Effekt nach auch vor allem zur Thermotherapie gerechnet werden muß, so ist sie doch eine elektrische Behandlung im engeren Sinne, denn es werden bei ihr ganz ebenso wie bei der Galvanisation und Faradisation elektrische Ströme zu Heilzwecken unmittelbar durch den Körper geleitet. Sie erfordert daher auch Apparate zur Erzeugung einer bestimmten Art von Strom, Elektroden zu dessen Anwendung usw. Von diesem Standpunkt ist die Diathermie also eine Methode der Elektrotherapie und reiht hier in das Kapitel „Hochfrequenz“ ein.

Die Hochfrequenzströme stellen eine ganz spezielle und interessante Form der elektrischen Energie dar, die in physikalischer wie in physiologischer Beziehung eine Sonderstellung einnimmt. Wollen wir das Wesen der Diathermie von Grund aus verstehen, dann ist es notwendig, daß wir uns zunächst mit den besonderen Eigenschaften dieser Ströme vertraut machen.

Erster Teil.

Die Physik der Diathermie.

I. Allgemeines über Hochfrequenzströme (elektrische Schwingungen).

Der Begriff der elektrischen Schwingung.

Wechselströme niederer und hoher Frequenz. Hochfrequenzströme, schnelle elektrische Schwingungen oder Oszillationen nennen wir Wechselströme von sehr hoher Frequenz, d. h. Schwingungs-, bzw. Wechselzahl pro Sekunde. Dieser Satz ist auch insofern umkehrbar, als wir sagen können: unsere gewöhnlichen sog. sinusoidalen Wechselströme, wie wir sie industriell und auch elektrotherapeutisch benützen, sind elektrische Schwingungen oder Oszillationen niederer Frequenz. Hoch- und niederfrequente Wechselströme sind also grundsätzlich einander gleich und unterscheiden sich nur durch die in der Sekunde sich vollziehende Zahl der Richtungswechsel. Während die von unseren elektrischen Zentralen gelieferten Ströme pro Zeiteinheit in der Regel nicht mehr als 100 Wechsel aufweisen, zählen diese bei den Hochfrequenzströmen nach Hunderttausenden bis Millionen. Die Grenze festzusetzen, von der ab wir einer-

seits von Niederfrequenz, andererseits von Hochfrequenz oder kurzweg elektrischen Schwingungen sprechen wollen, untersteht der Willkür. Im Sinne der Elektrotherapie spricht man von Hochfrequenzströmen dann, wenn sie die Wechselzahl von etwa einer Million in der Sekunde erreichen.

Die gewöhnlich für technische Zwecke verwendeten Ströme werden bekanntlich durch Maschinen erzeugt, und zwar meist in der Weise, daß an feststehenden eisenerfüllten Spulen große radial angeordnete Elektromagnete vorbeirotieren. Die Zahl der Richtungswechsel hängt von der Zahl der Magnetpole und der Rotationsgeschwindigkeit der Maschine ab; sie beträgt, wie erwähnt, meist nicht mehr als 100 für die Sekunde.

Man hat sich vielfach bemüht, nach dem gleichen Prinzip, also mit Hilfe rotierender Maschinen Wechselströme sehr hoher Frequenz zu erzeugen. So hat N. Tesla verschiedene Modelle konstruiert, deren Frequenz bis zu 30 000 steigt, Fessenden hat sogar einen Generator gebaut, dessen sekundliche Periodenzahl 60 000 erreicht, aber damit scheint man an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt zu sein. Die Technik der Hochfrequenzströme wäre wohl heute noch in ihren Anfängen, hätte uns die Natur nicht ein Mittel an die Hand gegeben, welches das Problem, Schwingungsströme von Millionenfrequenz zu erzeugen, in einfachster Weise löste: Es ist dies der elektrische Funke.

Der Funke als Erreger elektrischer Schwingungen. Habe ich einen Kondensator, z. B. eine Leidener Flasche, aufgeladen, so besteht zwischen deren beiden Belegungen eine Potentialdifferenz oder Spannung, die aber infolge des sie trennenden Dielektrikums, des Glases, nicht zum Ausgleich kommen kann. Auf der einen Seite, der positiven, besteht gleichsam ein Überdruck, auf der anderen, der negativen, ein ebenso großer Unterdruck. Lege ich nun an die beiden Belegungen je einen Draht leitend an (Fig. 1) und nähere die freien Enden dieser zwei Drähte einander, so wird bei einer bestimmten Distanz, jedoch noch vor einer Berührung, ein Funke zwischen ihnen auftreten, der die Entladung des Kondensators herbeiführt.

Dieses sichtbare Phänomen der Entladung in Form des Funkens wollen wir nun etwas näher betrachten.

Obwohl es nur Bruchteile einer Sekunde dauert, sind wir trotzdem imstande, dasselbe genauer zu analysieren. Feddersen hat dies im Jahre 1862 das erste Mal mit Hilfe eines um seine Achse schnell rotierenden Spiegels getan. Wenn man das Bild eines Funkens in einem solchen Spiegel betrachtet, so erscheint dasselbe in Form eines Bandes auseinandergezogen, wie es Fig. 2 darstellt. Dieses Bild, welches den Funken in seine einzelnen Phasen zerlegt, ist kein einheitliches Lichtband, wie man zunächst erwarten sollte, sondern ein unterbrochenes, aus einzelnen hellen Streifen zusammengesetztes, was uns beweist, daß

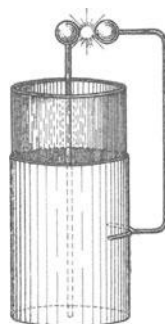


Fig. 1.
Die Entladung einer
Leidenerflasche
durch einen Funken.

der Entladungsvorgang kein kontinuierlicher, sondern ein intermittierender ist.

Wie bereits vor Feddersen im Jahre 1847 Helmholtz auf Grund theoretischer Erwägungen erschlossen und Thomson 1853 durch Rechnung bestätigt hat, ist die Entladung eines Kondensators durch einen Funken ein wesentlich komplizierterer Vorgang als man vielleicht anzunehmen geneigt wäre. Der Ausgleich der Spannung findet nicht einfach in der Art statt, daß die Elektrizität vom Orte des höheren zu dem des niedrigeren Druckes, nach unserer Vorstellung also vom positiven zum negativen Pol hinüberströmt, bis der Spannungsausgleich erreicht ist; wir haben uns vielmehr vorzustellen, daß die durch die plötzliche Überwindung des Luftwiderstandes in Bewegung gekommene Elektrizität



Fig. 2. Bild eines elektrischen Funkens im rotierenden Spiegel.

infolge einer Art von Trägheit oder Beharrungsvermögen über das Ziel hinausschießt und nunmehr den ursprünglich negativen Beleg jetzt positiv aufladet. Auf diese Weise kommt es zunächst zu einer Umkehrung der ursprünglichen Polarität: wo früher Unterdruck war, ist jetzt Überdruck.

Dieser Zustand ist jedoch, nachdem einmal die Entladung eingeleitet ist, gleichfalls nicht beständig und hat zur Folge, daß der Entladungsvorgang im nächsten Moment in entgegengesetzter Richtung einsetzt. Aber auch diesmal wird der Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht, sondern abermals ein Potentialunterschied, und zwar wieder in entgegengesetztem Sinne erzielt. So findet ein Hin- und Herschießen der Elektrizität in wechselnder Richtung, allerdings in stetig abnehmender Intensität so lange statt, bis endlich nach ca. 15–20 Umkehrungen das System zur Ruhe kommt und der Kondensator entladen ist.

Die Entladung erfolgt somit in Form einer elektrischen Strömung, die außerordentlich rasch ihre Richtung wechselt, wenn man bedenkt, daß der ganze Vorgang nicht mehr als $\frac{1}{50000}$ Sekunde in Anspruch nimmt. Wir haben es also hier mit einem richtigen Wechselstrom von sehr hoher Frequenz oder mit dem zu tun, was wir oben als elektrische Schwingungen bezeichnet haben. Allerdings dauert ein solcher „Strom“ nur Bruchteile einer Sekunde, da er mit dem Moment des Spannungsausgleiches erloschen ist. Die kurze Dauer, in der sich dieses Ausgleichsphänomen abspielt, bedingt es auch, daß der Funke von unserem Auge nur als einheitliche Lichterscheinung empfunden wird.

Die Erklärung, welche ich hier von der oszillatorischen Entladung eines Kondensators gegeben habe, macht nicht den Anspruch auf physikalische Exaktheit, sie ist vielmehr nur ein Gleichnis, welches den Vorgang unserem Verständnis näherbringen soll.

Vergleiche aus der Mechanik und Akustik werden uns diesen Vorgang noch klarer machen. Der Name Schwingung knüpft an unsere Vorstellungen aus der Mechanik an; wir denken dabei an die Schwingungen eines Pendels, einer Saite, eines Stabes u. ä. Wir gebrauchen den Ausdruck Schwingung in übertragenem Sinn auch dort, „wo es sich nicht um die wirkliche Bewegung materieller Körper handelt, sondern um Veränderungen irgendwelcher Größen, deren zeitlicher Ablauf durch dieselben formalen Mittel darstellbar ist“ (Geitler). In der Tat besteht zwischen der mechanischen Schwingung und der elektrischen eine weitgehende Analogie.

Bringt man ein Pendel aus seiner Gleichgewichtslage und läßt es dann plötzlich los, so wird es nicht einfach in seine Ruhestellung zurückkehren, sondern infolge der erlangten Beschleunigung über diese hinausgehen, nach Erreichung einer bestimmten Höhe wieder umkehren und so Schwingungen vollziehen, deren Amplituden immer kleiner und kleiner werden. Auch hier ist es das Beharrungsvermögen, welches die Fort-

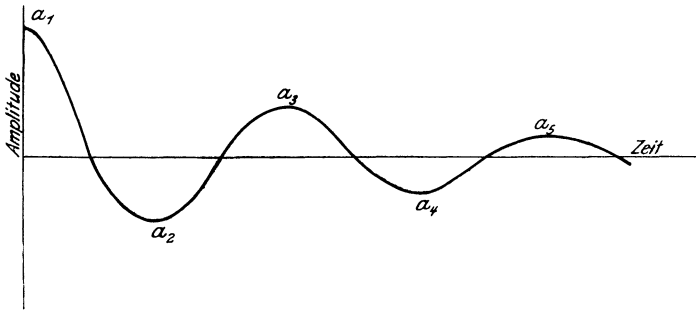


Fig. 3. Gedämpfte Schwingungen.

setzung der Bewegung über die Ruhestellung erzwingt. In gleicher Weise wird auch eine gespannte Saite zu Schwingungen angeregt, wenn sie aus ihrer Mittellage gebracht und dann plötzlich freigegeben wird.

Dasselbe gilt für eine Stimmgabel, die man anschlägt. Die Beispiele, welche uns die Ähnlichkeit zwischen elektrischen und anderen Schwingungen veranschaulichen, ließen sich beliebig vermehren. In allen in Betracht kommenden Fällen läßt sich die Bewegung graphisch in gleicher Weise darstellen. Denken wir uns auf der Abszisse die Zeit und auf der Ordinate die jedem Zeitpunkt entsprechende Entfernung des schwingenden Körpers von der Gleichgewichtslage (Amplitude) aufgetragen, so bekommen wir eine Linie, wie sie Fig. 3 darstellt.

Gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen. Heben wir ein Pendel aus seiner Mittelstellung zu einer gewissen Höhe, so erteilen wir demselben eine bestimmte Menge potentieller Energie (Energie der Lage). Beim Loslassen setzt sich diese potentielle Energie in kinetische Energie (Energie der Bewegung) um, die ihr Höchstmaß in dem Augenblicke erreicht, wo das Pendel die Vertikale passiert, um von diesem Moment an sich wieder in potentielle Energie zurückzuverwandeln. Nur wird das Pendel jetzt nicht mehr die gleiche Höhe und damit auch nicht mehr

das gleiche Maß potentieller Energie erreichen, das es in seinem Ausgangspunkt hatte.

Ein Teil derselben ist auf dem Wege verloren gegangen oder besser gesagt in andere Energieformen übergeführt worden. Dadurch hat sich die Amplitude der Schwingungen verkleinert. Vor allem sind es die Bewegungswiderstände, die Reibung am Aufhängepunkt und der Luftwiderstand, welche einen Teil der kinetischen Energie in Wärme verwandeln. Ein anderer Teil wird als lebendige Kraft auf das umgebende Medium, hier also die Luft, übertragen, welche Übertragung in der Physik als Strahlung bezeichnet wird. Den durch diese Faktoren zustandekommenden Energieentzug bezeichnen wir als Dämpfung und Schwingungen, die in jener Form ablaufen, wie sie ein freischwingendes Pendel ausführt, heißen wir gedämpfte. Ihr Verlauf ist durch die oben angeführte Kurve (Fig. 3) wiedergegeben. Je kleiner die Zahl der Schwingungen ist, die der schwingende Körper ausführt, um zur Ruhe zu ge-

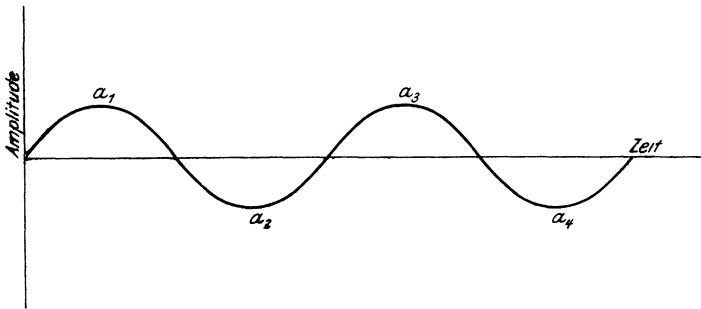


Fig. 4. Ungedämpfte Schwingungen.

langen, desto größer ist die Dämpfung. Sie wird bei einem in Wasser schwingenden Pendel eine größere sein als bei einem in der Luft schwingenden.

Wäre die Dämpfung nicht vorhanden, dann müßten die Elongationen des Pendels sich immer gleich bleiben und die Transformation zwischen kinetischer und potentieller Energie müßte in alle Ewigkeit andauern. Es würde dann die Bewegung einer Wellenlinie entsprechen, deren Amplituden konstant sind (Fig. 4). Solche Schwingungen heißen ungedämpfte. Man kann sie bei einem Pendel dadurch erreichen, daß man den durch Reibung bedingten Energieverlust durch den Zug eines Gewichtes deckt (Uhrpendel). Befestigt man an dem freien Ende eines solchen Pendels einen Stift und läßt senkrecht zu seiner Schwingungsebene sich einen Papierstreifen gleichmäßig fortbewegen, so zeichnet der Stift auf diesen die in Fig. 4 wiedergegebene Linie, die unter dem Namen Sinuskurve bekannt ist.

Betrachten wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die schwingende Entladung eines Kondensators.

Der aufgeladene Kondensator besitzt eine bestimmte Größe elektrostatischer Energie (elektrische Energie in ruhender Form). Mit dem Einsetzen der Entladung verwandelt sich diese in elektromagnetische

Energie (elektrische Energie in Bewegung), wird aber, nachdem sie ihr Maximum erreicht hat, sofort wieder in elektrostatische zurückverwandelt. Der Kondensator ladet sich neuerdings auf, aber in entgegengesetztem Sinn, wobei die Polarität der Belegungen vertauscht wird. Die Folge davon ist eine Umkehrung des Vorganges usw. Auch dieser Wechsel zwischen elektrostatischer und elektromagnetischer Energie würde sich unbegrenzt lange wiederholen, wenn nicht die elektrische in andere Energieformen übergeführt und so verbraucht würde. Es tritt auch hier eine Dämpfung auf, welche die Schwingungen zum Stillstand bringt und den Kondensator endgültig entladet.

Die Ursachen dieser Dämpfung sind ähnliche wie im Falle des Pendels. Vor allem ist es auch hier der Luftwiderstand der Funkenstrecke, welcher die elektrische Energie in Wärme umformt. Diese erreicht eine solche Höhe, daß ein Teil des Elektrodenmaterials verdampft und diese Metaldämpfe gleichzeitig mit der Luft ins Glühen kommen, welche Lichterscheinung uns als Funke imponiert. Andererseits wird ein Teil der Bewegungsenergie auf den umgebenden Äther übertragen und pflanzt sich nach allen Richtungen des Raumes weiter. Dieser Vorgang wird als elektromagnetische Strahlung bezeichnet, er ist es, dessen sich die Funken-, Strahlen- oder Radiotelegraphie als Vermittlerin an Stelle des Drahtes bedient. Also auch hier haben wir die gleichen Ursachen für die Dämpfung wie im Falle des Pendels, einerseits Wärmebildung durch Reibung, andererseits Strahlung.

Der elektrische Schwingungskreis.

Damit elektrische Schwingungen entstehen, muß sich, wie wir gesehen haben, ein Kondensator in Form eines Funkens entladen, und zwar, wie wir jetzt noch hinzufügen wollen, über einen Leitungsweg, der die Fähigkeit der Selbstinduktion besitzt. Es müssen also drei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Das Vorhandensein eines Kondensators, wir können allgemein sagen, einer elektrischen Kapazität.
2. Eine Strombahn mit dem Vermögen der Selbstinduktion.
3. Die Möglichkeit der Funkenbildung, welche durch eine sog. Funkenstrecke gegeben wird.

Wir wollen diese drei Bedingungen der Reihe nach besprechen.

Die Kapazität. Unter Kapazität verstehen wir das Fassungsvermögen für Elektrizität, wie es z. B. ein Kondensator besitzt. Eine bekannte Form des Kondensators ist die Leidenerflasche, eine andere die Franklinische Tafel. Nach dem Prinzip der letzteren baut man heute Plattenkondensatoren (Fig. 5), deren Dielektrikum meist aus Glas, Glimmer oder paraffiniertem Papier gebildet wird und deren Belegungen aus Stanniol bestehen. Während die alten Arsonvalapparate in der Regel Leidenerflaschen als Kondensatoren besitzen, werden bei den Diathermieapparaten ausschließlich Plattenkondensatoren verwendet, die den Vorzug haben, daß sie bei gleicher Kapazität einen ungleich geringeren Raum beanspruchen.

Die Kapazität mißt man in Farad. Die Kapazität von 1 Farad besitzt ein Körper dann, wenn er durch die Elektrizitätsmenge von 1 Coulomb die Spannung von 1 Volt bekommt. Da diese Einheit aber für praktische Zwecke meist viel zu groß ist, so rechnet man gewöhnlich mit dem millionsten Teil eines Farad und nennt diesen ein Mikrofarad.

Selbstinduktion heißt das Vermögen eines Leiters, auf seiner eigenen Bahn Induktionsströme zu erzeugen. Es ist bekannt, daß ein galvanischer Strom bei seinem Entstehen und Vergehen oder ganz allgemein ein Strom, welcher seine Intensität ändert, in einem benachbarten Drahtkreis sogenannte Induktionsströme erregt. Ganz ebenso aber induziert er solche Ströme auch bei Intensitätsschwankungen auf seiner eigenen Bahn. Diese heißen Selbstinduktions- oder Extraströme.

Schließen wir den Stromkreis einer Gleichstromquelle, dann steigt der Strom nicht momentan zu seiner vollen Stärke an, sondern er braucht, um diese zu erreichen, eine gewisse, wenn auch ganz kurze Zeit. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in dem Auftreten eines Extrastromes, der bei der Schließung des Kreises entsteht. Er heißt daher Schließungsextrastrom. Derselbe ist für die kurze Dauer seines Verlaufes dem Hauptstrom entgegengerichtet und verhindert so dessen momentanes Anwachsen zu seiner vollen Höhe. In gleicher Weise ent-

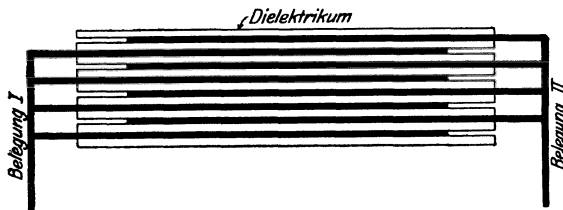


Fig. 5. Plattenkondensator.

steht ein solcher Selbstinduktionsstrom, Öffnungsextrastrom genannt, bei der Unterbrechung eines Stromkreises, nur fließt dieser nunmehr in der Richtung des Hauptstromes. Er sucht gleichsam den plötzlich unterbrochenen Strom noch weiter fortzusetzen, sein momentanes Verschwinden aufzuhalten.

Die Selbstinduktion ist also die Ursache, daß ein Strom, welcher geschlossen wird, nicht urplötzlich seine volle Höhe erreicht, daß er aber auch andererseits bei Öffnung des Kreises nicht ebenso plötzlich verschwinden kann. Greifen wir auf unseren Pendelversuch wieder zurück, so können wir die Selbstinduktion in Analogie mit der Trägheit oder dem Beharrungsvermögen bei der mechanischen Bewegung setzen. Ein solches Beharrungsvermögen ist auch bei der Entladung eines Kondensators notwendig, wenn es zu einer Umkehrung seiner Polarität und damit zur Entstehung von Schwingungen kommen soll.

Die Fähigkeit der Selbstinduktion ist wesentlich abhängig von der Form des Leiters. Jeder metallische Leiter besitzt sie in gewissem Grade. Sie wird erhöht, wenn wir diesen Leiter in Form einer Spule oder Spirale aufwickeln (Fig. 6). Je zahlreicher die Windungen der Spule oder Spirale sind, desto größer ist ihre Selbstinduktion.

Wir werden im folgenden den Ausdruck Selbstinduktion, der ja nur eine Eigenschaft bestimmter Körper darstellt, häufig für diese Körper selbst setzen und z. B. einen in Spulenform gewickelten Leiter kurzweg als Selbstinduktion bezeichnen. Desgleichen wird der Ausdruck Kapazität als allgemeiner Begriff für Kondensator (Leidenerflasche, Plattenkondensator) gebraucht werden.

Die Funkenstrecke. Elektrische Schwingungen entstehen, wie wir gehört haben, dann, wenn der Kondensator sich in Form eines Funkens entladet. Damit ein solcher zustande kommt, müssen die Enden der Drähte, welche an die Kondensatorbelegungen anschließen, durch eine entsprechend breite Luftzwischen- schicht voneinander getrennt sein. Diese Luftbrücke bezeichnen wir als Funkenstrecke. Erreicht die Spannung der Kondensatorbele-

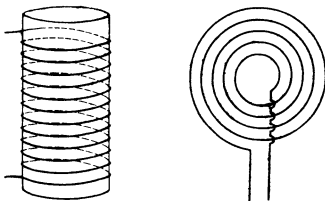


Fig. 6. Hoch- und Flachspule.

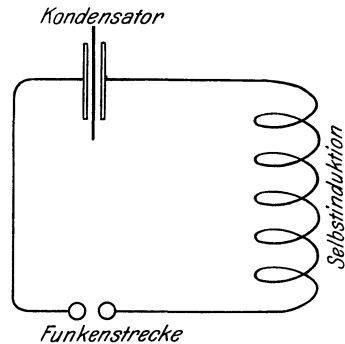


Fig. 7. Elektrischer Schwingungskreis.

gungen eine gewisse Höhe, dann wird der Widerstand dieses Luftweges von einem Funken durchbrochen, der den Kondensator entladet.

Der elektrische Schwingungskreis. Ein System, das sich aus Kapazität, Selbstinduktion und Funkenstrecke zusammensetzt, hat also die Fähigkeit, elektrische Schwingungen zu erzeugen, es heißt elektrischer Schwingungskreis (Fig. 7). Von den beiden Größen Kapazität und Selbstinduktion ist die Schnelligkeit, physikalisch gesprochen, die Periode

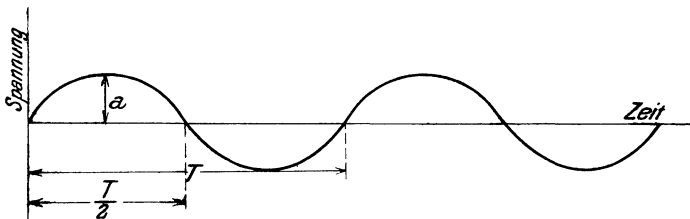


Fig. 8.

oder die Frequenz der erzeugten Schwingungen abhängig. Um uns mit diesen Begriffen verständigen zu können, müssen wir zuerst ihre Bedeutung festlegen.

Schwingungsdauer oder Periode (T) ist die Zeit, welche eine einzelne Schwingung zu ihrem Ablauf braucht, also die Zeit, welche von einem Maximum bis zur Erreichung des nächsten gleichsinnigen Maximums verfließt (Fig. 8).

Schwingungszahl oder Frequenz (n) ist die in der Sekunde ausgeführte Anzahl von Schwingungen, d. h. die Periodenzahl pro Sekunde. Vollziehen sich in der Sekunde n Schwingungen, so ist $n T = 1$, daher $n = 1 : T$. Die Frequenz ist somit der reziproke Wert der Periode.

Die Periode (T) oder mit anderen Worten die Frequenz ($1 : T$) der von einem Schwingungskreis erzeugten Schwingungen wird von dessen Kapazität (C) und dessen Selbstinduktion (L) bestimmt. Nach W. Thomson und Kirchhoff ist die Periode

$$T = 2\pi \sqrt{LC}.$$

Daraus ist ersichtlich, daß einzig und allein die beiden Größen L (Selbstinduktion) und C (Kapazität) für die Frequenz maßgebend sind. Je kleiner die beiden, besser gesagt ihr Produkt wird, desto kürzer wird die Dauer der Schwingungen (T), desto mehr Schwingungen finden in einer Sekunde statt, desto größer wird also die Frequenz. Durch eine weitgehende Verkleinerung der beiden Faktoren L und C lassen sich außerordentlich rasche Oszillationen erzeugen. Die bei der Diathermie verwendeten Schwingungen haben eine durchschnittliche Frequenz von mehreren Hunderttausend bis zu einer Million.

Jedem elektrischen Schwingungskreis kommt somit eine ganz bestimmte Frequenz zu, welche durch seine Selbstinduktion und Kapazität festgelegt wird. Sie heißt seine **Eigenfrequenz**. Auch jeder andere mechanisch oder akustisch schwingungsfähige Körper besitzt eine solche **Eigenfrequenz**, die durch seine physikalische Beschaffenheit bedingt ist. Eine Saite von bestimmter Länge und Spannung wird bei sonst gleichen äußeren Bedingungen einen Ton von gewisser Höhe geben, ein Pendel von bestimmter Länge wird an Orten gleicher Schwerkraft stets die gleiche Schwingungsdauer haben. Darauf beruht ja bekanntlich seine Brauchbarkeit zur Zeitmessung.

Primärer und sekundärer Schwingungskreis. Die Schwingungen, die in einem Kreis erregt werden, können auch auf einen zweiten schwingungsfähigen Kreis übertragen werden. Diese Übertragung kann in zweifacher Weise erfolgen.

1. Durch induktive oder magnetische Koppelung. Wir wissen, daß Wechselströme in einem in ihrer Nähe befindlichen geschlossenen Leiter Induktionsströme hervorrufen (faradischer Schlittenapparat, Ruhmkorff-Induktor). Die gleiche Erscheinung, die uns für niederfrequente Wechselströme seit langem unter dem Namen der Induktion bekannt ist, beobachten wir auch bei Hochfrequenzströmen.

Zwei Leiter, welche derart aufeinander einzuwirken imstande sind, nennen wir gekoppelt. Stehen sie miteinander in keiner leitenden Verbindung und findet die Energieübertragung von dem einen zum anderen bloß durch elektromagnetische Strahlung statt, so sprechen wir von induktiver oder magnetischer Koppelung (Fig. 9). Der erste Kreis, welcher induziert, heißt primärer oder Erregerkreis, der zweite, welcher induziert wird, sekundärer oder Resonanzkreis.

Der Sekundärkreis wird auf dem Primärkreis um so besser ansprechen, je vollkommener seine Eigenfrequenz mit der des letzteren übereinstimmt.

Sind beide Kreise derart aufeinander abgestimmt, daß sie dieselbe Eigenfrequenz haben, so stehen sie, wie man zu sagen pflegt, miteinander in Resonanz. Dies ist nach unseren obigen Auseinandersetzungen dann der Fall, wenn nach der Formel von Thomson und Kirchhoff das Produkt CL (Kapazität mal Selbstinduktion) in beiden Kreisen das gleiche ist.

2. Durch direkte oder galvanische Koppelung. Ein schwingungsfähiges System kann aber durch ein anderes auch dann zum Mitschwingen gebracht werden, wenn sie beide einen Teil des Leitungsweges

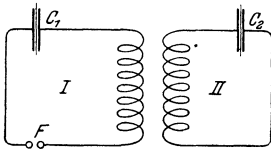


Fig. 9. Induktive oder magnetische Koppelung.

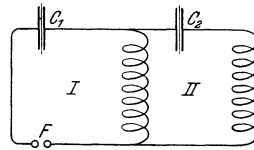


Fig. 10. Direkte oder galvanische Koppelung.

gemeinsam haben. Hier reden wir von direkter oder galvanischer Koppelung (Fig. 10). In der Technik der Diathermie benutzt man ausschließlich die erste Art der Übertragung, die indirekte oder magnetische Koppelung, bei welcher die zwei Schwingungskreise miteinander in keiner leitenden Verbindung stehen.

II. Die Erzeugung von Hochfrequenzströmen.

Hochfrequenzströme für medizinische Zwecke können auf dreierlei Weise erzeugt werden:

1. Mittels Funkenstrecke.
2. Mittels Lichtbogen.
3. Mittels Glühkathode.

Die erste dieser drei Methoden, die alle der Technik der drahtlosen Telegraphie entlehnt sind, ist in der Diathermie heute die herrschende, sie muß daher ausführlich besprochen werden. Die zweite Methode, die des Lichtbogens, gehört bereits der Vergangenheit an und wird derzeit nicht mehr angewendet. Mit Rücksicht darauf aber, daß die ersten Diathermieapparate als Stromerzeuger einen Lichtbogen besaßen, sei sie kurz erwähnt. Die dritte Methode, der als Generator eine Glühkathode dient, hat sich als letzter Fortschritt der Hochfrequenztechnik eben Eingang in die Radiotelegraphie verschafft. Wieweit sie in der Diathermie der Funkenstrecke überlegen ist, steht noch abzuwarten.

Die Erzeugung mittels Funkenstrecke.

Kondensatorentladungen über eine Funkenstrecke. Die Entladung eines Kondensators durch einen Funken findet in einer Reihe von gedämpften Schwingungen statt, deren Zahl etwa 10—20 beträgt. Dieser

„Wechselstrom“ dauert aber, wie wir gleichfalls gehört haben, nicht länger als durchschnittlich $\frac{1}{50000}$ Sekunde. Damit ist uns nun keineswegs gedient. Das, was wir anstreben, sind nicht ein paar Schwingungen, die in dem Bruchteil einer Sekunde wieder erlöschen, sondern hochfrequente Wechselströme von beliebig langer Dauer und möglichst kontinuierlichem oder ungedämpftem Verlauf.

Das Nächstliegende, um dieses Ziel zu erreichen, wäre es, den Kondensator nach seiner Entladung so rasch als möglich wieder aufzuladen, um neuerlich einen Funken und damit neuerlich Schwingungen zu erhalten. Man könnte so hoffen, indem man Funken an Funken reiht, wenn auch keine ungedämpften Schwingungen, so doch Schwingungsgruppen zu erhalten, die einander in dichter Reihe folgen. Aber auch das ist nicht ohne weiteres erreichbar, und zwar hauptsächlich darum nicht, weil ein Kondensator, der sich eben entladen hat, nicht sofort wieder aufgeladen werden kann.

Durch den Übergang des Funkens werden die Elektroden der Funkenstrecke wie die zwischen ihnen gelegene Luft ganz bedeutend erhitzt. Die erhitzte, von Metaldämpfen erfüllte (ionisierte) Luft ist aber im Gegensatz zur gewöhnlichen Luft, die bekanntlich ein Isolator ist, für Elektrizität sehr gut leitend und sie bleibt es so lange, bis sie sich wieder

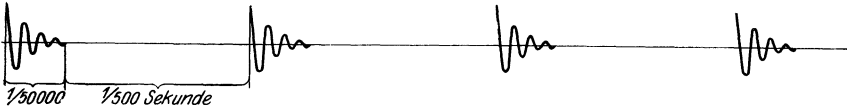


Fig. 11. Funkenentladungen eines Kondensators.

abgekühlt hat. Dies erfordert jedoch eine verhältnismäßig sehr lange Zeit. Während dieser Frist sind also die Pole der Funkenstrecke durch einen Leiter von sehr geringem Widerstand miteinander verbunden, oder, was das gleiche ist, sie sind kurzgeschlossen. In diesem Zustand ist an eine Neuladung des Kondensators nicht zu denken. Jede auftretende Potentialdifferenz an den Belegungen, wie sie ja die Ladung vorstellt, würde sich im Moment über die gut leitende ionisierte Funkenstrecke ausgleichen. Erst nach dem Erkalten dieser wird die notwendige Isolation hergestellt.

So bekommen wir nach je 10–20 Schwingungen in der Dauer von $\frac{1}{50000}$ Sekunde ein schwingungsfreies Intervall, das zur Abkühlung der Funkenstrecke erforderlich ist und sich über eine Zeit erstreckt, die 500mal (!) so lang ist als die Schwingungszeit, demnach etwa $500 \times \frac{1}{50000}$ Sekunde dauert.

Periodische Kondensatorentladungen mittels Funken ergeben also einen Schwingungsstrom, der aus einzelnen stark gedämpften Schwingungsgruppen besteht, die voneinander durch lange Pausen der Ruhe getrennt sind (Fig. 11). Dabei stellt sich das Verhältnis der schwingungserfüllten zur schwingungsfreien Zeit wie 1 : 500.

Mit Rücksicht auf den am Papier zur Verfügung stehenden Raum ist in Fig. 11 das Verhältnis der schwingungserfüllten zur schwingungsfreien Zeit nicht entsprechend den tatsächlichen Zeitverhältnissen wiedergegeben. Während in der

Figur die schwingungsfreie Zeit nur ungefähr dreimal so lang erscheint als die Schwingungszeit, ist sie in Wirklichkeit 500 mal so lang. Wollten wir maßstäblich zeichnen und für die Schwingungszeit selbst nur einen einzigen Millimeter auftragen, dann müßte die Schwingungspause bereits eine Länge von 50 cm haben.

Die Funkenstrecke der Arsonvalapparate. Schwingungsströme der eben beschriebenen Verlaufsform wurden zuerst von Hertz und Tesla dargestellt und von Arsonval für therapeutische Zwecke empfohlen. Die Arsonvalapparate benützen als Kondensatoren meist Leidenerflaschen, als Selbstinduktion eine Spirale aus dickem Kupferdraht (kleines Solenoid) und zur Entladung eine Funkenstrecke, die zwei Elektroden in Form von Kugeln, Spitzen oder kleinen Platten trägt, deren Abstand veränderlich ist (Fig. 12). Mit einem derartigen Instrumentarium lassen sich im besten Fall 100 Funken sekundlich erzielen. Rechnen wir auf jeden derselben 20 Oszillationen, so haben wir also in der Sekunde wirklich zustandekommende Schwingungen etwa 2000.

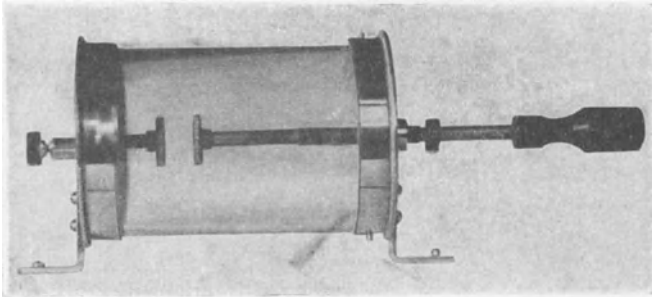


Fig. 12. Funkenstrecke eines Arsonvalapparates.

Dies scheint im Widerspruch mit der früher von uns gemachten Annahme, als Hochfrequenzströme solche zu bezeichnen, deren Schwingungszahl pro Sekunde 1 Million erreicht. In der Tat ist die Hochfrequenz in dem eben betrachteten Fall nur eine fiktive. Wollen wir den Begriff der Hochfrequenz auf den uns vorliegenden Fall ausdehnen, dann müssen wir seine Definition nachstehend modifizieren: Hochfrequenzströme nennen wir Schwingungen von solch kurzer Periode, daß deren Zahl — unter der Fiktion, daß sie ununterbrochen andauern — 1 Million in der Zeiteinheit erreichen würde. Nach dieser erweiterten Fassung hätten wir es also auch hier mit einer Frequenz von $50\,000 \times 20 = 1\,000\,000$ zu tun, da die Zeit, in der sich 20 Schwingungen vollziehen, etwa $\frac{1}{50\,000}$ Sekunde beträgt.

Es war seit langem das Bestreben der Techniker der Radiotelegraphie, die von den alten Hochfrequenzapparaten gelieferten Ströme zu verbessern, d. h. ihren diskontinuierlichen Verlauf in einen kontinuierlichen umzuwandeln. Ein wesentlicher Fortschritt auf diesem Wege wurde erreicht als die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, gestützt auf die Untersuchungen von Max Wien die früher gebräuchlichen Spitzen- oder Kugelfunkenstrecken durch ein neues Modell ersetzte: die Zisch- oder Löschfunkenstrecke. Sie ermöglicht es, die sekundliche Impulszahl

in erheblichem Maße zu steigern und so die Pausen zwischen den einzelnen Funken bedeutend zu verkürzen. Sie bringt uns dadurch unserem Ziel, kontinuierliche oder ungedämpfte Schwingungsströme zu erhalten, ein gutes Stück näher. Wir wollen zuerst den Bau einer Wienschen Zisch- oder Löschfunkenstrecke beschreiben, um im Anschluß daran ihre Vorteile zu besprechen.

Die Funkenstrecke der Diathermieapparate: Die Löschfunkenstrecke.

Der wesentliche Unterschied der Löschfunkenstrecke gegenüber der Funkenstrecke der Arsonvalapparate besteht darin, daß bei ihr an Stelle

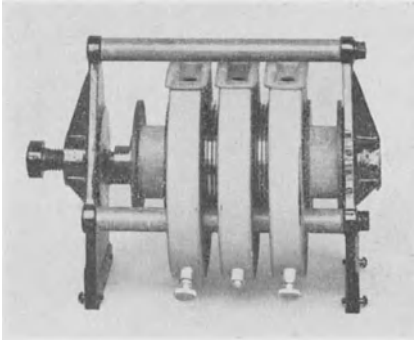


Fig. 13. Funkenstrecke eines Diathermieapparates (System Telefunken).

der früher üblichen Spitzen-, Kugel- oder Plättchenelektroden, deren gegenseitiger Abstand ein ziemlich beträchtlicher war, große Metallplatten getreten sind, die voneinander nur Bruchteile eines Millimeters entfernt sind.

Bei dem System Telefunken (Fig. 13), wie es die Diathermieapparate von Siemens & Halske benützen, haben die Elektroden die Form von zwei runden Kupferscheiben (Fig. 14). Damit diese dauernd in dem notwendigen Abstand von 0,1 mm verbleiben und sich nicht an irgendeiner Stelle zufällig be-

rühren, wird zwischen beide ein isolierender Glimmerring eingeschoben, welcher, der Peripherie anliegend, die mittleren Teile der Scheibe freiläßt, die dem Funkenübergang dienen (Fig. 15). Bei dem Apparat

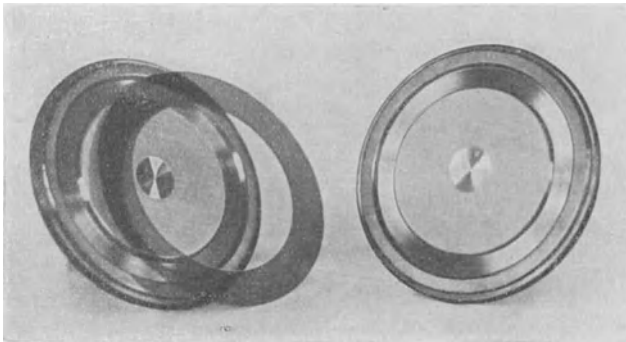


Fig. 14. Elektroden einer Diathermiefunkenstrecke, zwischen ihnen ein Glimmerring.

von Siemens & Halske ist die Entfernung der Elektroden unveränderlich, sie wird durch die Dicke des zwischengeschalteten Glimmringes bestimmt. Bei anderen Apparaten, wie dem von Reiniger,

Gebbert & Schall, ist der Elektrodenabstand durch eine Mikrometerschraube regulierbar und muß im Betrieb auf die günstigste Wirkung eingestellt werden. Um genügend starke Hochfrequenzströme zu erhalten, werden zwei oder mehrere derartige Funkenstrecken hintereinander geschaltet (Serienfunkenstrecke).

Die Funkenstrecken der Diathermieapparate sind meist noch mit einer besonderen Kühlvorrichtung versehen, deren Bedeutung später erörtert werden soll. Diese Kühlung wird bei dem Apparat von Siemens & Halske durch Wasser besorgt, das sich in flachen, runden Metallgefäßen in der Mitte der zwei Funkenstrecken und zu deren beiden Seiten befindet. Die beim Funkenübergang gebildete Wärme wird von dem Wasser aufgenommen, das sich dabei bis auf 100° C erhitzen kann. Eine weitere Bindung von Wärme findet dadurch statt, daß sich das Wasser in Dampf verwandelt.

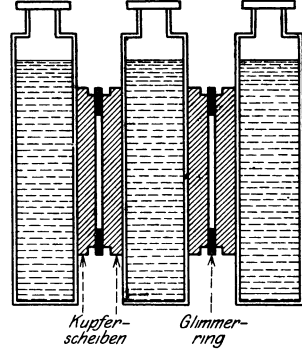


Fig. 15. Funkenstrecke eines Diathermieapparates (System Telefunken) im Durchschnitt.

Die Vorteile der Löschfunkenstrecke liegen einerseits in dem außer ordentlich kleinen Abstand ihrer Elektroden, andererseits in der großen Fläche, welche dem Übergang der Funken geboten wird. Um die schmale Luftschicht, welche die beiden Metallplatten voneinander trennt, zu durchbrechen, reicht eine viel geringere Spannung aus als sie für die alten Arsonvalapparate mit ihrer großen Schlagweite erforderlich war. Laden wir den Kondensator mittels Wechselstrom auf, so erreichen seine Belegungen in dem Moment das Maximum ihrer Spannung, wo der Ladestrom in seinem Verlauf auf dem Gipfelpunkt einer Halbwelle an-

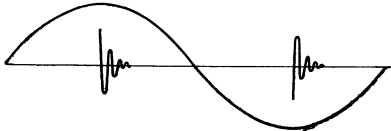


Fig. 16. Arsonvalstrom.

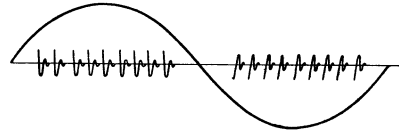


Fig. 17. Diathermiestrom.

kommt. In diesem Augenblick durchbricht die Spannung des Kondensators die Luftbrücke in Form eines Funkens (Fig. 16). Da der zur Ladung verwendete Wechselstrom der Zentralen fast nie mehr als 50 Perioden, d. h. 100 Halbwellen in der Sekunde hat, so ergab das bei den Arsonvalapparaten im besten Fall 100 Funken in der Sekunde.

Anders bei der Löschfunkenstrecke. Bei dem geringen Abstand ihrer Elektroden reichen schon Bruchteile jener Spannung hin, die früher zur Auslösung eines Funkens notwendig war. Es kommt bereits zur Explosion, bevor noch die Ladewelle das Maximum ihrer Spannung, also den Scheitelpunkt erreicht hat. Die Sinuslinie des Ladungsstromes ist eben erst im Ansteigen, als schon ein Fünkchen überschlägt, nach kurzer Zeit ein zweites, ein drittes usw. in kontinuierlicher Folge. Der

Entladungsvorgang, der früher in einem einzigen großen Funken konzentriert war, ist aufgeteilt in zahlreiche Partialentladungen oder Mikrofunken (Fig. 17). Damit wird die Zahl der Funken, und da jeder von ihnen der Impuls für eine Gruppe von Schwingungen ist, also auch die Zahl der Schwingungsgruppen beträchtlich vermehrt. „Statt des Donners einer Kanone, die nur in Pausen die Luft erschüttert, haben wir das ununterbrochene Knarren der Maschinengewehre“ (A. Slaby).

In dem gleichen Sinn wie der geringe Elektrodenabstand wirkt auch die weite Übergangsfläche, welche den Funken zur Verfügung steht. Die Funken, die sich früher auf zwei Spitzen, zwei Kugeln oder kleine Platten zusammendrängten, verteilen sich jetzt auf zwei große Metallflächen, von denen sich bald an dieser, bald an jener Stelle ein Fünkchen löst. Dadurch wird eine übermäßige Erhitzung der Funkenstrecke vermieden. Wie wir früher gehört haben, ist es ja gerade der Umstand, daß sich die Funkenstrecke und die sie verbindende Luftschicht sehr stark erhitzen, Schuld daran, daß die Neuladung des Kondensators so beträchtlich verzögert wird. Es werden durch die zur Abkühlung notwendige Zeit unverhältnismäßig lange Pausen geschaffen, bis ein neuer Funke und damit ein neuer Schwingungsvorgang einsetzen kann. Die großen Kupferelektroden der Löschfunkenstrecke mit ihrem guten Wärmeleitungsvermögen erhitzen sich lange nicht so stark. Meist wird ihre Abkühlung noch durch besondere Kühlvorrichtungen, Wassergefäße, Kühlrippen und dergleichen unterstützt. Die wirksame Kühlung der großen Elektrodenflächen und die dadurch zustandekommende rasche Entionisierung hat zur Folge, daß die kleinen Funken nach wenigen Schwingungen erlöschen, weshalb man diese Funkenstrecke als Löschfunkenstrecke bezeichnet. Ein leises Zischen, das sie im Betriebe vernehmen läßt, hat ihr auch den Namen Zischfunkenstrecke eingetragen.

Arsonval- und Diathermieströme. Der wichtigste Unterschied der Hochfrequenzströme, wie sie von der Löschfunkenstrecke erzeugt werden, gegenüber den Strömen der alten Arsonvalapparate, ist ihre hohe Impulszahl (nicht zu verwechseln mit Periodenzahl!). Hatten wir früher im Höchstmaß 100 Funken, so haben wir jetzt deren 1000—2000 in der Sekunde. Jeder dieser Funken ist der Erreger für einige stark gedämpfte Schwingungen. Diese Schwingungen, die früher einander in langen Zwischenräumen folgten, reihen sich jetzt dichtgedrängt aneinander. Dadurch ist das Verhältnis zwischen schwingungserfüllter und schwingungsfreier Zeit wesentlich zugunsten der ersteren verschoben.

Die erhöhte Zahl der Schwingungsgruppen bewirkt nun zweierlei: Physikalisch, daß die effektive Stärke oder Intensität der von den Diathermieapparaten gelieferten Ströme eine wesentlich größere ist als die der Arsonvalapparate und physiologisch, daß infolge der Verkürzung der Funkenintervalle die Reizwirkung, welche den Arsonvalströmen noch in geringem Grade eigen war, den Diathermieströmen vollkommen fehlt. Diese Ströme werden von den motorischen wie sensiblen Nerven so gut wie gar nicht mehr perzipiert. Ihre Dosierung kann daher beliebig hoch gesteigert werden und wird einzig und allein durch die bei höheren Stromstärken manifest werdende Wärmewirkung begrenzt. Charakteristisch für die Diathermieströme im Vergleich zu den Arsonvalströmen

ist demnach die sehr hohe Stromstärke oder Intensität, in der sie verwendet werden können.

Ein weiterer Unterschied zwischen beiden liegt in ihrer Spannung. Bei der Autokonduktion im Solenoid und bei der Kondensatorbettbehandlung verwenden wir Ströme mit einer Spannung von einigen 1000 Volt, wollen wir aber die lokale Arsonvalisation mittels Funken oder Effluvien ausüben, dann müssen wir die Spannung dieser Ströme noch durch einen besonderen Hochspannungstransformator nach Tesla oder Oudin auf einige 100 000 Volt erhöhen. Bei der Diathermie reichen wir mit einer Spannung von wenigen 100 Volt für alle Fälle aus.

Fassen wir diese Unterschiede zwischen Arsonval- und Diathermieströme zusammen, so ergibt sich:

Arsonvalisation:

1. 20—100 Funken in der Sekunde, ebenso viele stark gedämpfte Schwingungsgruppen mit sehr langen Pausen.
2. Kleine Stromstärke (etliche 100 Milliampere).
3. Hohe Spannung (einige 1000 oder auch einige 100 000 Volt).

Diathermie:

1. 1000—2000 Funken in der Sekunde, ebenso viele stark gedämpfte Schwingungsgruppen mit entsprechend kürzeren Pausen.
2. Große Stromstärke (bis zu 3000 Milliampere).
3. Niedrige Spannung (einige 100 Volt).

Die Erzeugung mittels Lichtbogen.

Der Lichtbogen von Duddell. In ähnlicher Weise, wie man durch die Entladung eines Kondensators über eine Funkenstrecke elektrische Schwingungen bekommt, entstehen solche unter bestimmten Bedingungen auch dann, wenn die Entladung über einen sogenannten Lichtbogen stattfindet. Der Engländer W. Duddell machte bereits im Jahre 1900 durch Zufall die interessante Beobachtung, daß man mit Hilfe einer Bogenlampe elektrische Schwingungen erhalten kann. Die Anordnung, welche dies ermöglicht, ist in Fig. 18 schematisch wiedergegeben.

Schaltet man zu einem Kondensator (Kapazität) und einer Drahtspule (Selbstinduktion) einen Lichtbogen parallel, den man mit Gleichstrom, sagen wir mit dem Strom einer Akkumulatorbatterie speist, so ergibt die experimentelle Untersuchung die im ersten Moment überraschende Tatsache, daß in dem aus Kondensator, Drahtspule und Lichtbogen

gebildeten Kreis ein Wechselstrom zirkuliert, dessen Frequenz nach der Formel von Thomson und Kirchhoff (S. 14) von der Größe der verwendeten Kapazität und der Größe der Selbstinduktion abhängig ist. Verkleinert man diese beiden Größen, so kann man die Schwingungszahl des ganzen Systems erhöhen, die

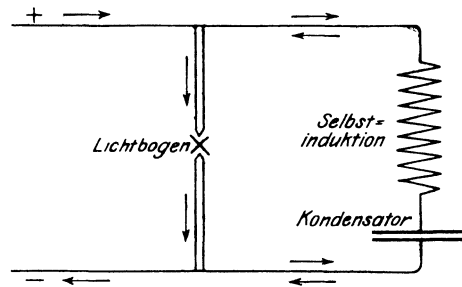


Fig. 18. Schaltbild des Lichtbogens von Duddell.

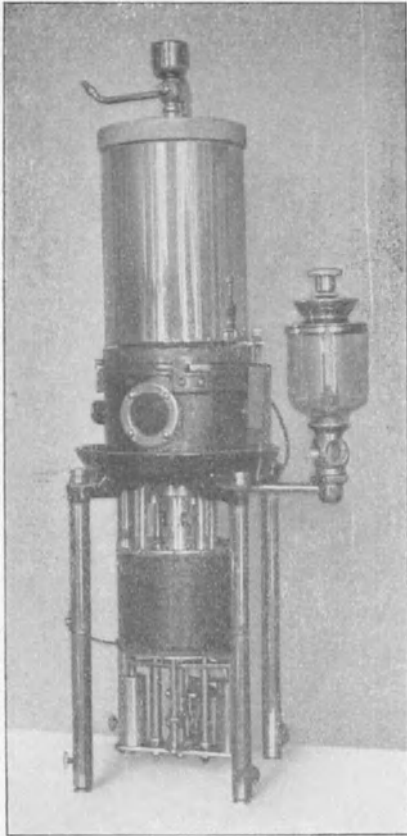


Fig. 19. Poulsonlampe.

Hoffnung aber, auf diesem Wege, d. h. durch fortgesetzte Verkleinerung der beiden Faktoren, bis zu einer Hochfrequenz etwa in der Größenordnung von einigen Hunderttausend oder einer Million zu gelangen, wurde getäuscht, denn es stellte sich heraus, daß bei einer Periodenzahl von ungefähr 30000 bis 40000 in der Sekunde, das Schwingungsvermögen des Lichtbogens erlischt.

Der Lichtbogen von Poulsen. Erst dem dänischen Ingenieur W. Poulsen glückte es im Jahre 1906 dieses Hindernis zu überwinden, indem er den Lichtbogen statt in gewöhnlicher Luft in einer Wasserstoffatmosphäre brennen ließ und überdies die Kohle des positiven Pols durch einen Kupferstab ersetzte. Dadurch wurde es Poulsen möglich, Wechselströme mit einer Frequenz von 2—300 000 zu erreichen, die kontinuierlich, also ungedämpft waren. Wie bereits erwähnt, war es Bernd, der mit Hilfe des Poulsenschen Lichtbogens den ersten Diathermieapparat konstruierte. Leider mußte man bald erkennen, daß die Poulsenlampe für die Diathermie nicht das leistete, was man von ihr erhoffte. Es hafteten ihr gewisse Mängel an, die zu besprechen sich hier erübrigt, da der Lichtbogen heute durch die Funkenstrecke vollkommen verdrängt ist und zur Herstellung von Diathermieapparaten nicht mehr verwendet wird. Es hat darum auch nur historisches Interesse, wenn wir in Fig. 19 eine früher zur Diathermie benützte Poulsenlampe wiedergeben.

Die Erzeugung mittels Glühkathode.

Der Begriff der Glühkathode. Bekanntlich nehmen wir heute an, daß der elektrische Strom in einem metallischen Leiter, sagen wir in einem Kupferdraht, in nichts anderem besteht als in der Bewegung kleinster negativ elektrischer Teilchen, der Elektronen, die zwischen den Molekülen hindurch vom negativen zum positiven Pol wandern. Auch die in einer Röntgenröhre von der Kathode ausgehenden Strahlen, die sogenannten Kathodenstrahlen, sind in ganz gleicher Weise ein solcher Elektronenstrom im luftverdünnten Raum. Wenn man eine Röntgenröhre auf das äußerste luftleer macht, also weit mehr als dies bei den gewöhnlichen Röhren der Fall ist, so ist keine noch so hohe Spannung imstande, einen Elektronenstrom, also Kathodenstrahlen, auszulösen. Zwar befinden sich immer an der Kathode Elektronen, welche unter dem Zug der Spannung das Bestreben zeigen, vom negativen zum positiven Pol zu fliegen, in einem so hohen Vakuum ist ihnen das aber nicht möglich — wenigstens nicht bei gewöhnlicher Temperatur. Erhitzen wir jedoch die Kathode (der wir die Form eines Metallfadens gegeben haben) durch einen besonderen elektrischen Strom, dann wird die Bindung der Elektronen an die Moleküle des Kathodenmetalles gelockert, sie kommen von der Kathode los

und treten ihren Weg durch die luftleere Röhre an. Dabei zeigt sich, daß, je höher die Temperatur der Kathode, desto mehr Elektronen von ihr entbunden werden, desto stärker also der Strom ist.

Neben der Temperatur der Glühkathode ist es noch ein zweiter Faktor, welcher die Stärke des Stromes beeinflußt, das ist die an den Elektroden der Röhre herrschende Spannung. Von dieser hängt es ab, ob alle von der Kathode gelösten

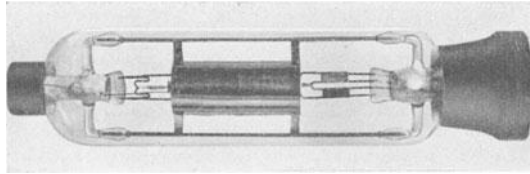


Fig. 20. Elektronenröhre.

Elektronen ihr Ziel, die Anode, erreichen. Je mehr man die Spannung vergrößert, desto mehr Elektronen werden bei einer bestimmten Kathodentemperatur an die Anode gelangen, desto stärker wird also der Strom sein. Das Höchstmaß seiner Stärke erreicht er dann, wenn alle Elektronen, welche die Kathode verlassen, auch bis zur Anode kommen (Sättigungsstrom). Ist dies der Fall, dann kann auch eine weitere Steigerung der Spannung die Stromstärke nicht vergrößern. Das sind die einfachen Gesetze des elektrischen Stromes in einer hochevakuierten Röhre.

Wir wollen nunmehr annehmen, daß in einer solchen Röhre sich auf der Elektronenbahn, also zwischen Kathode und Anode ein feines Metallgitter befindet,

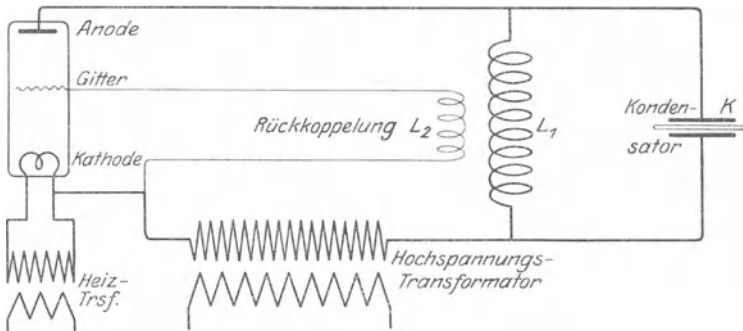


Fig. 21. Schaltbild eines Diathermieapparates mit Glühkathode.

durch das die Elektronen hindurchfliegen müssen, und wir nehmen weiter an, daß dieses Gitter durch eine geeignete Vorrichtung auf jede beliebige positive oder negative Spannung geladen werden kann. Es wird sich dann folgendes ergeben. Die Spannung des Gitters wird einen weitgehenden Einfluß auf die Elektronenbewegung und damit auf die Stärke des Stromes ausüben. Ist das Gitter positiv geladen gegenüber der Kathode, so wird es die Anziehung, welche die Elektronen durch die Anode erfahren, unterstützen und damit die Stromstärke vergrößern. Ist es gegenüber der Kathode negativ, so wird es die von ihr kommenden Elektronen abstoßen, ihren Flug gegen die Anode bremsen und damit den Strom schwächen. Ja es kann diesen ganz aufheben, wenn seine negative Ladung eine genügend hohe ist.

Läßt man die Spannung des Gitters in periodischem Wechsel hin und her schwanken, so wird damit der Strom in der Röhre sich in gleichem Tempo ändern, es werden Stromschwingungen entstehen. Die Schnelligkeit, mit der diese Schwin-

ungen erfolgen, kann eine sehr bedeutende sein, da die Elektronen infolge ihrer verschwindend kleinen Masse den Spannungsänderungen augenblicklich folgen. Eine Elektronenröhre dieser Art, wie sie für die Zwecke der Diathermie geeignet ist, gibt Fig. 20 wieder.

Die Glühkathode als Schwingungserreger wollen wir uns an dem Schaltbild (Fig. 21) noch näher klar machen. In diesem sehen wir zunächst einen Hochspannungstransformator, der uns den zum Betrieb der Elektronenröhre nötigen hochgespannten Wechselstrom liefert. Verwenden wir zum Betrieb der Röhre Wechselstrom, wie wir dies bei der Diathermie ausschließlich tun, so müssen wir im Auge behalten, daß für die Wirkung der Elektronenröhre nur jene Halbwellen des Stromes in Betracht kommen, die in einer Richtung verlaufen, bei welcher der Glühfaden der Röhre Kathode ist, weil ja entgegengesetzt gerichtete Stromstöße nicht hindurchgelassen werden. Bei einer derartig wirksamen Halbwelle des Transformators fließt also ein Strom durch die Selbstinduktion L_1 des Hauptschwingungskreises. Dieser induziert in der sogenannten Rückkoppelungsspule L_2 ebenfalls einen Strom, der das Gitter positiv aufladet und so den ersten Stromstoß verstärkt. Diese Verstärkung induziert weiterhin in der Rückkoppelungsspule einen Strom usw., bis der Kondensator K aufgeladen ist und infolge seiner entgegengesetzt gerichteten Spannung ein weiteres Anschwellen des Stromes verhindert. Dies ist der Moment, wo die Entladung des Kondensators in einem Stromstoß entgegengesetzten Sinnes einsetzt. Dieser wirkt gleichfalls auf die Rückkoppelungsspule und ladet das Gitter der Röhre negativ, hemmt also den Elektronenstrom mit zunehmender Stärke so weit, bis der Kondensator sich neuerdings aber nunmehr im umgekehrten Sinn aufladet. Damit beginnt das eben beschriebene Spiel von neuem usw. So wird der Kreis andauernd in Schwingungen erhalten, wobei die Rückkoppelungsspule die Rolle des Uhrgewichtes spielt, das die bei jeder Schwingung verloren gegangene Energie immer wieder von neuem ersetzt und so die Kontinuität der Schwingungen erhält. Die Glühkathode erzeugt also im Gegensatz zur Funkenstrecke ungedämpfte oder kontinuierliche Schwingungen.

Ihre Vorzüge gegenüber der Funkenstrecke sollen darin bestehen, daß sie keiner Wartung bedarf und daß sie größere Energiemengen als diese zu liefern vermag. Die praktische Erprobung wird lehren, ob sie instande ist, die Funkenstrecke in der Diathermie zu verdrängen.

III. Die Umwandlung von Elektrizität in Wärme.

Die Umwandlung im Lichte der Elektronentheorie.

Die Diathermie beruht auf der therapeutischen Verwertung jener Wärme, welche durch Umwandlung elektrischer Energie in kalorische Energie auf der Strombahn entsteht. Wir haben es also mit einer Energietransformation zu tun, wobei der Körper selbst, wenn man so sagen darf, den Transformator spielt. Die Elektronentheorie erklärt diese Umwandlung in folgender Weise.

Leiter I. Ordnung (Metalle). Nach unserer heutigen Anschauung besteht jedes Atom aus einem elektrisch positiven Kern, dem Zentralkörper, um den ein oder mehrere elektrisch negativ geladene Teilchen, Elektronen genannt, kreisen, in ähnlicher Weise wie die Planeten um die Sonne. Unter Umständen lösen sich aus dem Verbands eines Atoms einzelne Elektronen los, bleiben eine Zeitlang frei, um sich dann wieder anderen Atomsystemen anzuschließen. Diesen Vorgang, den wir als Dissoziation bezeichnen, beobachten wir insbesondere bei den Metallen. Da deren Atome sehr leicht Elektronen abspalten, so finden sich in metallischen Leitern stets zahlreiche freie Elektronen, welche ungebunden

zwischen den feststehenden Atomen schwärmen. Es wird ihnen das dadurch möglich, daß ihre Masse im Vergleich zu dem Raum, den das Atomsystem als Ganzes beansprucht, außerordentlich klein ist, so daß selbst in so dichten Körpern wie in den Metallen der von Materie nicht erfüllte Raum enorm groß ist.

Wirkt nun eine elektrische Kraft auf einen solchen Leiter ein, dann folgen die dissoziierten, also frei beweglichen Elektronen dem Zuge dieser Kraft und wandern, da sie alle negativ geladen sind, zwischen den unbeweglichen Metallatomen hindurch gegen den positiven Pol. Diese Wanderung der Elektronen ist es, was wir als elektrischen Strom bezeichnen.

Sie erfolgt aber keineswegs unbehindert. Es kommt dabei zu wiederholten Zusammenstößen sowohl zwischen den Elektronen und den ruhenden Atomen als auch zwischen den Elektronen untereinander. Es findet ein Drängen, Stoßen und Reiben statt, wobei ein Teil der kinetischen Energie, welche die Elektronen der elektrischen Kraft verdanken, verloren geht und sich in Wärme umsetzt, die entsprechend dieser Vorstellung als Widerstands- oder Reibungswärme bezeichnet wird. Je größer die Stromstärke, d. h. die Zahl und die Geschwindigkeit der Elektronen ist, welche an der Bewegung teilnehmen, desto größer wird auch die gebildete Wärme sein.

Bei dem Gleichstrom wirkt die elektromotorische Kraft stets in demselben Sinn, infolgedessen ist auch die Bewegungsrichtung der Elektronen andauernd die gleiche. Bei dem Wechselstrom dagegen ist die Richtung der elektrischen Kraft eine fortwährend wechselnde. Die Elektronen bewegen sich daher nicht in dauernd gleicher Richtung, sondern ändern diese mit der Richtung der Kraft. Dadurch kommt es nicht zu einer stetig fortschreitenden, sondern zu einer pendelnden oder schwingenden Bewegung, welche um so rascher erfolgt, je rascher der Richtungswechsel, je höher die Frequenz des Stromes ist. Auch dabei wird ein Teil ihrer Bewegungsenergie infolge der Reibung in Wärme umgesetzt.

Leiter II. Ordnung (elektrolytische Leiter). Darunter verstehen wir vornehmlich Lösungen von Salzen, Säuren und Basen. Da die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers ausschließlich auf solchen Lösungen beruht, zählen wir ihn zu den elektrolytischen Leitern. Bei diesen sind es nicht die freien Elektronen, welche sich unter der Einwirkung der elektromotorischen Kraft verschieben, sondern die sogenannten Ionen. Es gibt deren zweierlei: Kationen, das sind Atome, welche ein oder mehrere negative Elektronen abgespalten haben und durch den Verlust dieser elektrisch positiv geworden sind; sie wandern daher zum negativen Pol oder zur Kathode. Zweitens Anionen, das sind Atome, denen sich umgekehrt dissoziierte Elektronen angelagert haben, die also ein Plus an negativer Elektrizität aufweisen und somit elektrisch negativ sind; sie wandern zum positiven Pol oder zur Anode. Daneben finden sich im Elektrolyten noch unveränderte Atome, welche elektrisch neutral sind.

Nur die Ionen sind es, welche der Einwirkung der elektrischen Kraft Folge leisten, sie sind es, welche im menschlichen Körper unter dem Einfluß der Hochfrequenzspannung in Schwingungen geraten. Die dabei

entstehende Wärme führen wir analog ihrer Entstehung im metallischen Leiter einerseits auf Zusammenstöße zwischen den Ionen untereinander, andererseits auf Zusammenstöße zwischen Ionen und neutralen Atomen zurück.

Die Gesetze der Umwandlung.

Das Gesetz von Joule. Es ist das Verdienst von James Prescott Joule, die Bedingungen, unter welchen sich die Umwandlung von Elektrizität in Wärme vollzieht, zuerst experimentell festgelegt zu haben (1844). Joule schickte Ströme von bekannter Stärke durch Drähte, welche sich in einem Wasserkalorimeter befanden, und bestimmte die Erwärmung dieses Wassers. Er kam dabei zur Aufstellung eines Gesetzes, das heute nach ihm als das Joulesche Gesetz bezeichnet wird und das sich in folgende Punkte zusammenfassen läßt:

1. Die gebildete Wärmemenge ist direkt proportional dem Quadrate der Stromstärke (i), das heißt, die doppelte Stärke erzeugt die vierfache, die dreifache die neunfache Wärmemenge.

2. Die gebildete Wärmemenge ist direkt proportional dem Widerstand des Leiters (w), so daß der doppelte Widerstand auch die doppelte Kalorienzahl liefert.

3. Die gebildete Wärmemenge ist direkt abhängig von der Dauer der Strömung (t).

$$W \text{ (Wärme in g-Kal.)} = k \cdot i^2 \cdot w \cdot t.$$

k ist in diesem Ausdruck eine Konstante, die gleich wird 0, 24, wenn i in Ampere, w in Ohm und t in Sekunden ausgedrückt wird.

Wärmemenge und Erwärmung. Das Joulesche Gesetz ermöglicht es, aus den drei Größen der Stromstärke, dem Widerstand und der Zeit, die durch den Strom gebildete Wärmemenge in Kalorien zu berechnen. Das, was uns praktisch interessiert, ist aber nicht so sehr die Kalorienzahl, die ein Körper in sich aufgenommen hat, als vielmehr die Temperaturerhöhung, welche ihm dadurch zuteil geworden ist. Diese nennen wir Erwärmung und messen sie in Celsiusgraden (z). Wärmemenge und Erwärmung stehen wohl in einem direkten Abhängigkeitsverhältnis voneinander, sind aber nicht identisch.

Die Erwärmung, welche ein Körper durch eine bestimmte Wärmemenge erfährt, wird beeinflußt durch seine Masse (m) und seine spezifische Wärme (s).

1. Die Masse. Die Wärmemenge W , einem Körper von der Masse m zugeteilt, verleiht ihm eine Temperaturerhöhung von z Graden. Die gleiche Quantität Wärme auf einen Körper von der doppelten Masse $2m$ verteilt, bewirkt jedoch nur einen halb so hohen Temperaturanstieg ($z/2$ Grad). Wir ersehen daraus, daß der Temperaturzuwachs bei gleicher Kalorienzahl der Masse des Körpers umgekehrt proportional ist. Die Masse eines Körpers drücken wir bekanntlich in Gramm aus.

2. Die spezifische Wärme. Auch dann, wenn zwei Körper die gleiche Masse haben, werden sie durch die gleiche Wärmemenge nicht dieselbe Temperaturerhöhung erfahren, wenn ihre spezifische Wärme

verschieden ist. Unter spezifischer Wärme verstehen wir die Wärmemenge, welche notwendig ist, die Masseneinheit eines Stoffes um 1°C zu erwärmen. Je größer die spezifische Wärme eines Körpers, desto mehr Wärme wird er also aufnehmen müssen, um eine bestimmte Temperatur zu erreichen.

Die spezifische Wärme des Wassers nehmen wir dabei als Einheit an, sie ist im Vergleich zur spezifischen Wärme anderer Körper verhältnismäßig hoch. Es werden daher auch stark wasserhaltige Substanzen, wie z. B. die Muskeln, eine hohe spezifische Wärme haben und sich demnach bei gleicher Kalorienaufnahme weniger stark erwärmen als das wasserarme Fettgewebe oder der Knochen. Wenn wir die spezifische Wärme des letzteren der des Kalziumphosphates gleichsetzen, so beträgt sie nur $\frac{1}{5}$ der des Wassers (B. Walter).

Für die Erwärmung eines Körpers können wir somit die Gleichung aufstellen z (in Celsiusgraden) = $\frac{W}{ms}$ oder, wenn wir für W den durch

das Joulesche Gesetz bestimmten Ausdruck einsetzen, $z = k \frac{i^2 wt}{ms}$. Daraus

ist ersichtlich, daß die Erwärmung eines stromführenden Leiters von nicht weniger als fünf physikalischen Größen abhängig ist, die alle bekannt sein müssen, um seine Temperaturerhöhung in Celsiusgraden berechnen zu können.

Sind die Verhältnisse also schon in einem Leiter von durchaus homogener Beschaffenheit — und einen solchen haben wir bisher immer vorausgesetzt — sehr komplizierte, so sind sie es in noch viel höherem Grade, wenn wir es mit einem Leiter wie dem menschlichen Körper zu tun haben, der sich aus den verschiedenartigsten Teilen zusammensetzt, aus Geweben von verschiedenem elektrischen Widerstand, verschiedener Masse und verschiedener spezifischer Wärme. Dazu kommt bei der elektrischen Durchwärmung des menschlichen Körpers überdies ein physikalischer Faktor, die Wärmeleitung, und ein physiologischer, die Wärmeverschleppung durch den Blutkreislauf, welche die Verhältnisse noch weiterhin verwirren und einer mathematischen Analyse unzugänglich machen. Die physikalischen Gesetze werden uns also in der Praxis der Diathermie höchstens allgemeine Anhaltspunkte geben können. Nie werden wir imstande sein, aus ihnen die im Körper wirklich zustande kommenden Temperaturen zu berechnen.

Die Bedeutung des elektrischen Widerstandes für die Erwärmung.

Die Erwärmung, welche ein elektrischer Leiter durch den Strom erfährt, ist neben anderem wesentlich von seinem Widerstand abhängig, weshalb wir die Bedeutung dieses noch einer besonderen Betrachtung unterziehen müssen.

Der Begriff des elektrischen Widerstandes. Der elektrische Widerstand eines Körpers wird durch drei Größen bestimmt, seinen spezifischen Widerstand, seine Länge und seinen Querschnitt, und zwar ist er dem

spezifischen Widerstand und der Länge direkt, dem Querschnitt aber umgekehrt proportional.

1. Der spezifische Widerstand ist von der materiellen Beschaffenheit des Leiters abhängig. Auch bei gleicher Länge und gleichem Querschnitt haben verschiedene Körper einen verschiedenen Widerstand. Um diese von der Natur des Leiters abhängigen Widerstände miteinander vergleichen zu können, ist man übereingekommen, den Widerstand, welchen ein Leiter von 1 cm² Querschnitt und 1 cm Länge bei einer mittleren Temperatur (18° C) dem Strom bietet, in Ohm ausgedrückt, als seinen spezifischen Widerstand zu bezeichnen. Den reziproken Wert desselben nennt man sein spezifisches Leitvermögen.

Auch die einzelnen organischen Gewebe des tierischen Körpers unterscheiden sich ganz erheblich in ihrem spezifischen Widerstand, bzw. Leitvermögen. Wir werden in dem Abschnitt über die physiologischen Wirkungen der Diathermie noch eingehender auf diese Verhältnisse zu sprechen kommen.

2. Die Länge. Der Widerstand wächst unter sonst gleichen Bedingungen mit der Länge des Stromweges in einem geraden Verhältnis. Er ist, wollen wir ein Beispiel aus der Elektrotherapie wählen, kleiner, wenn wir eine Extremität der Quere nach, er ist größer, wenn wir sie ihrer ganzen Länge nach diathermieren, er ist sehr groß, wenn wir den Strom der Länge nach durch zwei Extremitäten, z. B. von Hand zu Hand schicken.

3. Der Querschnitt eines Leiters ist bei der Diathermie gegeben durch die Größe der verwendeten Elektroden. Mit der zunehmenden Größe dieser steigt er in einem geraden Verhältnis.

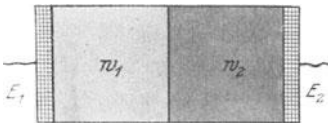


Fig. 22. Reihenschaltung
zweier Widerstände. E_1 und E_2 Elektroden.

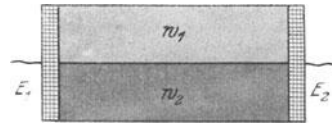


Fig. 23. Parallelschaltung

Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen. Haben wir zwei verschiedene Widerstände w_1 und w_2 , welche gleichzeitig von einem Strom durchflossen werden, so ist nicht nur die absolute Größe dieser Widerstände, sondern auch ihre Anordnung im Stromkreis von entscheidendem Einfluß auf ihre Erwärmung. Wir können hier zwei Fälle unterscheiden, die Reihen- und die Parallelschaltung.

1. Die Reihenschaltung. Sind die beiden Widerstände w_1 und w_2 hintereinander, oder wie wir auch sagen, in Reihe geschaltet (Fig. 22), so ist die Stromstärke (i) auf allen Punkten des Stromweges die gleiche, d. h. mit anderen Worten, die Elektrizitätsmenge, welche durch irgendeinen Querschnitt des Leiters in einer Sekunde hindurchtritt, ist überall die gleiche. Wäre dem nicht so, so müßte es ja zwischen zwei Querschnitten zu einer Anhäufung von Elektrizität, zu einer statischen Aufladung kommen, was nicht der Fall ist. Wollen wir die in beiden Widerständen entwickelten Wärmemengen nach dem Jouleschen Gesetz berechnen, so haben wir also für die Stromstärke i , desgleichen auch für die Zeit t dieselben Werte einzusetzen, verschieden sind nur die Widerstände w_1 und w_2 . Es ist somit ohne weiteres klar, daß sich die gebildeten Wärmemengen proportional den Widerständen verhalten werden, daß somit der Leiter größeren Widerstandes sich stärker erwärmt.

2. Die Parallelschaltung. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir die beiden Widerstände w_1 und w_2 nebeneinander oder parallel erhalten (Fig. 23). Jetzt stehen dem elektrischen Strom zwei Wege offen. Er wird sich auf diese nach den Kirchhoffschen Regeln derart verteilen, daß sich die beiden Teilströme in ihrer Stärke umgekehrt verhalten wie die Widerstände ihrer Wege. Wir haben also in beiden Leitern nicht allein verschiedene Widerstände so wie im ersten Fall, wir haben außerdem noch verschiedene Stromstärken. Um die dadurch für die Rechnung sich ergebenden Schwierigkeiten zu umgehen, können wir mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes die eine dieser Größen, d. i. die Stromstärke aus der Gleichung eliminieren und an ihre Stelle die an den Elektroden herrschende Spannung e einführen. Diese ist ja für beide Leitungswege ganz die gleiche.

$$i = \frac{e}{w} \quad (\text{Ohmsches Gesetz}).$$

$$W = k \cdot i^2 w t = k \frac{e^2}{w^2} w t = k \frac{e^2}{w} t.$$

Wir ersehen daraus, daß bei gleicher Spannung und Zeit die gebildete Wärme sich umgekehrt zur Größe des Widerstandes verhält. Es tritt somit jetzt gerade das Gegenteil von dem ein, was wir im ersten Fall beobachten: der Leiter von geringerem Widerstand erwärmt sich stärker.

Die beiden hier beschriebenen Schaltungsarten sind auch für die Erwärmung der verschiedenen Körpergewebe bei der Diathermie von Bedeutung, wenn die Verhältnisse in der Praxis auch keineswegs so einfach liegen, wie dies häufig dargestellt wird. So hat man als Beispiel einer Reihenschaltung die Querdurchströmung einer Extremität angeführt, wobei man die Haut, das Unterhautzellgewebe, die Muskeln, die Blutgefäße, Knochen usw. als hintereinander geschaltete Leiter ansah. Dieser Vergleich ist aber sehr anfechtbar. Wohl müssen Haut und Unterhautzellgewebe der Reihe nach vom Strom durchsetzt werden, dann aber stimmt die Sache nicht mehr, denn Muskeln, Blutgefäße, Nerven und Knochen sind ebensogut nebeneinander wie hintereinander geschaltet. Es ist kein Zweifel, daß der Strom die schlechtleitenden Gewebe, wie Knochen und Nerven, wenn möglich auf parallelen Wegen, insbesondere über die gut leitenden Muskelmassen, umgehen wird, statt sie hintereinander zu durchfließen. Die Erwärmung wird sich daher keineswegs proportional den Widerständen dieser Gewebe verhalten, wie wir bei einer Reihenschaltung erwarten müßten.

Ein Beispiel für die Parallelschaltung sollte die Längsdurchströmung einer Extremität sein. Auch dieser Vergleich ist sehr hinkend. Legen wir eine Elektrode an der Hand, eine zweite an der Schulter an, so wird der Strom zunächst die Haut und das Unterhautzellgewebe passieren müssen; diese sind gleichsam Vorschaltwiderstände und hintereinander geschaltet. Erst nach Überwindung dieser beiden kann er sich über den Querschnitt der Extremität parallel auf die verschiedenen Gewebe verteilen. Wir haben es also auch hier mit einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung zu tun. Daraus ist wohl zur Genüge

ersichtlich, daß es ganz verfehlt ist, die ungeheuer komplizierten Verhältnisse des menschlichen Körpers einfach zu schematisieren, wie dies häufig geschieht, und daraus Schlüsse auf die Erwärmung der einzelnen Gewebe zu ziehen.

Der Wechselstromwiderstand des menschlichen Körpers. Schicken wir durch einen Leiter, der eine Kapazität besitzt, einen Wechselstrom, so beobachten wir unter gewissen Bedingungen, daß die Stärke dieses Stromes größer ist als wir nach dem Ohmschen Gesetz erwarten würden. Der Widerstand des Leiters ist scheinbar herabgesetzt. Diese Herabsetzung des Widerstandes gegen Wechselstrom ist um so größer, je größer die Kapazität des Leiters und je größer die Frequenz des Stromes ist. Sie macht sich daher bei Hochfrequenzströmen in besonderem Maße bemerkbar.

Auch der menschliche Körper besitzt eine gewisse Kapazität und die Frage, ob man bei der Behandlung mit Hochfrequenzströmen eine solche scheinbare Herabsetzung des Widerstandes wahrnehmen könnte, ist vielfach diskutiert worden. Daß eine Widerstandsverminderung dieser Art auch bei der Behandlung mit Diathermieströmen möglich ist, muß vom theoretischen Standpunkt aus zugegeben werden, welche praktische Rolle sie spielt, ist jedoch zweifelhaft. Ich muß mich an dieser Stelle damit begnügen, die Frage gestreift zu haben.

Zweiter Teil.

Das Instrumentarium der Diathermie.

I. Der Diathermieapparat und seine Bestandteile ¹⁾.

Allgemeines. Der Diathermieapparat dient dazu, eine der gebräuchlichen Stromarten, wie sie zur Beleuchtung oder für andere technische Zwecke verwendet werden, also Gleichstrom oder niederfrequenten Wechselstrom, in hochfrequenten Wechselstrom umzuformen. Der Diathermieapparat ist demnach ein Umformer im weitesten Sinne.

Um Hochfrequenzströme oder elektrische Schwingungen zu erzeugen, bedarf er zunächst eines Schwingungskreises, der, wie bereits auf Seite 11 auseinandergesetzt wurde, aus Kondensator, Selbstinduktion und Funkenstrecke besteht. Dieser Kreis, in welchem die Schwingungen erregt werden, heißt primärer oder Erregerkreis. Um seinen Kondensator zu laden und ihn so in Funktion zu setzen, ist ein hochgespannter Strom nötig, der von einer besonderen Quelle geliefert werden muß. Als solche dient ein Transformator, der den Wechselstrom einer elektrischen Zentrale (oder den eines Umformers) auf eine Spannung von 1500—2000 Volt bringt.

Die im Primärkreis entstehenden Schwingungen werden nicht unmittelbar durch den Körper geleitet, sondern mittels Induktion auf einen zweiten Kreis übertragen, der mit dem ersten in keiner leitenden Verbindung steht. Dieser heißt sekundärer, oder, da sich in ihm der Patient befindet, auch Therapie-, bzw. Patientenkreis. Er muß, um schwingungsfähig zu sein, gleichfalls einen Kondensator und eine Selbstinduktion besitzen.

¹⁾ Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die derzeit allgemein gebräuchlichen Funkenstreckenapparate.

Schließlich sind an jedem Apparat noch Einrichtungen erforderlich, die es gestatten, den therapeutisch verwendeten Strom nach Wunsch zu regulieren und die zur Anwendung kommende Stromstärke zu messen. Wir hätten demnach als wesentliche Bestandteile eines Diathermieapparates:

1. Einen Wechselstromtransformator als Ladequelle für den Kondensator des Primärkreises.
2. Den primären Erregerkreis, bestehend aus Kondensator, Selbstinduktion und Funkenstrecke, in welchem die Hochfrequenzströme zustande kommen.
3. Den sekundären, Therapie- oder Patientenkreis, in welchen der Patient mittels Elektroden eingeschaltet ist, und der die Schwingungen von dem Primärkreis durch Induktion übernimmt.
4. Die Einrichtung zum Regulieren der therapeutisch verwendeten Stromstärke.
5. Die Einrichtung (Amperemeter) zum Messen der therapeutisch verwendeten Stromstärke.

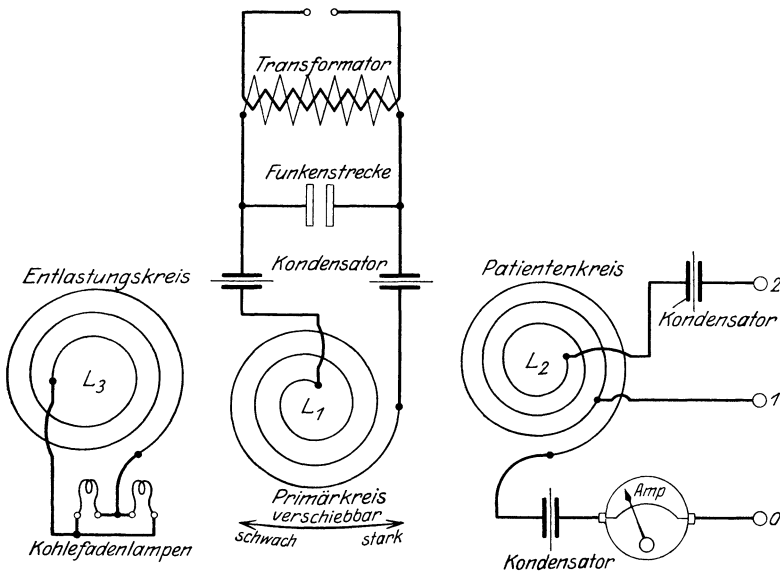


Fig. 24. Schaltbild des Diathermieapparates von Reiniger, Gebbert & Schall.

Diese Teile werden wir nun der Reihe nach besprechen. Bevor wir dies jedoch tun, wollen wir uns noch an der Hand des beigefügten Schaltbildes (Fig. 24) die Funktion eines Diathermieapparates klar machen.

Der von der Zentrale (bzw. von einem Umformer) gelieferte Wechselstrom, der in der Regel eine Spannung von 110 oder 220 Volt hat, tritt bei Schließung eines Schalters in die Primärwicklung des Transformators. Der hier fließende Strom ist also niedergespannter und niederfrequenter

Wechselstrom. In der Sekundärspule des Transformators erscheint er in einen hochgespannten, im übrigen aber gleichartigen, also niederfrequenten Wechselstrom umgewandelt. Dieser ladet den Kondensator des Primärkreises, der sich bei Erreichung einer bestimmten Spannung auf dem Wege über die Selbsinduktion der Drahtspule L_1 durch die Funkenstrecke entladet. Dadurch kommt es in diesem Kreis, den wir als primären oder Erregerkreis bezeichnen, zu Hochfrequenzschwingungen.

Diese werden auf einen zweiten Kreis, den sekundären oder Patientenkreis, in der Weise übertragen, daß die Spule L_1 , welche beweglich ist, der Spule L_2 mehr oder weniger genähert wird. Ein hier eingeschaltetes Amperemeter ermöglicht es, die zur Anwendung kommende Stromstärke abzulesen. (Der in der Abbildung noch ersichtliche Entlastungskreis soll uns erst später beschäftigen.)

Der Wechselstromtransformator. Zur Ladung des Kondensators im Erregerkreis brauchen wir einen Strom mit einer Spannung von 1000 bis 2000 Volt, der uns von einem Wechselstromtransformator geliefert wird.

Hochgespannten Wechselstrom erzeugen auch die Funkeninduktoren (Ruhmkorff-Induktoren), wie sie in der Röntgentechnik verwendet werden. Sie sind bei den alten Arsonvalapparaten als Ladquelle für die Kondensatoren allgemein gebräuchlich. Die Diathermieapparate benutzen

statt ihrer sogenannte „eisengeschlossene“ Transformatoren. Es sind dies Induktionsapparate, die nach demselben Grundsatz wirken wie die Funkeninduktoren, die aber keinen Eisenkern mit zwei freien Enden besitzen wie diese, sondern an Stelle dessen einen aus einzelnen Eisenblechen zusammengesetzten Rahmen, über den Primär- und Sekundärspulen gewickelt sind. Durch einen solchen Rahmen wird erreicht, daß die magnetischen Kraftlinien, welche in dem Eisen entstehen, nicht frei in die Luft austreten, sich streuen, wie sie dies an den beiden Enden des Eisenkernes eines Funkeninduktors tun, sondern andauernd in dem Eisen verlaufen, das ihnen einen guten Leitungsweg bietet. Sie werden auf diese Weise zusammengehalten, geschlossen, wodurch der Nutzeffekt des Transformators, das heißt die in der Sekundärspule nutzbar gemachte Energie wesentlich gesteigert wird.

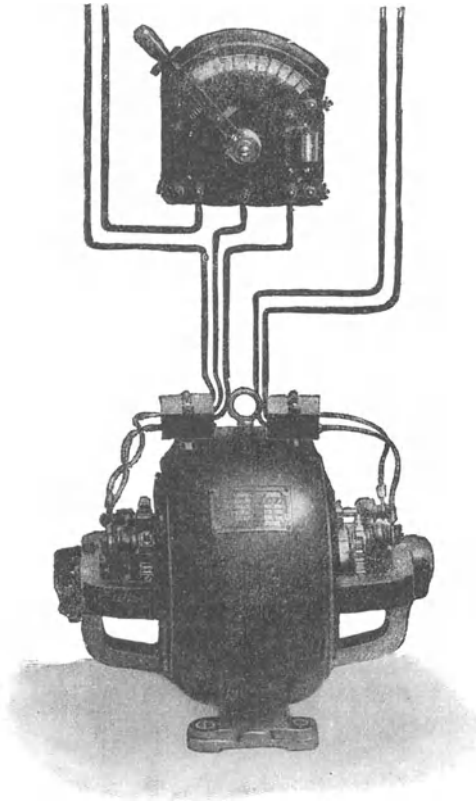


Fig. 25. Gleichstrom-Wechselstromumformer (Einankertype).

Des Transformators wegen können die Diathermieapparate nur an Wechselstrom angeschlossen werden. Führt die zur Verfügung stehende zentrale Leitung nicht Wechselstrom, sondern Gleichstrom, so wird ein Gleichstrom-Wechselstromumformer nötig, wie ihn Fig. 25 in Gestalt einer sogenannten Einankertype darstellt. Eine solche Maschine verteuert natürlich das Instrumentarium und ist im Betrieb auch deshalb nicht angenehm, weil sie Lärm verursacht und einer besonderen Wartung bedarf. Sie kommt, wenn möglich, außerhalb des Behandlungszimmers zur Aufstellung.

Der primäre oder Erregerkreis besteht aus einem Kondensator als Kapazität, einer Drahtspule oder Spirale als Selbstinduktion und der Funkenstrecke.

Die Funkenstrecken der zur Zeit gebräuchlichen Diathermieapparate sind nach dem System der Zisch- oder Löschfunkenstrecke gebaut, deren Prinzip ja schon eingehend erörtert wurde (Seite 18). Sie besteht im wesentlichen aus zwei Metallplatten, die einander in einem Abstand, der nur Bruchteile eines Millimeters beträgt, gegenüber stehen. Dieser Abstand ist entweder fix (Siemens & Halke, Medizinisch-technische Company) oder mittels einer Mikrometerschraube veränderbar (Reiniger, Gebbert & Schall, Veifa-Werke). Da sich die Funkenstrecke durch den Übergang der Funken stark erhitzt, ist sie bei manchen Apparaten mit einer besonderen Kühlvorrichtung (Wassergefäße, Kühlrippen) ausgestattet. Andere Apparate haben eine Vorrichtung, durch welche im Funkenraum Alkoholdämpfe entwickelt werden, die den gleichmäßigen Übergang der Funken unterstützen. Das möge an dieser Stelle genügen. Die Funkenstrecke des Apparates von Siemens u. Halske wurde schon auf Seite 18 näher beschrieben und abgebildet, über die der anderen Apparate wird in dem Absatz „Diathermieapparate verschiedener Firmen“ noch Näheres ausgeführt werden.

Als Kondensator wird gewöhnlich ein Plattenkondensator, bestehend aus Stanniollagen zwischen paraffiniertem Papier oder Glas, verwendet, wie er auf Seite 12 schematisch abgebildet ist. Die Selbstinduktion wird durch eine Drahtspule oder Drahtspirale gegeben, deren Wirkung gleichfalls schon auf Seite 12 erörtert wurde. Da von der Kapazität (C) des Kondensators und der Größe der Selbstinduktion (L) nach der Formel von Thomson und Kirchhoff ($T = 2\pi \sqrt{LC}$) die Periode, mit anderen Worten die Frequenz der erzeugten Schwingungen abhängt, so müssen diese Konstanten so bemessen sein, daß die Schwingungszahl die Höhe von einigen Hunderttausend erreicht, um jenseits der Erregungsgrenze für motorische und sensible Nerven zu liegen.

Der sekundäre oder Therapiekreis enthält, um schwingungsfähig zu sein, gleichfalls einen Kondensator (Kapazität) und eine Drahtspule (Selbstinduktion). Er wird durch den elektrischen Widerstand des Patienten geschlossen. Soll der sekundäre durch den primären Kreis zum Mitschwingen gebracht werden, so muß er auf diesen abgestimmt sein, es muß zwischen beiden Resonanz bestehen. Das ist dann der Fall, wenn der sekundäre Kreis die gleiche Schwingungs- oder Periodenzahl hat wie der primäre (siehe Seite 15).

Der Entlastungskreis. Ein nicht wesentlicher, jedoch sehr zweckmäßiger Bestandteil, den manche Diathermieapparate (Reiniger, Gebbert & Schall, Veifa-Werke, Medizinisch-technische Company) besitzen, ist der sog. Entlastungskreis. Es ist dies ein zweiter Sekundärkreis mit einem Glühlampenwiderstand, der die Aufgabe hat den primären oder Erregerkreis zu entlasten, wenn ihm durch den Therapiekreis wenig oder gar keine Energie entzogen wird. In diesem Fall wird nämlich die im Erregerkreis erzeugte Hochfrequenzenergie von diesem selbst aufgezehrt, was zur Folge hat, daß die Funkenstrecke und die Kondensatoren sich übermäßig erhitzen.

Bei Vorhandensein eines Entlastungskreises ist die Primärspule gewöhnlich beweglich angeordnet, und zwar so, daß sie bei Schwachstellung im Therapiekreis mit dem Entlastungskreis eng gekoppelt ist (Fig. 24). Soll der therapeutisch zur Anwendung kommende Strom verstärkt werden, dann wird die Primärspule der Induktionsspule des Patientenkreises genähert, wobei sie gleichzeitig von der Induktionsspule des Entlastungskreises abrückt. Es wird also automatisch in demselben Maß als man dem Therapiekreis Energie zuführt, diese dem Entlastungskreis entzogen und umgekehrt. Dadurch wird der Funkenstreckenkreis andauernd gleichmäßig belastet, was sein regelmäßiges Funktionieren gewährleistet.

Die Reguliereinrichtung. Um den am Patienten zur Anwendung kommenden Strom in seiner Intensität nach Wunsch verändern zu können, muß jeder Diathermieapparat Einrichtungen besitzen, die eine gleichmäßige, stufenlose Regulierung der Stromstärke in weiten Grenzen gestatten. Die gebräuchlichsten Methoden der Regulierung sind die beiden folgenden:

1. Engere oder losere Koppelung der beiden Induktionsspulen im Erreger- und Therapiekreis. Zu diesem Zweck ist die eine der beiden Spulen beweglich, so daß sie mit der anderen mehr oder weniger zur Deckung gebracht werden kann. Es ist dies das gleiche Prinzip der Stromregulierung, das wir von den Schlitteninduktionsapparaten her kennen. Je mehr die magnetischen Kraftfelder beider Spulen sich decken, desto größer ist die Induktionswirkung, desto stärker der durch den Patienten fließende Strom.

2. Veränderung der Windungszahl in der Sekundärspule. Die Spannung in der Sekundärspule ist um so größer, je größer die Zahl ihrer Windungen im Verhältnis zu der in der Primärspule ist. Um die Spannung und damit auch die Stromstärke in dem Therapiekreis veränderlich zu machen, besitzt die Sekundärspule zwei oder mehrere Abzweigungen, so daß eine größere oder geringere Zahl ihrer Windungen in den Therapiekreis eingeschaltet werden können.

In dem Schaltbild Fig. 24 sehen wir zwei derartige Abzweigungen, die zu den Klemmen 1 und 2 führen. Werden die Elektroden an die Klemmen 0 und 2 angeschlossen, so ist die zwischen ihnen herrschende Spannung eine größere als wenn sie an den Klemmen 0 und 1 liegen, die nur einen Teil der Windungen zwischen sich fassen. Die erste Verbindung wird man dann wählen, wenn es gilt, große Widerstände, wie sie z. B. bei der Durchwärmung von Hand zu Hand gegeben sind, zu



Fig. 26. Hitzdrahtampere-
meter mit Meßbereich bis
3 Ampere (Siemens &
Halske).

überwinden; die zweite bei kleinen Widerständen, etwa solchen, wie sie eine Extremität oder ein Gelenk bei der Querdurchströmung bieten.

Neben diesen beiden Methoden der Stromregulierung gibt es noch andere, auf deren Beschreibung hier verzichtet werden kann.

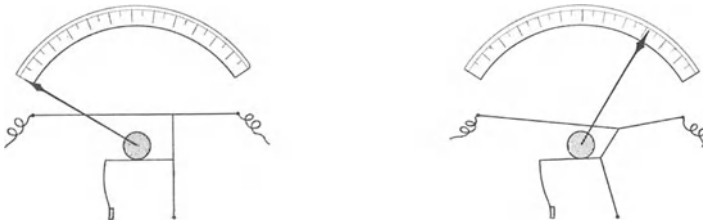


Fig. 27. Schematische Darstellung eines Hitzdrahtamperemeters.

Die Meßeinrichtung. Da wir es bei der Diathermie mit hochfrequenten Strömen zu tun haben, so ist zur Messung der Stromstärke nicht jedes gewöhnliche Amperemeter brauchbar. Wir verwenden in der Hochfrequenztherapie sogenannte Hitzdrahtamperemeter (Fig. 26), deren Konstruktion auf folgendem Prinzip beruht. Der Strom durchfließt einen dünnen Draht, der sich infolge der in ihm entstehenden Jouleschen Wärme ausdehnt und dadurch verlängert. Die Verlängerung des Drahtes wird durch eine geeignete Übersetzung auf einen Zeiger übertragen, der über einer empirisch geeichten Skala spielt (Fig. 27). Das Meßbereich des Instrumentes geht in der Regel bis zu 3—5 Ampere.

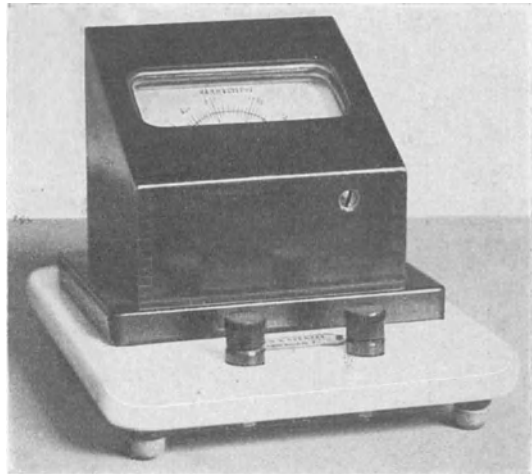


Fig. 28. Hitzdrahtamperemeter mit Meßbereich bis 300 Milliampere (Koch & Sterzel).

Für die Messung kleinerer Stromstärken, wie sie bei der Diathermie des Auges oder Ohres in Betracht kommen, gibt es auch eigene, nach demselben Grundsatz gebaute Hitzdrahtinstrumente mit einem Meßbereich bis zu 200—300 Milliampere (Fig. 28). Sehr zweckmäßig sind Amperemeter mit zwei Meßbereichen, einem kleineren von etwa 0—0,8 Ampere und einem größeren von 0—3,0 Ampere, die nach Bedarf durch einen am Instrument befindlichen Drehknopf eingeschaltet werden können.

II. Diathermieapparate verschiedener Firmen.

An dieser Stelle mögen einige der am häufigsten verwendeten Apparatypen kurz beschrieben werden. Von einer ausführlichen Beschreibung sei deshalb Abstand genommen, weil die Fabrikanten andauernd Verbesserungen (häufig auch nur Veränderungen) an der Konstruktion ihrer Apparate vornehmen, so daß die jeweilige Darstellung in kürzester Zeit veraltet. Bezüglich der näheren Details sei auf die Prospekte der Firmen verwiesen.

Der Apparat von Siemens & Halske hat, wie die meisten anderen Diathermieapparate, die Form eines fahrbaren Kastens, der durch eine

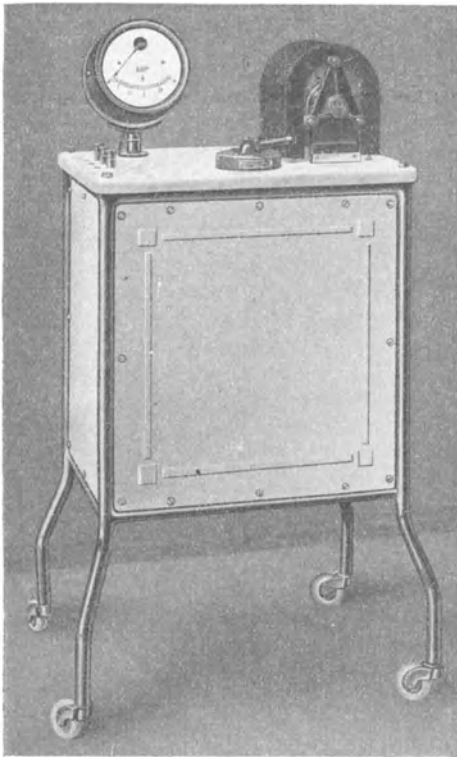


Fig. 29. Diathermieapparat von Siemens & Halske.

Marmorplatte gedeckt ist (Fig. 29). Der Kasten birgt in seinem Innern den Wechselstromtransformator, die Kondensatoren und die beiden Induktionsspulen. Auf der Platte desselben befindet sich die Funkenstrecke, das Hitzdrahtamperemeter und die Reguliervorrichtung.

Die Funkenstrecke ist von einem Schutzgehäuse überdeckt, das die Berührung derselben während des Stromdurchganges verhindert, indem es gleichzeitig als Blockiervorrichtung dient. Nimmt man das Gehäuse während des Betriebes ab, so wird der primäre Strom selbsttätig ausgeschaltet. Die Funkenstrecke ist nach dem System Telefunken gebaut (s. S. 18). Sie ist außerordentlich betriebssicher und spricht sofort beim Einschalten des Apparates an, ohne daß sie irgend-einer Einstellung oder Regulierung wie bei anderen Apparaten bedarf, was für den Arzt ein ganz bedeutender Vorteil ist. Nur in Zeit-

räumen von einigen Wochen oder Monaten ist es notwendig, die Elektroden der Funkenstrecke auseinander zu nehmen und auf feinem Schmirgelpapier zu glätten, weil dieselben durch den Funkenübergang rau und angenagt werden.

Der primäre Stromverbrauch des Apparates beträgt etwa 1 Kilowatt, das ist bei einer Spannung von 220 Volt eine Stromstärke von 4 Ampere, bei einer Spannung von 110 Volt eine solche von 8 Ampere.

Will man den großen Diathermieapparat von Siemens & Halske für besonders subtile Durchwärmungen (Auge oder Ohr) benützen, so kann man seine Empfindlichkeit für kleinere Stromstärken dadurch steigern, daß man an ihm einen Spannungsteiler anbringt. Das ist ein kleiner Zusatzapparat (Siemens & Halske), der ein eigenes Hitzdrahtamperemeter trägt, an welchem man Stromstärken von 0–600 Milliampere deutlich ablesen kann.

Der Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall (Fig. 30) unterscheidet sich von dem der Firma Siemens & Halske hauptsächlich durch die Funkenstrecke. Diese besteht aus zwei Silberscheiben, von denen die eine feststeht, die andere aber mittels einer Mikrometerschraube gegen die erste etwas verschoben werden kann. Von den beiden Scheiben, welche in wagrechter Stellung übereinander angeordnet sind, ist die untere durchbohrt. Durch diese Öffnungen werden dem Funkenraum Alkoholdämpfe zugeführt mittels zweier Dochte, die in je einen mit Spiritus gefüllten Behälter tauchen. Die beim Funkenübergang sich bildende Wärme bedingt eine intensive Verdunstung des Alkohols, dessen wasserstoffhaltige Dämpfe den Elektrodenzwischenraum erfüllen, wodurch der regelmäßige Übergang der Funken unterstützt wird. Nach den Untersuchungen Pedersens ist es wahrscheinlich, daß die günstige Wirkung dieser Anordnung auf dem desoxydierenden Einfluß beruht, den der Wasserstoff auf das Elektrodenmetall ausübt¹⁾. Das Nachfüllen des Alkohols sowie die Regulierung des Elektrodenabstandes machen bei dem Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall eine besondere Wartung der Funkenstrecke notwendig.

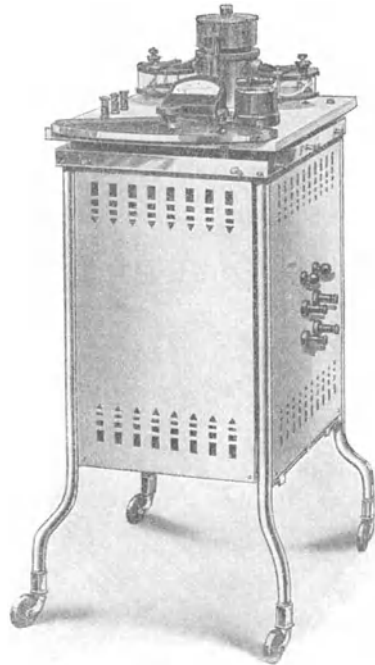


Fig. 30. Diathermieapparat von Reiniger, Gebbert & Schall.

Der Apparat dieser Firma besitzt, wie aus dem Schaltbild (Seite 31) ersichtlich, einen besonderen Entlastungskreis, in dem ein Widerstand aus Glühlampen eingeschaltet ist, die leuchten, wenn der Apparat bei

¹⁾ Dafür spricht auch folgende Erfahrung. Silberfunkenstrecken laufen nach kurzer Betriebsdauer in bläulicher Farbe an. Bei zweckentsprechender Wasserstoffzufuhr bleiben, bzw. werden die Silberflächen wunderschön mattweiß und halten sich weiterhin so (v. Sengbusch).

Schwachstellung Hochfrequenzenergie erzeugt. Ein Verteiler (siehe Seite 39) zur gleichzeitigen Behandlung mehrerer Objekte ist in den Apparat selbst eingebaut.

Die Firma Reiniger, Gebbert & Schall baut gleich anderen Firmen neben ihrem großen Apparat auch eine kleinere Type (Mikrotherm) für geringere Leistungen, wie sie für die Elektrokoagulation in der Urologie und Dermatologie oder zur Diathermie des Auges und Ohres genügen.

Apparate anderer Firmen. Dem Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall in seinem Bau ähnlich ist der Diathermieapparat der Veifa-Werke (Frankfurt a. M.). Auch seine Funkenstrecke ist regulierbar und mit einer Einrichtung zur Verdampfung von Alkohol versehen.

Eine feindurchdachte Konstruktion ist diejenige der Medizinisch-technischen Company in Berlin. Die Apparate dieser Firma haben einen fixen, unverstellbaren Generator mit drei Elektrodenpaaren, von denen eines, zwei oder auch alle drei benützt werden können, je nach dem für den jeweiligen Fall notwendigen Bedarf an Hochfrequenzenergie.

Diathermieapparate mit Löschfunkenstrecke werden ferner gebaut von der Gesellschaft Sanitas in Berlin, Koch & Sterzel in Dresden sowie von A. Gaiffe in Paris.

III. Die Hilfsapparate.

Der Verteiler. Nicht selten erscheint es wünschenswert, zwei oder mehrere Körperstellen, sagen wir Gelenke, gleichzeitig zu durchwärmen, weil deren Behandlung nacheinander für den Kranken wie für den Arzt ebenso zeitraubend als ermüdend wäre. Ein anderes Mal wieder ist es aus gleichen Gründen vorteilhaft, zwei Kranke gleichzeitig mit ein und demselben Apparat zu behandeln.

Ein einfaches Mittel, diese Forderungen zu verwirklichen, ist der Verteiler, bestehend aus vier Regulierwiderständen, die gemeinsam auf einem Brett angebracht sind (Fig. 31). Durch ihn wird der aus dem Apparat kommende Hochfrequenzstrom in vier parallel geschaltete Zweige geteilt, von denen jeder durch einen der vier Widerstände und dann durch das Behandlungsobjekt geht, um schließlich mit den anderen Zweigen wieder vereint, zum Apparat zurückzukehren (Fig. 32). Durch den eingeschalteten Widerstand kann die Stromstärke in jedem Kreis nach Wunsch geändert werden, so daß auf diese Weise gleichzeitig vier Durchwärmungen möglich sind.

In der Praxis wird man wohl selten mehr als zwei Behandlungen gleichzeitig ausführen. Die Ausführung einer solchen Doppeldurchwärmung gestaltet sich folgendermaßen. Der Diathermiestrom wird geschlossen und seine Stärke so weit erhöht, daß sie in einem der beiden Kreise die gewünschte Höhe erreicht. Jede weitere Steigerung würde hier bereits ein Zuviel bedeuten. Um nun auch in dem zweiten Kreis die nötige Wärme zu erhalten, schaltet man in den ersten Kreis Widerstand ein, wodurch hier der Strom etwas zurückgeht, dafür aber in dem zweiten Kreis steigt. Darauf erhöht man neuerdings den Gesamtstrom

und wird bei richtiger Einstellung des Verteilerwiderstandes in jedem Kreis die gewollte Stromstärke erzielen. Sollte dies nicht der Fall sein, so wird man durch vorsichtiges Verschieben des Widerstandes das Stromgleichgewicht in beiden Kreisen herzustellen suchen. Ein praktischer Versuch wird sehr bald die richtige Anwendung des Verteilers lehren.

Diese Art der Stromverteilung hat aber zwei Nachteile, die nicht verschwiegen werden können. Erstens kennt man nicht die Größe des Stromes, der durch die beiden Einzelkreise geht, da das Amperemeter des Apparates nur die Summe aller Teilströme anzeigt. Will man die Größe dieser selbst kennen lernen, dann wären neben den vier Regulierwiderständen noch vier Amperemeter nötig, was die Einrichtung wesentlich verteuern würde. Um diese Nachteile wenigstens teilweise zu

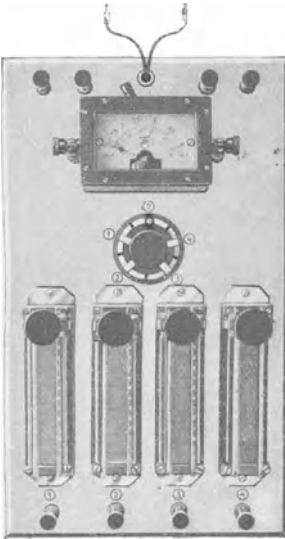


Fig. 31. Verteiler (Med.-technische Company in Berlin).

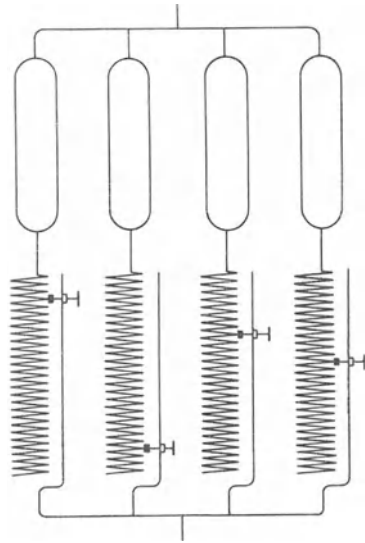


Fig. 32. Schaltbild eines Verteilers.

beheben, hat die Medizinisch-technische Company in Berlin an ihrem Verteiler eine Vorrichtung angebracht, in die das Hitzdrahtinstrument des Diathermieapparates eingesetzt werden kann. Durch einen Umschalter kann man dann mit diesem sowohl die Größe des Gesamtstromes wie die jedes Teilstromes messen.

Ein zweiter Nachteil des Verteilers liegt darin, daß die Einstellung einer bestimmten Stromstärke in einem Kreis nicht vorgenommen werden kann, ohne daß sich die Stromstärke in den anderen Kreisen ändert. Denn will man in dem einen Zweig den Strom herabsetzen, indem man hier Widerstand vorlegt, so steigt die Stromstärke in den anderen Zweigen und umgekehrt (Kirchhoffsche Regeln). Das sind Übelstände, die sich anfänglich etwas unangenehm bemerkbar machen, die aber andererseits durch die Vorteile, welche der Apparat bietet, wieder überwogen werden.

Für die Verwendung des Verteilers ergeben sich folgende Möglichkeiten: 1. Die gleichzeitige Behandlung von zwei oder mehreren Körperstellen an demselben Kranken. 2. Die gleichzeitige Behandlung von zwei oder mehreren Kranken. 3. Die gleichmäßige Verteilung der Wärme,

wenn bei der Diathermie einer Extremität oder des ganzen Körpers der Strom in mehrere Zweige geteilt wird, wie dies bei der Behandlung der Ischias (Seite 106) oder der allgemeinen Diathermie nach Methode I (Seite 54) der Fall ist.

Der Alternator von Bucky. Die Kreuzfeuerapparate von Stein und Schnee. Um eine möglichst intensive Wärmeentwicklung in der Tiefe einer Gewebsmasse zu erzielen, kann man sich auch einer Technik bedienen, die der Kreuzfeuerbestrahlung in der Röntgen- und Radiumtherapie nachgeahmt ist und die darum als Kreuzfeuerdiathermie oder mit Rücksicht darauf, daß die Erwärmung hierbei vorzüglich im Zentrum eines Körperteiles auftritt, auch als zentrale Diathermie bezeichnet wird. Man führt sie in der Weise aus, daß man durch das zu behandelnde Gebilde zwei Ströme schickt, deren Stromlinien sich in der Tiefe kreuzen (Fig. 33). Dadurch wird hier die Erwärmung am stärksten.

Das Nächstliegende wäre es, dieses Ziel in der Weise anzustreben, daß man den Strom eines Diathermieapparates in zwei Parallelströme teilt und diese zu je einem Elektrodenpaar führt, die derart angelegt sind, daß die von ihnen ausgehenden Stromlinien senkrecht aufeinander stehen. Dabei ergibt sich aber folgendes, das unsere Absicht vereitelt. In irgend einem Zeitmoment sind nicht nur die einander gegenüberliegenden Elektroden von entgegengesetzter Spannung, sondern auch

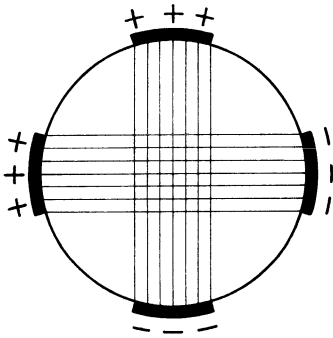


Fig. 33.

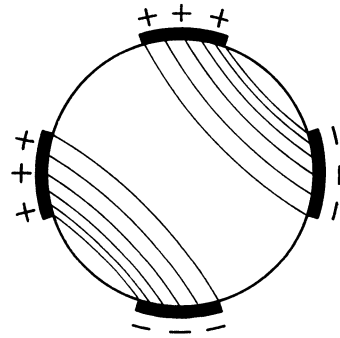


Fig. 34.

je zwei benachbarte. Der Strom hat also die Möglichkeit, einerseits diametral durch den Körperteil zu gehen, andererseits aber auch auf dem kürzeren Weg einer Bogensehne von einer Elektrode zur Nachbar Elektrode. Da der letztere Weg den geringeren Widerstand bietet, wird er ihn vorzugsweise wählen und es wird also gerade das Gegenteil von dem zustandekommen, was wir wollten, nämlich eine stärkere Erwärmung der peripheren Teile (Fig. 34).

Schlussfolgerung: Wollen wir die beiden Ströme zwingen, die Körpermasse quer zu durchsetzen, dann brauchen wir entweder zwei Diathermieapparate, die zwei voneinander unabhängige Stromkreise liefern, oder wir müssen, wenn wir uns eines einzigen Apparates bedienen, die Spannung desselben hintereinander, nicht gleichzeitig, an die beiden Elektrodenpaare legen, so daß abwechselnd das eine, dann das andere in den Stromkreis eingeschaltet wird. Das bezweckt der Alternator von Bucky (Siemens & Halske, Fig. 35), der Kreuzfeuerapparat von Stein (Gesellschaft Sanitas), sowie derjenige von Schnee (Veifa-Werke). Es sind Vorrichtungen, welche den Strom mittels eines kleinen Motors in rascher Folge automatisch von dem einen Elektrodenpaar auf das andere umschalten.

Mit Hilfe dieser Apparate kann man Gelenke, Muskelpartien oder Körperhöhlen in zwei aufeinander senkrechten Querrichtungen durchwärmen, man kann aber auch, was allerdings nur an den Extremitäten möglich ist, eine Querdurchströmung mit einer Längsdurchströmung kombinieren. Man vergesse jedoch dabei niemals, daß bei dieser Art der Technik die stärkste Erwärmung in der Tiefe des Gewebes und nicht wie gewöhnlich in der Haut auftritt, so daß die Temperatur

dieser nicht mehr als ein Sicherheitsfaktor gegen etwaige Tiefenschädigungen verwendet werden kann.

Der Pulsator von Bucky ist ein von Siemens & Halske hergestellter Apparat, der die Aufgabe hat, den Diathermiestrom rhythmisch zu unterbrechen, wobei die Strompause ungefähr der Stromdauer gleichkommt. Nach Angabe Bucky's sollen solche Ströme eine intensivere Durchwärmung ermöglichen, indem sie ungefähr in der doppelten Stromstärke vertragen werden wie die einfachen Diathermieströme, wobei überdies die Gefahr einer Verbrennung herabgesetzt sein soll. Ich bin nicht in der Lage, aus eigenen Erfahrungen oder aus den Mitteilungen anderer Autoren diese Behauptungen zu bestätigen, doch erscheint es mir zweifelhaft, ob die durch den Apparat gegebenen Vorteile die durch ihn bedingte Komplizierung der Technik wieder wettmachen.

Die Temperaturmeßeinrichtung von Siemens & Halske. Um die in der Tiefe der Gewebe oder im Innern von Körperhöhlen bei der Durchwärmung auftretende Temperatur unmittelbar messen zu können, hat die Firma Siemens & Halske eine Meßeinrichtung konstruiert, die auf dem Prinzip der thermoelektrischen Erscheinungen beruht. Hat man zwei Drähte aus verschiedenen Metallen, etwa Kupfer und Konstantan, und ver-

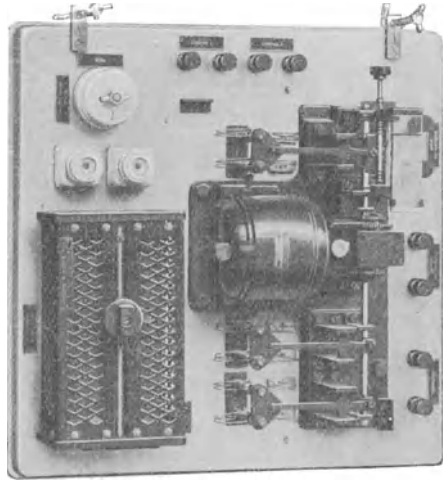


Fig. 35. Alternator von Bucky.

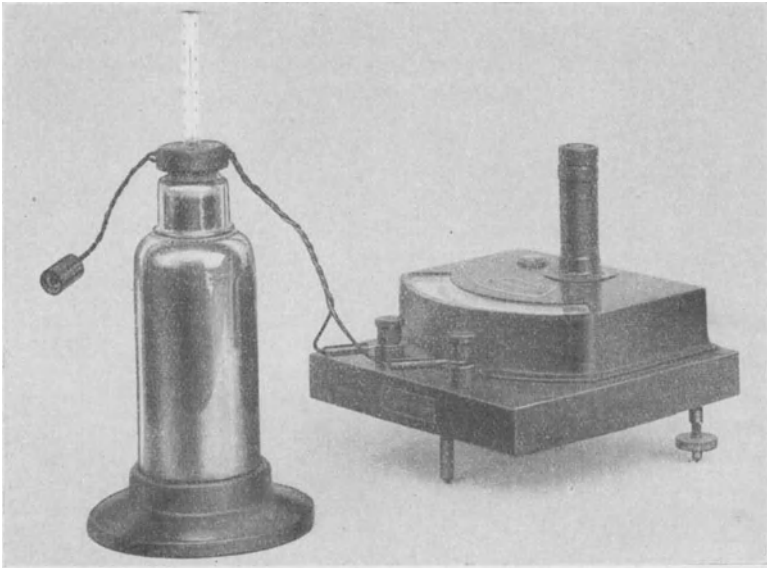


Fig. 36. Temperaturmeßeinrichtung von Siemens & Halske.

lötet diese an dem einen Ende miteinander, so wird jedesmal dann eine elektromotorische Kraft auftreten, wenn die Lötstelle eine andere Temperatur aufweist als die freien Drahtenden. Die elektromotorische Kraft, die durch ein Millivoltmeter gemessen werden kann, ist um so größer, je größer der Temperaturunterschied ist, sie kann uns also als Maß für diesen dienen.

Die Meßeinrichtung von Siemens & Halske besteht im wesentlichen aus einem solchen Millivoltmeter, dessen Skala nach Celsiusgraden geeicht ist, um die zu bestimmende Temperatur direkt ablesen zu können (Fig. 36). Die Lötstelle der beiden Metalldrähte ist als Meßelektrode ausgebildet. Sie hat entweder die Form einer stumpfen Spitze, welche der Haut angedrückt wird, oder die einer spitzen Nadel, um direkt in die Gewebe eingestochen werden zu können. Auch Meßelektroden anderer Form werden von der Firma hergestellt. Die freien Enden der Drähte werden auf einer konstanten Temperatur von 0° Celsius gehalten, indem sie in ein Glasgefäß tauchen, das mit Eisstückchen gefüllt ist.

Die elektrische Meßeinrichtung hat für die therapeutische Praxis kaum eine Bedeutung, weil sich das Einstechen von Thermoadeln in Muskeln, Gelenke oder Körperhöhlen von selbst verbietet, wohl aber kann sie für experimentelle Untersuchungen am Tier oder an der Leiche wertvolle Dienste leisten.

IV. Die Elektroden.

Die Bedingungen, welche gute Diathermieelektroden erfüllen sollen, lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Die Elektroden sollen sich den zu behandelnden Körperteilen genauestens anpassen lassen. Das ist notwendig, damit der Übergang des Stromes von der Elektrode auf die Haut überall ein möglichst gleichmäßiger, die Stromdichte also überall eine möglichst homogene sei. Nur unter dieser Voraussetzung ist auch die Erwärmung eine gleichmäßige.

2. Die Elektroden sollen möglichst einfach sein. Nur dann werden sie sich leicht und gut reinigen lassen, was mit Rücksicht darauf, daß dieselben Elektroden meist abwechselnd für verschiedene Kranke Verwendung finden, unbedingt gefordert werden muß. Am zweckmäßigsten sind darum Elektroden, die zeitweilig durch Auskochen sterilisiert werden können.

3. Die Elektroden sollen den Strom möglich gut leiten. Ist das der Fall, dann werden sie sich nach dem Gesetz der Reihenschaltung (Seite 28) selbst nicht erhitzen, sie werden gegenüber der Haut, die sich infolge ihres großen Eigenwiderstandes stark erwärmt, kalt bleiben und dadurch imstande sein, der Haut durch Leitung Wärme zu entziehen, sie zu kühlen. Dieses Verhalten aber ermöglicht es wieder, die angewendete Stromstärke, die in der Regel in der Erwärmung der Haut ihre Begrenzung findet, zu erhöhen und so eine ausgiebigere Tiefenwirkung zu erzielen.

Diese Forderungen werden am vollkommensten von ganz dünnen schmiegsamen Metallplatten erfüllt, welche unmittelbar, also ohne jede feuchte Zwischenlage, der Haut aufgelegt werden. Kowarschik empfahl für diesen Zweck dünne Bleibleche, Bergonié solche aus Stanniol. Die lange Zeit bestehende Besorgnis, es könnte durch unmittelbares Auflegen eines Metalles auf die Haut die Verbrennungsgefahr erhöht werden, hat sich als ungerechtfertigt erwiesen. Die Erfahrung hat im

Gegenteil gezeigt, daß diese Gefahr bei nackten Metallelektroden ungleich geringer ist als bei den früher gebräuchlichen Elektroden aus Schrottbeuteln, Gummischwämmen, Moospolstern u. dgl. Die nackte Metallelektrode ist bedingungslos jeder anderen Elektrodenform überlegen, und es ist darum kaum mehr verständlich, daß es heute noch Firmen gibt, welche Elektroden mit Stoffüberzügen empfehlen, oder Ärzte, welche solche anwenden.

Die Bleielektroden von Kowarschik bestehen aus Bleiplatten verschiedener Größe mit leicht abgerundeten Ecken und haben eine Dicke von 0,5 mm (Fig. 37). Für besondere Zwecke können sie auch etwas dünner sein. Als Formate empfehlen sich nachstehende Größen:

Breite		Länge	=	Flächeninhalt in cm ²
6	×	8	=	50 (genau 48)
6	×	10	=	60
8	×	12	=	100 (genau 96)
10	×	15	=	150
12	×	17	=	200 (genau 204)
12	×	21	=	250 (genau 252)
14	×	22	=	300 (genau 308)
16	×	25	=	400
18	×	28	=	500 (genau 504)
20	×	30	=	600

Diese Elektrodengrößen habe ich als Normalelektroden bezeichnet. Ihre Breite und Länge ist so gewählt, daß ihre Oberfläche in cm² genau oder wenigstens stark angenähert einer runden Zahl entspricht. Diese wird als Flächeninhalt auf der Elektrode mittels durchstochener Zahlen vermerkt. Dadurch wird es möglich, sich mit dem Hilfspersonal in rascher und unzweideutiger Weise darüber zu verständigen, welche Elektroden in einem gegebenen Fall zur Anwendung kommen sollen. Zur Aufbewahrung der Elektroden dient ein mehrfächeriger Ständer, in welchem sie der Größe nach geordnet werden (Fig. 38). Derartige Metallelektroden kann man sich leicht selbst in der angegebenen Größe oder in irgendeinem anderen Format durch Ausschneiden aus einem vorrätig gehaltenen Bleiblech herstellen. Die Elektroden werden an Kabel angeschlossen, welche eine Klammer tragen, zwischen deren Griffen die Platte fest-

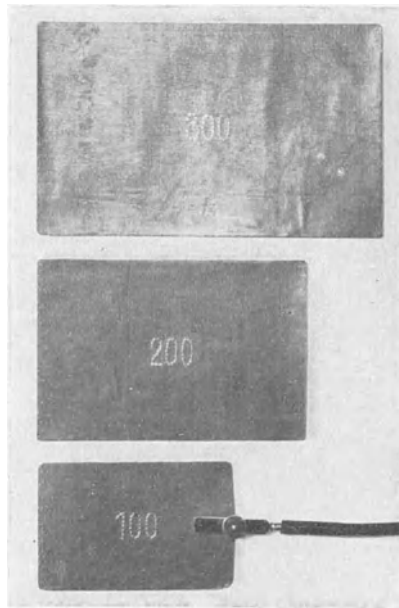


Fig. 37. Bleielektroden von Kowarschik.

geschraubt wird (Fig. 39). Man kann an Stelle der Bleielektroden auch solche aus Zink, Aluminium oder Britannia verwenden. Diese schmiegen sich aber viel weniger gut der Hautoberfläche an als die mehr plastischen Bleiplatten.

Die Stanniolelektroden von Bergonié. Bergonié empfahl als Elektroden 0,1—0,2 mm dicke Stanniollamellen, welche er ohne Zwischenschaltung eines feuchten Mediums direkt der Haut auflegt. Die Elektroden aus Stanniol haben gegenüber denen aus Blei den Vorteil einer

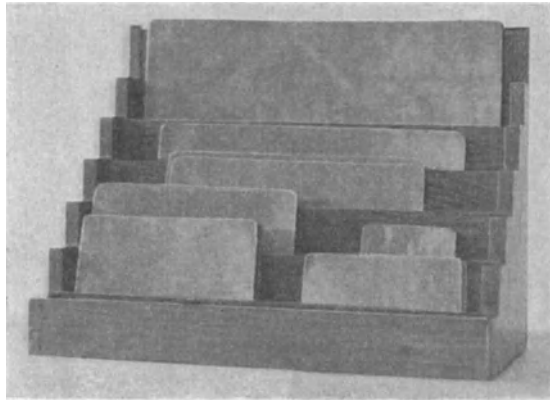


Fig. 38. Ständer für Bleielektroden.

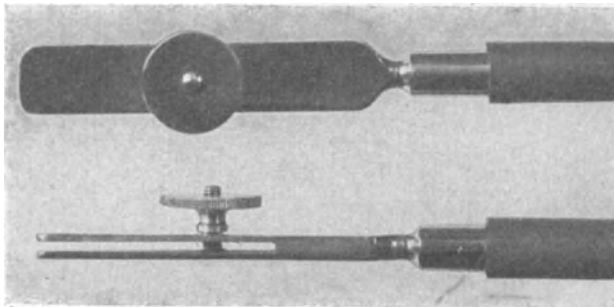


Fig. 39. Elektrodenklammer von Kowarschik.

größeren Anpassungsfähigkeit. Sie werden also überall dort am Platze sein, wo es auf ein besonders sorgfältiges Anliegen ankommt, wie bei der Behandlung am Schädel (Trigeminusneuralgie), bei der Behandlung sehr schmerzhafter oder sehr unregelmäßig gestalteter Körperteile. Hier wird die Haut mit Seifenspiritus oder warmem Wasser angefeuchtet und die Elektrode gleichsam aufgeklebt.

Um die Leitung zwischen ihr und dem Kabel herzustellen, benötigt man eine Hilfselektrode (Fig. 40). Diese besteht aus einem dünnen Drahtnetz oder einem Bleiplättchen, das mit dem Kabelende fest ver-

bunden ist. Diese Hilfs Elektrode wird auf das Stanniolblatt aufgelegt und mit ihm durch elastische Binden an dem zu behandelnden Körperteil befestigt. Um das gute Anliegen der Elektroden zu sichern, kann man auf sie vor dem Anlegen der Binde noch eine Lage von Watte, ganz weichem Filz oder einen Gummischwamm bringen.

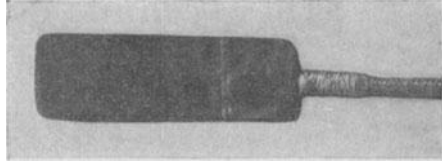


Fig. 40. Hilfs elektrode.

Die Notwendigkeit eines exakten Verbandes ist ein zweifelloser Nachteil der Stanniolelektroden im Vergleich zu den Bleielektroden, die sich mit wenigen Bindentouren oder durch Auflegen eines Sandsackes meist hinreichend fixieren lassen. Dazu kommt, daß die dünnen Stanniolblätter leicht zerreißen und dann durch neue ersetzt werden müssen, was für die Kosten des Betriebes nicht unwesentlich ist. Für manche Zwecke sind aber die Stanniolelektroden kaum durch andere zu ersetzen.

Elektroden besonderer Form. Mit den Blei- und Stanniolelektroden wird man in den meisten Fällen sein Auslangen finden. Für die Durchwärmung kleinster 4 cm² nicht überschreitender Flächen kann man auch starre runde oder eckige Metallplatten verwenden, die dann an einem Elektrodenhalter von dem Patienten selbst gehalten werden (Fig. 41).

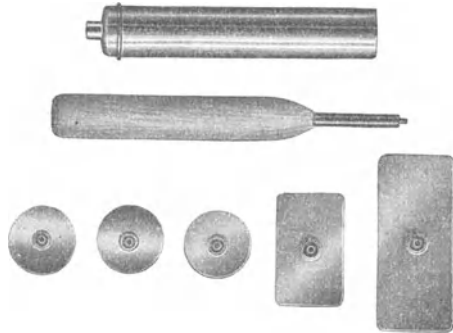


Fig. 41. Starre Diathermieelektroden von Siemens & Halske.

Für die Diathermie der weiblichen Geschlechtsorgane, der Harnröhre, Prostata u. dgl., sowie für chirurgische Zwecke sind Elektroden besonderer Form nötig, welche wir im therapeutischen Teil bei Besprechung der betreffenden Erkrankungen näher beschreiben wollen. Wie auf jedem anderen Gebiet der Elektrotherapie hat man auch für die Diathermie eine große Zahl höchst überflüssiger Elektroden konstruiert, deren Abbildungen die Kataloge der verschiedenen Firmen schmücken.

Dritter Teil.

Die Technik der Diathermie.

Einleitung.

Die Widerstandswärme der Hochfrequenzströme kann therapeutisch in zweifacher Weise verwertet werden, entweder zur Durchwärmung des Körpers oder einzelner seiner Teile im Sinne einer Wärmebehandlung oder zur Zerstörung pathologischer Gewebe, wie dies die chirurgische Diathermie erstrebt.

1. Wärmebehandlung. Als solche hat die Diathermie die Absicht, den Körpergeweben einen gewissen Wärmeüberschuß zuzuführen, um auf ihren Stoffwechsel anregend zu wirken, ihre Reaktion gegen krankhafte Vorgänge zu steigern und so die Heilung zu fördern. Soll die Diathermie diese Aufgabe erfüllen, dann darf die Wärmezufuhr natürlich nicht jene Grenze überschreiten, bei der die Schädigung der tierischen Zelle beginnt.

Man kann mittels der Diathermie einzelne Organe oder Körperteile behandeln, wir sprechen dann von einer örtlichen oder lokalen Diathermie, man kann mit ihr aber auch den Körper als ganzes derart durchwärmen, daß es zu einer allgemeinen Temperaturerhöhung ohne merkliche lokale Übererwärmung kommt. Das ist das Ziel der allgemeinen Diathermie.

2. Chirurgische Diathermie. Im Gegensatz zur konservativen medizinischen Diathermie geht die chirurgische Diathermie darauf aus, die Gewebe zu zerstören, sie durch Hitze zur Koagulationsnekrose zu bringen. Ihre Wirksamkeit beginnt also jenseits der Temperaturgrenze, die von dem Physiotherapeuten niemals erreicht werden darf. Die Technik der chirurgischen Diathermie, die sich von derjenigen der medizinischen Diathermie wesentlich unterscheidet, wird im Zusammenhang mit ihren Indikationen in einem eigenen Absatz am Schluß des Buches behandelt werden. Hier soll uns nur die örtliche und die allgemeine Diathermie als Wärmetherapie beschäftigen.

I. Die örtliche Diathermie.

Das Anlegen. Befestigen der Elektroden u. a.

Das Anlegen der Elektroden. Die Elektroden sollen der Haut so genau als möglich angepaßt werden, damit der Stromübergang an allen Teilen ihrer Oberfläche ein gleichmäßiger sei. Liegt die Elektrode der Haut nicht gut auf, befindet sich zwischen ihr und der Haut an irgendeiner Stelle eine dünne Luftschicht, dann wird hier der Strom nicht kontinuierlich, sondern in Form kleinster Fünkchen übergehen, die das Gefühl des Stechens oder Brennens erzeugen. Ein leichter Druck mit der flachen Hand genügt häufig, um den Fehler zu beheben und das brennende Gefühl zum Schwinden zu bringen. Ist das nicht der

Fall, dann müssen die Elektroden abgenommen und von neuem angelegt werden.

Um den Kontakt zwischen Elektrode und Haut zu verbessern, kann man die Haut auch mit Wasser oder Seifenspiritibus anfeuchten. Das genaue Anliegen wird weiters dadurch gefördert, daß man über die Elektrode noch eine Schichte von Watte, ganz weichen feinen Filz oder einen Gummischwamm legt, die man mittels einer umgelegten Binde andrückt. Das ist besonders bei der Verwendung von Stanniolektroden zweckmäßig.

Man vermeide es, die Elektroden über einer Unterlage aufzulegen, die an sich schlecht leitet, wie z. B. über einer Schienbeinkante. Der nur von der Haut bedeckte Knochen bietet dem Strom einen so bedeutenden Widerstand, daß er für die Stromleitung praktisch nicht in Betracht kommt. Die Stromlinien drängen sich daher in jenem Teil der Elektrode zusammen, der den Weichteilen aufliegt und können hier eine Hautverbrennung erzeugen.

Das Befestigen der Elektroden. Bleiben die Elektroden während der ganzen Dauer der Behandlung an gleicher Stelle liegen (stabile Diathermie) so wird man sie, um sie nicht mit der Hand halten zu müssen, womöglich mit Binden befestigen. Am geeignetsten für diesen Zweck sind Binden aus Gummi- oder Trikotgewebe, weniger gut solche aus Flanell. In vielen Fällen wird es genügen, wenn sich der Kranke auf die Elektrode legt oder setzt, in anderen wieder wird das Auflegen eines Sandsackes die Elektrode in ihrer Lage erhalten.

Das Verschieben der Elektroden während der Behandlung (labile Diathermie), das mit den früher gebräuchlichen feuchten Elektroden vielfach geübt wurde, ist mit nackten Metallelektroden nicht gut ausführbar. Will man größere Muskelpartien erwärmen, so kann es bisweilen empfehlenswert sein, die aktive Elektrode unter kurzem Ausschalten des Stromes etappenweise zu verlagern.

Das Ein- und Ausschalten des Stromes. Sind die Elektroden angelegt und befestigt, so überzeugt man sich zunächst durch einen Blick auf die Reguliervorrichtung des Apparates, daß sie auf „Schwach“ steht, dann schaltet man den Strom ein. Es gilt als Regel bei der Diathermie, den Strom erst dann einzuschalten, wenn die Elektroden aufliegen, andererseits die Elektroden nur dann abzuheben, wenn der Strom bereits ausgeschaltet ist. Beachtet man diese Vorschrift nicht und hebt die Elektroden während des Stromdurchganges ab oder setzt sie erst auf, wenn sie schon unter Spannung stehen, dann kommt es bei einem gewissen Abstand zwischen Elektrode und Haut zu einem Funkenübergang, der abgesehen davon, daß er für den Patienten schmerzhaft ist, auch zu einer Verbrennung Veranlassung geben kann.

Ist der Strom eingeschaltet, so darf er nie plötzlich, sondern nur ganz langsam auf die gewünschte Stärke gebracht werden, wobei man seinen Anstieg an der Bewegung des Amperemeterzeigers verfolgt. Gleichzeitig frage man den Patienten, ob er nicht an irgendeiner Stelle ein unangenehmes Brennen oder Elektrisieren verspüre. Diese Vorsicht ist empfehlenswert, um bei einem etwaigen Defekt des Apparates, der Kabel, der Elektroden, bei einem unvollkommenen Aufliegen dieser usw.

einen Schaden rechtzeitig zu verhüten. Folgt der Zeiger des Amperemeters nicht alsbald der Bewegung des Koppelungshebels, dann ist der Patientenstromkreis meist an irgendeiner Stelle unterbrochen (Bruch des Kabels, Abgleiten einer Klemme) und man wird gut tun, sofort wieder auszuschalten und nach der Ursache dieses Verhaltens zu forschen, wenn man nicht durch einen plötzlich auftretenden Funkenübergang überrascht werden will.

Im Gegensatz zum Einschalten kann das Ausschalten des Stromes jederzeit auch plötzlich erfolgen, ohne daß dies mit einem unangenehmen Gefühl für den Kranken verbunden wäre.

Die Lokalisierung der Wärme.

Grundregel. Da der Strom, wenn irgend möglich, den kürzesten, also den geraden Weg von Elektrode zu Elektrode geht, so gilt es als Grundregel, die Elektroden so anzulegen, daß der zu durchwärmende Körperteil in den Weg der sie verbindenden Strom-



Fig. 42. Richtige Elektrodenanlage. Fig. 43. Falsche Elektrodenanlage.

linien fällt. Dieser Satz kann nicht genug unterstrichen werden, denn es wird gegen ihn in geradezu unglaublicher Weise gefehlt. Wir wollen uns seinen Sinn an einigen Beispielen der Praxis klar machen.

Haben wir ein Kniegelenk zu durchwärmen, dann legen wir je eine Elektrode an die mediale und laterale Seite des Gelenkes an. Die Stromlinien werden dann annähernd parallel quer durch das Gelenk von einer Elektrode zur anderen ziehen und eine gleichmäßige Erwärmung desselben herbeiführen (Fig. 42). Ganz falsch wäre es, wollten wir die Elektroden oberhalb und unterhalb der Kniescheibe aufsetzen. Es würden sich in diesem Falle nur die Haut zwischen den Elektroden, vielleicht noch die Vorderseite der Kniegelenkkapsel erwärmen, die Hauptmasse des Gelenkes aber bliebe unbeeinflusst (Fig. 43).

In analoger Weise wird man bei der Durchwärmung der Rückenmuskeln z. B. wegen Lumbago die eine Elektrode auf die schmerzhafte Muskelpartie, die zweite (größere) ihr gegenüber auf den Bauch legen. Eine Diathermie der Rückenmuskulatur oder eines Wirbelsäulenabschnittes in der Weise auszuführen, daß man zwei Elektroden nebeneinander auf den Rücken legt, was meiner Erfahrung nach nicht selten

gemacht wird, ist ganz sinnlos, wie aus den Ausführungen auf Seite 50 noch näher hervorgehen soll.

Im folgenden wollen wir den Stromlinienverlauf bei verschiedener Stellung der Elektroden zueinander studieren. Die Dichte der Stromlinien gibt uns dabei einen Maßstab für den Grad der Erwärmung. Je gedrängter sie verlaufen, desto stärker wird die Erwärmung sein.

Gleich große, parallel gegenüberstehende Elektroden. Setzen wir an einen Körperteil, dessen Leitvermögen wir der Einfachheit halber als

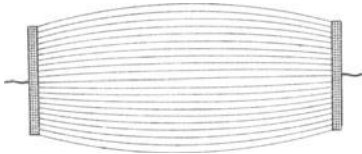


Fig. 44.

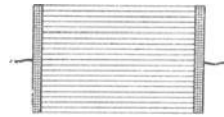


Fig. 45.

Gleich große, parallel gegenüberstehende Elektroden.

homogen ansehen wollen, zwei gleich große Elektroden derart auf, daß sie einander flächenparallel und direkt gegenüberstehen, so werden in der Regel die Stromlinien nicht ganz parallel zueinander verlaufen, sondern in der Mitte ihrer Bahn etwas auseinander weichen, eine Streuung zeigen, wie man zu sagen pflegt (Fig. 44). Der größeren Stromdichte zufolge wird die Erwärmung unmittelbar unter den Elektroden größer sein als im weiteren Verlauf des Stromweges.

Die Streuung ist um so stärker, je größer der Abstand der Elektroden im Verhältnis zu ihrer Oberfläche ist. Ist dieser Abstand sehr bedeutend,

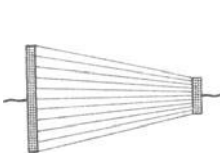


Fig. 46. Ungleich große Elektroden.

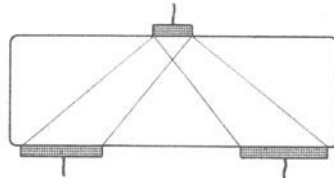


Fig. 47. Die richtende Kraft der inaktiven Elektrode.

dann wird die Erwärmung häufig nur mehr unter den Elektroden selbst zum Ausdruck kommen, während sie auf der übrigen Strombahn kaum nachweisbar ist.

Die Streuung kann praktisch nur dort vernachlässigt werden, wo die gegenseitige Entfernung das $1\frac{1}{2}$ fache ihres Flächendurchmessers nicht überschreitet. Wir können dann mit einer gleichmäßigen Durchwärmung des zwischenliegenden Gewebes rechnen (Fig. 45). Daraus ergibt sich für die Diathermie die Regel, daß man, um eine ausreichende Erwärmung in der Tiefe zu erzielen, die Elektroden um so größer wählen muß, je weiter sie voneinander stehen.

Ungleich große, parallel gegenüberstehende Elektroden. Verwendet man zwei ungleich große Elektroden, die man einander parallel gegen-

überstellt, dann wird die Erwärmung unter der kleinen Elektrode entsprechend der höheren Stromdichte eine stärkere sein als unter der größeren (Fig. 46). Man kann das Größenverhältnis beider Elektroden so wählen, daß die Erwärmung unter der größeren kaum merkbar ist, während sie unter der kleineren bereits die gewünschte Stärke erreicht hat. Die letztere Elektrode bezeichnet man als aktive oder differente, die erstere als inaktive oder indifferente. Wenn auch die inaktive Elektrode sich nicht unmittelbar an der Erwärmung beteiligt, so ist es doch nicht gleichgültig, an welcher Körperstelle sie aufgelegt wird. Ihre Lage hat nämlich eine richtende Kraft auf die von der aktiven Elektrode ausgehenden Stromlinien (Fig. 47). Man wird sie daher stets so lagern, daß das zu behandelnde Organ in den Strahlenkegel der Stromlinien fällt.

Die Behandlung mit zwei ungleich großen Elektroden wird man überall dort wählen, wo es von vornherein ausgeschlossen ist, den zu behandelnden Körperteil für sich allein zwischen die Elektroden zu fassen. Man begnügt sich dann, die kleinere Elektrode so nahe als möglich an das Organ, das durchwärmt werden soll, heranzubringen, während man die größere Elektrode ihr gegenüberstellt. Das geschieht bei der Behandlung von Kiefer- oder Wirbelgelenken, bei der Durchwärmung einzelner Muskelpartien am Rumpf, bei der Diathermie des Auges, des Ohres usw.

Gegeneinander geneigte Elektroden. Nicht immer ist es möglich, beide Elektroden einander direkt und parallel gegenüberzustellen, häufig werden sie unter einem Winkel gegeneinander geneigt oder gegeneinander verschoben angelegt werden müssen. Die sich daraus ergebenden Verhältnisse sind für die Praxis von außerordentlicher Wichtigkeit. Wenn zwei Elektroden gegeneinander eine Winkelstellung einnehmen (Fig. 48), dann ist der Weg zwischen den einander näherliegenden Kanten kürzer als zwischen den voneinander abgekehrten, und da der Strom die kürzere, weil bequemere Verbindung vorzieht, so werden sich die Stromlinien vorwiegend auf die eine Elektrodenhälfte legen. Das wird um so mehr der Fall sein, je größer der Neigungswinkel ist.

Das Extrem der Neigung ist dann erreicht, wenn beide Elektroden in derselben Ebene liegen (Fig. 49). Es kommen dann für die Stromführung ausschließlich die einander zugekehrten Elektrodenteile in Betracht, was praktisch gleichbedeutend ist mit einer Verkleinerung der Elektrodenoberfläche. Die Erwärmung wird dort am stärksten sein, wo die Stromlinien am dichtesten in die Haut übertreten. Das ist entlang den einander zugekehrten Elektrodenkanten der Fall. Längs dieser kommt es leicht zu einer Überhitzung, während gleichzeitig eine Tiefenwirkung ausbleibt. Es kann eine Verbrennung auftreten, die dann neben der Elektrode lokalisiert ist, was für denjenigen, der diese besonderen Verhältnisse des Stromverlaufes nicht beachtet, stets überraschend wirkt. Diese unerwünschte einseitige Lokalisierung der Erwärmung bezeichnet man als Kantenwirkung. Sie ist um so ausgesprochener, je näher die Elektroden einander liegen. Die gleiche Kantenwirkung beobachten wir auch, wenn wir zwei einander gegenüberstehende Elektroden parallel zueinander verschieben (Fig. 50).

Besondere Fälle. Ein besonderer Fall der Wärmelokalisierung liegt dann vor, wenn der Strom auf seinem Wege einen Körperquerschnitt passiert, der kleiner ist als die Stromübergangsstellen an der Haut.

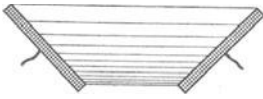


Fig. 48.

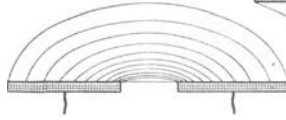


Fig. 49.

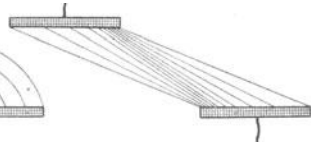


Fig. 50.

Gegeneinander geneigte oder verschobene Elektroden.

Es werden dann dort die Stromlinien wie in einem Engpaß zusammengedrängt werden und daselbst das Maximum der Erwärmung erzeugen (Fig. 51). Nimmt man z. B. zylindrische Elektroden in beide Hände, so wird beim Stromdurchgang die stärkste Erwärmung in den Handgelenken und im distalen Teil des Unterarmes auftreten, da hier der Querschnitt der Strombahn am kleinsten ist. Eine ähnliche Erscheinung beobachtet man, wenn man beide Füße auf je eine Fußplatte stellt; es wird in diesem Fall die stärkste Erwärmung in den Sprunggelenken und unmittelbar über diesen fühlbar werden.

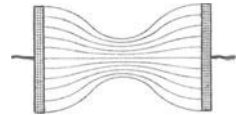


Fig. 51. Einengung der Strombahn.

Über die Tiefenlokalisierung der Wärme bei der Kreuzfeuerdiathermie siehe Seite 40.

Die Dosierung der Wärme.

Allgemeines. Wir besitzen leider zur Zeit kein Mittel, die in der Tiefe des Gewebes durch die Diathermie erzeugte Temperaturerhöhung direkt zu messen. Wir müssen uns daher begnügen, die erzielte Wärmewirkung schätzungsweise zu beurteilen. Hierzu haben wir zwei objektive Anhaltspunkte, einerseits die verwendete Stromstärke, andererseits die Behandlungsdauer. Wie wir wissen, ist nach dem Jouleschen Gesetz ($W = 0,24 i^2 wt$) die gebildete Wärme von drei Größen, der Stromstärke (i), der Zeitdauer (t) und dem Widerstand (w) abhängig. Während man den Widerstand als eine Größe ansehen darf, die durch die besonderen Verhältnisse gegeben ist, sind die Stromstärke und die Zeitdauer der Durchströmung unserem Belieben überlassen. Sie können uns daher als Mittel der Dosierung dienen und wir wollen im folgenden diese beiden Möglichkeiten des Näheren besprechen.

Die Stromstärke, die wir bei der Diathermie anwenden, ist wesentlich größer als die bei jeder anderen Methode der Elektrotherapie; sie schwankt zwischen 100–3000 Milliampere. Es ist das etwa das 1000fache jener Intensität, die wir bei der Behandlung mit niederfrequentem Wechselstrom, bei der Faradisation, zur Anwendung bringen.

Für die Dosierung des Stromes ist im besonderen folgendes im Auge zu behalten. Die erzielte Erwärmung steigt nicht in einem einfachen

geraden, sondern in einem quadratischen Verhältnis zur Stromstärke, das will sagen, eine Stromstärke von 1 Ampere gibt nicht doppelt soviel Wärme als eine solche von 0,5 Ampere, sondern viermal soviel. Dieses eigenartige Verhältnis verdient darum besonders betont zu werden, weil wir bei jeder anderen Anwendung des elektrischen Stromes, wenn wir die Stromstärke verdoppeln, nur mit einer Verdoppelung der Stromwirkung rechnen. Das quadratische Ansteigen der Wärmewirkung erklärt es auch, daß Patienten, welche eine bestimmte Stärke des Diathermiestromes noch ganz gut vertragen, bei einer geringen Steigerung desselben schon über unangenehmes Brennen klagen, daß also die Grenze der Toleranz eine ziemlich scharfe ist.

Die Stromstärke, die wir therapeutisch verwenden, wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. Vornehmlich sind es drei, welche in Betracht kommen: 1. Die Elektrodengröße. 2. Das Wärmegefühl des Kranken. 3. Die Art der Erkrankung und des erkrankten Organes.

1. Die Elektrodengröße. Die Erwärmung, welche uns das Temperaturegefühl anzeigt, ist nicht von der absoluten Stromstärke abhängig, also von derjenigen, die wir am Amperemeter des Apparates ablesen, sondern von der relativen Stromstärke, worunter wir die Stromstärke pro Quadratcentimeter des Leitungsquerschnittes verstehen. Diese, auch Stromdichte genannt, erhalten wir, wenn wir die absolute Stromstärke in Milliampere durch die Oberfläche der Elektrode in Quadratcentimetern dividieren. Stromdichte = i (MA) : q (cm²). Wir wissen bereits aus unseren früheren Betrachtungen, daß die Erwärmung eine um so größere sein wird, je dichter die Stromlinien verlaufen. Wir werden also um so mehr Strom verwenden können, je größer die Elektroden sind.

Die Stromdichte ist bei der Diathermie gegenüber anderen Methoden der Elektrotherapie eine sehr hohe. Durchwärmen wir z. B. ein Kniegelenk mit Elektroden von 100 cm² Oberfläche und einer Stromstärke von 1 Ampere = 1000 Milliampere, so ergibt das eine Stromdichte von $1000 : 100 = 10$. Während die Dichte bei der Galvanisation und Feradisation immer kleiner ist als 1, ist sie bei der Diathermie stets größer als 1.

Leider läßt sich eine für alle Fälle geeignete Stromdichte nicht angeben, da die gleiche Dichte bei verschiedener Elektrodengröße eine verschieden starke Wärmeempfindung auslöst. Wird bei einer Elektrode von 100 cm² eine Stromstärke von 1 Ampere angenehm empfunden, so wäre es ein Irrtum anzunehmen, daß bei einer Elektrode von 200 cm² eine Stromstärke von 2 Ampere das gleiche Wärmegefühl erzeugt. Trotzdem die Stromdichte ($1000 : 100 = 2000 : 200$) dieselbe ist, wird in letzterem Fall die Wärmeempfindung eine ungleich stärkere, ja vielleicht schon unerträgliche sein. Es beruht dies auf dem bekannten physiologischen Gesetz, daß bei sensiblen und thermischen Reizen die Empfindungsgröße unter sonst gleichen Bedingungen mit der Größe der von dem Reiz getroffenen Hautoberfläche wächst. So wird ein Hand- oder Fußbad von 40°C von den meisten Menschen anstandslos vertragen, während ein Vollbad gleicher Temperatur für viele unerträglich ist.

2. Das Wärmegefühl des Kranken. Da auch bei therapeutisch richtig bemessener Stromstärke irgendein unvorhergesehener Zufall, wie das schlechte Aufliegen einer Elektrode, eine Verbrennung herbeiführen kann, so ist das Wärmegefühl des Behandelten zur Sicherung gegen eine solche Gefahr nicht zu entbehren. Der Kranke ist daher stets aufzufordern, daß er jedes unangenehm werdende Hitzegefühl unverzüglich melde. Nur dadurch ist man häufig in der Lage, eine Verbrennung zu verhüten.

Da bei manchen Nervenerkrankungen (Tabes, Neuritis, Hysterie) der Temperatursinn gestört sein kann, so ist derselbe bei solchen Patienten vor der Behandlung zu prüfen. Finden sich Störungen, so bilden diese zwar keine absolute Gegenanzeige für die Diathermie, sie fordern aber dazu auf, die Durchwärmung mit größter Vorsicht vorzunehmen. Man wird für ein möglichst gutes Anliegen der Elektroden Sorge tragen, man wird, wo es angeht, Kantenstellungen der Elektroden vermeiden, man wird vor allem nicht Stromstärken anwenden, die erfahrungsgemäß das Höchstmaß des Zulässigen darstellen usw. Man vergesse aber schließlich nicht, daß auch bei normaler Temperaturempfindung die langsam ansteigende Wärme selbst eine Hypästhesie, und zwar eine so weit gehende erzeugen kann, daß der Behandelte sich ohne irgendwelche Schmerzempfindung eine Verbrennung zufügen läßt. Da es Patienten gibt, welche ersichtlich ihren Ehrgeiz darein setzen, möglichst hohe Temperaturen zu ertragen, so lasse man sich bei der Bestimmung der Stromstärke nicht durch das Drängen solcher Kranker beeinflussen.

3. Die Art der Erkrankung und des erkrankten Organes. Es ist ein grundsätzlicher Irrtum, anzunehmen, daß man bei der Diathermie die beste Wirkung immer dann erzielt, wenn man möglichst stark durchwärmt. Es gibt wohl Erkrankungen, wie chronische Arthritiden, Gelenksversteifungen u. dgl., bei denen eine möglichst intensive Durchwärmung in der Regel den besten Erfolg erzielt, es gibt aber andererseits auch solche, und dazu gehören Neuralgien, Angina pectoris, bei denen eine bis an die Toleranzgrenze getriebene Erhitzung Schaden bringen kann. Das Optimum der Wirkung fällt also keineswegs mit dem Maximum der Wärmedosis zusammen. Es wird sich daher insbesondere für den Anfänger empfehlen, die Behandlung nicht gleich mit der größten, eben noch erträglichen Stromstärke zu beginnen, sondern von Sitzung zu Sitzung ansteigend die für den betreffenden Fall geeignetste Dosierung zu suchen.

Neben der Art der Erkrankung spielt aber auch die Art des erkrankten Organes eine Rolle. Handelt es sich um eine Diathermie der Organe der Brust- oder Bauchhöhle, so wird man in der Regel mit kleineren Stromstärken durchwärmen, weil experimentelle Untersuchungen gelehrt haben, daß man hier, so paradox dies klingen mag, mit kleineren Stromstärken eine intensivere Erwärmung erzielt als mit großen. Messungen im Mageninneren haben ergeben, daß der Temperaturanstieg ein höherer ist bei einer Stromstärke von 0,3 Ampere als bei einer solchen von 2 Ampere! Die nähere Erklärung dieser auffallenden Erscheinung findet sich auf Seite 69.

Die Dauer der Behandlung. Der zweite Faktor, der uns für die Dosierung zur Verfügung steht, ist die Dauer der Behandlung. In jeder Zeiteinheit erhält das durchströmte Gewebe einen Wärmezuwachs, seine Temperatur steigt an, und zwar so lange bis dieser Wärmezuwachs in ein Gleichgewicht gekommen ist mit dem Wärmeverlust, der durch die Ableitung der Wärme und durch die Verschleppung auf dem Blutwege bedingt ist.

Die Behandlungszeit wird in der Regel mit 20–30 Minuten bemessen. Behandlungen von 5–10 Minuten werden wohl kaum eine hinreichende Wirkung erzielen.

II. Die allgemeine Diathermie.

Bei der allgemeinen Diathermie verfolgen wir die Absicht, die Temperatur des ganzen Körpers gleichmäßig zu erhöhen, ohne daß es dabei zu einer stärker hervortretenden Erwärmung einzelner Teile kommt. Dieses Ziel ist in zweifacher Weise erreichbar.

1. Durch Kontaktelektroden, das sind Blei- oder Stanniolektroden, die man in mehrfacher Zahl so am Körper anlegt, daß dessen gesamte Masse möglichst gleichmäßig vom Strom durchsetzt wird.

2. Durch das Kondensatorbett, das ist eine Art Ruhebett, auf das sich der Patient legt und mit Hilfe dessen man in seinem Körper Hochfrequenzströme induziert.

Zwischen örtlicher und allgemeiner Diathermie läßt sich eine scharfe Grenze nicht ziehen. Schon bei der örtlichen Behandlung mit Elektroden konstatiert man häufig einen deutlich wahrnehmbaren Anstieg der allgemeinen Temperatur. So ergibt die Durchwärmung eines Kniegelenkes (Elektrodengröße 100 cm², 1 Ampere, 20 Minuten) eine Erhöhung der Achselhöhlentemperatur um durchschnittlich 0,2° C, eine Diathermie des Beckens (Elektrodengröße 200 cm², 1 Ampere, 20 Minuten) eine Erhöhung um 0,6° C (Kowarschik). Ähnliche Beobachtungen kann man bei Durchwärmungen der Lunge, des Herzens und anderer innerer Organe machen. Je größer die Stromstärke und je länger die Behandlungszeit, desto leichter wird man einen Anstieg der allgemeinen Bluttemperatur nachweisen können.

Die allgemeine Diathermie mittels Kontaktelektroden.

Wir beschreiben im folgenden zwei der gebräuchlichsten Methoden der allgemeinen Diathermie, die wir zur rascheren Verständigung für später kurzweg als I. Methode und II. Methode bezeichnen wollen.

I. Methode. Um die Unterarme und Unterschenkel werden fesselförmig vier Bleielektroden (200 cm²) oder vier Stanniolbinden gelegt, die gemeinsam mit Hilfe zweier Doppelkabel an den einen Pol des Apparates angeschlossen werden. Mit dem zweiten Pol verbindet man eine Bleiplatte (300—500 cm²), die unter den Rücken zu liegen kommt. Soll die Behandlung im Sitzen vorgenommen werden, so wird man diese Elektrode unter das Gesäß bringen, wobei man sie zweckmäßig noch etwas größer wählt (Fig. 52). Die anwendbare Stromstärke schwankt zwischen 1,5—3,0 Ampere. Die Dauer der Behandlung beträgt in der Regel 20—30 Minuten.

Meist werden sich bei dieser Elektrodenverteilung die Arme infolge ihres kleineren Querschnittes stärker erwärmen als die Beine. Will man diesen Unterschied ausgleichen, so bedient man sich eines Verteilers, durch den man in den Stromkreis der Arme Widerstand einschaltet, um hier die Stromstärke etwas herabzudrücken.

Eine andere Art der allgemeinen Diathermie, die ich ursprünglich vorgeschlagen habe, ist die folgende. Man verwendet an Stelle der zwei Wadenelektroden eine große Metallplatte, auf die beide Füße gestellt werden, und an Stelle der Unter-

armelektroden einen zylindrischen Metallstab, den der Kranke in beide Hände nimmt (Fig. 53). Fußplatte und Handelektrode werden gleichpolig geschaltet, als Gegenpol dient wie bei der erstbeschriebenen Methode eine Rücken- oder Gesäßelektrode. Bei dieser Anordnung ist der Strom gezwungen, die Hand- und Fußgelenke zu passieren, wodurch es in diesen entsprechend der Einengung der Stromlinien zu einer stärkeren Erwärmung kommt. Ist das im allgemeinen auch nicht wünschenswert, so kann dieser Umstand unter gewissen Bedingungen zum Vorteil werden, etwa dann, wenn eine allgemeine Diathermie bei einer progressiven Polyarthritits gemacht wird, bei der die Hand- und Fußgelenke nicht selten in besonderem Maße von der Erkrankung betroffen sind.

II. Methode (Dreiplattenmethode nach Kowarschik).

Sie ist eine sehr einfache und zweckmäßige Form der Allgemeindiathermie. Man lagert den Kranken auf drei große Metallplatten aus Blei, Aluminium oder einem anderen Metall, die ein Format von 30×40 cm haben und auf dem Behandlungsbett derart verteilt sind, daß eine derselben unter den Rücken entsprechend den Schulterblättern, die zweite unter das Gesäß und die Oberschenkel und die dritte unter die Waden zu liegen kommt (Fig. 54). Die Abstände zwischen den Elek-



Fig. 52. Allgemeindiathermie. I. Methode.

troden sollen gleich groß sein, denn liegen zwei derselben einander zu nahe, so kommt es leicht zu einer Überhitzung längs der zugekehrten Ränder. Ist der Patient in der Weise gelagert, so schaltet man die mittlere Elektrode an den einen, die Rücken- und Wadenelektrode zusammen an den zweiten Pol des Apparates an. Eine Stromstärke von 2,0–2,5 Ampere genügt, um eine angenehm empfundene Durchwärmung des ganzen Körpers zu erzeugen, eine solche von 3 Ampere und darüber steigert die Erwärmung bis zum Schweißausbruch.

Diese Methode hat gegenüber der erstbeschriebenen den Vorteil, daß bei ihr das Anlegen und Befestigen der Elektroden an den Extremitäten entfällt und daß sie auch ohne Verwendung eines Verteilerwiderstandes eine gleichmäßige Erwärmung des ganzen Körpers ergibt. Sie ist also technisch einfacher. Gegenüber der weiter unten beschriebenen Behandlung auf dem Kondensatorbett hat sie den Vorzug, ohne Anwendung eines besonderen kostspieligen Apparates ausführbar zu sein.

Mit Hilfe der Allgemeindiathermie ist man imstande, die allgemeine Blutwärme um ein oder mehrere Grade Celsius zu erhöhen. Daß dies

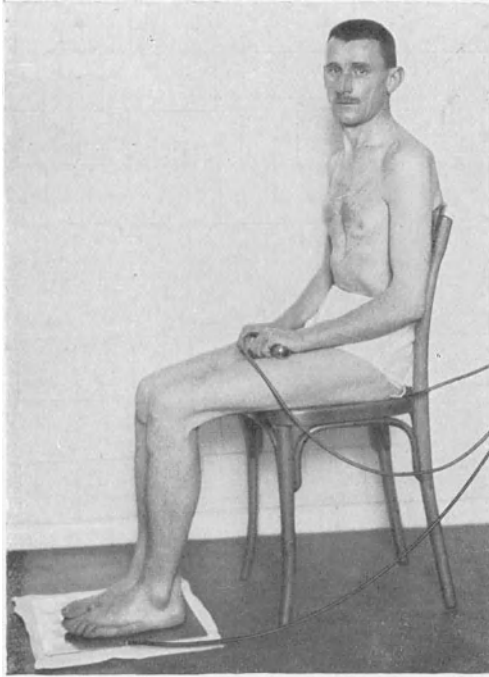


Fig. 53. Allgemeindiathermie. I. Methode (Modifikation).

einen für das Herz und das Gefäßsystem nicht völlig gleichgültigen Eingriff bedeutet, bedarf keiner besonderen Begründung. Es empfiehlt sich daher bei der Durchwärmung einige Vorsicht. Man wird bei der ersten Behandlung nur eine geringe Stromstärke anwenden und durch die Kontrolle des Pulses und die Beobachtung des Allgemeinbefindens die Einwirkung der Prozedur auf den Kranken feststellen. Hat man sich überzeugt, daß diese gut vertragen wird, dann kann man bei den nächsten Sitzungen die Stromstärke steigern, bis man jene Höhe erreicht hat, die im gegebenen Fall angezeigt ist.

Ich möchte gleich an dieser Stelle betonen, daß man vom therapeutischen Standpunkt zwei Arten der Durchwärmung unterscheiden kann.

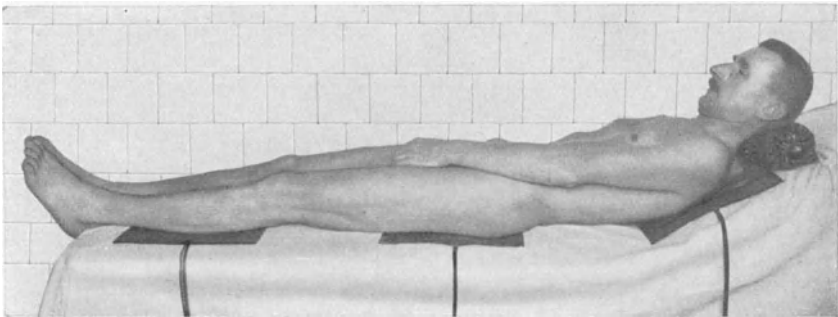


Fig. 54. Allgemeindiathermie. II. Methode (Dreiplattenmethode nach Kowarschik).

1. Leichte Durchwärmungen. Sie erzeugen ein mäßiges angenehm empfundenen Wärmegefühl, verbunden mit einer wohligen Hauthyperämie. Sie wirken beruhigend in ähnlicher Weise wie ein laues Bad und finden daher ihre Anzeige

als Beruhigungsmittel bei Neurasthenie, Hysterie, nervöser Schlaflosigkeit, vagabundierenden Schmerzen der Tabiker, bei multipler Sklerose, Paralysis agitans, als blutdruckherabsetzendes Mittel bei Arteriosklerose usw.

2. Starke Durchwärmungen, die bis zum Schweißausbruch getrieben werden können und daher in ihrer Wirkung in Parallele mit einem heißen Bad zu stellen sind. Für sie ist ein unversehrtes Gefäßsystem Voraussetzung. Sie werden mit Erfolg angewendet bei chronischer Polyarthrits und Polyneuritis, bei chronischen Myalgien und dergleichen.

Die allgemeine Diathermie auf dem Kondensatorbett.

Das Kondensatorbett von Reiniger, Gebbert & Schall. Das Kondensatorbett wurde von Apostoli in die Hochfrequenztherapie eingeführt und von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall für die Zwecke der Diathermie verbessert (Fig. 55). Es ist ein aus Holz gefertigtes

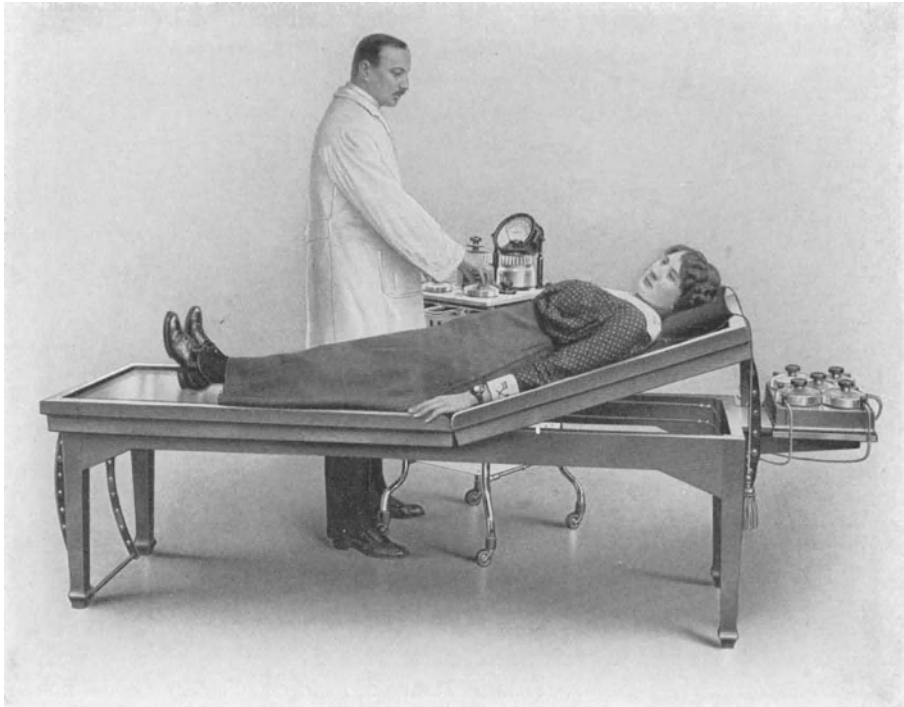


Fig. 55. Allgemeindiathermie auf dem Kondensatorbett von Reiniger, Gebbert & Schall.

Ruhebett, auf dem vier große Blechelektroden angebracht sind, die durch eine die ganze Oberfläche des Bettes einnehmende Hartgummiplatte gedeckt sind. Liegt der Patient auf dem Bett, dann bildet diese Hartgummiplatte als isolierende Zwischenschicht das Dielektrikum eines

Kondensators, dessen Belegungen auf der einen Seite von den vier Blechplatten, auf der anderen Seite von der Körpermasse dargestellt werden; daher der Name Kondensatorbett.

Die vier Bleche, von denen zwei dem Rücken, zwei dem Gesäß und den Beinen entsprechen, werden paarweise an die beiden Pole des Diathermieapparates angeschlossen. Der Kranke selbst steht mit diesem in keiner leitenden Verbindung. Die im Tempo der Schwingungen wechselnde Spannung der Blechelektroden wirkt durch das Dielektrikum hindurch auf die zweite Kondensatorbelegung, das ist den Körper des Patienten induzierend. Dadurch entstehen in diesem gleichfalls Wechselspannungen, welche zu einer Verschiebung der Körperionen führen, die sich nach dem Jouleschen Gesetz in Wärme umsetzt.

Daß auf diese Weise im Körper tatsächlich Ströme, sogenannte Verschiebungsströme, zustande kommen, konnte Schittenhelm im Tierversuch zeigen. Einem auf das Kondensatorbett aufgebundenen Hunde wurde eine nadelförmige Elektrode mit glisoliertem Handgriff bei gestrecktem Kopf in die Speiseröhre eingeführt und eine ebensolche etwa 15 cm hoch in den Mastdarm geschoben. Ein Amperemeter, das zwischen beide Elektroden eingeschaltet war, zeigte trotz des hohen Widerstandes im Stromkreis einen Ausschlag von 150 Milliampere.

Die Kondensatorwirkung läßt sich auch durch einen von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall erzeugten kleinen Demonstrationsapparat anschaulich machen, der aus zwei Metallplatten besteht, zwischen welche eine Glühlampe eingeschaltet ist. Werden diese Platten derart auf das Kondensatorbett gelegt, daß sie zwei ungleichpoligen Elektroden gegenüberliegen, dann leuchtet die Lampe auf, korrespondieren sie aber mit zwei gleichpoligen Elektroden, dann bleibt sie dunkel.

Bei der Behandlung ist ein Entkleiden des Patienten nicht notwendig, doch ist die Wärmewirkung eine intensivere, wenn der Kranke mit entblößtem Körper der Hartgummiplatte aufliegt. Die Stromstärke schwankt zwischen 4–10 Ampere, wobei man für leichtere Durchwärmungen 4–5 Ampere, für stärkere 6–8 Ampere und darüber anwenden wird. Die Behandlungsdauer beträgt 20–30 Minuten. Im übrigen gelten für die Diathermie auf dem Kondensatorbett die gleichen Vorschriften, die wir bei der Durchwärmung mit Kontaktelektroden der Beherzigung empfohlen haben.

Die Kondensatorbettbehandlung kann keinesfalls als eine rationelle Methode der Allgemeindiathermie angesehen werden, denn einerseits läßt sich der gleiche Effekt mit einfacheren Mitteln erreichen, wenn man den Kranken nach dem Vorschlag von Kowarschik auf drei große Metallplatten legt, andererseits auch in viel ökonomischerer Weise, wenn man bedenkt, daß die gleiche Temperaturerhöhung, die auf dem Kondensatorbett eine Stromstärke von 5–10 Ampere erfordert, bei der Dreiplattenmethode mit einer Stromstärke von nur 2–3 Ampere erzielt wird.

Andere Methoden der allgemeinen Diathermie. Auch die Autokonduktion im Solenoid, wie sie von Arsonval angegeben wurde, wird häufig als eine Methode der allgemeinen Diathermie angeführt. Dabei befindet sich der Kranke sitzend oder stehend in einem Käfig, dem großen Solenoid, das im wesentlichen aus einem in Spiralen angeordneten dicken Leitungsdraht besteht, in dessen Windungen der Schwingungsstrom pulsiert. Der Behandelte wird also nicht vom Strom durchflossen, sondern vielmehr nur umflossen, er befindet sich nicht im Stromkreis selbst, sondern nur in der Wirkungssphäre desselben, in seinem elektromagnetischen Kraftfeld. Dieses induziert im Körper sogenannte Foucaultsche oder Wirbelströme, die sich in Wärme umsetzen. Die dabei zustande kommende Erwärmung ist aber kaum nachweisbar und daher praktisch bedeutungslos. Da wir annehmen

müssen, daß die im Körper induzierten Hochfrequenzströme grundsätzlich keine andere Wirkung haben können als die durch ihn geleiteten, so ist nicht einzusehen, weshalb wir einen so umständlichen Apparat aufbieten, so große elektrische Energien in Bewegung setzen, um einen Effekt zu erzielen, den wir mit ein paar Bleiplatten in unvergleichlich einfacherer, billigerer und vollkommenerer Weise erreichen können.

Ein gleichfalls unzweckmäßiges Verfahren, das man für die allgemeine Diathermie propagiert hat, ist die Behandlung im Vierzellenbad. Die Wassermassen, durch welche der Strom hindurch muß, bilden ebenso bedeutende wie unnütze Ballastwiderstände, deren Überwindung überflüssigerweise Spannung verzehrt. Diese Energievergeudung, welche zur Erwärmung des Wassers benützt wird, belastet auch die besten Diathermieapparate so bedeutend, daß man nicht imstande ist, die zur allgemeinen Durchwärmung notwendige Stromstärke aufzubringen. Abgesehen davon kommt im Vierzellenbad eine unerwünschte Überhitzung in den Ellbogen- und Kniebeugen zustande.

III. Technische Störungen und Unfälle.

Der Arzt muß mit seinem Apparat so weit vertraut sein, daß er kleinere Störungen, die sich im Betrieb einstellen, selbst beheben kann. Ist er das nicht imstande, so wird er bei der kleinsten Panne ratlos sein und sehr bald die Freude an der Arbeit verlieren. Ich möchte daher jedem, der sich mit Diathermie beschäftigen will, den Rat geben, sich zunächst einmal seinen Apparat auf seine einzelnen Bestandteile hin anzusehen und sich womöglich von einem bereits Erfahrenen in die, ich möchte sagen, physiologische Funktion seiner Maschine einweihen zu lassen. Das ist insbesondere für denjenigen eine Notwendigkeit, der nicht in jedem Augenblick einen fachkundigen Techniker zu Rate ziehen kann.

Um dem Anfänger die Sache zu erleichtern, möchte ich im folgenden die am häufigsten vorkommenden Störungen und ihre Behebung erörtern.

Die Funkenstrecke funktioniert nicht, obwohl der Apparat Strom hat. Es ist dies wohl die häufigste Störung, die zur Beobachtung kommt. Wir schalten ein und vernehmen alsbald das „Brummen“ des Transformators, etwa vorhandene Signallampen leuchten auf, der Generator aber spricht nicht an und das charakteristische Geräusch des Funkenüberganges ist nicht hörbar. Die Ursache kann eine doppelte sein. Sie liegt entweder darin, daß die Elektroden der Funkenstrecke sich gegenseitig berühren, also kurzgeschlossen sind, wodurch natürlich jede Funkenbildung unmöglich wird, da der Strom von einer Elektrode zur anderen in continuo übergeht. Das Ausbleiben des Funkenspieles kann aber auch darin begründet sein, daß der gegenseitige Abstand der Elektroden ein zu großer ist, so daß die Spannung der Kondensatoren nicht ausreicht, ihn zu überbrücken. In beiden Fällen wird es sich darum handeln, die passende Entfernung zwischen den Polen der Funkenstrecke herzustellen.

Zu diesem Zweck wird man bei den Apparaten mit regulierbarer Funkenstrecke (Reiniger, Gebbert & Schall, Veifawerke) die Elektroden mittels der Einstellschraube zunächst zur metallischen Berührung bringen, um sie dann durch langsames Zurückdrehen der Schraube so weit von-

einander zu entfernen, daß ein Funkenspiel einsetzt. Bei dem Apparat von Siemens & Halske, dessen Funkenstreckenelektroden nicht verstellbar sind, genügt häufig ein leichtes Lockern der Fixationsschraube, ein Drehen der Glimmerringe oder Kupferscheiben, um den Generator in Gang zu bringen. Reicht das nicht aus, dann muß man durch Auswechseln der Glimmerringe den geeigneten Abstand zwischen den Elektroden herzustellen suchen. Man wird aus dem gröberem oder feineren Geräusch, das die Funken bei ihrem Übergang erzeugen, sehr bald erkennen lernen, ob der Elektrodenabstand zu groß oder zu klein ist. Stets wird es sich empfehlen, mit der kleinsten, eben noch ausreichenden Elektrodendistanz zu arbeiten.

Ist die Funkenstrecke einmalkrichtig im Gang und sind die Elektroden eingebraunt, dann ist jedes überflüssige Verstellen oder Auseinandernehmen derselben zu vermeiden. Nur wenn nach langem Gebrauch die Elektrodenscheiben stark abgenützt und rauh geworden sind, müssen sie abgeschmirgelt oder im Bedarfsfalle durch neue ersetzt werden. Diese Notwendigkeit kündigt sich durch ein unregelmäßiges, zeitweilig aussetzendes Funkengeräusch an.

Die Funkenstrecke funktioniert nicht, da der Apparat keinen Strom hat. Der Generator kann aber auch darum stumm bleiben, weil der Apparat überhaupt keinen Strom hat. Meist ist dies schon daraus erkennbar, daß auch das Brummen des Transformators nicht wahrnehmbar ist und die Signallampen nicht leuchten. Man wird dann zunächst nachsehen, ob die zentrale Leitung, an welche der Apparat mittels Steckkontakt angeschlossen ist, Strom führt. Das geschieht mit Hilfe einer Probierlampe, eines kleinen Apparates, den jeder Elektrotherapeut besitzen sollte und der aus nichts anderem besteht als aus einer elektrischen Glühbirne, die in eine Fassung, an der sich zwei gut isolierte Drähte befinden, eingeschraubt ist. Bringt man die blanken Enden dieser Drähte mit den beiden Polen des Steckkontaktes in Berührung, so leuchtet die Lampe auf, sobald die Leitung Strom führt, ist sie dagegen stromlos, so bleibt die Lampe dunkel und der Fehler ist in der Leitung selbst zu suchen. In der Regel ist dann eine Sicherung durchgeschmolzen und muß durch eine neue ersetzt werden.

Ist in der zentralen Leitung Strom vorhanden, ist die Funkenstrecke in Ordnung, trotzdem aber nicht zum Ansprechen zu bringen, dann ist die Sachlage für den technisch nicht geschulten Arzt bereits schwieriger. Die Ursache des Versagens kann nur im primären Schwingungskreis liegen und erfordert eine genaue Durchsicht dieses. Es ist das Zuleitungskabel zu untersuchen, der Schalter auf guten Kontakt zu prüfen. Ist hier ein Fehler nicht zu entdecken, dann muß der Apparat geöffnet werden, wobei man zuallererst dafür zu sorgen hat, daß derselbe auch von der zentralen Leitung abgeschaltet ist, da eine Berührung der Hochspannung führenden Innenteile unter Umständen lebensgefährlich werden kann. Man wird dann nachsehen, ob alle Leitungen unversehrt sind, ob keine ihrer Verbindungen gelöst oder durchgebrannt ist. Auch die Kondensatoren müssen überprüft werden. Das alles setzt aber technische Kenntnisse voraus, die den meisten Ärzten mangeln und sie daher auf die Hilfe des Elektrotechnikers verweisen.

Die Funkenstrecke funktioniert, es ist aber kein Ausschlag des Amperemeters zu erzielen. Arbeitet die Funkenstrecke in normaler Weise, ist also der primäre Schwingungskreis in Ordnung, kann man aber trotzdem keinen Ausschlag des Amperemeters und keine Wärmewirkung erzielen, wenn man den Koppelungshebel von „Schwach“ auf „Stark“ stellt, so ist der Fehler im Sekundärkreis zu suchen und besteht meist darin, daß ein Kabel defekt ist oder vergessen wurde, dasselbe anzuschließen. Spürt der Kranke wohl eine Erwärmung, ohne daß das Amperemeter einen Strom anzeigt, so wurden die Leitschnüre an zwei falsche Klemmen angeschlossen.

Sensible und motorische Reizerscheinungen. Der Diathermiestrom soll eine angenehme, von jedem anderen Gefühl freie Wärmeempfindung auslösen. Zuweilen ist das nicht der Fall. Es kann unter Umständen zu sensiblen Reizerscheinungen ähnlich denen beim Faradisieren oder zu motorischen Reizeffekten, zu einem Vibrieren oder zu einem leichten Zucken der Muskeln kommen. Die Ursache hierfür liegt meist in einem unregelmäßigen Funkenübergang, der entweder durch eine unrichtige Einstellung der Funkenstrecke bedingt wird oder auch dadurch, daß die Elektroden dieser durch den Gebrauch bereits stark abgenützt sind. Seltener ist an der Reizwirkung ein Defekt im therapeutischen Stromkreis schuld. Wenn dieser an einer Stelle nicht vollkommen geschlossen ist — nehmen wir an, es handle sich um den Bruch eines Kabels — so kann es an der Bruchstelle zu einem Funkenübergang, zur Ausbildung eines sogenannten Lichtbogens kommen, der bei dem Kranken das Gefühl des Faradisierens oder Muskelzuckungen erzeugt.

Anderen Ursprungs und mit dem faradischen Gefühl nicht zu verwechseln ist die Empfindung des Stechens oder Brennens, das die Patienten nicht selten an einer umschriebenen Stelle der Elektrode verspüren. Es rührt von einem unvollkommenen Anliegen der Elektrode her und ist durch eine Verbesserung des Kontaktes leicht zu beseitigen (siehe Seite 46).

Verbrennungen. Man hat die Gefährlichkeit der Diathermie anfänglich bedeutend übertrieben. Daß bei der elektrischen Durchwärmung in gleicher Weise wie bei anderen thermischen Prozeduren, etwa einer Heißluft-, Dampf- oder Fangobehandlung auch Verbrennungen der Haut zustande kommen können, liegt in der Natur der Sache. Die Gefahr bei der Diathermie ist jedoch keine größere als die bei den aufgezählten Verfahren und es ist außer Zweifel, daß sich bei entsprechender Vorsicht und Sachkenntnis Verbrennungen mit Sicherheit vermeiden lassen. Daß das Gefahrenmoment der Diathermie ein sehr geringes ist, beweist wohl am besten die Tatsache, daß bisher keine schweren Schädigungen durch die Diathermie bekannt geworden sind ¹⁾, obwohl die Methode seit mehr als zehn Jahren geübt wird und Hunderte von Apparaten im Betrieb sind, die nicht immer in sehr verständnisvoller Weise gehandhabt werden.

¹⁾ Mit Ausnahme eines Falles, über den Hall berichtet. Es handelte sich um eine Verbrennung, an deren Folgen der Kranke 9 Monate litt. Der Arzt wurde gerichtlich belangt, jedoch freigesprochen, da das Gericht bei dem Patienten, der eine Erkrankung des zentralen Nervensystems hatte, eine pathologische Überempfindlichkeit der Haut gegen Wärme annahm.

Wie steht es aber mit der Möglichkeit einer Tiefenverbrennung? Ist es nicht denkbar, daß bei der Tiefenwirkung der Diathermie eine Schädigung der unter der Haut liegenden Gewebe zustande kommen könnte, ohne daß an der Haut selbst eine Verbrennung auftritt? Auch diese Gefahr ist so gut wie ausgeschlossen, weil fast unter allen Umständen die Haut sich stärker erwärmt als die unter ihr liegenden Gebilde, somit vor allem gefährdet ist. Denn erstens hat die Haut einen größeren Widerstand als fast alle anderen Gewebe und zweitens ist auch die Stromdichte bei den gewöhnlichen Anwendungsformen der Diathermie in der Haut größer als im Körperinneren, wo die Stromlinien auseinanderweichen, sich streuen, womit ihr Wärmeeffekt sinkt. In jenen seltenen Fällen aber, bei denen, wie bei der Erwärmung der Sprung- und Handgelenke nach der auf S. 97 u. 99 beschriebenen Methode im Verlauf der Strombahn eine Querschnittverengung auftritt, die ein Zusammendrängen der Stromlinien bedingt, beobachten wir eine besondere Erscheinung, die uns vor der Gefahr einer Tiefenverbrennung sichert. Es tritt nämlich bei dem Überschreiten einer bestimmten Stromstärke in den genannten Gelenken sowie im distalen Teil des Unterarmes, bzw. Unterschenkels ein eigentümliches Gefühl auf, das von dem einen Kranken als ein schmerzhaftes Ziehen, von anderen wieder als Zusammenschnüren oder Zusammenpressen, kaum jemals aber als ein Hitzegefühl beschrieben wird. Diese schmerzhaften Sensationen sind charakteristisch für eine zu intensive Tiefenwirkung des Stromes, sie sind ein Warnungssignal und fordern uns auf, die Stromstärke herabzusetzen, womit sie prompt verschwinden.

Bucky hat über eine Diathermieschädigung berichtet, die ich selbst nie gesehen habe. Er beobachtete in seltenen Fällen entsprechend jenen Stellen, wo die Elektroden auflagen, das Auftreten einer teigigen Infiltration im subkutanen Gewebe ohne jede Entzündungserscheinung von seiten der Haut. Diese Infiltrationen, die spontan vollkommen schmerzlos, nur auf Druck etwas empfindlich waren, bestanden 2—4 Wochen, um dann ohne bleibende Spuren wieder zu verschwinden. Möglicherweise handelt es sich hier um eine Schädigung des Fettgewebes, das sich ja infolge seines hohen Eigenwiderstandes beträchtlich erhitzt.

Die zehn Gebote der Diathermie. Zum Schlusse möchte ich nochmals jene Punkte zusammenfassen, deren Beobachtung man sich stets vor Augen halten muß, will man eine Schädigung des Kranken vermeiden.

1. Die Temperaturempfindung des Kranken soll eine normale sein. Ist das nicht der Fall, so muß die aufgewendete Vorsicht eine um so größere sein.

2. Die Elektroden müssen gut angepaßt und befestigt werden.

3. Verwendet man gleich große Elektroden, dann stelle man diese einander möglichst flächenparallel und direkt gegenüber; wo dies nicht möglich ist, bedenke man immer die ungleiche Stromlinienverteilung und die durch sie bedingte Randwirkung.

4. Verwendet man zwei ungleich große Elektroden, dann muß die richtende Kraft der größeren (inaktiven) Elektrode beachtet werden.

5. Vor dem Einschalten des Stromes überzeuge man sich, daß alle Reguliervorrichtungen auf „Schwach“ stehen.

6. Das Einschalten darf nur geschehen, wenn die Elektroden bereits aufliegen.

7. Man stelle nur ganz langsam die gewünschte Stromstärke ein, indem man dabei auf das Auftreten von Stechen, Brennen oder anderer Reizwirkungen achtet.

8. Man fordere den Kranken auf, daß er jedes unangenehm werdende Hitzegefühl sofort mitteile.

9. Man sei eingedenk, daß zur Erzielung eines therapeutischen Erfolges nicht unbedingt die Toleranzgrenze für Wärme erreicht werden muß, ja daß im Gegenteil eine zu starke Durchwärmung unter Umständen Schaden bringt.

10. Man schalte stets aus, bevor man die Elektroden abhebt.

Vierter Teil.

Die physiologischen Wirkungen der Diathermie.

I. Die fehlende Reizwirkung auf die motorischen und sensiblen Nerven.

Erklärungsversuche. Eine der augenfälligsten und daher bekanntesten Wirkungen des elektrischen Stromes ist sein erregender Einfluß auf motorische und sensible Nerven. War es ja gerade diese Erscheinung, die zur Entdeckung der strömenden Elektrizität durch Galvani führte. Der sensible, vor allem aber der motorische Reiz, den die verschiedenen elektrischen Entladungen auslösen, war durch Jahrzehnte hindurch bis auf unsere Tage Gegenstand des eifrigsten Studiums; um so überraschender mußte es sein, als plötzlich elektrische Ströme, die Hochfrequenzströme, gefunden wurden, denen dieses eigentümliche Merkmal bewegter Elektrizität, die Erregungsfähigkeit für Empfindungs- und Bewegungsnerve, abging.

Bereits Tesla suchte diese „negative“ Eigenschaft der Hochfrequenzströme zu erklären, ohne daß ihm dies in hinreichender Weise gelungen wäre. Korthals zog zur Erklärung die Kapazität des menschlichen Körpers heran, E. T. Houston die Selbstinduktion. Durch diese sollte ein Auseinanderdrängen der Stromlinien stattfinden, und zwar so weitgehend, daß diese nur an der Oberfläche des Körpers verliefen. Bei metallischen, also selbstinduktiven Leitern ist allerdings eine solche Oberflächenverteilung des Stromes (Skineffekt) nachweisbar vorhanden und durch eine Reihe von charakteristischen Experimenten demonstrierbar, für elektrolytische Leiter, zu denen auch der menschliche Körper zählt, gilt jedoch die gleiche Annahme nicht.

Schon Arsonval wendete sich gegen diese Ansicht. Nernst erbrachte im Jahre 1897 den experimentellen Beweis, daß in flüssigen Leitern ein Auseinanderweichen der Stromlinien nicht vorkommt und daß infolgedessen die darauf basierende Ansicht, daß die Hochfrequenzströme in den Körper nicht eindringen, falsch sei. Einthoven konnte dies auch auf mathematischem Wege bestätigen (1900).

Der erste, der hier den richtigen Weg zeigte, war Arsonval. Er sprach die Überzeugung aus, daß die Unerregbarkeit der Nerven einzig und allein durch die hohen Schwingungszahlen der Ströme bedingt sei. So wie der Sehnerv nur auf Ätherwellen von bestimmten Schwingungszahlen reagiert, so wie von dem Gehörnerv nur Schallschwingungen von begrenzter Frequenz empfunden werden, so sollten auch motorische und sensible Nerven nur durch bestimmte Stromfrequenzen erregbar sein. Die Frequenz der Teslaströme sei aber eine zu hohe, um von ihnen noch wahrgenommen werden zu können. Diese Darstellung ist allerdings keine eigentliche Erklärung des rätselhaften Phänomens, vielmehr nur eine gleichnisartige Nebeneinanderstellung von Tatsachen, von denen eine ebenso unverständlich ist wie die andere; aber sie erkannte wenigstens mit richtigem Blick, daß nicht die hohe Spannung der Teslaströme das Wesentliche sei für ihre geringe physiologische Wirkung, sondern ihre hohe Frequenz.

Arsonval wurde zu dieser Anschauung durch eine Beobachtung geführt, die er bereits im Jahre 1888 machte. Er hatte damals gefunden, daß die muskuläre Erregbarkeit für elektrische Reize sinkt, wenn die Zahl derselben 3000 in der Sekunde übersteigt. Leider war es ihm mangels entsprechender Einrichtungen nicht gegönnt, das Abfallen der Erregbarkeit über 10 000 Reize für die Sekunde zu verfolgen. Erst durch die Einführung der Hochfrequenzströme durch Tesla wurde die Gültigkeit seiner Anschauung auch für sehr hohe „Reizreihen“ bestätigt.

Daß es nicht die hohe Spannung, sondern die große Periodenzahl ist, welche den Strom unzufühlbar macht, beweist wohl am besten die Tatsache, daß die Diathermieströme, welche eine ungleich geringere Spannung haben als die Arsonvalströme, diesen doch an Reizlosigkeit überlegen sind. Ich halte es nicht für überflüssig, nachdrücklich auf den Unterschied zwischen Hochspannung und Hochfrequenz hinzuweisen, weil diese beiden Begriffe auch in der heutigen medizinischen Literatur noch fortwährend miteinander verwechselt werden.

Wie ist nun dieses eigentümliche Verhalten der Nerven gegenüber der Frequenz der Wechselströme zu erklären?

Die Theorie von W. Nernst¹⁾. Die einzige Theorie, welche uns hier von eine genügend klare Vorstellung gibt und die gleichzeitig auf exakter mathematisch-physikalischer Basis beruht, ist die Theorie der elektrischen Nervenreizung von W. Nernst. Dieselbe geht von folgenden physikalischen Anschauungen aus:

Fließt ein elektrischer Strom durch eine Flüssigkeit, so werden unter dem Einfluß der elektromotorischen Kraft die Atome oder Atomgruppen derselben, welche elektrisch geladen sind, das sind die Ionen, in Bewegung gesetzt. Ist das Vorzeichen ihrer Ladung ein positives, so wandern sie zur Kathode (Kationen), ist es ein negatives, so gehen sie zur Anode (Anionen). Die Geschwindigkeit, mit welcher die Ionen sich verschieben, ist je nach ihrem atomistischen Charakter eine durchaus verschiedene.

¹⁾ W. Nernst, Zur Theorie des elektrischen Reizes. Verlag von J. Springer, Berlin und derselbe in Borutttau - Manns Handbuch der gesamten medizinischen Anwendungen der Elektrizität. Bd. I, S. 225. Verlag von W. Klinkhardt, Leipzig.

Es gibt leicht und schwer bewegliche, rasch und langsam wandernde Ionen.

Die Geschwindigkeit ist aber auch verschieden, je nach der Art des Lösungsmittels, in dem die Wanderung stattfindet; dies offenbar aus dem Grund, weil die Reibungswiderstände, welche sich der Bewegung entgegensetzen, in verschiedenen Lösungsmitteln verschieden große sind.

Nehmen wir an, wir hätten zwei Lösungsmittel A und B, welche beide das gleiche Salz gelöst enthalten, aber derart beschaffen wären, daß sie sich nicht miteinander mengen, wenn wir sie in einem U-Rohr in der in Fig. 56 ersichtlichen Weise übereinander schichten. Nehmen wir ferner an, daß wir einen Gleichstrom durch beide Flüssigkeiten schicken, so wird es an den Grenzflächen zu Konzentrationsänderungen des Elektrolyten kommen. Diese erklären sich in folgender Weise.

Bewegen sich gewisse Ionen in dem Lösungsmittel A rascher als in dem Lösungsmittel B und ist ihre Bewegungsrichtung die des Pfeiles, so wird es an der Grenzfläche $g_1 g_1$ zu einer Verdichtung der Ionen, also zu einer Konzentrationserhöhung kommen, da die Ionen rascher zur Grenzfläche hin als von ihr wegwandern. An der Grenzfläche $g_2 g_2$ wird das Umgekehrte eintreten, nämlich eine Verminderung der Ionenzahl oder eine Konzentrationsherabsetzung, da die Ionen in dem Medium B sich langsamer gegen die Grenzfläche hin bewegen als sie in dem Medium A von ihr forteilen.

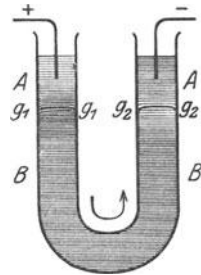


Fig. 56.

Diese Konzentrationsänderungen hat W. Nernst in einem sehr schönen Versuch auch dem freien Auge ersichtlich gemacht, indem er als Lösungsmittel einerseits Wasser, andererseits mit Wasser gesättigtes Phenol und als Elektrolyt KJ_3 (eine annähernd gesättigte Lösung von J in JK) verwendete. Es zeigt sich dann bei der Durchleitung eines Stromes an der einen Grenzfläche ein Dunklerwerden der Braunfärbung, an der anderen eine Aufhellung derselben.

Auch den menschlichen Körper können wir als ein System verschiedener Elektrolytlösungen ansehen. Nach Nernst sind es vornehmlich zwei Lösungsmittel, welche hierbei in Betracht kommen: einerseits die wässrige Gewebsflüssigkeit, andererseits das Protoplasma. „Da der Strom nämlich im wesentlichen keine anderen Änderungen hervorruft, als daß an der Grenze von Protoplasma und der dasselbe berührenden wässrigen Lösung eine Konzentrationsänderung eintritt, so haben wir hierin offenbar das erregende Moment zu erblicken“ (W. Nernst).

Auf diesen Voraussetzungen fußend, wollen wir die von Wechselströmen ausgeübte Reizwirkung auf motorische und sensible Nerven etwas näher betrachten. Soll ein Wechselstrom auf diese erregend wirken, dann muß die Konzentrationsänderung einer Halbwelle genügen, einen Reiz zu setzen, sie muß die Reizschwelle überschreiten, da durch die nächstfolgende Halbwelle, welche in entgegengesetzter Richtung verläuft, diese Konzentrationsänderung wieder rückgängig gemacht wird. Mit anderen Worten, die Stromstärke einer einzelnen Halbwelle muß eine hinreichend große sein.

Nun wird die Stromstärke eines Wechselstromes bestimmt durch die Elektrizitätsmenge, welche in einer Sekunde einen Leiterquerschnitt passiert. Diese Elektrizitätsmenge wird hierbei von so vielen Halbwellen getragen, als sie der Wechselstrom in einer Sekunde eben aufweist. Je größer diese Zahl, um so kleiner ist der Bruchteil, welcher auf eine Halbwelle entfällt. Da aber die Konzentrationsänderung und mit ihr die Reizwirkung in einem direkten Verhältnis zur Stromstärke stehen und diese wieder identisch ist mit der verschobenen Elektrizitätsmenge, so ist es ohne weiteres klar, daß mit steigender Wechselzahl die Reizwirkung sinken muß. Sie ist nach Nernst umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Frequenz:

$$\text{Reizwirkung} = \frac{i \text{ (Stromstärke)}}{\sqrt{n} \text{ (Frequenz)}}.$$

Dieses Gesetz gilt für Wechselströme von mittelhohen Periodenzahlen in ziemlich weitem Umfang, wie die experimentelle Prüfung zeigt. Für sehr langsam wechselnde Ströme einerseits wie für sehr hochfrequente andererseits scheint es dagegen nicht zuzutreffen. Untersuchungen mit möglichst reinen Hochfrequenzschwingungen¹⁾ ergaben, daß ihre Reizwirkung wesentlich geringer ist als man nach dem Nernstschen Gesetz erwarten würde. Zeynek vermutet, daß der Grund hierfür in den großen kolloidalen Partikelchen der Nervenzellen zu suchen sei, welche infolge ihrer elektrischen Trägheit bei sehr raschen Schwingungen die Reizleitung vermindern. Bei sehr langsam verlaufenden Wechselströmen dagegen dürfte die Abweichung von dem Nernstschen Gesetz wohl durch elektrolytische Wirkungen ähnlich wie beim Gleichstrom zustande kommen.

Die Frequenzhöhe, bei der die Reizwirkung von Wechselströmen auf sensible und motorische Nerven vollkommen erlischt, ist bisher nicht genau bekannt. Aus Versuchen, die im physiologischen Institut von Professor Gildemeister in Berlin ausgeführt wurden, geht hervor, daß Wechselströme mit einer Frequenz von 100 000 noch deutliche Reizeffekte zeigen, erst bei einer Frequenz von 200 000 lassen sich solche nicht mehr nachweisen.

II. Die örtliche Wärmewirkung.

Der Einfluß des elektrischen Widerstandes. Die in die Augen springendste Wirkung der Diathermie ist zweifellos die Erwärmung, die Temperaturerhöhung, welche das vom Strom durchsetzte Gewebe erfährt. Dieser Erscheinung verdankt das Verfahren seinen Namen.

Da der menschliche Körper kein homogener Leiter ist, sondern aus Geweben verschiedener Art, infolgedessen auch verschiedenen elektrischen Widerstandes besteht, so ist die Erwärmung keine ganz gleichmäßige. Schon Bernd und Preyß haben durch Untersuchung an Tieren und Leichen, bei denen sie Thermometer in die einzelnen Gewebsschichten einführten, nachgewiesen, daß der Temperaturanstieg in den

¹⁾ Zeynek und Bernd, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 132.

verschiedenen Geweben verschieden rasch erfolgt. Ihre Experimente ergaben, daß sich bei der queren Diathermie einer Extremität am meisten die Haut erwärmt, dieser folgten in absteigender Reihe die Knochen, dann das Fettgewebe, dem die Nervensubstanz ungefähr gleichkam, und schließlich die Muskulatur. Bei der Längsdurchwärmung waren die Verhältnisse umgekehrt, so daß an erster Stelle die Muskeln, an letzter Stelle die Haut stand. Ähnliche Untersuchungen wurden auch von anderen Autoren (Nagelschmidt, Ullmann u. a.) gemacht. Die von diesen Untersuchern aufgestellten Skalen weichen jedoch untereinander wie auch von der Bernd-Preyßschen Reihenfolge weitgehend ab.

Die Schlußfolgerung dieser beiden letzten Autoren, daß bei der Querdurchwärmung einer Extremität die Gewebe sich im Verhältnis ihres elektrischen Widerstandes erwärmen, da wir es hier mit einer Reihenschaltung verschiedener Widerstände zu tun hätten, trifft allerdings nicht voll zu, wie bereits auf Seite 29 auseinandergesetzt wurde. Ebenso wenig besteht die Annahme zu Recht, daß bei der Längsdurchströmung diese Reihenfolge die umgekehrte sei, weil in diesem Fall eine Parallelschaltung vorliegt. Die Dinge sind vielmehr ungleich verwickelter und ich möchte an dieser Stelle nochmals davor warnen, aus theoretisch abgeleiteten Erkenntnissen weitgehende Schlüsse auf die komplizierten Verhältnisse der therapeutischen Praxis zu ziehen, wie dies im Sinne von Bernd und Preyß von vielen Autoren geschehen ist. Über das tatsächliche Verhalten der Temperatur bei der Durchwärmung des lebenden Körpers vermag uns nicht eine theoretische Deduktion, sondern nur die unmittelbare experimentelle Messung zu belehren.

Der Einfluß, den der elektrische Widerstand der verschiedenen Gewebe auf ihre Erwärmung bei der Diathermie ausübt, macht es nötig, noch einige Worte über diesen Widerstand selbst zu sagen.

Der Widerstand der einzelnen Gewebe. Die Untersuchungen über den Leitungswiderstand der menschlichen Gewebe sind außerordentlich zahlreich. Es ist hier nicht der Ort, auf diese Untersuchung, deren Ergebnisse nicht immer einwandfrei sind, näher einzugehen. Es sei an dieser Stelle nur die Arbeit von F. Wildermuth erwähnt, der den Widerstand der Gewebe an der Leiche aus ihrer Erwärmung durch den Diathermiestrom zu finden suchte. Er kam dabei zu folgendem Resultat:

Setzt man den Widerstand einer 0,5%igen chemisch reinen Kochsalzlösung bei 18° Celsius = 1, so beträgt der spezifische Widerstand von

Fettgewebe	19,4
Gehirn	5,5—6,8
Lunge	3,5—4,0
Leber	2,8—3,3
Haut	2,5—3,0
Muskel	1,2—1,5

Der spezifische Widerstand des reinen Knochens konnte nicht gemessen werden, da bei den zur Verfügung stehenden Spannungen keine meßbaren Stromintensitäten durch denselben hindurchgetrieben werden konnten.

Den geringsten Widerstand zeigt Aszitesflüssigkeit, er ist kleiner als 1, Blut und sämtliche Gewebe dagegen überschreiten die Einheit. Unter letzteren steht an höchster Stelle das Fettgewebe. Es stimmt dies mit der Erfahrung, daß reines Fett, z. B. Öl ein guter Isolator ist und als solcher auch in der Elektrotechnik Verwendung findet (Öltransformatoren).

Da Serum die bestleitende Substanz des menschlichen Körpers ist, so kann man meiner Ansicht nach im allgemeinen sagen, daß ein Organ die Elektrizität um so besser leitet, je größer sein Serum-, bzw. Blutgehalt und je kleiner sein Fettgehalt ist. Bei entzündlichen Prozessen, die mit seröser Exsudation einhergehen, sinken die Widerstandswerte bedeutend. Der wechselnde Blutgehalt erklärt es, daß auch das Leitvermögen des Fettgewebes beim Menschen ein sehr variables ist. Wildermuth fand seinen Widerstand bei dicken Leuten meist kleiner als bei mageren.

Der bedeutende Fettgehalt verleiht auch dem Gehirn einen hohen elektrischen Widerstand.

Den Widerstand der Lunge zu bestimmen, ist außerordentlich schwer, da er nicht nur durch den Blutgehalt, sondern auch durch den wechselnden Luftgehalt variiert wird. Schon eine leichte Kompression des Gewebes setzt ihn wesentlich herab.

Desgleichen schwankt die Leitfähigkeit der Leber je nach ihrem Bindegewebsreichtum in weiten Grenzen. Eine geringgradige Induration gibt schon einen bedeutenden Ausschlag.

Auffallend niedrig sind die Widerstandswerte, welche Wildermuth für die Haut findet. Er selbst sucht diese Abweichung von den Angaben anderer durch die Annahme zu erklären, daß die veränderte Hautbeschaffenheit an der Leiche deren Widerstand erniedrige. Man sollte dagegen meinen, daß der fehlende Blutgehalt und der nicht wieder ersetzte Wasserverlust durch Verdunstung den Widerstand eher erhöht als herabsetzt.

Für den elektrischen Widerstand des Darmes lassen sich wohl kaum bestimmte Zahlen aufstellen. Derselbe ist durchaus abhängig von seinem Inhalt; besteht dieser aus Luft, so ist eine Leitung überhaupt nur längs der Darmwand möglich, ist er dagegen breiig-flüssig, so kann er besser leitend sein als das organische Gewebe. Dieses selbst hat einen spezifischen Widerstand von 1,5—1,97.

Einen niedrigen Widerstand zeigt der Muskel, er beträgt in der Faserrichtung gemessen 1,2—1,5.

Man vergesse nicht, daß die angeführten Zahlen durch Messungen an der Leiche gefunden wurden und sich daher nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse am Lebenden übertragen lassen.

Wird durch die verschiedenen Widerstände der Gewebe ein Unterschied in der Erwärmung geschaffen, so wird dieser durch zwei andere Faktoren teilweise wieder ausgeglichen: es sind das einerseits die Blutbewegung, andererseits die Wärmeleitung.

Der Einfluß der Blutbewegung. Die Blutzirkulation bedingt eine Verschleppung der an Ort und Stelle erzeugten Wärme, sie sucht die örtliche Anhäufung der Wärme zu verhindern, ihr Einfluß ist somit ein nivellierender. Diese Wirkung der Blutbewegung ist eine um so größere, als durch die Diathermie selbst eine Hyperämie erzeugt wird, d. h. eine Vermehrung und Beschleunigung des Blutstromes.

Die Versuche von Fürstenberg und Schemel. Der Einfluß der Gefäßreaktion bedingt auch einige anscheinend paradoxe Versuchsergebnisse, wie sie Fürstenberg und Schemel bei ihren Untersuchungen feststellen konnten. Diese beiden Autoren untersuchten das Ansteigen der Temperatur im Innern des Magens bei Durchwärmung desselben mittels zweier großer Elektroden (20 × 30 cm), von denen eine über dem Epigastrium, die andere an einer gegenüberliegenden Stelle des Rückens aufgelegt wurde. Zur Temperaturmessung diente eine Meßeinrichtung der Firma Siemens & Halske, die nach dem Prinzip konstruiert ist, daß eine feine Platinspirale, welche in Quarzglas eingeschmolzen und von einer vergoldeten Hülse umgeben ist, ihren elektrischen Widerstand bei verschiedenen Temperaturen verändert. Diese Widerstandsänderungen werden durch ein Millivoltmeter fortlaufend selbsttätig registriert.

Führt man ein solches Widerstandsthermometer in das Mageninnere ein, so kann man feststellen, daß bei der angegebenen Art der Durchwärmung die Magen-

temperatur mit dem Einschalten des Stromes steigt, jedoch nur bis zu einer bestimmten Höhe, auf der sie sich weiterhin ziemlich konstant erhält. Die Höhe des Temperaturanstieges im Mageninnern geht aber nun keineswegs parallel mit der Stärke des verwendeten Stromes, im Gegenteil das Verhältnis beider zueinander ist eher ein umgekehrtes. Bei Verwendung einer Stromstärke von 0,3 Ampere läßt sich eine höhere Erwärmung des Mageninnern erzielen als bei einer Stromstärke von 2 Ampere. Der höchste Temperaturanstieg wurde mit 0,3 Ampere erreicht. Dabei wurde die Mageninnentemperatur durchschnittlich um $0,4^{\circ}$ Celsius erhöht, während bei einer Stromstärke von 2 Ampere die Temperaturerhöhung nicht mehr als $0,1^{\circ}$ Celsius betrug.

Um dieses überraschende Verhalten der Temperatur gegenüber der Stromstärke näher zu prüfen, wurden die Versuche an Hunden wiederholt. Auch dabei zeigte sich das gleiche Ergebnis. Das in den Magen eingeführte Thermometer ergab auch hier bei einer Stromstärke von 0,3 Ampere einen höheren Temperaturanstieg als bei einer solchen von 2 Ampere. Nachdem zahlreiche Wiederholungen des Experimentes stets das gleiche bestätigt hatten, wurde der Hund in unveränderter Lage mittels Chloroform getötet. Als man nun kurze Zeit nach dem Tode unter genau denselben äußeren Bedingungen den Versuch wieder aufnahm, zeigte sich, daß jetzt die Mageninnentemperatur genau mit der Stromstärke parallel ging. Sie stieg mit einer Vergrößerung derselben und fiel, wenn letztere vermindert wurde.

Das scheinbar paradoxe Verhalten am Lebenden muß also aus einem biologischen Reflexvorgang erklärt werden, der als Schutz einer Erhöhung der Innentemperatur entgegenwirkt und der mit um so größerer Energie wirksam wird, je größer die drohende Gefahr ist. Die Erklärung liegt offenbar in folgendem. Bei einer Stromstärke von 2 Ampere wird die an sich schlecht leitende Haut ungleich stärker erhitzt als bei 0,3 Ampere. Es werden daher im ersten Fall auch die von der Haut ausgelösten Abwehrreflexe in höherem Maße erregt werden als im zweiten Fall, das gilt insbesondere von der reaktiven Hauthyperämie, welche durch die Verschleppung der Wärme wie eine Kühlung wirkt. Der Strom schleicht sich bei geringer Stärke in den Körper gleichsam ein, ohne jene Gefäßreflexe zu wecken, welche seine Wirkung sofort paralysieren würden.

Die Untersuchungen Fürstenbergs und Schemels zeigen gleichfalls, wie wichtig es für die Therapie ist, nicht allzu hohe Stromstärken zu verwenden, wenn man eine ergiebige Tiefenwirkung erzielen will. Es ist dies insbesondere für die Erwärmung innerer Organe von Bedeutung. Als Grundsatz der Behandlung muß hier gelten: geringe Stromstärke, lange Behandlungsdauer.

Der Einfluß der Wärmeleitung. In gleicher Weise ausgleichend auf die Temperaturunterschiede, welche durch die verschiedenen Widerstände der Gewebe geschaffen werden, wirkt auch der Wärmeaustausch durch Leitung. Wir können diesen am besten an der Leiche studieren, wo ja der erste der ausgleichenden Faktoren, die Blutbewegung, ausgeschaltet ist.

Die Gewebe, die anfänglich alle gleich temperiert sind, zeigen bei Stromdurchgang einen verschieden raschen Temperaturanstieg. Diese Verschiedenheit wird um so größer, je länger die Durchströmung dauert. Setzt man den Strom aus, so beobachtet man, wie ich bei allen meinen Untersuchungen feststellen konnte, folgende Erscheinung. Diejenigen Schichten, die in der Erwärmung zurückgeblieben sind, steigen in ihrer Temperatur noch weiterhin an, während die höchsttemperierten Gewebe langsam abfallen. Die Muskeln, vor allem aber die Haut im Kontakt mit der kälteren Luft, sinken langsam, aber kontinuierlich in ihrer Temperatur; das Knochenmark dagegen, das in seiner Erwärmung meist am weitesten zurück ist, nimmt aus seiner Umgebung Wärme auf und geht in seiner Temperatur noch weiter in die Höhe. Infolge seiner zentralen Lage hält es seine Wärme aber auch am längsten und man kann

im weiteren Verlaufe der Abkühlung schließlich beobachten, daß die Situation sich umkehrt, und daß das Knochenmark von allen Teilen die höchste Temperatur aufweist.

III. Die Wirkung auf das Blutgefäßsystem.

Die Wirkung auf die Blutbewegung. Die Hyperämie. Von allen Mitteln, welche eine örtliche Hyperämie hervorzurufen imstande sind, ist nach Bier die Wärme das praktisch brauchbarste. Die Wärme führt bekanntlich am Orte der Anwendung zu einer primären Erweiterung der Hautgefäße durch Herabsetzung ihres Tonus. Durch die Erweiterung ihres Querschnittes wird die in der Zeiteinheit hindurchtretende Blutmenge vermehrt, die Intensität der Strömung somit erhöht. Diesen Merkmalen entsprechend, fassen wir mit Bier die Wärmehyperämie als aktive Hyperämie auf.

Sehr deutlich kann man sich diese hyperämische Wirkung der Diathermie am Kaninchenohr veranschaulichen. Nach Durchwärmung desselben erweisen sich im durchfallenden Licht nicht allein die kleinsten, sondern auch die Gefäße mittlerer Größe erweitert. Bei der Diathermie des Beckens mittels einer Mastdarm- und Bauchdeckenelektrode sah Sellheim im Vaginalspiegel eine Rötung und Schwellung der Portio, die, anfänglich zunehmend, nach Erreichung eines Maximums wieder etwas zurückging und nach Unterbrechung des Stromes einer Blaufärbung wich. Ein ähnliches Bild zeigten auch die Gefäße der Blase im Zystoskop. In gleicher Weise konnte Rautenberg eine Rötung der Kehlkopfschleimhaut mit Hilfe des Spiegels bei Durchwärmung des Kehlkopfes feststellen. Sattler sah bei der Diathermie des Kaninchenauges auch mit ganz schwachen Strömen eine intensive Hyperämie des Ziliarkörpers, wie sie sonst nur durch schmerzhafte Reize, z. B. subkonjunktivale Injektionen, erzielt wird. Ich habe in unmittelbarem Anschluß an therapeutische Durchwärmungen des weiblichen Beckens Blutungen aus dem Genitale auftreten sehen, was auf eine Hyperämisierung desselben hinweist.

Kolmer und Liebesny konnten eine deutliche Hyperämie der Hoden und Samenstranggefäße von Hunden nachweisen, die sie einige Tage lang mit therapeutischen Stromdosen diathermisch behandelt hatten, um sie dann zum Zwecke der Autopsie zu kastrieren. Der diathermierte Hode zeigte eine wesentlich stärkere Blutfülle als der nicht-behandelte.

Bei Anwendung großer Stromstärken oder bei langer Dauer der Sitzung kann die Hyperämie bei der Diathermie selbst so bedeutend werden, daß die Blutgefäße bersten und punktförmige Blutungen entstehen, wie die Experimente Vinajs dies dartun. Bei der Durchwärmung von Kaninchen, denen dieser Autor eine Elektrode am Rücken, eine zweite an der vorderen Bauch- oder Brustwand auflegte, zeigte sich eine beträchtliche Hyperämie der Rückenmuskeln und der Nieren mit zerstreuten Hämorrhagien. Das gleiche bestätigen die Versuche Hirschbergs.

Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen ist es um so auffallender, daß bei der therapeutischen Anwendung der Diathermie in den meisten Fällen eine sichtbare Hyperämie der Haut, wie wir sie bei der Galvanisation, Faradisation oder Heißluftbehandlung regelmäßig zu beobachten gewohnt sind, nicht zustande kommt. Selbst nach einer sehr ausgiebigen Durchwärmung ist die Haut an der Auflagestelle der Elektroden in der Regel ganz unverändert, höchstens sieht man, entsprechend den Elektrodenrändern, eine ganz geringfügige Rötung. Vergleicht man aber den durchwärmten Körperteil, nehmen wir an, es handle sich um ein Gelenk, mit dem symmetrischen der anderen Seite, so ist man überrascht, trotz der Abwesenheit eines Farbenunterschiedes einen ganz bedeutenden Temperaturkontrast festzustellen. Allerdings beweist das Fehlen einer Hyperämie der Haut keineswegs etwas gegen das Vorhandensein einer solchen in der Tiefe und ich muß nach meinen oben erwähnten Beobachtungen bei der Beckendiathermie die Möglichkeit eines selbständigen Auftretens einer solchen Tiefenhyperämie annehmen.

Von der Blutbewegung praktisch nicht zu trennen ist die Lymphzirkulation. Wenn letztere auch nicht als einfacher Filtrationsvorgang aufgefaßt werden kann, so führt doch eine vermehrte Blutbewegung in der Regel zu einer Beschleunigung der Lymphbildung und -abfuhr. Die Hyperämie erzeugt also auch eine Hyperlymphie. Es kommt infolge der Wärmeeinwirkung zu einer vermehrten Durchfeuchtung des Gewebes, die ohne Zweifel für die später zu erörternde Wirkung auf Bakterien, Resorption und den ganzen lokalen Stoffwechsel von großer Bedeutung ist.

Die Wirkung auf die Blutzusammensetzung. Gleichzeitig mit der Bewegung des Blutes wird auch dessen Zusammensetzung durch die Diathermie beeinflusst. Theilhaber fand bei vielen Durchwärmungen, insbesondere nach solchen der Unterleibsorgane, eine beträchtliche Vermehrung der Leukozyten. Er führt diese auf eine Reizung der großen drüsigen Organe der Bauchhöhle und eine Reizung des Markes der Becken- und Wirbelknochen zurück. Ullmann konnte bei der Diathermie auch im Erwärmungsbezirk eine lokale Hyperleukozytose feststellen; dieselbe ist jedoch nicht so bedeutend wie die, welche durch anderweitige thermische Reize hervorgerufen wird.

Nonnenbruch und Szyszka waren in der Lage nachzuweisen, daß man durch eine Diathermie der Milz die Gerinnungsfähigkeit des Blutes erhöhen kann. Ähnlich wie durch eine Röntgenbestrahlung wird auch durch die Diathermie die Gerinnungszeit des Blutes wesentlich und regelmäßig verkürzt. Diese Wirkung tritt meist unmittelbar nach der Durchwärmung auf und hält 1—2 Stunden an. Durch einfache Thermophore ließ sich in einigen Fällen der gleiche Effekt erzielen, blieb aber in anderen Fällen aus, war also nicht so regelmäßig wie bei der Diathermie.

IV. Die antibakterielle Wirkung.

Der Einfluß der Temperatur auf das Wachstum von Bakterien. Bakterien sind nur innerhalb einer bestimmten Temperaturzone lebensfähig. In dieser haben sie ein gewisses Temperaturoptimum, das ihrem Wachstum am zuträglichsten ist; geht man über dieses hinaus, so wird ihre Fortpflanzungsfähigkeit geschädigt und bei Erreichung einer bestimmten Grenze ziemlich unvermittelt ganz aufgehoben. Diese Grenze liegt für verschiedene Bakterienarten verschieden hoch, bei manchen von ihnen nur wenige Grad über der normalen Körpertemperatur des Menschen.

Der Gedanke, pathogene Bakterien im lebenden Gewebe selbst durch Wärme abzutöten, ist nicht neu, insbesondere hoffte man dieses Ziel bei den thermosensiblen Tuberkelbazillen und Gonokokken zu erreichen. Leider waren die verschiedenen therapeutischen Versuche, welche man in dieser Absicht unternahm, infolge der Unzulänglichkeit der Mittel negativ. Die Möglichkeit, mittels Diathermie eine Erwärmung beliebig tiefer Gewebsschichten zu erreichen, legte es nahe, dieses Problem von neuem anzugehen.

Zeynek hat bereits im Jahre 1907, also noch vor der offiziellen Bekanntgabe des von ihm erfundenen Verfahrens, darauf hinzielende Versuche angestellt. Lebenden Kaninchen wurden Aufschwemmungen von Diplokokkenkulturen (je 0,25 cm³) teils subkutan, teils intramuskulär und intraartikulär injiziert und die betreffenden Partien dann durchwärmt. „Hierauf wurden Proben aus dem infizierten Gewebe entnommen; sie erwiesen sich bei der bakteriologischen Untersuchung als keimfrei. Das durchwärmt Gewebe ließ keine Änderung seiner normalen Funktionen erkennen. In infizierten, aber nicht durchwärmten Stellen verhielten sich die Kokken lange Zeit virulent“ (v. Zeynek).

Auch in ihrer ersten Publikation weisen Zeynek und seine Mitarbeiter auf die Bedeutung der bakteriziden Wirkung der Diathermie hin. Später wurde von Laqueur diese Frage einem experimentellen Studium unterzogen.

Laqueur injizierte in die beiden Kniegelenke eines Kaninchens eine bestimmte Bakterienart in Reinkultur, wobei die für die beiden Seiten verwendeten Quantitäten gleich groß waren und in der Regel $\frac{1}{2}$ cm³ Flüssigkeit betragen. Unmittelbar nach der Injektion wurde eines der beiden Gelenke durch eine halbe Stunde diathermiert. Nach beendeter Durchwärmung wurden sofort unter entsprechenden Vorsichtsmaßregeln die beiden Kniegelenke punktiert und von deren Inhalt wenige Tropfen auf Platten oder Röhrchen überimpft. Am zweiten Tage wurde eine ebensolche sterile Punktion zur Nachprüfung angestellt, eventuell am folgenden Tage noch eine dritte. Die Versuche wurden in ganz gleicher Weise für Gonokokken, Choleravibrionen, Pneumokokken und Eiterkokken vorgenommen. Das Ergebnis derselben war folgendes:

Gonokokken. Die Impfung aus dem nichtbehandelten Gelenk ergibt zahlreiche Kolonien von Gonokokken (als solche mikroskopisch identifiziert). Die

Proben aus dem diathermierten Gelenk zeigen dagegen in einem Röhrchen nur spärliches Wachstum, ein anderes Röhrchen erweist sich als steril. Ein zweiter Versuch, der der Kontrolle wegen gemacht wird, ergibt ein ganz analoges Resultat.

Cholera-vibrionen. Der Inhalt des nicht diathermierten Gelenkes zeigt auf Platten und in Röhrchen ein reichliches Wachstum, die Flüssigkeit aus dem behandelten Gelenk ist dagegen steril.

Pneumokokken. Die Punktionsflüssigkeit aus dem unbehandelten Gelenk ergibt ein reichliches Aufgehen von Kokken, aus dem Gelenksinhalt der diathermierten Seite lassen sie sich nur spärlich züchten.

Staphylo- und Streptokokken. Die Versuche mit diesen Bakterienarten ergeben ein negatives Resultat, indem eine Beeinträchtigung ihres Wachstums bei den therapeutisch zulässigen Wärmegraden nicht nachweisbar wurde. Nur am toten Kaninchen gelang es, bei einer Erhitzung auf 60° C einen merkbaren Einfluß auf ihr Wachstum auszuüben. Bei einem therapeutischen Versuch an einem Patienten, der einen Furunkel am Kniegelenk besaß, ließ sich gleichfalls mit Ausnahme der Schmerzstillung eine deutliche Beeinflussung des Krankheitsherdes nicht bemerken.

Aus den interessanten Versuchen Laqueurs läßt sich somit folgendes ableiten: Es ist möglich, Bakterien, die gegen Wärme wenig widerstandsfähig sind, wie Gonokokken, Cholera-vibrionen und Pneumokokken, durch Diathermie innerhalb des tierischen Körpers in ihrer Lebensfähigkeit und in ihrem Wachstum erheblich zu schädigen, ohne daß es dabei zu einer Verletzung des Gewebes zu kommen braucht. Eine volle Tötung ist dagegen unter den Bedingungen, wie sie bei den Versuchen gegeben waren, kaum zu erzielen. Allerdings waren hierbei die eingepfunden Bakterienmengen ganz beträchtliche und es ist nicht ausgeschlossen, daß bei Infektion mit geringeren Quantitäten bei länger dauernder oder mehrmaliger Durchwärmung der Erfolg vollkommener wäre. Es ist aber immerhin von theoretischer wie von praktischer Bedeutung, daß die Diathermie auch am Lebenden eine nicht unbeträchtliche schädigende Wirkung auf Bakterien auszuüben imstande ist.

Santos untersuchte speziell das Verhalten der Gonokokken bei verschiedener Temperatur, indem er festzustellen suchte, welche Zeit notwendig ist, um dieselben bei bestimmter, konstant erhaltener Temperatur abzutöten. Er machte die Versuche in der Weise, daß er mittels entsprechender Elektroden einen Agarnährboden durchwärmte, in dessen Mitte er in einen feinen Stichkanal einen Tropfen gonorrhöischen Eiters von einer frischen Urethralgonorrhoe gebracht hatte. Es ergab sich, daß die Gonokokken bei einer Temperatur von 44,5° C längstens in 45 Minuten, bei einer Temperatur von 49,5° C aber schon in 5 Minuten abstarben. Es zeigte sich weiter, daß es völlig gleichgültig war, ob die Erwärmung in dieser Zeit durch Hochfrequenzströme oder durch ein Wasserbad erfolgte, daß somit eine spezifische Einwirkung des elektrischen Stromes auf die Bakterien nicht nachzuweisen war. Auch Zeynek konnte bei seinen Versuchen an Kolikulturen einen Unterschied in der Wirkung der gewöhnlichen Wärme und der durch Diathermie erzeugten nicht feststellen. Das gleiche fanden Durig und Grau an Paramazien.

Wenn Arsonval, Charrien und andere bereits vor Jahren auf den schädigenden Einfluß der Hochfrequenzströme auf Bakterien und ihre Toxine aufmerksam machten und diese Wirkung einem spezifischen Charakter dieser Ströme zuschrieben, so müssen wir wohl heute diese

Vorstellung dahin richtigstellen, daß es nicht eine unbekannte und besondere Eigenart dieser Ströme ist, solche Wirkungen zu erzeugen, sondern die von den genannten Forschern damals noch als Nebenerscheinung nicht berücksichtigte Wärmebildung.

Wir sind wohl berechtigt, die bakterizide Wirkung der Diathermieströme als eine unmittelbare Folge der Temperaturerhöhung anzusehen. In gleicher Weise, wie im Reagenzglas höhere Wärmegrade einen vernichtenden Einfluß auf Bakterien ausüben, wirkt auch die Diathermiewärme hemmend auf ihr Wachstum und ihre Fortpflanzung. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß daneben am Lebenden noch weitere Faktoren in Betracht kommen, welche in gleichem Sinne keim-schädigend wirken; es sind dies die durch die Wärme ausgelöste Hyperämie und Hyperlymphie. Daß diese an sich bakterizide Eigenschaften zu entfalten vermögen (Stauung), wurde von Nötzel und Bier exakt nachgewiesen. Ob dabei das in die Lymphräume ausgetretene Serum im Sinne Buchners (Alexine) oder die dabei nachgewiesene Leukozytose nach Metschnikoff das eigentlich Wirksame ist, sei dahingestellt.

Immerhin scheint aber gerade bei der Diathermie die Wärme als solche eine wesentliche Rolle zu spielen. Diese Ansicht wird dadurch gestützt, daß es gerade die thermosensiblen Bakterien sind, welche durch die Diathermie geschädigt werden, während Staphylo- und Streptokokken nach den Versuchen Laqueurs sich widerstandsfähig erweisen. Wäre die Hyperämie bei der elektrischen Durchwärmung die Hauptsache, so müßten wir eine solche Schädigung auch für die Eiterkokken erwarten, deren Wachstum durch die Hyperämie, wie wir den Versuchen Nötzels und Biers entnehmen, deutlich gestört wird.

V. Die schmerz- und krampfstillende Wirkung.

Die schmerzstillende Wirkung. Es ist eine von allen Autoren übereinstimmend gemeldete Beobachtung, daß die Diathermie hervorragend schmerzstillende Eigenschaften besitzt. Man kann diese Wirkung fast als eine spezifische bezeichnen. Häufig macht sie sich schon während der Behandlung selbst bemerkbar, indem eben noch vorhandene Schmerzen unter der Durchströmung nachlassen oder verschwinden.

Welches sind nun die Ursachen für diese schmerzlindernde Wirkung?

Es ist eine jahrtausendalte Erfahrung, daß die Wärme in ihren verschiedenen Anwendungsformen einen schmerzstillenden Einfluß ausübt. Auf welchem Wege jedoch diese Schmerzstillung zustande kommt, ist nicht vollkommen klar. Untersuchungen, welche sich mit dieser Frage experimentell beschäftigten, ergaben, daß lokale Wärmeanwendungen, wenn sie nicht von allzu kurzer Dauer sind, eine merkliche Herabsetzung der Sensibilität in allen ihren Qualitäten zur Folge haben. Sowohl die Tastempfindung wie die Temperatur- und Schmerzempfindung zeigen sich vermindert. Diese Verminderung der Sensibilität wird in gleicher Weise durch trockene und feuchte, durch strahlende wie geleitete Wärme veranlaßt. Nach Goldscheider soll die Erregung der Wärmernerven einen hemmenden Einfluß auf die Erregung der übrigen

Fasern, vor allem der schmerzleitenden ausüben. Nach ihm ist also die Wärme das primär Wirksame.

Etwas anderer Ansicht ist Bier. Er nimmt an, daß die thermische Schmerzlinderung lediglich durch die Hyperämie bedingt sei, welche durch den Wärmereiz veranlaßt wird. Die Schmerzstillung wäre also nicht eine direkte, sondern eine indirekte Folge der Wärme. Bier wird zu dieser Anschauung durch die Erfahrung gebracht, daß die Hyperämie als solche, auch wenn sie nicht im Gefolge einer Wärmeanwendung auftritt, wie z. B. bei einer Stauung, schmerzstillend wirkt, und Ritter konnte als Assistent Biers den Nachweis erbringen, daß jede Form der Hyperämie die Schmerzempfindung herabsetzt. Wir werden daher wohl mit Recht einen, vielleicht auch den größten Teil der analgesierenden Wirksamkeit unserer gewöhnlichen Thermoprozeduren der sie begleitenden Hyperämie zuschreiben.

Für die Diathermie scheint aber noch etwas anderes in Betracht zu kommen. Ich habe schon seit Jahren die Beobachtung gemacht, daß man häufig mit sehr geringen Stromstärken, die eine kaum merkliche Erwärmung im Gefolge haben, eine vollkommene Schmerzstillung erzielen kann. Manche Neuralgien, Myalgien, Arthralgien, die auf Wärmeanwendungen anderer Art sich nicht besserten, zeigen öfters schon nach einer einzigen, ganz leichten Diathermierung ein so deutliches Nachlassen der Schmerzen, daß man sich des Eindruckes einer spezifischen Wirkung nicht erwehren kann. Die Beobachtung solcher Fälle hat in mir immer mehr die Überzeugung gefestigt, daß die Erwärmung, die hier ganz unbedeutend bleibt, nicht das Entscheidende sein kann.

Ich habe andererseits schon vor langem darauf hingewiesen, daß die sichtbare Hyperämie nach der Durchwärmung oft sehr geringfügig ist, ja häufig ganz fehlen kann, ohne daß darum die analgetische Wirkung eine geringere ist. Es scheint also weder die Wärme, noch auch die Hyperämie den schmerzstillenden Einfluß der Diathermie restlos erklären zu können. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß der Diathermie ein schmerzstillender Faktor besonderer Art innewohnt, der den anderen Wärmequellen nicht zukommt. Die Annahme, daß dieser Faktor ein elektrischer sei, ist naheliegend.

Übrigens ist bekannt, daß die Hochfrequenzströme auch in Form der lokalen Arsonvalisation ausgesprochen schmerzlindernd wirken, selbst dort, wo ihr erwärmender oder hyperämiesierender Effekt nicht nennenswert ist. Das berechtigt zur Anschauung, daß die elektrischen Schwingungen einen unmittelbaren Einfluß auf die Nerven, bzw. deren Endorgane ausüben. Ich stelle mir den Vorgang gleichsam als eine ins Unendliche verfeinerte Vibrationsmassage der elektrisch und chemisch wirksamen Atome, der Ionen vor, durch welche die Erregbarkeit der schmerzleitenden Fasern herabgesetzt wird.

Die krampfstillende Wirkung. In gleicher Weise beruhigend wie auf die sensiblen Reizerscheinungen wirkt die Diathermie auch auf Reizzustände der motorischen Nerven. Die Wärme setzt den Muskeltonus herab, sie wirkt also krampf lösend und verlangsamernd auf die Peristaltik. Eine uralte empirische Erfahrung, die neuerdings auch durch das Tierexperiment bestätigt wurde.

Die Diathermie ist also geeignet, die hypertonisch erregte Muskulatur zu beruhigen und bei Krampfständen, seien sie klonischer, seien sie tonischer Natur, als Heilmittel zu dienen. Sie nimmt in diesem Sinn eine Sonderstellung ein gegenüber allen anderen Stromformen, welche, soweit sie den Muskel überhaupt beeinflussen, nur erregend oder erregbarkeitsteigernd wirken. Sie ist die einzige elektrotherapeutische Methode, die eine physiologische Berechtigung bei der Behandlung von Muskelhypertonien hat.

VI. Die Wirkung auf 'den örtlichen Stoffwechsel.

Die Diathermie wirkt, wie wir das von der Wärme seit langem wissen, sowohl auf den allgemeinen wie auf den lokalen Stoffwechsel fördernd. Zahlreiche Beobachtungen illustrieren uns diese Wirkung. Bei der Durchwärmung der Niere steigt die Harnmenge, eine Diathermie der Parotis ergibt eine Vermehrung der Speichelsekretion, eine Diathermie der Leber eine solche der Gallenabsonderung, durch die Diathermie wird die Schweißsekretion örtlich wie allgemein angeregt usw. Zu diesen grobsinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen kommen noch die mannigfachsten biochemischen Vorgänge in dem durchströmten Gewebe selbst, die als sogenannte nutritive Reize unserer Beobachtung nicht unmittelbar zugänglich sind, jedoch aus den verschiedenen therapeutischen Wirkungen erschlossen werden müssen.

Die Beeinflussung der chemischen Vorgänge, welche sich in den durchwärmten Körperteilen abspielen und die in ihrer Gesamtheit den lokalen Stoffwechsel darstellen, kann man aus drei Ursachen erklären. Man kann sie auffassen:

1. als eine direkte Folge der Temperaturerhöhung,
2. als eine Folge der vermehrten Blut- und Lymphzirkulation,
3. als eine unmittelbare Wirkung des elektrischen Stromes.

Diese drei Punkte wollen wir der Reihe nach erörtern.

Die Wirkung der Temperaturerhöhung. Es ist bekannt, daß die Geschwindigkeit, mit welcher sich chemische Umwandlungen vollziehen, in bedeutendem Maße von der Temperatur abhängt, und zwar wird diese „Reaktionsgeschwindigkeit“ mit zunehmender Temperatur erhöht, mit abnehmender Temperatur verlangsamt. (Eine Ausnahme von dieser allgemeinen Regel machen nur die radioaktiven Substanzen.) Der Einfluß der Temperatur zeigt sich insbesondere bei den oxydativen Prozessen, welche ja die Lebensvorgänge in erster Linie charakterisieren. Der Zerfall und die Verbrennung der organischen Substanzen vollziehen sich in der Wärme weitaus energischer. Die Wärme wirkt daher stoffwechselanregend. Erhöht man bei warmblütigen Tieren die Körpertemperatur über die Norm, so steigert man damit ihren Stoffverbrauch (Ludwig und Sanders-Etzn, Erl). Wir sind aus diesem Grunde wohl berechtigt, auch von der Diathermiewärme eine unmittelbare Anregung des Stoffwechsels zu erwarten.

Die Wirkung der Hyperämie. Diese ist der zweite Faktor, welcher für unsere Fragestellung in Betracht kommt. Daß die Hyperämie einen

ganz hervorragenden Einfluß auf den lokalen chemischen Umsatz ausübt, wurde durch die experimentellen wie klinischen Untersuchungen Biers und seiner Schüler zur Genüge dargetan. Ich kann mir hier die Beweisführung ersparen, indem ich auf das bekannte Werk Biers „Hyperämie als Heilmittel“ verweise. Zum Teil sind es die zelligen Elemente des Blutes, zum größten Teil aber ist es die Durchtränkung mit dem Serum desselben, welcher wir die Wirkung zuschreiben müssen. Der vermehrten Blut- und Lymphbewegung ist auch die Resorptionskraft zu danken, welche die Diathermie bei subakuten und chronischen Entzündungen entwickelt.

Die spezifische Wirkung des Stromes. Der dritte, nicht so unbestrittene Faktor ist der direkte Einfluß des elektrischen Stromes auf den Chemismus des Gewebes. Können wir annehmen, daß der Diathermiestrom als solcher chemische Wirkungen auslöst, oder mit anderen Worten, daß sich die elektrische Energie unmittelbar in chemische Energie umformt? Diese Frage wird gewöhnlich in dem Sinn beantwortet, daß nur der Gleichstrom elektrolytisch, somit auch chemisch wirkt, der Diathermiestrom dagegen als Wechselstrom chemisch unwirksam sei.

Diese Erledigung ist allerdings höchst einfach, aber schon im Prinzip falsch. Vor allem muß man sich über folgendes klar werden: Jeder Wechselstrom wirkt in einer halben Welle wie ein Gleichstromimpuls, er verschiebt also in dieser Zeit die Ionen nach einer bestimmten Richtung. Ist die von dieser Halbwelle geführte Elektrizitätsmenge eine genügend große, so kann sie zu einem elektrolytischen Effekt führen, der sich z. B. bei metallischen Elektroden als Oxydation oder Reduktion des Metalles zu erkennen gibt. Die einmal fixe chemische Verbindung wird durch den folgenden, entgegengesetzt gerichteten Impuls nur ausnahmsweise rückgängig gemacht, auch wenn die Intensität der nächstfolgenden entgegengesetzt gerichteten Halbwelle ganz die gleiche ist; sie wirkt aber ganz sicherlich nicht neutralisierend, wenn die von ihr geführte Elektrizitätsmenge etwa kleiner ist.

Wir haben daher die elektrolytische Wirkung eines Wechselstromes dahin zu präzisieren: Ein Wechselstrom wirkt nur dann nicht elektrolytisch, wenn die von seiner positiven Halbwelle in Bewegung gesetzte Elektrizitätsmenge vollkommen der der negativen Halbwelle gleichkommt und wenn jede dieser Elektrizitätsmengen an sich nicht mehr ausreicht, einen elektrolytischen Effekt zu erzielen.

Niederfrequente Wechselströme, insbesondere mit asymmetrischem Verlauf, wie die faradischen, haben daher immer eine elektrolytische Wirkung, die sich unter Umständen recht unangenehm bemerkbar macht (Widerstandsmessung mit dem Telephon). Ayrton und Perry, Manoevriar und Chapuis, Labatut konnten mit sinusförmigen Wechselströmen Iontophorese bewirken. Das wird dadurch verständlich, daß die Ionen, welche mit dem einen Impuls in den Körper eindringen, durch den nächsten, entgegenlaufenden nicht immer wieder zurückgetrieben werden können. I. Rosenthal zersetzte in einem von einem Wechselstrom durchflossenen Solenoid Stärke, die in Wasser suspendiert war, verwandelte Proteine in Albumosen und Peptone usw. Es zeigte sich dabei die interessante Erscheinung, daß jede dieser Umwandlungen nur durch eine bestimmte Stromfrequenz erreichbar war. Diese Beispiele erweisen, daß es vollkommen falsch wäre, wenn man den Wechselströmen eine elektrolytische oder im allgemeinen eine chemische Wirksamkeit absprechen wollte.

Wie steht es nun mit den Diathermieströmen?

Die Prüfung solcher Ströme mit Jodkaliumstärkekleister läßt einen elektrolytischen Effekt nicht nachweisen. Ebenso erfolglos ist das bekannte Leducsche Experiment, Kaninchen durch die iontophoretische Einführung von Zyanionen zu töten (Laqueur). Die verschiedensten Versuche Zeyneks, Eiweißkörper, Oxyhämoglobin, Hämatin oder Enzym durch Diathermieströme chemisch zu verändern, ergaben, wenn die Wärmewirkungen ausgeschlossen waren, ein negatives Resultat. Allerdings sind derartige Laboratoriumsversuche für die Frage der chemischen Wirksamkeit des Diathermiestromes nicht entscheidend. Selbst wenn sie ergebnislos ausfallen, kann man aus ihnen nicht den Schluß ziehen, daß die gleichen Kräfte bei ihrer therapeutischen Anwendung am Lebenden chemisch unwirksam wären. Man darf eben nicht vergessen, daß der Organismus ein unendlich sensibleres Reagens ist als ein Jodkalium-Stärkekleister.

Schließlich ist zu einer chemischen Wirkung eine Verschleppung von Atomen oder Atomgruppen nach Art der Iontophorese gar nicht notwendig. Es erscheint mir durchaus nicht phantastisch, anzunehmen, daß die Schwingungen der Ionen selbst eine Störung in dem Atomgleichgewicht der Moleküle herbeiführen könnten, die von biochemischer Bedeutung ist.

Ich möchte diesbezüglich an die Wirkung der ultravioletten Lichtstrahlen auf Mikroorganismen erinnern. Es liegt dieser Vergleich um so näher, als wir es beim Licht gleichfalls mit elektromagnetischen Schwingungen zu tun haben. Die vernichtende Wirkung der ultravioletten Strahlen auf mikroskopische Keime können wir uns wohl nur in der Weise erklären, daß wir annehmen, daß die in die Zellen eindringenden Ätherschwingungen die chemische Konstitution derselben zertrümmern oder zersprengen. Auch in diesem Fall läßt uns der exakte chemische Nachweis im Stich und nur die biologische Reaktion, die sich in der Aufhebung gewisser Lebenserscheinungen zeigt, läßt uns den chemischen Vorgang erschließen, ohne den wir uns eine solche Umwandlung von Leben in Tod nicht vorstellen können.

Wenn Röntgen- und Radiumstrahlen pathologische und normale Zellen zerstören, so haben wir es auch hier sicherlich mit einer chemischen Wirkung zu tun, welche durch die schwingende Energie des Äthers ausgelöst wird. Beim Sonnenlicht, beim Quarzlicht, bei den Röntgen- und Radiumstrahlen sind es in gleicher Weise elektromagnetische Schwingungen, welche in die Zellen eindringen und daselbst in chemische Energie umgeformt werden. Warum sollte den elektrischen Schwingungen, welche sich ja nur durch ihre Frequenz von jenen Schwingungen unterscheiden, eine solche Wirkung nicht zukommen? Diese Annahme hat, wenn sie auch experimentell noch nicht erwiesen ist, doch einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich und sie hat im Laufe der Zeit immer mehr Anhänger gefunden, nachdem ich sie ursprünglich ganz allein vertreten habe.

VII. Die Wirkungen der allgemeinen Diathermie.

Die Erhöhung der Körpertemperatur. Wie bereits früher erwähnt, läßt sich schon bei der Behandlung einzelner Körperteile, etwa der Behandlung eines Gelenkes, in der Regel ein Anstieg der axillaren Temperatur um ein oder mehrere Zehntelgrade Celsius nachweisen. Auf Seite 54 sind einige zahlenmäßige Beispiele hierfür angeführt. Bei der allgemeinen Diathermie, mit der wir den Körper als Ganzes behandeln, ist diese Steigerung der Allgemeintemperatur noch viel ausgesprochener. Sie erzeugt eine universelle Hyperthermie verbunden mit einem allgemeinen Wärmegefühl, eine Hyperämie der Haut, Beschleunigung des Pulses und schließlich einen mehr oder weniger starken Schweißausbruch. Einige Zahlen, welche ich bei der Behandlung von Kranken mit verschiedenen Methoden, wobei Stromstärke und Durchströmungsdauer wechselten, gewonnen habe, werden den Temperaturanstieg am besten illustrieren.

Allgemeindiathermie nach Methode I.

Mit je einer Elektrode an Unterarmen und Unterschenkeln und einer Rückenplatte.

J. F., 59 Jahre alt, Polyarthritis chronica progressiva¹⁾.

Stromstärke Ampere	Dauer Minuten	Temperatur in der Achselhöhle			Temperatur in der Mundhöhle			Anmerkung
		vor	nach	Unter- schied	vor	nach	Unter- schied	
2,5	20	36,5	38,5	+ 2,0	36,4	36,6	+ 0,2	mäßiger Schweiß
3,0	20	36,6	40,3	+ 3,7	36,4	37,0	+ 0,6	geringer Schweiß
3,0	30	36,7	39,1	+ 2,4	36,6	37,5	+ 0,9	starker Schweiß
3,5	30	36,6	40,6	+ 4,0	36,5	37,4	+ 0,9	starker Schweiß

Die Temperatur in der Achselhöhle steigt also bei dieser Methode um 2,0—4,0° C, die in der Mundhöhle gemessene dagegen nur um 0,2—0,9° C. Diese Differenz erklärt sich damit, daß bei der zur Anwendung kommenden Durchströmungstechnik Elektroden an den Unterarmen angelegt sind, wodurch das Blut in den oberen Extremitäten unmittelbar erwärmt wird, so daß es bei seinem Rückfluß in den Venen der Achselhöhle eine sehr bedeutende Temperatur aufweist. Es kann daher nicht diese, sondern nur die Temperatur der Mundhöhle als Maß für die Steigerung der allgemeinen Körperwärme angesehen werden.

¹⁾ Zu bemerken wäre, daß der zum Versuche verwendete Kranke, ein 59jähriger Mann, Durchwärmungen mit einer Stromstärke von 3,0 Ampere und darüber in der Dauer von 20—30 Minuten nicht nur gut vertrug, sondern auch mit deren Wirkung auf seine progressive Polyarthritis sehr zufrieden war.

Allgemeindiathermie nach Methode II.

Mit einer Waden-, Gesäß- und Rückenplatte (Dreiplattenmethode nach Kowarschik).

St. L., 49 Jahre alt, Polyarthritis tuberculosa Poncet.

Strom- stärke Ampere	Dauer Minuten	Temperatur in der Achselhöhle			Temperatur in der Mundhöhle			Anmerkung
		vor	nach	Unter- schied	vor	nach	Unter- schied	
2,5	20	36,5	36,9	+ 0,4	36,8	36,9	+ 0,1	kein Schweiß
3,0	20	36,7	37,1	+ 0,4	36,9	37,0	+ 0,1	mäßiger Schweiß
3,0	30	36,6	37,2	+ 0,6	36,9	37,0	+ 0,1	starker Schweiß
3,5	30	36,4	37,1	+ 0,7	36,6	37,0	+ 0,4	starker Schweiß

Tierversuche. Verschiedene Untersucher haben den Einfluß der Diathermie auf die Erhöhung der Körperwärme und der sie begleitenden Reflexvorgänge auch an Tieren studiert. Hirschberg diathermierte Kaninchen mittels einer Rücken- und einer Bauelektrode. Der Anstieg der Körpertemperatur, der im Rektum gemessen wurde, war ein ziemlich rascher und wird durch folgende Zahlen beleuchtet:

bei Beginn	37° C
nach 10 Minuten	37,8° C
„ 22 „	38,9° C
„ 32 „	38,9° C

Nach 22 Minuten war also bereits eine Temperatursteigerung von fast 2 Grad erreicht. Nach 32 Minuten stirbt das Kaninchen plötzlich ohne Abwehrbewegung oder Schmerzäußerung. Der Tod dürfte wahrscheinlich auf eine Überhitzung des Atmungszentrums zu beziehen sein. Die Sektion ergab eine Hyperämie der Hautstellen, denen die Elektroden aufgelegt waren, doch nirgends eine Gerinnung. Desgleichen zeigten Darm und Mesenterium stellenweise starke Injektion, untermischt mit blau-roten Flecken. Die linke Niere, die unter der vollen Stromdichte der einen Elektrode stand, war dunkelrot und stark durchblutet, mikroskopisch zeigte sie zahlreiche Hämorrhagien und ein gequollenes Epithel. Das Herz war in Diastole, prall mit flüssigem Blut gefüllt, der rechte Ventrikel groß und schlaff, der linke normal. Die Lungen zeigten einen negativen Befund.

Ein zweiter Versuch wurde an einem etwas kräftigeren Kaninchen unter Anwendung einer etwas höheren Stromstärke vorgenommen. Das Resultat desselben war folgendes:

bei Beginn	38,6° C
nach 10 Minuten	39,3° C
„ 20 „	40,8° C
„ 22 „	41° C

Wieder tritt der Exitus nach 22 Minuten plötzlich ohne Schreien oder Fluchtversuche des Tieres auf, nachdem seine Körpertemperatur bereits um 2,4° gestiegen war. Die sofort unter der Bauchhaut gemessene lokale Temperatur betrug 41,4° C, also eine unbedeutende Differenz gegenüber der allgemeinen Blutwärme. Die Sektion ergab genau das gleiche wie im ersten Fall.

Ganz ähnliche Beobachtungen wie Hirschberg machte auch Vinaj bei seinen bereits erwähnten Versuchen.

Zimmern und Turchini haben an größeren Hunden die Erscheinungen studiert, welche bei der Erwärmung mit Hilfe des Kondensatorbettes nach Apostoli auftreten. Bei Benutzung der Hochfrequenzströme in einer Stärke von 300 bis 350 Milliampere konnten sie in 20 Minuten einen durchschnittlichen Anstieg der Körpertemperatur von 0,3–0,4° C konstatieren. Die augenfälligste Folge dieses Eingriffes war bei den Hunden eine Vermehrung der Atemfrequenz, welche von 10–14 auf 40–50 Atemzüge in der Minute stieg.

Schittenhelm verwendete ungleich höhere Stromstärken (bis zu 4 Ampere) und konnte die Erwärmung so weit treiben, daß die Hunde, es waren ausschließlich große, infolge der Hyperthermie zugrunde gingen. Er diathermierte teils mit kochsalzgetränkten Elektroden, teils auf dem Kondensatorbett von Reiniger, Gebbert & Schall, auf welches die Tiere aufgebunden wurden.

In dem Elektrodenversuch war die angewendete Stromstärke 2,3 Ampere; ohne daß es zu einer lokalen Verbrennung kam, stieg die im Rektum gemessene Körpertemperatur im Verlaufe einer Stunde um 4°C (von $39,2$ auf $43,2^{\circ}\text{C}$). Der Hund starb infolge der Überhitzung unter allgemeinen klonischen Zuckungen.

Die Verwendung der gleichen Stromstärke am Kondensatorbett hatte einen ungleich geringeren Effekt. Die Wärmeregulierung des Tieres reichte vollkommen aus, um die ihm zugeführte Wärmemenge wieder auszuschcheiden. Die mächtig erweiterten Hautgefäße gaben durch Leitung und Strahlung so viel Wärme nach außen ab, daß während der Dauer einer Stunde eine Temperaturerhöhung nicht zustande kam. Verhindert man dagegen diesen Wärmeverlust dadurch, daß man den Hund in Watte einpackt, so kann man mit einer Stromstärke von 2,3 Ampere genau so wie im ersten Versuch eine beliebige hohe Temperatursteigerung erzielen.

Sieht man aber von einer Bedeckung und damit von einer Behinderung der Wärmeabgabe ab, so kann der gleiche Erfolg auch dadurch erreicht werden, daß man eine höhere Stromstärke verwendet, d. h. also die Wärmeproduktion vermehrt. Geht man von 2,3 Ampere auf 4 Ampere, so reicht der Regulationsmechanismus des Tieres nicht mehr aus, den Wärmeüberschuß physiologisch auszugleichen, die Temperatur steigt unaufhaltsam bis zum Exitus. Diese interessanten Versuche erbringen den Beweis, daß man auch bei größeren Tieren die allgemeine Körpertemperatur selbst bis zum Wärmetod steigern kann.

Die dabei von Schittenhelm vorgenommenen Beobachtungen und Messungen beziehen sich vorzugsweise auf das Verhalten der Atemfrequenz, des Pulses und des Blutdruckes. In diesen drei Funktionen kommt vor allem die Reaktion zum Ausdruck, welche beim Hunde die wachsende Wärmestauung zu verhindern sucht.

Die Pulszahl zeigt anfänglich nur eine geringe Vermehrung, erst später, bei der Erwärmung über 3°C steigt sie rascher.

Der Blutdruck, gemessen nach Riva - Rocci, steigt zunächst mit der Temperatur in die Höhe, erst nach Überschreiten einer gewissen Temperaturgrenze erfolgt mit der Erlahmung der Herzkraft ein rasches Sinken.

Die Atmung wird tiefer und zeigt von vornherein eine ziemliche Zunahme ihrer Frequenz. Die Beschleunigung der Atemzüge ist, wie bekannt, beim Hunde eines der vornehmsten Mittel der Wärmeregulierung. Da die Schweißsekretion, die beim Menschen eine solche Rolle spielt, dem Hunde mangelt, so muß eine kompensatorische Wasserdampfausscheidung durch die Lunge hierfür eintreten.

Reizsymptome von seiten des Nervensystems oder ein schädlicher Einfluß auf andere Organe waren nicht nachweisbar. Die Sektion ergab in dieser Beziehung nichts Besonderes, auffallend war nur das relativ flüssige dunkelrote Blut.

Die Hyperthermie, welche durch Diathermie bedingt wird, ist eine künstliche, sie unterscheidet sich aber doch grundsätzlich von anderen Formen der künstlichen Übererwärmung, wie sie etwa durch ein Warmwasserbad, durch ein Heißluft- oder Dampfbad erzeugt wird. Bei diesen letzteren Methoden ist nicht nur die Wärmezufuhr erhöht, sondern gleichzeitig die Wärmeabgabe eingeschränkt, bzw. ganz aufgehoben, bei der Diathermie dagegen sind die reflektorischen Vorgänge, welche die Wärmeausscheidung regulieren, vollkommen unbehindert, einzig und allein die Wärmebildung ist vermehrt durch einen Prozeß, der sich im Inneren des Körpers selbst, in jeder einzelnen Zelle desselben abspielt. Es ist kein Zweifel, daß diese Art der artifiziellen Hyperthermie den Verhältnissen beim Fieber viel näher kommt als jede andere experimentelle Wärmezufuhr oder Stauung. Der Unterschied in der vermehrten Wärmebildung zwischen Diathermie und Fieber besteht nur darin, daß sich

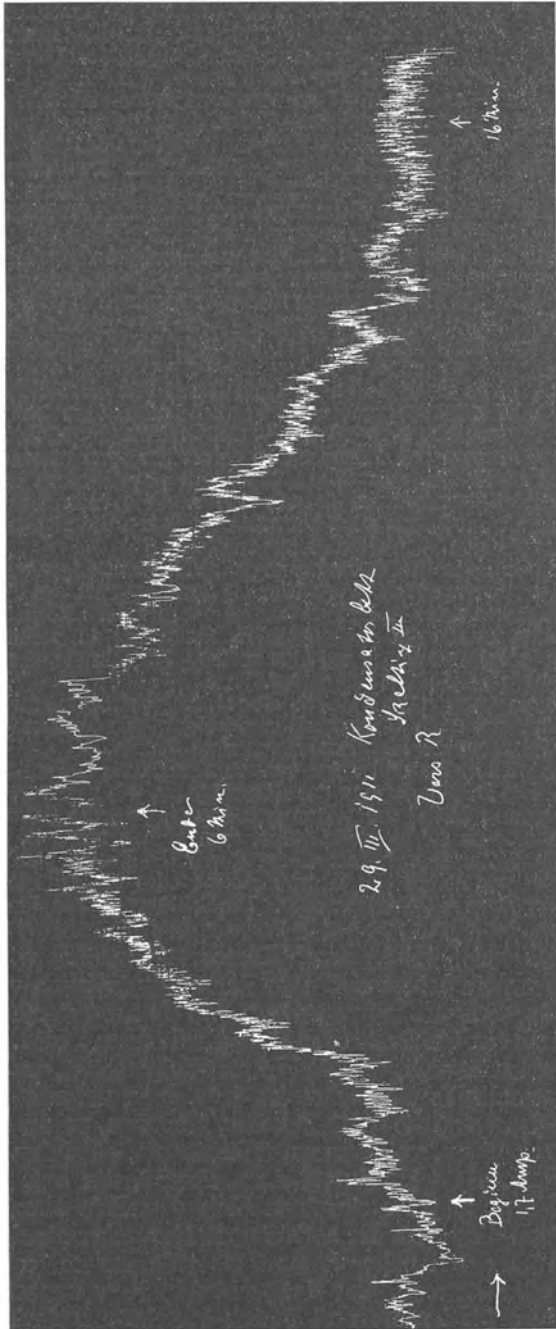


Fig. 57.

die Wärme in dem einen Fall von elektrischer, in dem anderen Fall von chemischer Energie ableitet.

Es liegt mir dabei aber ganz fern, die durch Diathermie verursachte Hyperthermie als „künstliches Fieber“ bezeichnen zu wollen, wie dies von einigen Autoren geschieht. Die Hyperthermie ist ja nur ein einzelnes Symptom, wenn auch das wichtigste, jenes Erscheinungskomplexes, den man mit dem Namen Fieber zusammenfaßt. Die Frage der Fieberwärme zu studieren und unserem Verständnis näherzubringen, ist aber die Diathermie in ganz ausgezeichnete Weise geeignet, weil sie die Hyperthermie, losgelöst von allen sonstigen Einflüssen, welche das klinische Bild des Fiebers komplizieren, wie Giftwirkung der Toxine und anderes zur Beobachtung stellt.

Die Wirkung auf die Blutverteilung. Eine über die Norm vermehrte Wärmebildung oder -zufuhr setzt auf dem Wege des Reflexes alle jene Funktionen in Tätigkeit, welche die Wärmeausscheidung begünstigen. Diese Reflexe wirken vor allem auf das Gefäßsystem.

Die Gefäße der Haut erweitern sich mächtig und es kommt zu einer „sukzessiv zunehmenden Verschiebung des Blutes nach der Oberfläche“, wie Schittenhelm bei seinen Kondensatorbettversuchen feststellen konnte. Um diese veränderte Blutverteilung sichtbar und meßbar zu machen, verwendete dieser Autor die plethysmographische Methode. Der Vorderarm wurde in ein mit einer Gummimanschette abgedichtetes zylindrisches Glasgefäß gebracht, hierauf die Luft des Inneren durch Wasser verdrängt und nunmehr die Volumschwankungen des Gefäßinhaltes durch eine Schreibvorrichtung graphisch registriert (Fig. 57). Schon nach einer halben bis zwei Minuten, ehe noch eine Temperaturerhöhung nachweisbar wurde, zeigte die Kurve bereits einen Anstieg, tritt also bereits der Regulationsmechanismus in Funktion. Die Volumszunahme ist eine ziemlich beträchtliche, sie wächst in kurzer Zeit auf 9–11 cm³ an. Nach Aussetzen des Stromes fällt das Volumen des Armes langsam ab, bis es seine ursprüngliche Größe wieder erreicht hat.

Wiederholt man den Versuch mehrmals hintereinander, so beobachtet man übrigens, daß die späteren Reaktionen der Hautgefäße nicht mehr so bedeutend ausfallen wie beim ersten Versuch; die Kurven erreichen nicht mehr ganz die gleiche Höhe, es scheint eine gewisse Reflexermüdung der Gefäßnerven einzutreten.

Das den Hautgefäßen zuströmende Blut stammt seiner Hauptmasse nach aus den Gefäßen des Splanchnikusgebietes, die sich natürlich in dem Maße verengern müssen, als sich die ersteren erweitern (Dastre-Moratsches Gesetz). Der Sinn dieses Vorganges ist, teleologisch gedacht, wohl der, die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung von der Haut aus zu vermehren, um so einer Überhitzung entgegenzuwirken.

Die Wirkung auf den Blutdruck. Schittenhelm studierte das Verhalten des Blutdruckes bei der allgemeinen Durchwärmung am Kondensatorbett, und zwar am gesunden Menschen. Die Methode seiner Messung war die nach Riva-Rocci, wobei die Blutdruckhöhe fortlaufend verfolgt wurde. Dem Einschalten des Stromes folgte zunächst ein kleines, kurz dauerndes Absinken des Druckes, der von seiner ursprünglichen Höhe von 125 mm Quecksilber nach 2 Minuten auf 115 mm abfiel,

dann aber ziemlich rasch anstieg und in 9 Minuten 146 mm erreichte. Die zur Verwendung kommende Stromstärke betrug 3 Ampere. Setzte man den Strom aus, so ging der Druck langsam zur Norm oder selbst etwas unter diese zurück. Dieses Verhalten war ein regelmäßiges, wenigstens bei Anwendung großer Stromstärken und länger dauernder Sitzung.

Die anfängliche Blutdrucksenkung ist wohl damit zu erklären, daß die Hautgefäße auf die Stromeinwirkung sehr rasch mit einer Erweiterung reagieren, ehe es noch zu einer kompensatorischen Kontraktion der Splanchnikusgefäße gekommen ist. Die Erweiterung der Strombahn vermindert notwendigerweise den Druck auf die Gefäßwand. Daß die Dilatation der Hautgefäße sehr rasch und präzise erfolgt, haben wir aus den oben angeführten plethysmographischen Versuchen ersehen.

Bergonié fand bei der Allgemeindiathermie mittels Stanniolektroden ein regelmäßiges Ansteigen des Blutdruckes. Beispielsweise stieg derselbe bei einer Stromstärke von 1,5–1,8 Ampere in 5 Minuten von 150 auf 190 mm Quecksilber.

Den Beobachtungen von Schittenhelm und Bergonié, die bei Gesunden sowohl wie bei Kranken einen Anstieg des Blutdruckes zu sehen Gelegenheit hatten, stehen die Angaben anderer gegenüber — und diese sind weitaus in der Mehrzahl —, die im Gegenteil ein Absinken des Druckes beobachteten.

Labbé und Blanche konnten bei Hypertonie ein dauerndes Abfallen des Druckes um 10–50 mm Quecksilber festzustellen, wenn sie den Patienten etwa 10 Minuten von Hand zu Hand in einer Stromstärke von 800 Milliampere diathermierten. Auch Nagelschmidt fand bei arteriosklerotischer Überspannung eine Senkung des Blutdruckes von 200 auf 140 mm Quecksilber. Ähnliches wird von Laqueur berichtet, ebenso wie von Moeris, der gleich Schittenhelm das Kondensatorbett verwendete.

Untersuchungen über das Verhalten des Blutdruckes bei allgemeiner Diathermie stellten auch Braunwarth und Fischer an. Dieselben bedienten sich bei ihren Versuchen der Methode des Vierzellenbades und konnten auf diese Art in 90% der Behandlungen ein deutliches Abfallen des Blutdruckes beobachten, nachdem derselbe zu Beginn des Versuches vorübergehend angestiegen war. Auch hier handelte es sich um Kranke, meist Herzkranken oder Arteriosklerotiker mit erhöhtem Blutdruck.

Gunzbourg nimmt eine vermittelnde Stellung ein. Nach seiner Anschauung wirkt die Diathermie, je nach der Art der Stromanwendung und je nach dem Krankheitszustand des Patienten, bald blutdruck-erhöhend, bald herabsetzend, und zwar soll in Fällen von Überdruck wie bei der Arteriosklerose eine Herabminderung, in Fällen von Hypotonie ein Anwachsen des Druckes stattfinden. Der Einfluß der Diathermie ist also ein regulierender, indem sie das pathologische in ein annähernd normales Verhalten zurückführt.

Meine eigenen Untersuchungen, die sich auf eine sehr große Zahl von Fällen erstrecken, ergaben bei der Allgemeindiathermie, ob sie nun nach der I. oder II. Methode ausgeführt wurde, fast regelmäßig ein geringes

Absinken des Blutdruckes. Nur in etwa 10–15% der Fälle — meine Beobachtungen decken sich hier völlig mit denen von Braunwarth und Fischer — blieb der Blutdruck unverändert. Die nachstehenden Zahlen, die bei den auf Seite 79 angeführten Versuchen gewonnen worden sind, ergaben folgendes Verhalten des Blutdruckes, der nach Riva-Recci gemessen wurde. (Daneben die Puls- und Respirationenfrequenz.)

Allgemeindiathermie nach Methode I.

Mit je einer Elektrode an Unterarmen und Unterschenkeln und einer Rückenplatte.

J. F., 59 Jahre alt, Polyarthrit. chronica progressiva.

Stromstärke Ampere	Dauer Minuten	Blutdruck ¹⁾			Pulszahl			Respirationszahl		
		vor	nach	Unterschied	vor	nach	Unterschied	vor	nach	Unterschied
2,0	20	156	136	— 20	68	76	+ 18	15	18	+ 3
3,0	20	137	127	— 10	70	80	+ 10	16	16	0
3,0	30	127	125	— 2	72	78	+ 12	18	20	+ 2
3,5	30	130	115	— 15	72	96	+ 24	15	20	+ 5

Allgemeindiathermie nach Methode II.

Dreiplattenmethode nach Kowarschik.

St. L., 44 Jahre, Polyarthrit. tuberculosa Poncet.

Stromstärke Ampere	Dauer Minuten	Blutdruck			Pulszahl			Respirationszahl		
		vor	nach	Unterschied	vor	nach	Unterschied	vor	nach	Unterschied
2,0	20	94	86	— 8	76	76	0	20	21	+ 1
3,0	20	110	100	— 10	72	72	0	20	22	+ 2
3,0	30	102	98	— 4	80	84	+ 4	20	24	+ 4
3,5	30	104	98	— 6	76	84	+ 8	16	20	+ 4

Es ist eine alte Erfahrung, daß überall dort, wo es sich um Blutdruckmessungen in der Elektro- und Hydrotherapie handelt, eine Einigung zwischen den verschiedenen Beobachtern schwer zu erzielen ist. Das rührt vor allem daher, daß alle diese Versuche unter ganz verschiedenen Bedingungen und mit ganz verschiedener Methode angestellt werden. Nun ist aber die Art und die Größe jedes Reflexes verschieden: 1. nach der Qualität des Reizes (Reizmethode), 2. nach der Quantität, 3. nach der Dauer des Reizes und schließlich 4. nach der Reaktionsfähigkeit des Individuums.

Es wird sich also wahrscheinlich auch für das Verhalten des Blutdruckes nicht gleichbleiben (ad 1), ob man mittels Elektroden quer durch das Herz, von Hand zu Hand, mittels Kondensatorbettes oder Vierzellenbades diathermiert.

Es wird auch durchaus nicht gleichgültig sein (ad 2), ob man höhere oder geringere Stromstärken verwendet, d. h. ob die Erwärmung eine bedeutende oder

¹⁾ Der durchschnittliche Blutdruck sank im Verlaufe der Kur im allgemeinen etwas ab, wie schon aus obigen vier Versuchen zu erkennen ist.

nur eine geringe ist. In der Regel ruft ein kleiner Reiz sogar den entgegengesetzten Effekt hervor wie ein großer, wenn auch gleichartiger (Pflüger - Arndtsches Nervenrenergengesetz).

Von wesentlicher Bedeutung ist ferner die Dauer des Reizes (ad 3). Sehr häufig setzt eine Blutdruckerhöhung mit einer anfänglichen Senkung ein, wie bei den Versuchen von Schittenhelm. Aber auch das Umgekehrte kann stattfinden (Braunwarth und Fischer) oder es kommt überhaupt zu einem mehrmaligen Schwanken.

Der Einfluß der individuellen Reaktion auf das Versuchsergebnis (ad 4), veranlaßt durch verschiedene Krankheitszustände, Ruhe und Bewegung, psychische Einflüsse, äußere Reize usw., bedarf gleichfalls der eingehendsten Berücksichtigung. Wenn Schittenhelm bei Gesunden eine regelmäßige Steigerung des Blutdruckes nachweisen konnte, so beweist dies natürlich keineswegs, daß auch bei pathologischer Hypertonie eine solche gefunden werden muß; möglicherweise ist hier die anfängliche Blutdrucksenkung, worauf auch Schittenhelm hinweist, eine längerdauernde oder selbst dauernde.

Da in der Regel diese verschiedenen Versuchsbedingungen in ihrem vollen Umfange nicht beachtet oder wenigstens nicht angegeben werden, so lassen sich die Versuchsergebnisse der einzelnen Forscher nicht unmittelbar miteinander vergleichen.

Die Wirkung auf Puls und Respiration. Die Puls- und Respirationzahl wird entsprechend der Temperaturerhöhung gesteigert, also um so mehr, je größer die Stromstärke ist und je länger die Behandlung dauert, wie aus obigen Tabellen gleichfalls hervorgeht. Immerhin ist diese Steigerung eine verhältnismäßig geringe und ich sah sie bei nicht allzu starken Durchwärmungen auch öfters vollkommen fehlen.

Die Wirkung auf die Schweißsekretion ist individuell sehr verschieden. Es gibt Personen, deren Haut sich auch nach einer intensiven Allgemeindurchwärmung kaum feucht anfühlt, und solche, die auf jede Allgemeindiathermie mit einer abundanten Schweißabsonderung reagieren. Ich habe Wasserverluste bis zu 500 g gemessen.

Die Wirkung auf den respiratorischen Stoffwechsel. Réchou und Bergonié untersuchten weiter das Verhalten des respiratorischen Stoffwechsels bei allgemeiner Diathermie. Das Resultat dieser Versuche war ein überraschendes. Es ergab sich eine Abnahme des respiratorischen Gasaustausches, die sich in einer Verminderung des aufgenommenen Sauerstoffes und in einer gleichwertigen Verminderung der ausgeschiedenen Kohlensäure ausdrückte, was gleichbedeutend ist mit einer Reduktion des Energieumsatzes. Dieses Ergebnis ist um so auffallender, als es im Widerspruch mit allen unseren Erfahrungen bezüglich der Überwärmung steht. Seit den grundlegenden Untersuchungen Pflügers ist es ja bekannt und durch zahlreiche Untersuchungen immer wieder von neuem bestätigt worden, daß jede Steigerung der Körpertemperatur zu einer Erhöhung des Umsatzes und nicht zu einer Herabsetzung desselben führt.

Bergonié erklärte seine Versuchsergebnisse durch die Annahme, daß der Organismus in dem Maße seine Produktion an Wärme reduziere, als ihm diese auf künstlichem Wege zugeführt würde, wobei durch die zugeführte elektrische Wärme ein Teil der sonst auf chemischem Wege erzeugten ersetzt werde, und zwar soll nach Bergonié dieser Diathermiezuschuß an Energie zur Deckung jener Wärme dienen, die der Körper durch Strahlung und Leitung von der Oberfläche verliert.

Wird nun wirklich eine solche Energiezufuhr vom Körper kompensatorisch ausgenutzt, so ist es naheliegend, daran zu denken, dieses Verhalten praktisch zu verwerten und bei Individuen, die ein Minus an Lebensenergie aufweisen, also bei unterernährten, marastischen, dieses Defizit auf künstlichem Wege durch Diathermie zu decken. Bergonié hat in diesem Sinne eine Reihe von klinischen Untersuchungen angestellt, die in der Tat diese seine Anschauung zu bestätigen scheinen und zum Teil erstaunliche Resultate ergaben. In einem Fall war nach einer Behandlung von 35 Tagen das Gewicht eines Patienten um 14 kg gestiegen, obwohl während der Behandlung die Nahrungsaufnahme eine geringere war als vor derselben.

Durig und Grau prüften die außerordentlichen Ergebnisse der Untersuchungen von Réchou und Bergonié nach, konnten dieselben aber nicht bestätigen. Sie fanden nicht die angebliche Verminderung, sondern im Gegenteil eine geringfügige Steigerung des Umsatzes, eine Steigerung, wie man sie auch sonst bei Temperaturerhöhung aus anderer Ursache regelmäßig beobachtet. Das Pflügersche Gesetz, daß bei einer Temperaturerhöhung von 1° C eine Steigerung des Umsatzes von 8 bis 10% auftritt, wurde auch durch diese Versuche in schöner Weise bestätigt. Irgendeine spezifische Wirkung der diathermischen Wärme war nicht nachweisbar.

Wenn damit auch die Basis der Bergoniéschen Anschauung sehr erschüttert worden ist, so wäre es immerhin möglich, daß man durch allgemeine Diathermie bei Kachexie, Inanition und ähnlichen Zuständen eine Besserung des Stoffwechsels herbeiführen könnte, wenn auch nicht im Sinne einer Energiesubstitution, einer „Ration d'appoint“, wie Bergonié sich das vorstellt, sondern etwa als Folge einer allgemeinen unspezifischen Leistungssteigerung, einer Protoplasmaaktivierung, wie man dies heute mit einem modernen Schlagwort bezeichnet.

Fünfter Teil.

Die therapeutischen Anzeigen der Diathermie.

I. Allgemeines über Anzeigen und Gegenanzeigen.

Das Verhältnis der Diathermie zu den anderen thermischen Methoden. Obwohl die Diathermie ihrer physiologischen Hauptwirkung nach eine Wärmebehandlung ist, so decken sich ihre Anzeigen doch keineswegs mit denen der seit altersher geübten Wärmemethoden, wie sie etwa eine Heißluft- oder Dampfanwendung, eine Schlamm-, Moor- oder Sandpackung darstellt. Dies hat verschiedene Gründe.

Der erste ist ein rein äußerer und liegt darin, daß die Ausführung der Diathermie technisch verhältnismäßig umständlich ist. Sie erfordert nicht nur ein kostspieliges Instrumentarium, sondern auch besondere Kenntnisse und Übung, mit demselben umzugehen. Daraus ergibt sich

von selbst, daß die elektrische Durchwärmung nirgends eine Berechtigung hat, wo man mit einfacheren Mitteln, z. B. einer Heißluftbehandlung einem Thermophor oder vielleicht schon mit einer heißen Kompresse das gleiche Ziel erreicht.

Ein zweiter Grund, der das Indikationsbereich der Diathermie von dem der anderen Wärmemethoden scheidet, liegt in ihrer konkurrenzlosen Tiefenwirkung. Durch sie wird es ermöglicht, auch in tiefliegenden Körperorganen wie dem Herzen, der Lunge, dem Uterus und seinen Adnexen noch Wärmewirkungen zu erzielen, die durch die älteren Methoden entweder gar nicht oder doch nur ganz unvollkommen erreichbar waren. Die Diathermie ist damit berufen, den Anzeigenkreis der Thermotheapie zu erweitern, ihn auf ein Feld auszudehnen, das uns bisher nicht zugänglich war.

Zu diesen Unterschieden, welche die therapeutische Verwendbarkeit der Diathermie bestimmen, gesellt sich aber noch ein weiterer, nicht unbedeutender: es ist das eine spezifische Wirkungsart der Hochfrequenzwärme. Derjenige, der als physikalischer Therapeut Gelegenheit hat, den Einfluß der Diathermie vergleichsweise mit dem von Heißluft, Dampf, Fango u. dgl. auf verschiedene Krankheiten zu studieren, wird nicht selten beobachten, daß manche Schmerzen, die man lange Zeit mit den verschiedensten Wärmeanwendungen ganz vergeblich behandelt hat, oft nach einer oder wenigen Diathermiesitzungen in ganz wunderbarer Weise zurückgehen. Aus solchen Erfahrungen muß man wohl die Überzeugung gewinnen, daß die Diathermie in vielen Fällen eine spezifische Wirkung entfaltet, die ihr, da sie den übrigen Wärmemethoden nicht zukommt, besondere Anwendungsmöglichkeiten sichert. Worauf diese eigenartige Wirkung beruhen dürfte, wurde bereits auf Seite 75 erörtert.

Schließlich wäre noch zu betonen, daß die Wärme bei keiner der uns bisher bekannten Anwendungsformen in so präziser Weise dosierbar ist wie bei der Diathermie. Es ist bei ihr möglich, durch Abstufung der Stromstärke die leichteste Durchwärmung bis zur intensivsten Durchhitzung anzuwenden und den Grad der Wärme, wenn es nötig ist, ganz augenblicklich zu verändern. Keine andere Wärmemethode gestattet uns auch nur annähernd eine ähnlich feine und rasche Regulierung.

Die Anzeigen der Diathermie kann man in vier Gruppen teilen, entsprechend den vier wichtigsten physiologischen Wirkungen, welche der Durchwärmung zukommen. Es sind dies:

1. Die schmerzstillende Wirkung.
2. Die tonusherabsetzende und krampf lösende Wirkung.
3. Die hyperämisierende und damit stoffwechselanregende und resorptionsfördernde Wirkung.
4. Die antibakterielle Wirkung.

Diese Einteilung ist natürlich etwas schematisch. In der Praxis ist es fast nie eine einzelne dieser vier Wirkungen, der wir den therapeutischen Erfolg verdanken, sondern es sind deren mehrere, die sich in ihrem gleichgerichteten Effekt summieren. Wenn wir unserer Betrachtung

tung eine solche schematische Gruppierung zugrunde legen, so geschieht es, um uns den Überblick über das Indikationsbereich zu erleichtern.

1. Die schmerzstillende Wirkung machen wir uns zunutze bei schmerzhaften Erkrankungen der verschiedensten Art. Zu diesen zählen in erster Linie diejenigen, die wir als Neuralgien, Myalgien und Arthralgien bezeichnen. Für ihre Behandlung bietet uns die Diathermie einen wertvollen symptomatischen Behelf. An die Neuralgien der peripheren Nerven möchte ich jene schmerzhaften Zustände anschließen, die wir als Eingeweideneuralgien ansehen können und die in der Angina pectoris und der Dyspragia angiosclerotica intestinalis ihre typischen Vertreter haben. Die günstige, bisweilen überraschend günstige Wirkung der Diathermie auf derartige Zustände wurde wiederholt betont.

Aber auch Schmerzen anderer Art werden durch die Diathermieströme günstig beeinflusst, so vor allem die lanzinierenden und krisenartigen Schmerzen der Tabiker. Als ein wertvolles Mittel habe ich die Diathermie ferner schätzen gelernt bei den sensiblen Reizerscheinungen, wie sie auf dem Boden der Neurasthenie so häufig erwachsen. Dazu gehören die Sensationen in der Herzgegend, die verschiedenen schmerzhaften Erscheinungen des Magens, des Darmes, der Blase und anderer innerer Organe. Auch auf die allgemeine Erregbarkeit der Neurastheniker, ihre Schlaflosigkeit, ihre psychische Verstimmung läßt sich durch leichte allgemeine Durchwärmung recht günstig einwirken.

2. Die tonuserabsetzende und krampf lösende Wirkung. Ebenso beruhigend wie auf die sensiblen wirkt die diathermische Wärme auch auf die motorischen Nerven. Dies läßt die Diathermie bei verschiedenen Reizzuständen der glatten Muskulatur angezeigt erscheinen. Wir verwenden sie erfolgreich bei Krämpfen der Magenmuskulatur, wie Kardio- und Pylorospasmus, bei Spasmen des Darmes, die teils unter dem Bilde von kolikartigen Schmerzen, teils unter dem der spastischen Obstipation auftreten, bei Krämpfen der Gallenwege, der Harnwege usw. Derartige Reizzustände schwinden oft erstaunlich schnell unter dem Einfluß der elektrischen Durchwärmung.

Diese Erfahrung veranlaßte mich, die Diathermie auch bei hypertönischer Erregung der quergestreiften Muskeln therapeutisch zu versuchen und ich habe in der Tat manch günstige Wirkung bei nervösem Zittern, Muskelspasmen, multipler Sklerose u. dgl. gesehen.

Da die antispasmodische Wirkung der Diathermie bisher in der Literatur nirgends die ihr gebührende Würdigung fand, so möchte ich sie an dieser Stelle besonders unterstreichen. Sie charakterisiert die Diathermieströme gegenüber allen anderen Stromarten, die in jeder Anwendungsform auf den Muskel nur erregend oder erregbarkeitssteigernd wirken ¹⁾.

¹⁾ Wenn man in der Elektrotherapie die Anode des galvanischen Stromes bei Krampfzuständen der Muskulatur empfiehlt, so ist das meiner Überzeugung nach nichts anderes als eine Verlegenheitstherapie, weil ja der Elektrotherapeut auch hierfür ein Mittelchen haben muß. Die Begründung der Anodengalvanisation mit dem Pflügerschen Elektrotonus ist mehr als notdürftig, ihre Erfolge sind nichts weniger als ermunternd.

3. Eine dritte Gruppe von Anzeigen verdankt die Diathermie ihrer Wirkung auf die Blut- und Lymphbewegung, die in einer aktiven Hyperämie und Hyperlymphie zum Ausdruck kommt, womit auch ihr anregender Einfluß auf den Stoffwechsel und die Resorption pathologischer Produkte im Zusammenhang steht. Diese Wirkungen bilden die Grundlage für ihre erfolgreiche Anwendung bei verschiedenen subakuten und chronischen Entzündungsprozessen, bei denen es gilt, durch Besserung der allgemeinen und örtlichen Zirkulation, durch Aufsaugung von Exsudaten die Heilung zu unterstützen. Daß die Diathermie gleichzeitig schmerzstillend wirkt, erhöht hierbei nur ihren therapeutischen Wert.

Zu den hier in Betracht kommenden Anzeigen zählen in erster Linie die zahlreichen Gelenkserkrankungen, bei denen die Wärme ja seit altersher das wertvollste Heilmittel darstellt: Arthritis osteodeformans, Arthritis chronica progressiva, Arthritis gonorrhoeica, rheumatica usw. Daran reihen sich die ätiologisch verwandten Erkrankungen der Sehnen-scheiden, Muskeln und Knochen.

Die Tiefenwirkung der Hochfrequenzströme ermöglicht es aber auch, die Wärme bei Krankheiten innerer Organe therapeutisch zu verwerten. Man hat Erkrankungen der Lunge und des Rippenfelles mit Erfolg behandelt, man hat chronisch adhäsive Entzündungen des Magens, des Darmes, der Gallenblase mittels elektrischer Durchwärmung günstig beeinflußt. Auch über die Behandlung von Herz- und Nierenleiden liegen einzelne Beobachtungen vor. Wenn die Indikationen für die Durchwärmung innerer Organe auch noch keine feststehenden sind und bei der grundsätzlichen Neuheit dieser Therapie noch weitere Erfahrungen abgewartet werden müssen, so läßt sich doch vielleicht gerade hier noch manche dankenswerte Verwendungsmöglichkeit der Diathermie erhoffen.

Gesicherter sind die Anzeigen auf dem Gebiete der Frauenkrankheiten, wo die elektrische Durchwärmung als konservative Methode bei der Behandlung chronisch-entzündlicher Veränderungen des Uterus und seiner Adnexe schon heute eine nicht unbedeutende Rolle spielt. So bilden Perimetritis, Parametritis und Adnextumoren für die Durchwärmung ein lohnendes Behandlungsobjekt.

In analoger Weise kommt die Diathermie bei Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane zur Anwendung, wo sie insbesondere bei der chronischen Prostatitis und der Epididymitis Gutes leistet.

Neuerdings hat auch die Augen- und Ohrenheilkunde die elektrische Durchwärmung unter ihre Heilbehelfe aufgenommen und in verschiedenen Fällen erfolgreich verwendet.

Schließlich wäre noch einer Reihe von Anzeigen zu gedenken, bei denen vorwiegend der zirkulationsfördernde Einfluß der Diathermie zur Geltung kommt. Es sind dies Störungen des Kreislaufes, wie wir sie bei der Angiosklerose (Claudicatio intermittens), bei Gefäßkrampf oder Gefäßlähmung (Raynaudsche Krankheit) und bei Erfrierungen sehen. Auch bei der allgemeinen Arteriosklerose können wir den peripheren Kreislauf durch gelinde Allgemeindurchwärmungen heben und so die verschiedenen Beschwerden der Kranken zum Schwinden bringen.

4. Die antibakterielle Wirkung der Diathermie auf Krankheits-erreger kommt meist nur als Teilwirkung in Betracht, die sich den anderen therapeutischen Komponenten unterordnet, um mit ihnen gemeinsam die Heilung zu fördern. In den Vordergrund tritt sie nur bei der Behandlung der Gonorrhoe.

Die Gegenanzeigen der Diathermie sind hauptsächlich zweierlei Art, einerseits Blutungen oder Neigung zu solchen, andererseits akut infektiöse Prozesse.

1. Blutungen bilden eine Kontraindikation, weil die Diathermie als hyperämisierender Eingriff die Blutung erfahrungsgemäß steigert oder sie dort, wo bloß die Bereitschaft zu ihr besteht, anregen kann. Durchwärmungen der Lunge wird man demnach bei bestehender oder kurz vorausgegangener Hämoptoe vermeiden, Durchwärmungen des Magens und Darmes wird man bei Vorhandensein eines Geschwürs oder auch nur bei Verdacht auf ein solches unterlassen. Ebenso gilt es als Grundsatz, die Diathermie bei Adnexerkrankungen nicht anzuwenden, wenn diese von Blutungen begleitet sind. Daraus ergibt sich von selbst, daß die elektrische Durchwärmung des Beckens auch zur Zeit der Menses verboten ist. Bei Bestehen einer Schwangerschaft halte ich sie gleichfalls für gegenangezeigt. Wenn auch einige wenige Versuche, die man bis jetzt gemacht hat, eine künstliche Frühgeburt durch Diathermie einzuleiten, bisher erfolglos geblieben sind, so ist die Möglichkeit eines solchen Erfolges doch nicht ausgeschlossen.

Bei Aneurysmen scheinen mir ganz leichte Durchwärmungen, die den Blutdruck nicht beeinflussen, zulässig. Sie wirken oft sehr günstig auf die Beschwerden. Immerhin wird man bei der Gefährlichkeit des Behandlungsobjektes die äußerste Vorsicht walten lassen.

2. Akut infektiöse Prozesse (Eiterungen). Die Diathermie ist ferner kontraindiziert bei allen akuten Infektionsprozessen, namentlich wenn diese zur Eiterung neigen oder gleichzeitig Fieber besteht. Dazu gehören die akut schmerzhaften Erkrankungen der Gelenke, die akuten Entzündungen innerer Organe, wie etwa die Pleuritis und Appendizitis, weiters akute Peri- und Parametritis, Adnexerkrankungen, Epididymitis, fieberhafte Mittelohrentzündungen u. dgl. Die Erfahrung lehrt, daß die Diathermie in solchen Fällen in gleicher Weise, wie dies von der Heißluft oder anderen aktiv hyperämisierenden Prozeduren seit langem bekannt ist, eine Vermehrung der Schmerzen, der lokalen Entzündungserscheinungen sowie eine Steigerung des Fiebers zu erzeugen vermag, womit die Gefahr eines örtlichen Umsichgreifens der Infektion gegeben ist.

Anders steht es bei chronischen Entzündungen oder Eiterungen, bei denen die elektrische Durchwärmung nicht selten durch Besserung der Blut- und Lymphbewegung, durch ihre resorptionsfördernde und antibakterielle Wirkung die Heilung unterstützt.

II. Die Erkrankungen der Gelenke und Knochen. Anzeigen und Gegenanzeigen.

Allgemeines. Die Wärme in ihren verschiedenen Anwendungsformen ist seit langem eines der wirksamsten Mittel bei Gelenkserkrankungen. Es lag darum nahe, die Diathermie zuerst bei diesen zu versuchen. Zeynek und seine Mitarbeiter berichteten bereits in ihrer ersten Veröffentlichung (April 1908) über zehn Fälle von Arthritis, die sie mit Diathermie behandelt hatten und zum Teil geheilt, zum Teil gebessert entlassen konnten. Diese günstigen Erfahrungen wurden in weiterer Folge von zahlreichen anderen Autoren bestätigt.

Vornehmlich sind es die subakuten und chronischen, weniger die akuten Gelenkserkrankungen, bei denen die elektrische Durchwärmung ihre Anzeige findet. Wir wollen im folgenden die Aussichten, welche uns die Diathermie bei den verschiedenen Erkrankungsformen bietet, der Reihe nach besprechen. Wir halten uns dabei an die Bezeichnungen von Hoffa und Wollenberg. Leider herrscht in der Nomenklatur der chronischen Arthritiden eine derartige Sprachverwirrung, daß es notwendig erscheint, um etwaigen Mißverständnissen vorzubeugen, mit einigen Worten auf die klinische Charakteristik des in Rede stehenden Leidens einzugehen.

Arthritis rheumatica. Die akute rheumatische Polyarthrititis wird wohl kaum Gegenstand der Diathermiebehandlung sein, und zwar einerseits in Anbetracht der technischen Schwierigkeiten, welche sich bei der Durchwärmung zahlreicher und dazu sehr schmerzhafter Gelenke ergeben, andererseits auch mit Rücksicht auf die Erfahrung, daß starke Wärmeanwendungen bei dieser Erkrankung die Beschwerden meist vergrößern und das Fieber steigern. Hier ist die Ruhigstellung der Gelenke im Verein mit der Salizyltherapie in erster Linie am Platz und kaum durch irgendein physikalisches Heilverfahren ersetzbar.

Die Diathermie tritt erst nach Ablauf des akuten Stadiums in ihre Rechte, wenn es sich darum handelt, den Rückbildungsprozeß, der sich häufig in dem einen oder dem anderen Gelenk verzögert, anzuregen oder zu beschleunigen. Man wird jedoch auch hier noch mit Vorsicht zu Werke gehen, um sich zunächst zu überzeugen, daß die Durchwärmung keine Reaktion mehr auslöst.

Arthritis chronica progressiva. Wir verstehen darunter mit Hoffa und Wollenberg jene Form der chronischen Arthritis, die meist ganz allmählich im mittleren Lebensalter beginnt, viel häufiger bei Frauen als bei Männern vorkommt und die Tendenz einer progressiven Verschlechterung zeigt. Sie befällt in der Regel zuerst mit deutlicher Neigung zur Symmetrie die Finger- und Handgelenke, schreitet dann auf die größeren Gelenke fort und führt schließlich zu einer weitgehenden Deformation, Versteifung und Ankylose. Daneben findet sich klinisch allgemeine Muskelatrophie und Marasmus, röntgenologisch Knochenatrophie und Knorpelschwund.

Wenn ich dies Leiden in der zweiten Auflage meines Buches als wenig oder nicht geeignet für die diathermische Behandlung bezeichnete, so muß ich diese Anschauung heute teilweise richtigstellen. Die Erfahrung hat mich gelehrt, daß man auf die Erkrankung trotz ihrer ausgesprochenen Neigung zur Progression doch öfters einen deutlichen Einfluß gewinnt. Man kann sie durch energische lokale oder beim Ergriffensein zahlreicher Gelenke durch ebensolche allgemeine Durchwärmungen nicht gar so selten zu beträchtlicher Besserung oder doch wenigstens zu vorübergehendem Stillstand bringen.

Die Hartnäckigkeit der *Arthritis progressiva* läßt es zweckmäßig erscheinen, neben der Diathermie gleichzeitig auch andere physikalische Heilmittel, wie Quarzlicht, Massage und Gymnastik zur Anwendung zu bringen. Den günstigsten Einfluß scheint mir die Diathermie in Verbindung mit hohen Radiumdosen (200 000 bis 300 000 ME täglich als Trinkkur) zu geben.

Arthritis deformans. Sie beginnt, soweit sie nicht traumatischen Ursprunges ist, meist in etwas höherem Lebensalter als die *Arthritis progressiva*, ergreift vorwiegend die größeren Gelenke (Knie, Hüfte, Schulter) oder auch die Wirbelsäule allein. In der Regel bleibt sie auf ein oder wenige Gelenke zeit lebens beschränkt. Am häufigsten sah ich sie bei Frauen jenseits des 40. Lebensjahres in Form einer einseitigen oder doppelseitigen Gonitis. Trotz der starken Deformation, des oft beträchtlichen Reibens und Krachens, ist die Beweglichkeit der befallenen Gelenke verhältnismäßig wenig eingeschränkt, auch das Allgemeinbefinden ist nicht erheblich gestört. Röntgenologisch findet sich neben Knochenatrophie Knochenneubildung (Sporne), wodurch es in vorgeschrittenen Fällen zu einer weitgehenden Formveränderung der knöchernen Gelenkskomponenten kommt. Zur *Arthritis deformans* wird von manchen Autoren auch die *Arthritis tabetica* gerechnet.

Die Erfolge, welche die Diathermie bei der deformierenden *Arthritis* erzielt, sind in der Regel ganz ausgezeichnete und ich muß Tobias beipflichten, wenn er die elektrische Durchwärmung als die geeignetste Therapie dieser Erkrankung bezeichnet. Ich habe wiederholt ein vollkommenes Schwinden der Schmerzen und eine auffallende Besserung der Gelenksfunktion gesehen, obwohl die anatomische wie röntgenologische Deformation des Gelenkes unverändert weiter bestand. Ich kenne Fälle, bei denen dieser Erfolg durch Jahre anhielt. Auch dort, wo die Besserung im Verlaufe der Kur nicht sofort ersichtlich wird, möchte ich in voller Übereinstimmung mit Laqueur raten, die Behandlung nicht zu früh abzubrechen. Bisweilen sind 25—30 Sitzungen erforderlich, um einen deutlichen Einfluß auf das Leiden zu gewinnen, bisweilen, und auch hier führe ich Laqueur als Zeugen, wird der Erfolg erst nach Abschluß der Kur offenbar. Sehr günstige Wirkungen ergab mir bei der *Arthritis deformans* die Kombination der Diathermie mit örtlichen Quarzlichtbestrahlungen.

Arthritis gonorrhoeica. Ebenso wie für die rheumatische gilt auch für die gonorrhoeische Gelenkentzündung die Regel, die Diathermie erst dann anzuwenden, wenn die ersten akuten Entzündungserscheinungen abgelaufen sind, weil man sonst Gefahr läuft, durch den therapeutischen Eingriff eine Verschlimmerung des Leidens zu erzeugen.

Zwei Beispiele aus meiner ersten diathermischen Praxis mögen dies erweisen. Bei einem Kranken, der eine frische gonorrhöische Entzündung beider Kniegelenke hatte, behandelte ich das eine Gelenk mit Stauung, das andere vergleichsweise mit Diathermie. Während nun das Exsudat in dem gestauten Gelenk unter Rückgang der Schmerzen rasch abnahm, trat in dem diathermierten Gelenk eine auffallende Verschlimmerung mit Zunahme der Schmerzen und der Schwellung ein, so daß ich nach drei Sitzungen die Durchwärmung aufgeben mußte. Einen ähnlichen Fall beobachtete ich später, bei dem ich jedoch, durch die Erfahrung belehrt, bereits nach der ersten Sitzung die Behandlung abbrach, nachdem diese eine Verschlimmerung der örtlichen Entzündungserscheinungen zur Folge gehabt hatte.

Zur Beschleunigung der Rückbildung nach Ablauf der ersten akut entzündlichen Symptome ist aber die Diathermie ganz ausgezeichnet geeignet, obwohl ich nicht mehr behaupten möchte, daß sie auf die gonorrhöische Gelenkentzündung einen Einfluß ausübt, den man im Vergleich mit demjenigen anderer Behandlungsmethoden als spezifisch bezeichnen könnte. Bei der Mannigfaltigkeit der gonorrhöischen Arthritis, die von einer flüchtigen Gelenkschwellung bis zur schwersten Zerstörung des Gelenkes alle Übergänge zeigt, ist es verständlich, daß die Diathermie nicht immer gleich gute Erfolge erzielt. Neben Fällen, die auf die Durchwärmung einen erstaunlich raschen Rückgang zeigen, gibt es solche, die jeder Therapie trotzen. Außerordentlich günstig wirkt die Durchwärmung auch bei gonorrhöischen Achylodynien und Tarsalgien, wo sie nach Laqueur jeder anderen Therapie überlegen ist. Ziemlich unzugänglich erweisen sich dagegen die chronischen Formen der Gelenksgonorrhöe, insbesondere wenn sie den Charakter einer Polyarthritis haben.

Arthritis uratica. Einzelne Autoren wie Stein, Tobias, Lichtenstein, empfehlen die Diathermie zur Behandlung des akuten Gichtanfalles und haben hier von der Durchwärmung öfters eine rasche Beseitigung der Schmerzen, ja eine Kupierung des Anfalles gesehen. Nichtsdestoweniger möchte ich die Diathermie im akuten Anfall nur versuchsweise zulässig erklären, denn es ist bekannt, daß bei derartigen Kranken die Anwendung von Wärme häufig in jeder Form die Schmerzen nur vergrößert, abgesehen davon, daß sich die Diathermie nicht selten infolge der enormen Schmerzhaftigkeit, die das Anlegen der Elektroden unmöglich macht, von selbst verbietet. Recht günstige Erfolge beobachtet man bei der Behandlung der chronischen Gelenksgicht und der Tophi. Bernd empfiehlt hier gleichzeitig mit der örtlichen Durchwärmung größere Mengen von Flüssigkeit trinken zu lassen, um das Ausfallen der gelösten Urate an anderer Stelle zu verhindern.

Arthritis tuberculosa. Die Stellung der Diathermie gegenüber der fungösen und kariösen Arthritis ist bis heute nicht geklärt. Da nach Bier bei der Gelenkstuberkulose jedes aktiv hyperämisierende Verfahren gegenangezeigt ist, so könnte man dies auch von der Diathermie annehmen. Einige Beobachtungen scheinen in diesem Sinne zu sprechen. Nach A. E. Stein, der ein paar Fälle versuchsweise behandelte, eignet sich die Arthritis tuberculosa wenig oder gar nicht für die Diathermie, Lichtenstein hatte in 5 Fällen einen negativen Erfolg. Pribram dagegen berichtet von einem Fall, der sich auf die Behandlung besserte. Ich selbst sah in 5 Fällen eine Besserung, in 4 anderen dagegen keinen Einfluß von der Diathermie. Diese wenigen Versuche sind aber in gar

keiner Weise hinreichend, um zu einem endgültigen Urteil über den therapeutischen Wert des Verfahrens bei der Gelenkstuberkulose zu gelangen. Eine Entscheidung der Frage könnte man nur von langen, systematisch durchgeführten Versuchsreihen erwarten.

Eine Beobachtung, die ich selbst gemacht habe, scheint mir jedoch erwähnenswert. Es handelte sich um einen jungen 20jährigen Mann, der an den zweiten Metakarpalknochen beider Hände eine symmetrische fistulöse Karies hatte. Mit Rücksicht auf die symmetrische Lokalisation und auf den Umstand, daß die Erkrankung beiderseits so ziemlich gleichweit vorgeschritten war, schien mir dieser Fall zur Bildung eines Urteils über die therapeutische Leistungsfähigkeit der Diathermie besonders brauchbar. Ich nahm nun die um ein wenig schlechtere Seite in Behandlung, diathermierte sie täglich durch 20 Minuten, während ich die Erkrankung der anderen Hand unter einem trockenen Verband sich selbst überließ. An der in Behandlung stehenden Hand ging die Sekretion in kurzer Zeit zurück, die Fisteln schlossen sich und waren nach Ablauf von 7 Wochen vollkommen übernarbt. Die unbehandelte Seite war in dieser Zeit eher schlechter als besser geworden.

Eine besondere Stellung in der Reihe der tuberkulösen Gelenkerkrankungen nimmt der tuberkulöse Gelenksrheumatismus (Rhumatisme tuberculeux Poncet) ein, der trotz seiner großen Häufigkeit und praktischen Bedeutung bei uns noch ziemlich unbekannt ist und daher meist unter irgendeiner Fehldiagnose abgehandelt wird. Ich habe in einigen Fällen von tuberkulösen Arthralgien recht schöne Erfolge von der Diathermie gesehen, wenn es uns auch nicht Wunder nehmen darf, daß die Durchwärmung bei der Hartnäckigkeit des Leidens nicht selten versagt.

Die Verletzungen der Gelenke und Knochen. Der Krieg hat uns ausgiebige Gelegenheit gebracht, den Einfluß der Diathermie auf Knochen- und Gelenksverletzungen zu studieren, und dieser Einfluß ist, wie übereinstimmend berichtet wird, ein recht guter. Vor allem ist es die schmerzstillende Komponente der Diathermie, die von den Verletzten sehr angenehm empfunden wird, und die es ermöglicht, Massage und Heilgymnastik früher als dies sonst möglich wäre, in Anwendung zu bringen. Es wird durch die tiefgehende Wärme nicht nur die Empfindlichkeit der Gelenksteile selbst herabgesetzt, sondern es werden durch sie auch die reflektorischen Muskelspasmen gelöst, was beides in gleicher Weise die Bewegungsmöglichkeit vergrößert.

Diese günstige Wirkung der Diathermie hat man bei der Nachbehandlung von Luxationen und Frakturen mit Erfolg ausgewertet. Bucky hebt hervor, daß derartige Kranke etwa 14 Tage früher aus der Behandlung entlassen werden konnten, als dies sonst durchschnittlich der Fall war. Auch ein günstiger Einfluß auf die Kallusbildung war festzustellen, was für die Behandlung von Pseudarthrosen nicht ohne Bedeutung ist. Laqueur lobt den schmerzstillenden Einfluß der Diathermie bei der Behandlung alter Schenkelhalsfrakturen.

Die Technik der Gelenksdiathermie.

Allgemeines. Ein Gelenk kann man seiner Quer- oder Längsachse nach durchwärmen. In jedem Fall ist es von Wichtigkeit, daß der Strom auch durch die Mitte des Gelenkes geht, soll eine wirkliche Tiefendurchwärmung erreicht werden. So selbstverständlich diese Forderung

vielleicht klingt, so wird sie nichtsdestoweniger häufig nicht erfüllt. Es werden bei der Ausführung der Diathermie verschiedene technische Fehler begangen, welche dieses Ziel vereiteln und auf die im folgenden aufmerksam gemacht werden soll.

Sprechen wir zunächst von der Querdurchströmung. Man glaube nicht, daß die Durchwärmung eines Gelenkes dabei um so vollkommener sei, je größer die Elektroden sind und je mehr sie das Gelenk in seinem ganzen Umfang umschließen. Legt man derart große Elektroden an, daß jede von ihnen das Gelenk fast in einem Halbkreis umfängt, so wird der Strom, der stets dem geringsten Widerstand, das heißt dem kürzesten Wege folgt, hauptsächlich von Elektrodenrand zu Elektrodenrand, also vornehmlich durch die peripheren Anteile des Gelenkes gehen, während die Mitte desselben stromfrei bleibt (Fig. 58). Es kommt dabei leicht zu einer Randwirkung, zu einer Überhitzung der Haut längs der einander nahegerückten Elektrodenkanten. Die richtige Größe und Lage der Elektroden zeigt Fig. 59.

Bei der Längsdurchwärmung eines Gelenkes wird häufig der Fehler gemacht, daß die Elektroden in nicht genügend weitem Abstand von

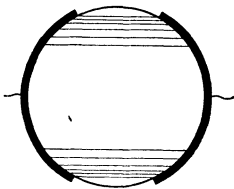


Fig. 58.
Falsche

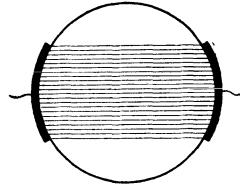


Fig. 59.
Richtige

Diathermie eines Gelenkes.

einander, also zu nahe dem Gelenk angelegt werden. Die Folge davon ist auch hier, daß die Stromlinien nicht in die Tiefe steigen, sondern sich durch die Hautbrücke rings um das Gelenk herum ausgleichen.

Die Durchwärmung bei der chronischen Arthritis soll eine möglichst ausgiebige sein, nur in frischen Fällen ist einige Vorsicht geboten. Man diathermiere, wenn möglich, jeden Tag in einer Dauer von 20 bis 30 Minuten.

Von verschiedenen Autoren wurde die Kombination der Diathermie mit Mechanotherapie empfohlen, um versteifte Gelenke wieder beweglich zu machen. Die durch die Wärme geschaffene Hyperämisierung und Schmerzstillung sowie die Verminderung der reflektorischen Muskelspannung lassen es angezeigt erscheinen, die Massage, die aktiven und passiven Bewegungen im unmittelbaren Anschluß an die Diathermie auszuführen, und in der Tat kann man auf diese Weise, ohne dem Kranken besondere Schmerzen zu bereiten, Gelenksversteifungen oft in erstaunlich kurzer Zeit beseitigen. Lichtenstein und Adam haben auch den Vorschlag gemacht, die Bewegungen während der Durchwärmung selbst auszuführen, wobei ersterer einfachen aktiven und passiven, letzterer Pendelübungen an Apparaten den Vorzug gibt.

Die Zehengelenke sind selten einzeln, meist zu mehreren erkrankt. Man legt über die Plantar- wie über die Dorsalseite der Gelenke, nachdem man die Haut früher gut angefeuchtet hat, je einen entsprechend zurecht geschnittenen Stanniolstreifen, auf diesen die Hilfelektroden und über beide noch eine Schicht Watte oder einen Gummischwamm. Dann befestigt man das Ganze mittels Binden, wobei man darauf achtet, daß die Stanniolelektroden sich an keiner Stelle berühren.

Einfacher und, wie ich glaube, auch zweckmäßiger scheint mir eine andere Methode zu sein, die ich mir für die Behandlung erfrorener Zehen zurechtgelegt habe. Hierbei werden die Zehen in Stanniolpapier eingewickelt, dann stellt man den vordersten Teil des Fußes auf eine Bleiplatte, etwa so weit, daß noch die Köpfchen der Metatarsusknochen auf dieser ruhen (Fig. 60). Durch einen leichten Sandsack, welchen man auf

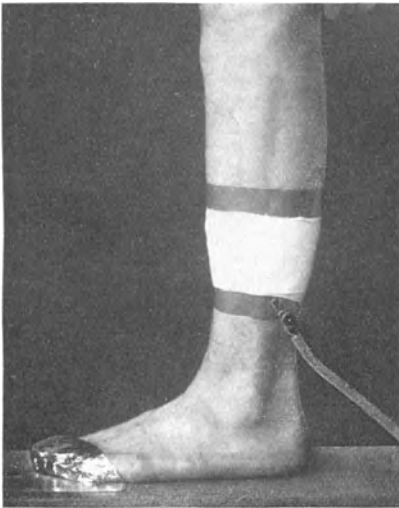


Fig. 60. Diathermie der Zehengelenke. Fig. 61. Diathermie des Sprunggelenkes.

die Zehen legt, wird der Fuß in dieser Stellung fixiert, gleichzeitig bekommt dadurch die Stanniolumhüllung der Zehen genügend Kontakt mit der Bleiplatte. An Stelle dieser kann man aber auch eine kleine Hilfelektrode wählen, die man zusammen mit der Stanniolumhüllung am Fuß durch Binden befestigt. Die Zehenelektrode wird nun an den einen Pol des Apparates geschaltet, während eine zweite Platte (200 cm²) als Gegenpol auf die Wade kommt. Stromstärke für sämtliche Zehen eines Fußes 0,3—0,5 Ampere und darüber.

Das Sprunggelenk läßt sich sehr leicht in der Weise durchwärmen, daß man den Fuß mit der Sohle auf eine Bleiplatte setzt und eine zweite Elektrode (200 cm²) um den Unterschenkel befestigt (Fig. 61). Entsprechend der Einengung der Strombahn wird die stärkste Erwärmung im Sprunggelenk fühlbar. Die Stromstärke beträgt hierbei durchschnittlich 0,5 Ampere.

Will man beide Sprunggelenke gleichzeitig diathermieren, so genügt für beide Füße eine gemeinsame Fußplatte, der man zwei Unterschenkel-elektroden gegenüber stellt, die zusammen an den einen Pol des Apparates angeschlossen werden. Da auf diese Weise zwei parallele Stromkreise zustande kommen, auf welche sich der Strom verteilt, so ist die Stärke dieses auch doppelt so groß wie bei der Behandlung eines Gelenkes.

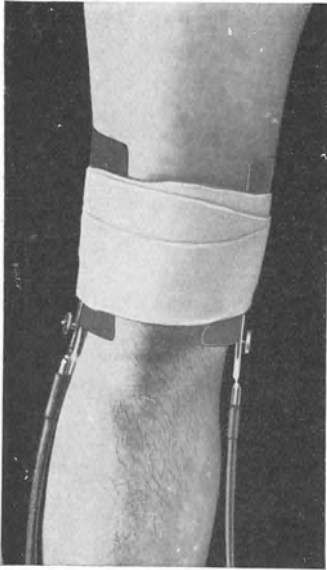


Fig. 62. Diathermie des Kniegelenkes.

gestreckt ist. Je eine Blei- oder Stanniolektrode (100 cm²) wird an der medialen und lateralen Seite des Gelenkes mittels umlaufender Binden befestigt (Fig. 62) und ein Strom von etwa 1 Ampere hindurchgeführt.

Statt der Parallelschaltung kann man aber auch eine Reihenschaltung wählen, indem man die Unterschenkelektroden wegläßt und jeden Fuß für sich auf eine besondere Platte stellt, die dann gegenpolig geschaltet werden. Dabei geht der Strom durch die ganze Länge der Beine, was unter Umständen zweckmäßig sein kann, aber natürlich zur Voraussetzung hat, daß der verwendete Diathermieapparat die zur Überwindung eines so hohen Widerstandes nötige Spannung liefert. Da bei dieser Anordnung die Sprunggelenke hintereinander von einem ungeteilten Strom durchsetzt werden, so ist die Stärke dieses hier nicht größer als bei der Behandlung eines einzigen Gelenkes.

Das Kniegelenk wird am besten im Liegen behandelt, wobei das Gelenk gestreckt ist. Je eine Blei- oder Stanniolektrode (100 cm²) wird an der medialen und lateralen Seite des Gelenkes mittels umlaufender Binden befestigt (Fig. 62) und ein Strom von etwa 1 Ampere hindurchgeführt.

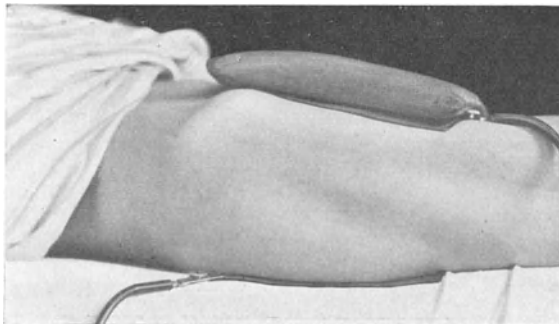


Fig. 63. Diathermie des Hüftgelenkes.

Es lassen sich auch leicht beide Kniegelenke gleichzeitig durchwärmen, wenn man sie in der eben angegebenen Weise mit Elektroden

ausrüstet und nun die beiden inneren Elektroden an den einen, die beiden äußeren an den anderen Pol anschließt. Daß die beiden medialen Elektroden gleichpolig sind, darf nicht übersehen werden. Ist das nicht der Fall, sondern haben sich ungleiche Polarität, dann kommt es bei einer zufälligen metallischen Berührung zwischen ihnen zu einem Kurzschluß, der den Apparat schädigen kann. Bei doppelseitiger Durchwärmung muß mit Rücksicht auf die Stromteilung auch die oben angegebene Stromstärke verdoppelt, also auf 1,5–2,0 Ampere erhöht werden.

Das Hüftgelenk ist wegen seiner tiefen Lage für sich allein nicht zu durchwärmen, es müssen immer gleichzeitig die breiten Muskelmassen, in die es eingebettet ist, mit durchwärmt werden. Der Kranke legt sich mit der einen Gesäßhälfte auf eine Bleiplatte (150–200 cm²), während man eine zweite gleichgroße Platte auf die Leistenbeuge bringt und

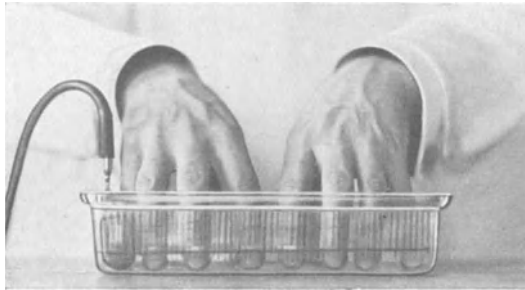


Fig. 64. Diathermie der Fingergelenke.

hier durch Auflegen eines Sandsackes festhält (Fig. 63). Stromstärke 1,5 Ampere und darüber.

Auch die gleichzeitige Durchwärmung beider Hüftgelenke läßt sich unschwer ausführen. Man legt die Elektroden links und rechts in der eben beschriebenen Weise an und verbindet nun die beiden rückwärtigen mit dem einen, die beiden vorderen mit dem anderen Pol des Apparates.

Die Fingergelenke werden so wie die Zehengelenke selten einzeln für sich, meist zu mehreren gleichzeitig behandelt. Man läßt die Spitzen der Finger auf eine Bleiplatte aufsetzen, die man in eine Instrumentenschale legt, um sie des besseren Kontaktes wegen etwa 1 cm hoch mit Wasser zu überschichten. Befestigt man dann eine zweite Bleielektrode (100–200 cm²) fesselförmig um den Unterarm, so zieht der Strom der Länge nach durch die Finger und ihre Gelenke, die bei einer Stromstärke von 0,3–0,5 Ampere ausreichend erwärmt werden (Fig. 64).

Bei doppelseitiger Erkrankung verwendet man zwei gleichpolige Unterarmelektroden, während die Fingerspitzen beider Hände gemeinsam in eine Schale tauchen. Stromstärke 0,5–0,8 Ampere.

Das Handgelenk läßt sich sehr einfach durchwärmen, wenn man eine zylindrische Griffelektrode in die Hand nimmt und eine Bleiplatte (200 cm²) um den Unterarm anlegt (Fig. 65). Das Handgelenk,

das den kleinsten Querschnitt der Strombahn bildet und gleichzeitig infolge seiner Zusammensetzung aus Bändern und Knochen auch den höchsten Widerstand darstellt, wird sich dabei am meisten erwärmen. Dieser Anordnung entspricht eine durchschnittliche Stromstärke von 0,3—0,5 Ampere.

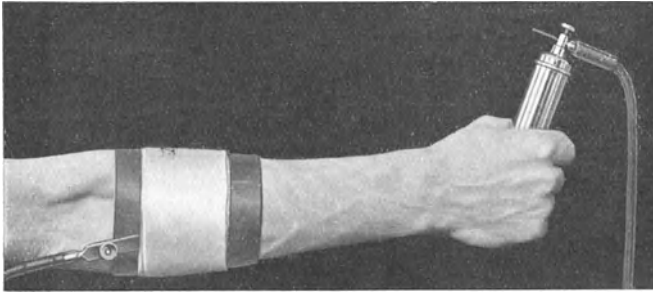


Fig. 65. Diathermie des Handgelenkes.

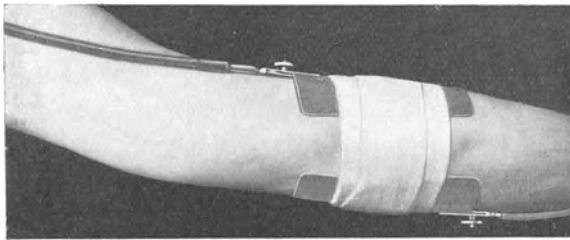


Fig. 66. Diathermie des Ellbogengelenkes (quer).

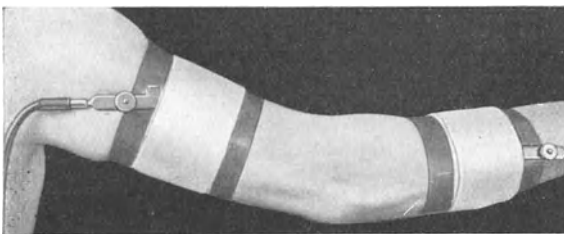


Fig. 67. Diathermie des Ellbogengelenkes (längs).

Sind beide Handgelenke erkrankt, so genügen zwei Handelektroden allein, welche an die beiden Pole des Apparates angeschlossen werden und den Strom von Hand zu Hand schließen.

Ist dem Kranken das Halten einer Griffelektrode unmöglich, weil er die Finger nicht oder nur unvollkommen zur Faust schließen kann, so läßt man ihn die Hand mit der Volarseite auf eine Bleiplatte legen und befestigt eine zweite Elektrode um den Unterarm. Man kann in

diesem Fall auch eine Querdurchwärmung des Handgelenkes machen, wobei man auf dessen Beuge- und Streckseite je eine Blei- oder Stanniolektrode aufbindet.

Das Ellbogengelenk. Kann dieses gestreckt werden, dann durchwärmt man es in seiner Querachse. Man bringt beuge- und streckseits auf das Gelenk eine Blei- oder Stanniolektrode (100 cm²), die man durch Binden befestigt (Fig. 66). Stromstärke 0,8—1,0 Ampere.

Ist das Gelenk nicht vollkommen streckbar, dann diathermiert man dasselbe der Länge nach, indem man an der Streckseite des Unter- und Oberarmes je eine Bleielektrode (200 cm²) oder eine Stanniolbinde anlegt, wobei die Stromstärke 0,5—1,0 Ampere beträgt (Fig. 67). Ein

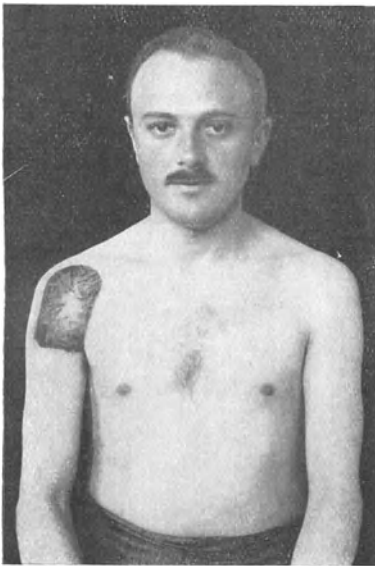


Fig. 68. Diathermie des Schultergelenkes mit zwei aktiven Elektroden.



Fig. 69. Diathermie des Schultergelenkes mit einer aktiven Elektrode.

Nachteil dieser Methode ist der, daß es bei ihr leicht zu einer Überhitzung in der Ellbogenbeuge kommt, weil der Strom hauptsächlich den hier verlaufenden gutleitenden Gefäßen folgt.

Das Schultergelenk. Die Diathermie des Schultergelenkes ist technisch schwieriger als die der anderen Gelenke. Man kann sie in verschiedener Weise ausführen. Will man das Gelenk in sagittaler Richtung durchwärmen, dann legt man eine entsprechend zurechtgeschnittene Stanniolektrode auf die Vorderseite, eine gleiche auf die Rückseite des Gelenkes (Fig. 68). und befestigt sie samt den Hilfelektroden und einer Watteschichte mittels einer Spica humeri. Stromstärke 1,0 Ampere.

Nicht unzumutbar ist auch eine andere Art der Durchwärmung. Man klebt auf die Höhe des Gelenkes ein ovales Stanniolblatt (Fig. 69), das man durch Faltung seiner Ränder der Schulterwölbung gut anpaßt

und durch Binden festhält. Als zweite inaktive Elektrode dient eine große Bleiplatte (300 cm²), die an der entgegengesetzten Seite der Brustwand befestigt wird. Die Stromlinien verlaufen dann in einer schiefen Pyramide, deren Basis die Bleiplatte, deren Spitze das Schultergelenk bildet, in welchem die Erwärmung infolge der hier stattfindenden Verdichtung der Stromlinien am stärksten wird. Hierbei kommt eine durchschnittliche Stromstärke von 1,0 Ampere zur Anwendung.

Leichter als die Diathermie eines einzelnen Gelenkes ist die gleichzeitige Durchwärmung beider. Man befestigt dann über beiden Seiten je ein Stanniolblatt in der angegebenen Art und läßt den Strom in einer Stärke von 1 Ampere von Schulter zu Schulter traversieren. Dabei tritt eine merkbare Erwärmung nur in den Schultergelenken auf, weil bei dem Durchtritt des Stromes durch den Brustkorb der Querschnitt der Leitungsbahn ein sehr großer und damit die Streuung der Stromlinien eine sehr bedeutende ist.

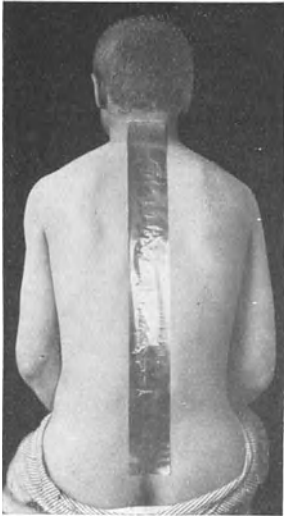


Fig. 70. Diathermie der Wirbelsäule.

Das Kiefergelenk diathermiert man, indem man auf dasselbe eine kleine runde Stanniolelektrode (3 cm Durchmesser) als aktiven Pol auflegt und eine größere Bleiplatte als inaktive Elektrode auf die Wange der entgegengesetzten Seite bringt. Bei doppelseitiger Erkrankung werden zwei gleichgroße Elektroden einander gegenüber gestellt.

Die Wirbelgelenke kommen in der Regel wegen einer Arthritis deformans zur diathermischen Behandlung. Am häufigsten sitzt diese Erkrankung im lumbalen, etwas seltener im zervikalen Anteil der Wirbelsäule. Man bedeckt den ergriffenen Abschnitt mit einem Stanniol- oder Bleistreifen von entsprechender Länge und einer Breite von 6–8 cm. Die Fixation der Elektrode erfolgt am einfachsten dadurch, daß sich der Kranke auf diese legt, wobei man durch Unterpolstern

an den konkaven Teilen des Rückens für ein gutes Anliegen Sorge tragen muß. Ein oder zwei große Bleiplatten bringt man als inaktiven Pol auf die Brust, bzw. den Bauch und beschwert sie mit einem Sandsack.

Erstreckt sich die Erkrankung auf die ganze Wirbelsäule, so wird diese ihrer ganzen Länge nach mit einem schmiegsamen Metallstreifen bedeckt (Fig. 70). Die anwendbare Stromstärke beträgt in diesem Fall 2,5–3,0 Ampere. Bei Teildurchwärmungen ist sie je nach der Größe der aktiven Elektrode entsprechend geringer.

Die Diathermie ungleichnamiger oder zahlreicher Gelenke. Wie wir gesehen haben, lassen sich symmetrische Gelenke leicht zu gleicher Zeit behandeln, indem man sie parallel oder in Reihe in den Stromkreis schaltet. Aber auch bei ungleichnamigen Gelenken geht das bisweilen ohne weiteres. Benützt man die oben angegebene Technik, so wird man

bei der Parallelschaltung eines Hüft- und Kniegelenkes meist in beiden Gelenken ohne sonstige Behelfe den gewünschten Erwärmungsgrad erhalten. Sollte das jedoch nicht der Fall sein, so kann man dieses Ziel mit Hilfe eines Verteilerwiderstandes erreichen; man schaltet in den Stromkreis jenes Gelenkes, das in seiner Erwärmung dem anderen voraus ist, etwas Widerstand ein und wird so die Erwärmung gleichmäßig gestalten. Auf diese Weise lassen sich leicht zwei oder drei, ja selbst vier unsymmetrische Gelenke gleichzeitig diathermieren.

Sind von der Erkrankung zahlreiche oder fast alle Gelenke des Körpers ergriffen, wie dies so häufig bei der Arthritis progressiva vorkommt, dann wird man der mehrfachen örtlichen Diathermie die allgemeine Diathermie vorziehen. Dort, wo auch die Finger- und Handgelenke miterkrankt sind, wähle ich öfters eine Methode, bei der die Fingerspitzen auf einer mit Wasser überschichteten Bleiplatte ruhen und die entblößten Füße auf einer größeren Platte stehen (Fig. 53, S. 56).

III. Die Erkrankungen der Muskeln.

Die Myalgie.

Die Myalgie, gewöhnlich als Muskelrheumatismus bezeichnet, fassen wir mit A. Schmidt als eine Neuralgie der sensiblen Muskelnerven auf. Diese Neuralgien reagieren oft in erstaunlich günstiger Weise auf die Diathermie. Allerdings ist dabei im Auge zu behalten, daß derartige Erkrankungen häufig auch auf andere Methoden wie eine Heißluftbehandlung, eine Massage oder faradische Pinselung überraschend schnell zurückgehen, was in dem flüchtigen, sprunghaften Charakter vieler Myalgien begründet ist. Nichtsdestoweniger sieht man nicht selten Muskelschmerzen, die den verschiedensten Heilversuchen trotzen und die auf wenige Diathermiebehandlungen verschwinden.

Als bekannteste Form der Myalgie sei die **Myalgia lumbalis** hier angeführt. Die Technik ihrer Behandlung ist folgende. Man bedeckt die schmerzhaften Muskelpartien mit einer Bleiplatte (200 cm²), die dadurch fixiert wird, daß sich der Kranke auf dieselbe legt. Ihr gegenüber auf die vordere Bauchwand bringt man eine etwas größere Platte (300 bis 400 cm²), die man durch einen aufgelegten Sandsack andrücken läßt. Die Stromstärke schwankt zwischen 1,0—1,5 Ampere, die Dauer der Behandlung beträgt 20—30 Minuten. Recht zweckmäßig erscheint es mir, in geeigneten Fällen unmittelbar an die Durchwärmung eine Massage anzuschließen.

In analoger Weise verfährt man bei der Behandlung anderer Myalgien. Nur in seltenen Fällen wird es möglich sein wie vielleicht an den Extremitäten, die erkrankten Muskeln zwischen zwei gleichgroße Elektroden zu fassen. In der Regel wird man so wie bei der Lumbago zwei ungleichgroße Elektroden benützen, von denen man die kleinere als aktiven Pol auf die schmerzhafteste Muskelgruppe bringt, die größere als inaktiven ihr möglichst diametral gegenüberstellt. Dies trifft zum Beispiel für alle Durchwärmungen an der Muskulatur des Rumpfes zu.

Eine Durchwärmung der Rückenmuskeln in der Weise vorzunehmen, daß man zwei Elektroden nebeneinander auf den Rücken legt, wie ich dies einige Male von anderer Seite ausführen sah, beweist ein tiefes Unverständnis für die physikalischen Grundlagen des Verfahrens. Eine Verbrennung der dazwischen liegenden Hautbrücke ist meist das Ergebnis eines solchen Eingriffes.

Die Verletzungen der Muskeln.

Quetschungen, Dehnungen und Zerreißen der Muskulatur bilden ein sehr dankbares Behandlungsobjekt für die Diathermie, welche vor allem die Schmerzen günstig beeinflußt und den hypertonen Reizzustand der Muskeln herabsetzt, womit die Beschwerden der Kranken rasch beseitigt werden. Gleichzeitig wird es möglich, Massage und Heilgymnastik zur Förderung der Heilung frühzeitig anzuwenden.

Zweimal hatte ich Gelegenheit, die Diathermie bei Myositis ossificans zu versuchen. In dem einen Fall, bei dem es sich um eine lokale Erkrankung infolge eines Traumas handelte, war der Einfluß der Durchwärmung ein sehr günstiger, in dem zweiten, bei dem eine chronisch verlaufende allgemeine Muskelerkrankung vorlag, war dieser Einfluß ein geradezu spezifischer.

Erwähnen möchte ich noch, daß mir auch bei einer Dystrophia musculorum die kombinierte Anwendung von Diathermie und Massage gute Dienste leistete.

IV. Die Erkrankungen des Nervensystems.

Die Neuralgie und Neuritis.

Allgemeines. Die Neuralgie läßt sich von der Neuritis diagnostisch nicht scharf abgrenzen, noch weniger ist das therapeutisch der Fall. Es gelten daher für beide die gleichen Grundsätze der Behandlung.

Die Wirkung der Diathermie bei neuralgischen und neuritischen Schmerzen ist eine unberechenbare. Wir sehen überraschende Erfolge in Fällen, die lange Zeit völlig ergebnislos mit anderen Methoden behandelt worden sind, und wir sehen andererseits wieder Fälle, in denen die Diathermie vollkommen versagt. Das wird den erfahrenen Praktiker nicht überraschen, der weiß, wie launisch, wechselnd und unfaßbar gerade die neuralgischen Schmerzen sind. Es wird dies verständlich, wenn wir bedenken, daß wir über das Wesen und die Ätiologie vieler Neuralgien noch so gut wie gar nichts wissen. Wir sind hier therapeutisch auf das reine Probieren angewiesen. Die Diathermie teilt in diesem Punkte das Schicksal manches anderen Heilverfahrens, das sich einmal außerordentlich wirksam, ein anderes Mal in einem anscheinend ganz gleichen Fall vollkommen wirkungslos erweist. Immerhin aber dürfen wir behaupten, in der elektrischen Durchwärmung ein Mittel zu besitzen, das in der Reihe der physikalischen Antineuralgika einen allerersten Rang einnimmt und das häufig auch dort noch einen Erfolg erringt, wo andere Mittel versagen. Die Diathermie ist darum eines Versuches in jedem Fall wert.

Verspricht die diathermische Behandlung Aussicht auf Erfolg, so macht sich dieser in der Regel sehr rasch bemerkbar. Man sieht nicht selten schon nach ein, zwei oder drei Sitzungen ein auffallendes

Nachlassen der Schmerzen. Ist nach 10, längstens 15 Sitzungen keine Besserung, auch nicht eine solche geringen Grades, zu erkennen, dann halte ich es für geraten, die Diathermie als aussichtslos aufzugeben und mit einem anderen Verfahren zu vertauschen.

Bei der Diathermie von Neuralgien sei man anfangs vorsichtig, insbesondere in frischen Fällen. Ich konnte mich, als meine Erfahrung in diesen Dingen noch eine geringere war, wiederholt davon überzeugen, daß zu starke Erhitzungen die Schmerzen in beträchtlicher Weise zu steigern vermögen. Empfinden die Patienten während der Durchwärmung eine Zunahme des Schmerzes, berichten sie, daß sich in dem erkrankten Nerven das Gefühl des Ziehens, ähnlich dem Gefühl eines Zahnschmerzes einstelle, so ist das ein sicherer Beweis dafür, daß die angewendete Stromstärke zu groß ist. Eine Verminderung derselben läßt den charakteristischen Diathermieschmerz prompt verschwinden. Beachtet man jedoch diese Mahnung nicht, so kann eine viele Stunden, ja tagelang währende Verschlimmerung des Leidens die unmittelbare Folge des therapeutischen Eingriffes sein. Je vorsichtiger man zu Werke geht, desto sicherer wird man derartige unerwünschte Zufälle, die dann immer als „Reaktionen“ ausgegeben werden, vermeiden.

Man beginne daher die Behandlung stets mit kleinen Stromdosen. Man wird beobachten, daß viele Kranke schon auf ganz leichte Durchwärmungen eine ausgesprochene Erleichterung ihrer Schmerzen fühlen. Wird die Behandlung gut vertragen, so kann man langsam mit der Stromstärke steigen, bis man die bestmögliche Wirkung erzielt. Die Durchwärmung wird, je nach der Art der Erkrankung, jeden oder jeden zweiten Tag wiederholt, die Dauer derselben beträgt 20—30 Minuten.

Die Neuralgia ischiadica ist die häufigste Form der Neuralgie und, was über diese im allgemeinen gesagt wurde, gilt für die Ischias in ganz besonderer Weise. Bekommt man einen Kranken mit einer Ischias zur Behandlung, so ist es von vorneherein nie zu sagen, wie dieser auf die Diathermie reagieren wird. Man steht also bei jedem neuen Kranken immer wieder vor dem Versuch. Es ist aber außer Zweifel, daß die Diathermie sich öfters in Fällen wirksam erweist, die jeder anderen Therapie unzugänglich waren.

Ich habe mich im Verlaufe der Jahre daran gewöhnt, bei einer ausgebildeten Ischias das erkrankte Bein seiner ganzen Masse nach zu durchwärmen und von der in der Elektrotherapie so beliebten Behandlung einzelner Nervenpunkte abzusehen, in der Erwägung, daß die Erkrankung sich nicht selten bis in die feinsten Muskeläste (Myalgie) erstreckt, ja daß die Muskelfasern häufig in Form einer Atrophie selbst miterkrankt sind, und daß sich schließlich auch vasomotorische Störungen in der Haut (Kältegefühl, Zyanose) finden. Diese Verhältnisse lassen es mir wünschenswert erscheinen, eine gleichmäßige Durchwärmung aller dieser Teile anzustreben. Nur dort, wo sich die Schmerzen auf eine ganz kurze Strecke des Nerven oder eine ganz beschränkte Muskelgruppe lokalisieren, begnüge ich mich mit der örtlichen Diathermie.

Eine homogene Durchwärmung eines Beines läßt sich mit zwei Elektroden kaum erreichen. Legt man eine derselben an der Hüfte, die zweite an der Wade an, so erhält man schon bei einer Stromstärke

von 0,5 Ampere und wenig darüber eine Überhitzung in der Kniekehle, wo sich die Stromlinien den Gefäßen folgend konzentrieren, während alle übrigen Teile eine kaum nennenswerte Temperaturerhöhung zeigen.

Will man das ganze Bein gleichmäßig durchwärmen, so braucht man hierzu drei Elektroden; am besten benützt man Bleiplatten. Eine derselben (300 cm²) legt man an der Vorderseite des Oberschenkels über dem Kniegelenk an, eine zweite, etwas kleinere (200 cm²) kommt fesselförmig um die Wade, während die dritte (200–300 cm²) unter das Gesäß geschoben wird, wobei man, falls die Unterlage nicht weich genug ist, durch Unterpolsterung dafür sorgen muß, daß sich die Elektrode der Gesäßwölbung gut anpaßt (Fig. 71).

Sind die Elektroden angelegt, so verbindet man sie mit dem Apparat in der Weise, daß man die mittlere für sich allein an den einen Pol, die beiden anderen zusammen an den zweiten Pol anschließt. Der von dem Apparat kommende Strom teilt sich an der mittleren Elektrode in einen knieaufwärts und einen knieabwärts steigenden Zweig, die bei den gegebenen Widerständen meist von solcher Größe sind, daß sich

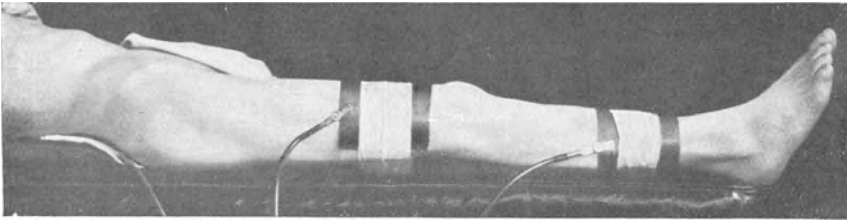


Fig. 71. Diathermie des Beines bei Ischias.

Ober- und Unterschenkel gleich stark erwärmen. Sollte dies jedoch nicht der Fall sein, dann kann man die Erwärmung gleichmäßig gestalten, wenn man mit Hilfe eines Verteilers in jenen Stromkreis Widerstand einschaltet, in dem die größere Erwärmung fühlbar ist. Die zur Anwendung kommende Stromstärke beträgt 1,5–2,5 Ampere, was der Summe beider Teilströme entspricht.

Die Neuralgia brachialis kann therapeutisch in ähnlichem Sinn bewertet werden wie die Ischias. Doch will es mir scheinen, daß die Armeuralgie häufig noch viel günstiger als die Ischias durch Diathermie beeinflusst wird. Ich konnte bei manchen Kranken schon nach 1 bis 2 leichten Durchwärmungen ein so entscheidendes Nachlassen der Schmerzen beobachten, daß mir die Wirkung der Diathermie hier außer allem Zweifel steht.

Die Technik der Durchwärmung ist eine einfache. Es genügt vielfach eine Elektrode um den Unterarm, bzw. Oberarm und eine zweite über dem Schulterblatt oder der Wirbelsäule anzulegen und einen Strom von 0,7–0,8 Ampere durch die Extremität zu schicken. Gleichmäßiger wird die Durchwärmung des Armes, wenn man sich wie bei der Behandlung der Ischias dreier Elektroden bedient, wobei die mittlere, am Oberarm liegende, an den einen Pol, die Schulter- und Unterarmelektrode

zusammen an den zweiten Pol des Apparates geschaltet werden. Die Stromstärke ist dann wegen der Stromteilung eine etwas größere und kann 1,5 Ampere erreichen.

Die Neuralgie des Nervus trigeminus betrifft selten alle drei Äste des Nerven, meist ist sie auf den einen oder den anderen, am häufigsten auf den dritten Ast beschränkt. Für die Behandlung schneidet man sich ein Stanniolpapier zurecht, das in seiner Größe und Form dem Ausbreitungsgebiet des Schmerzes entspricht (Fig. 72), und klebt dieses auf die angefeuchtete Haut. Darauf bringt man die Hilfselektrode und eine Schichte Watte, die man mittels Binden am Kopf befestigt, um der Elektrode einen guten Kontakt zu sichern. Als inaktive Elektrode dient eine Bleiplatte (200 cm²), die man auf den Rücken, oder, wo dies bequemer ist, um den Vorderarm legt. Die Stromstärke beträgt je nach der Größe der Gesichtselektrode 0,2 bis 0,5 Ampere.

Die Neuralgie des Nervus occipitalis major ist mit Rücksicht darauf, daß das Ausbreitungsgebiet dieses Nerven von Haaren bedeckt ist, diathermisch nicht leicht zu behandeln. Um die aktive

Elektrode möglichst hoch am Hinterhaupt anlegen zu können, kann man sich bei Männern dadurch helfen, daß man die Haare kurz schert, bei Frauen wird man sich damit begnügen müssen, die untere Haargrenze gut anzufeuchten. Als Elektrode dient am besten eine ganz dünne schmiegsame Stanniol- oder Bleifolie in einem Ausmaß von 50—100 cm². Man befestigt sie entweder mit einer Binde am Schädel oder bringt sie auf eine Kopfrolle, ein zusammengerolltes Leintuch oder eine ähnliche Unterlage, auf die sich der Kranke mit dem Nacken legt. Eine größere Bleiplatte wird als inaktive Elektrode auf die Brust gebracht und durch einen leichten Sandsack oder die Hand hier festgehalten. Stromstärke 0,5—0,8 Ampere.

Ist die Okzipitalneuralgie die Folge einer Arthritis deformans der Halswirbelsäule, dann ist man in der Lage, das Leiden auch ursächlich zu behandeln, indem man den Halsabschnitt der Wirbelsäule einer Diathermie unterzieht.

Die Interkostalneuralgie. Da es kaum möglich ist, das ganze Ausbreitungsgebiet eines Interkostalnerven gleichmäßig zu durchwärmen, so beschränkt man sich meist darauf, den Ausgangspunkt oder den Hauptsitz des Schmerzes zum Angriffspunkt der Behandlung zu machen. So werden wir bei Herpes zoster, als dessen Ursache wir heute eine Entzündung des Spinalganglions ansehen, vorzugsweise dieses diathermisch behandeln. Eine Blei- oder Stanniolektrode (50—100 cm²) legen wir als aktiven Pol auf die Gegend, welche dem erkrankten Ganglion

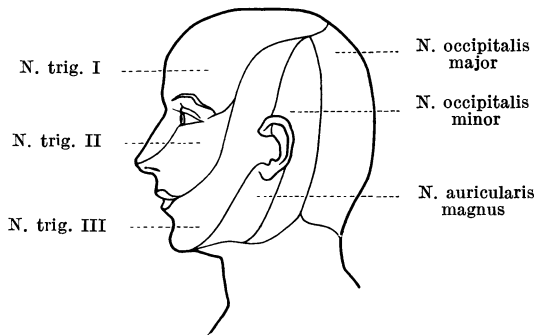


Fig. 72. Hautnerven des Kopfes.

entspricht, eine etwas größere Bleiplatte als inaktiven Pol ihr gegenüber auf die vordere Brustwand. Ein paar umlaufende Bindentouren halten beide Elektroden fest.

Ist nur der vordere Ast eines Interkostalnerven von der Neuralgie ergriffen, dann kann man auch zwei gleichgroße Elektroden verwenden, von denen die eine auf das Schmerzgebiet, die zweite auf jenen Rückenmarksabschnitt zu liegen kommt, aus dem die betroffene Nervenwurzel entspringt. Stromstärke 0,5—1,0 Ampere.

Die Polyneuritis. Handelt es sich um Schmerzen im Gebiete mehrerer oder zahlreicher Nerven, so wird es zweckmäßig sein, statt einer mehrfachen örtlichen Behandlung eine allgemeine Diathermie zu machen. Der Grad der Durchwärmung ist je nach der Art des Falles ein verschiedener. Man wird um so vorsichtiger sein, je akuter die Erkrankung ist. Während man sich in frischen Fällen mit einer ganz gelinden Durchwärmung begnügt, kann man diese bei länger bestehenden Schmerzen bis zum Schweißausbruch steigern.

Andere Neuralgien. Lähmungen. Anhangsweise möchte ich erwähnen, daß die Diathermie von Unna auch bei der Nervenlepra, von Schwalbach und Bucky bei der Neuritis nach Schußverletzungen, wie wir sie im Kriege so häufig sahen, empfohlen wurde. Auch zur Behandlung von Lähmungen wurde sie von einzelnen Autoren, wie Labbé und Blanche, Tobias u. a. herangezogen. Da die Hochfrequenzströme keinen erregenden Einfluß auf die Muskeln haben, so dürfte ihre Wirkung bei der Lähmungsbehandlung wohl nur in einer Förderung der Muskelernährung bestehen. Es wäre die Diathermie also hier einer Heißluftbehandlung oder Massage gleichzustellen, deren Zweck ja ebenfalls darin liegt, durch Anregung der Zirkulation den Verfall der Muskelfasern hintanzuhalten und die regenerativen Vorgänge zu unterstützen. Eine Verbindung der Diathermie mit einer nachfolgenden Galvanisation oder Faradisation, wie sie Tobias empfiehlt, scheint mir nicht unzweckmäßig.

Tabes dorsalis.

Allgemeines. Da bei der Tabes vorwiegend die sensiblen Neurone von der Degeneration ergriffen sind, stehen die Schmerzen häufig im Vordergrund des ganzen Krankheitsbildes. Es war darum naheliegend, den beruhigenden Einfluß der Diathermie auch bei tabischen Schmerzen zu erproben, um so mehr als bei diesen die Hochfrequenztherapie in Form der Arsonvalisation schon seit langem erfolgreich verwendet wird. In der Tat sieht man auch von der Anwendung der Diathermie bei den Schmerzen der Tabeskranken manchen überraschenden, ja geradezu erstaunlichen Erfolg.

Ich erinnere mich an einen Tabiker, der viele Wochen hindurch an lanzinierenden Schmerzen litt, infolge dieser nicht gehen konnte und mit den verschiedensten Mitteln und Methoden ergebnislos behandelt worden war. Nach einer einzigen Diathermiesitzung waren seine Schmerzen so beträchtlich gebessert, daß er sich ohne Hilfe von dem Behandlungsbett erheben und freigehend das Zimmer verlassen konnte. Ich glaube nicht, daß bei heftigen lanzinierenden Schmerzen der suggestive Eindruck der Diathermie einen solchen Erfolg erzielen kann.

Um die Erwartungen aber nicht zu hoch zu spannen, möchte ich doch nicht unerwähnt lassen, daß es ebenso wie andere auch tabische Neuralgien gibt, die auf die Diathermie nicht reagieren. Immerhin halte ich die elektrische Durchwärmung für ein sehr wertvolles Mittel zur Bekämpfung der oft so quälenden tabischen Schmerzen, zumal bei diesen häufig alles andere versagt.

Die Technik der Durchwärmung. Vor der Behandlung jedes Tabikers überzeuge man sich, ob seine Temperaturempfindung eine normale ist. Trifft das nicht zu, dann mache man die Diathermie mit größter Vorsicht, um eine Verbrennung zu vermeiden; insbesondere verwende man nicht zu kleine Elektroden, damit die Stromdichte keine zu große wird.

Die Durchwärmung soll im allgemeinen mäßig stark sein, Überhitzungen sollen vermieden werden, da erfahrungsgemäß Tabeskerne extreme Temperaturwendungen wie heiße Bäder u. dgl. schlecht vertragen. Ist das die Regel, so möchte ich doch beifügen, daß ich Kranke gesehen habe, welche angaben, daß die Durchwärmung um so wirkungsvoller wäre, je stärker sie sei.

Die Verteilung der Elektroden wird je nach dem Sitz der Beschwerden eine verschiedene sein. Da bei der Tabes die hinteren Wurzeln und ihre Fortsetzungen im Rückenmark den anatomischen Sitz der Erkrankung darstellen, so lege ich häufig die eine Elektrode auf jenen Abschnitt der Wirbelsäule, welcher der Wurzelzone des ergriffenen Nerven entspricht, die zweite auf das eigentliche Schmerzgebiet.

Bei lanzinierenden Schmerzen in den Beinen wird man also die eine Bleiplatte (200—300 cm²) auf den unteren Teil der Brustwirbelsäule, entsprechend dem Lumbalmark, bringen, während man zwei gleichpolig geschaltete Elektroden (200 cm²) an den Waden oder Oberschenkeln befestigt.

Bei Magenkrise bedeckt man die Magengegend mit einer Bleiplatte (150—200 cm²) und setzt eine gleichgroße Platte auf das Rückenmark in der Höhe des Ursprunges der 7.—9. Wurzel, die nach O. Förster durch Vermittlung der Rami communicantes und des Sympathikus vorwiegend an der Entstehung der Magenschmerzen beteiligt sind.

Man könnte bei lokalisierten tabischen Schmerzen auch den Versuch machen, diese dadurch zu beeinflussen, daß man nur den in Betracht kommenden Rückenmarksabschnitt mit seinen Wurzeln durchwärmt, indem man auf diesen eine kleinere aktive und gegenüber auf die vordere Brustwand eine größere inaktive Elektrode legt.

Bei wandernden Schmerzen, die bald hier, bald dort im Körper aufschießen, scheint mir eine leichte Allgemeindurchwärmung die beste Behandlungsmethode zu sein.

Erkrankungen des Zentralnervensystems anderer Art.

Die multiple Sklerose. Die Erfahrung, daß die Wärme den gesteigerten Muskeltonus und die Reflexerregbarkeit herabsetzt, legte mir den Gedanken nahe, die Diathermie auch bei multipler Sklerose zu versuchen. Ich habe 15 Fälle mit allgemeiner Durchwärmung teils nach Methode I, teils nach Methode II behandelt und konnte etwa bei 10 von ihnen

ein deutliches Nachlassen der spastischen Erscheinungen, eine Besserung des Ganges und des subjektiven Befindens erzielen. Die Durchwärmungen sollen nur ganz leichte sein.

Die Paralysis agitans ist eines der traurigsten Kapitel für die Therapie. Die Aussichtslosigkeit der meisten physikalischen Methoden und die eben dargelegten Erwägungen ließen mich auch hier einen Versuch mit allgemeiner Diathermie machen. Das Ergebnis war ein sehr bescheidenes. In zwei Fällen konnte ich eine leichte Besserung feststellen, bei sechs anderen Kranken, die ich behandelte, war das Resultat ein vollkommen negatives.

Die Neurasthenie und andere Neurosen.

Allgemeines. Es ist eine seit langem gemachte Beobachtung, daß die Diathermie bei manchen Kranken schon nach ihrer örtlichen, viel häufiger aber noch nach ihrer allgemeinen Anwendung ein Ruhebedürfnis erzeugt, das sich nach intensiven Durchwärmungen bis zum Schlafbedürfnis steigern kann. Derartige Wirkungen treten als Nebenerscheinungen auch dort auf, wo sie gar nicht das Ziel der Behandlung darstellen und werden von den Kranken angegeben, ohne daß diese danach gefragt werden.

Die Diathermie übt also zweifellos einen sedativen Einfluß auf das Nervensystem aus. Dabei spielt sicherlich die durch die Erwärmung zustande kommende Veränderung der Blutverteilung, die Verschiebung des Blutes nach der Haut, eine Rolle, vielleicht kommt auch ein unmittelbarer Einfluß auf das Zentralnervensystem in Betracht. Es scheinen leichte Allgemeindurchwärmungen in ähnlicher Weise beruhigend zu wirken wie ein laues Bad, während stärkere in ihrer Wirkung einem heißen Bade gleichkommen, das bei längerer Dauer ermüdend wirkt.

Auf diese Beobachtungen gestützt wenden wir die Diathermie an: 1. in Form der Allgemeindurchwärmung, um eine allgemeine Übererregbarkeit, wie sie bei der Neurasthenie und anderen Neurosen besteht, herabzusetzen. 2. In Form der lokalen Durchwärmung, um sensible oder motorische Reizerscheinungen einzelner Organe wie des Herzens, des Magens, des Darmes, der Blase zu beseitigen.

Die allgemeine Diathermie kann nach der I. oder II. Methode ausgeführt werden, wobei die Erwärmung nur so stark sein soll, daß sie eine gelinde, wohlige Hauthyperämie, keineswegs aber einen Schweißausbruch zur Folge hat. Der Einfluß einer solchen Behandlung auf die psychische Stimmung des Kranken und sein körperliches Wohlbefinden ist oft ein ganz ausgezeichneter. Die nervöse Übererregbarkeit, die Schlaflosigkeit und ähnliche Erscheinungen schwinden häufig in überraschend kurzer Zeit.

Sehr geeignet für die Durchwärmung scheinen mir auch jene allgemeinen neurasthenischen Muskel- und Nervenhyperästhesien zu sein, die sich zeitweilig zu spontanen Schmerzen verdichten und dann fälschlich als „Rheumatismus“ angesehen werden.

Die lokale Diathermie ist ein hervorragendes Beruhigungsmittel bei sensiblen Reizerscheinungen funktioneller Art wie nervösen Schmerzen

des Herzens, des Magens, der Blase usw. Auch bei motorischer Übererregbarkeit, wie sie in dem Kardiospasmus, Pylorospasmus und der spastischen Obstipation ihren Ausdruck findet, hat sie mir gute Dienste geleistet. Die Anwendung der Diathermie bei diesen Störungen werden wir bei den Erkrankungen der betreffenden Organe behandeln.

Die Beschäftigungsneurosen sind der Neurasthenie enge verwandt, sie erwachsen ja meist auf derselben neuropathischen Grundlage. Dementsprechend erfordern sie auch eine doppelte Behandlung, einerseits eine allgemeine, welche sich gegen die nervöse Konstitution des Kranken, und andererseits eine lokale, die sich gegen die besonderen Beschwerden desselben richtet. Letztere bestehen entweder in Krämpfen, als deren Typus der Schreibkrampf angesehen werden kann, oder bloß in einem Zittern, einer einfachen Schwäche oder einem Ermüdungsgefühl, das sich bei Aufnahme einer bestimmten Beschäftigung einstellt.

Von allen elektrotherapeutischen Methoden scheint die Diathermie wegen ihrer antispasmodischen Wirkung zur Behandlung dieser Zustände am geeignetsten zu sein, leider sind ihre praktischen Erfolge recht bescheidene. Bisweilen erzielt man eine leichte Besserung, sehr häufig aber läßt uns auch die Diathermie bei den Beschäftigungsneurosen gänzlich im Stich.

V. Die Erkrankungen des Herzens und der Blutgefäße.

Die Erkrankungen des Herzens.

Anzeigen. Von den Erkrankungen des Herzens kommen für die Diathermie in Betracht:

1. **Herzmuskelerkrankungen.** Die günstige Wirkung, die man bei der Behandlung verschiedener Schmerzen mit der elektrischen Durchwärmung beobachtet hatte, legten es nahe, sie auch bei Herz- und Gefäßschmerzen zu erproben. Die Erfahrung lehrte, daß jener neuralgieforme Symptomenkomplex, den wir als Angina pectoris bezeichnen, von der Diathermie oft hervorragend günstig beeinflußt wird (Morlet, Moeris, Kalker, Rautenberg, Nagelschmidt u. a.). Die Diathermie bildet daher einen wertvollen Behelf bei allen Formen von Herzmuskelerkrankungen, die von stenokardischen Beschwerden begleitet werden. Die Schmerzen während des Anfalles lassen oft schon nach einer oder zwei Durchwärmungen nach, die Anfälle werden im Verlauf der Behandlung immer seltener und verschwinden häufig ganz. Das Druckgefühl, das vielfach auch in der anfallsfreien Zeit besteht oder für sich die einzige Klage des Patienten bildet, beginnt zu weichen. Die Kranken fühlen sich glücklich und sind dankbar für die ihnen verschaffte Erleichterung, auch dann, wenn der Erfolg kein bleibender ist und sich nach Wochen oder Monaten neuerlich Beschwerden einstellen. In der Regel lassen sich diese durch eine neue Behandlung ebenso rasch wieder beseitigen.

Allerdings ist der oft zauberhafte Erfolg der Diathermie bei Angina pectoris kein konstanter. Es gibt Kranke mit typischen stenokardischen Anfällen, bei denen die Diathermie glatt versagt. Das möge immer im Auge behalten werden, um die Methode richtig zu bewerten, um sie vor einer Überschätzung ebenso wie vor einer Unterschätzung zu bewahren. Unter den gegebenen Verhältnissen erscheint es mir aber bei einem so schweren und quälenden Leiden, wie es die Angina pectoris ist, geradezu Pflicht zu sein, auch einen Versuch mit der Diathermie zu machen, wenn andere Mittel, wie ja so häufig, nicht zum gewünschten Ziele führen.

2. Herzneurosen. Der beruhigende Einfluß der elektrischen Durchwärmung macht sich auch bei funktionellen Herzbeschwerden wie Druckgefühl, Schmerzen in der Herzgegend, Herzklopfen u. dgl. in günstiger Weise geltend und es fallen daher auch Störungen rein nervöser Art in das Indikationsbereich der Diathermie.

3. Herzklappenfehler. Die gleichen subjektiven Beschwerden, wie sie dem Krankheitsbild einer Herzneurose eigen sind, finden sich auch als Begleiterscheinung organischer Herzfehler und belästigen den Kranken oft in viel höherem Maße als die gleichzeitig vorhandene Kreislaufstörung. Auch hier leistet uns die Diathermie gute Dienste. Ihre Anwendung bei Klappenfehlern hat aber weiterhin gezeigt, daß die Durchwärmung auch auf die motorische Kraft des Herzens einen günstigen Einfluß ausübt. Die Insuffizienzerscheinungen bilden sich im Verlaufe einer Diathermiekur zurück, die Diurese steigt, die Ödeme schwinden, das subjektive Befinden des Kranken wird gebessert.

Rautenberg war der erste, der auf die günstige Wirkung der elektrischen Durchwärmung bei Herzklappenfehlern aufmerksam machte. Er diathermierte eine Reihe von Vitiern im Stadium der schwersten Inkomensation, meist Mitralfehler, die teilweise schon vergeblich mit Digitalis und diuretischen Mitteln behandelt worden waren. „Das anfangs nur stundenweise vorhandene Wohlbefinden nahm zu, bei drei dieser Patienten trat eine enorme Diurese auf, so daß sie 8 und 10 kg Körpergewicht verloren. Sie konnten noch einige Monate später leichtere Arbeiten verrichten, nachdem es ihnen jahrelang vorher unmöglich gewesen war.“

Die Mitteilungen Rautenbergs, welche von Kalker bestätigt wurden, veranlaßten mich die Wirksamkeit der Diathermie bei Klappenfehlern nachzuprüfen. Es schien mir aber aussichtsvoller, die Methode nicht erst in den Endstadien des Leidens anzuwenden, sondern bereits dort, wo es sich darum handelt, durch Hebung der Herzkraft einer drohenden Insuffizienz vorzubeugen. Ich muß gestehen, daß der Eindruck, den ich von der Leistung der Diathermie empfangen habe, ein sehr günstiger war, ohne daß ich es wagen würde, ein endgültiges Urteil über den Wert der Methode bei Herzklappenfehlern abzugeben.

Die Technik der Herzdurchwärmung. Man bringt eine Bleiplatte (200 cm²) auf die Herzgegend, eine zweite gleichgroße ihr gegenüber auf den Rücken. Wird die Behandlung im Sitzen vorgenommen, so werden beide Elektroden durch einige um den Brustkorb gelegte Bindentouren festgehalten (Fig. 73). Der Kranke lehnt sich dann gegen ein weiches Polster, während er die vordere Platte mit der flachen Hand andrückt. Bei der Behandlung im Liegen wird die Rückenplatte hinreichend fixiert, wenn sich der Kranke auf diese legt; die vordere wird mit der Hand oder durch einen leichten Sandsack in ihrer Lage gehalten.

Die Diathermie des Herzens ist kein therapeutisch gleichgültiger Eingriff, da durch zu starke Ströme das Herz auch geschädigt werden kann. Es ist darum Vorsicht geboten. Man verwende anfänglich keine größere Stromstärke als 0,7 bis 0,8 Ampere und begnüge sich mit einer Behandlungsdauer von 10–15 Minuten. Häufig genügen schon derartig leichte Durchwärmungen, um den gewünschten Erfolg zu erzielen. Ist das nicht der Fall, wird die Behandlung aber gut vertragen, dann kann man mit der Stromstärke vorsichtig auf 1,0–1,2 Ampere steigen. Stets wird man durch die Kontrolle des Pulses während und nach der Behandlung die Einwirkung der Prozedur auf das Herz verfolgen. Nie darf diese das Gefühl einer Ermüdung, Abgeschlagenheit oder eines sonstigen Unbehagens hinterlassen, was darauf hinweisen würde, daß die angewendete Durchwärmung zu stark war.

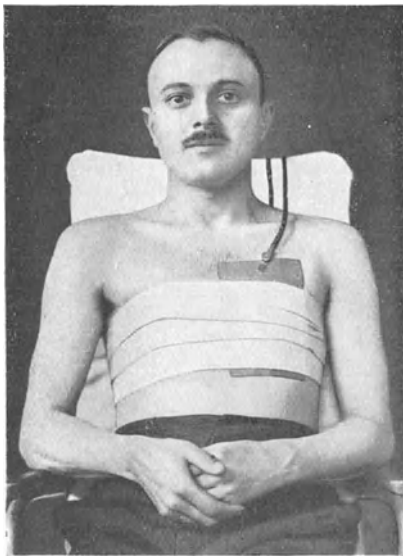


Fig. 73. Diathermie des Herzens.

Die Arteriosklerose.

Anzeigen. Bei der Arteriosklerose ist die Elastizität der Gefäßwandungen, die normalerweise nach Art eines Windkessels den peripheren Kreislauf unterstützen sollen, vermindert, wodurch der Übergang des Blutes aus den Arterien in die Kapillaren erschwert wird. Diese Störung kann sich auf den ganzen Kreislauf erstrecken und ist dann klinisch charakterisiert durch die Herabsetzung des Kapillardruckes, die Blässe der Haut und verschiedene degenerative Ernährungsstörungen. Unsere therapeutische Aufgabe wird es hier sein, die periphere Zirkulation zu heben, eine Erweiterung der kleinen und kleinsten Gefäße, eine bessere Durchblutung der Kapillaren herbeizuführen. Die beschriebene Störung des Kreislaufes kann sich aber auch auf einzelne Gefäßbezirke, Organe oder Körperteile beschränken oder in diesen mit besonderer Intensität auftreten. Es machen sich dann mehr örtliche Erscheinungen geltend, die teils in Schmerzen und anderen subjektiven Symptomen, teils in Kälte, Blässe, Zyanose oder spezifischen Funktionsstörungen ihren Ausdruck finden. Als Beispiel einer solchen örtlichen Gefäßinsuffizienz mag die Dysbasia angiosclerotica (Claudicatio intermittens) dienen.

Die Technik der Durchwärmung. Je nachdem sich unsere Behandlung gegen die allgemeine oder örtliche Kreislaufstörung richtet, wenden wir die allgemeine oder lokale Diathermie an.

Die allgemeine Diathermie fördert den peripheren Blutumlauf. Wie Schittenhelm durch plethysmographische Untersuchungen zeigen konnte, läßt sich bereits nach wenigen Minuten der Durchwärmung, ehe es noch zu einer meßbaren Temperaturerhöhung oder zu einem deutlichen Wärmegefühl kommt, eine Erweiterung der Hautgefäße nachweisen, die sich in einer Volumzunahme der Extremitäten ausdrückt (S. 83). Die Verschiebung des Blutes gegen die Hautoberfläche hat eine Entlastung der inneren Gefäße, insbesondere derjenigen des Splanchnikusgebietes zur Folge. Bei Arteriosklerotikern mit erhöhtem Blutdruck findet man nach Braunwarth und Fischer — und meine Untersuchungen bestätigen das gleiche — fast regelmäßig ein Absinken des Druckes, das eine Neigung zu längerer Nachwirkung zeigt.

Der Einfluß dieser veränderten Blutverteilung auf die Beschwerden der Kranken wie Schlaflosigkeit, Eingenommensein des Kopfes, Druckgefühl in der Herzgegend u. dgl. ist ein ausgezeichnetes. Insbesondere günstig wirkt die Durchwärmung auf die vasomotorischen Störungen, auf das Gefühl der Kälte, des Ameisenlaufens und Abgestorbenseins in den Gliedern oder auf die flüchtig wandernden Schmerzen in verschiedenen Körperteilen.

Die allgemeine Durchwärmung soll eine ganz leichte sein und darf niemals das Gefühl der Ermüdung zurücklassen. Ihre Dauer betrage 15 bis 20 Minuten; meist genügt es, sie jeden zweiten Tag zu wiederholen.

Die lokale Diathermie ist in ihrer Technik verschieden, je nach Art des erkrankten Organes oder Körperteiles. Die Durchwärmung des Herzens bei Koronarsklerose haben wir bereits (Seite 112) besprochen. In analoger Weise wird die Diathermie bei der Sklerose der Bauchgefäße (*Dyspragia angiosclerotica intermittens intestinalis*) ausgeführt. Eine größere Bleipatte (200—300 cm²) wird auf die vordere Bauchwand, eine gleich große oder etwas größere ihr gegenüber auf den Rücken gelegt und ein Strom von 1,0—1,5 Ampere durch die Baueingeweide geschickt.

Sind die Extremitäten der Sitz der arteriosklerotischen Beschwerden, so werden sie entweder der Länge oder der Quere nach durchwärmt. Bei der *Dysbasia angiosclerotica* stellt man die Beine auf eine gemeinsame Fußplatte und befestigt an den Waden beiderseits je eine Bleielektrode, die man zusammen an den gleichen Pol des Apparates schaltet. Man kann aber auch eine Querdurchwärmung der Wadenmuskulatur vornehmen oder diese mit der Längsdurchwärmung kombinieren.

Die Angioneurosen. Die Erfrierung.

Allgemeines. Wir wollen in diesem Abschnitt alle jene Erkrankungen zusammenfassen, bei denen der Tonus der Gefäße pathologisch verändert ist, sei es

1. im Sinne einer Tonussteigerung wie bei den Gefäßkrämpfen (Angiospasmen), die anfallweise auftreten und meist von Parästhesien oder Schmerzen begleitet sind; sei es

2. im Sinne einer Tonusherabsetzung wie bei den Angioparesen, die durch Zyanose, Kältegefühl und andere Sensationen gekennzeichnet sind. In weiterer Entwicklung kann die Zirkulationshemmung auch zu

schweren tropischen Störungen und schließlich zur Gangrän führen (Raynaudsche Krankheit).

Diesen Gefäßerkrankungen dem klinischen Bilde nach enge verwandt ist die Erfrierung, deren Besprechung wir deshalb hier anreihen wollen. Sie ist in leichteren Graden durch Gefäßlähmung, in schwereren durch trophische Veränderungen und Absterben der erfrorenen Teile charakterisiert.

Die Diathermie ist infolge ihrer aktiv hyperämisierenden Wirkung ein ausgezeichnetes Mittel, um jene Störungen, wie wir sie bei den Angioneurosen und der Erfrierung finden, zu beheben. Die Wärme löst den Gefäßkrampf, sie beschleunigt den arteriellen Zufluß wie den venösen Abfluß und beugt auf diese Weise allen jenen Zuständen vor, die als Folge des gehemmten Kreislaufes eintreten. Gleichzeitig damit bringt sie auch die subjektiven Beschwerden, die Schmerzen und Parästhesien, zum Schwinden.

Die günstige Wirkung der Diathermie, vor allem bei Erfrierungen, wurde von verschiedenen Seiten betont (Bucky, Laqueur, Grünbaum u. a.). Auch meine Erfahrungen bestätigen das gleiche. Am augenscheinlichsten ist der Erfolg in jenen Fällen, bei denen chronische Infiltrate in Form sogenannter Frostbeulen bestehen, während mir bei der einfachen Zyanose die Galvanisation öfters bessere Dienste leistete. Nicht selten kombiniere ich bei Erfrierungen die Durchwärmung mit einer Quarzlichtbestrahlung.

Die Technik der Durchwärmung. Da die in Rede stehenden Erkrankungen fast ausschließlich an den Extremitätenenden lokalisiert sind, so handelt es sich entweder um eine Durchwärmung der Finger und Hände oder um eine solche der Zehen und Füße.

Die Durchwärmung der Finger und Hände wird nach der auf Seite 99 beschriebenen und abgebildeten Weise vorgenommen. Auch die Durchwärmung der Zehen wurde bereits auf Seite 97 ausführlich erörtert. Handelt es sich um Erfrierungen, welche neben den Zehen auch die Fersen betreffen, wie ja das ziemlich häufig vorkommt, so verwende ich statt der Wadenelektroden zwei oval geschnittene Stanniolblätter, die mittels Binden an den Fersen befestigt werden.

Bei der Behandlung der Nase hat mir die von Knapp zur Galvanisation angegebene Elektrode gute Dienste geleistet.

Hat man es mit Gefäßkrämpfen oder Lähmungen zu tun, die von Schmerzen begleitet sind, dann sei man mit der Durchwärmung vorsichtig. Ich habe Kranke mit vasomotorischen Neurosen gesehen, bei denen das Überschreiten einer bestimmten, jedoch immer noch erträglichen Stromstärke fast mit Sicherheit einen Schmerzanfall auslöste.

VI. Die Erkrankungen der Lunge, des Magens und Darmes.

Die Erkrankungen der Lunge.

Anzeigen. Die chronische Bronchitis für sich allein oder durch Emphysem kompliziert ist in vielen Fällen ein dankbares Behandlungsobjekt für die Diathermie. Die Kranken fühlen häufig schon nach wenigen

Durchwärmungen eine Verminderung ihrer Atemnot, der Hustenreiz wird verringert, die Expektoration erleichtert. Diese Besserung pflegt im Verlaufe der Kur fortschreitend zuzunehmen und geht Hand in Hand mit einer Besserung des objektiven Befundes (Nagelschmidt, Heß, Braun, Kowarschik, Grünsfeld u. a.). Auch bei Keuchhusten wurde die Diathermie von Ebstein und Kleinschmidt empfohlen.

Recht günstig wirkt die Diathermie auch beim Asthma bronchiale, wenn ich auch hier nicht die allzu optimistische Anschauung Nagelschmidts teilen kann. Es gibt wohl Kranke, welche die elektrische Durchwärmung wie eine Erlösung von ihrem Leiden empfinden. Ich selbst kenne seit Jahren eine Patientin, die immer wieder zur Diathermiekur zurückkehrt, da keines der bisher angewendeten Mittel ihr eine ähnliche Erleichterung verschafft. Aber ich kenne leider auch Kranke, welche ich ganz vergeblich mit Diathermie behandelt habe. Viele meiner Asthmatiker machten die Angabe, daß sie von der elektrischen Durchwärmung eine bessere Wirkung verspürt hätten als von den gleichfalls gebrauchten Glühlichtbädern. Im allgemeinen ist also wie überall, wo für die Auslösung der Beschwerden ein nervöses Moment in Frage kommt, auch für das Asthma bronchiale der Einfluß der Diathermie auf das Leiden nicht vor auszusehen.

Ein besonderes Kapitel stellt die Lungentuberkulose dar. Einzelne Autoren wie Rautenberg und Kalker haben bei dieser über günstige Beobachtungen berichtet, letzterer sah in einigen Fällen eine „eklatante objektive Besserung“. Auch mir schien in ein paar Fällen von Apizitis, die ich diathermierte, der Einfluß der Durchwärmung kein ungünstiger zu sein. Alle diese Beobachtungen zusammengenommen sind aber ihrer Zahl nach viel zu gering, um aus ihnen ein endgültiges Urteil über die Bedeutung der Diathermie für die Lungentuberkulose zu ziehen. Ein solches könnte nur aus langen, systematisch durchgeführten Versuchsreihen an einer großen Zahl von Kranken gewonnen werden. Derartige Untersuchungen wurden aber bisher nicht angestellt.

Da nach Bier jede aktive Hyperämisierung tuberkulöser Krankheitsherde kontraindiziert ist, so scheint mir auch bei der Diathermie tuberkulöser Lungen Vorsicht geboten. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß durch eine allzu intensive Durchwärmung örtlich begrenzte Prozesse aktiviert, das heißt zu einer akut fieberhaften Reaktion gebracht werden können, womit die Gefahr einer Ausbreitung der Infektion gegeben ist. Ähnliche Beobachtungen wurden ja bei der Durchwärmung anderer lokaler Infektionsprozesse (Parametritis, Adnexitumoren, Appendizitis) gemacht.

Eine Gegenanzeige für die Durchwärmung der Lunge bildet die Hämoptoe oder die Neigung zu solcher, da die Erzeugung einer arteriellen Hyperämie die Gefahr einer Blutung erhöht.

Die eben für die Lungentuberkulose angestellten Erwägungen gelten in gleicher Weise auch für die Pleuritis, die ja in weitaus den meisten Fällen tuberkulöser Natur ist. Bei frischen, insbesondere von Fieber begleiteten Erkrankungen möchte ich die Diathermie für unzweckmäßig halten. Nach Abklingen des akuten Stadium oder bei chronischem Verlauf dagegen scheint die Diathermie bei der exsudativen sowohl wie

bei der fibrinösen Pleuritis einen nicht ungünstigen Einfluß zu haben. Es macht den Eindruck — wir haben hier leider keinen anderen Maßstab als den subjektiven — als ob die Exsudate unter der Diathermiebehandlung rascher zur Aufsaugung gebracht werden könnten. Gewiß aber werden die Schmerzen wie auch der Hustenreiz gebessert.

Adam, Grünbaum, Grünsfeld und Laqueur empfehlen die Diathermie auch zur Behandlung der Adhäsionsschmerzen, letzterer insbesondere bei den tief sitzenden Verwachsungen der Pleura diaphragmatica mit der Pleura pulmonalis oder dem Perikard.

Die Technik der Lungendiathermie ist verschieden, je nachdem man die ganze Lunge oder nur Teile derselben durchwärmen will. Im ersten Fall verwendet man zwei gleichgroße Bleiplatten (200—400 cm²), die man auf die Vorder- und Rückseite des Brustkorbes auflegt und durch Binden befestigt, wenn man es nicht vorzieht, den Kranken in liegender Stellung zu behandeln, wobei die rückwärtige Platte, die auf einem weichen Polster liegt, durch das Körpergewicht, die vordere durch die Hände des Patienten oder einen leichten Sandsack angedrückt wird. Stromstärke 1,0—1,5 Ampere.

Bei der Durchwärmung einer Lungenhälfte oder eines Lungenlappens wählt man entsprechend kleinere Elektroden. Sollen wandständige Infiltrate, pleurale Adhäsionen oder umschriebene Schwarten behandelt werden, so kann man auch zwei ungleichgroße Elektroden verwenden, von denen die kleinere als aktive über dem Krankheitsherd, die größere als inaktive, ihr diametral gegenüber zu liegen kommt.

Adam empfahl zur Nachbehandlung der Pleuritis, um die Verwachsungen der Pleurablätter zu verhindern oder um bereits vorhandene Verwachsungen zu lockern, die Diathermie mit der Überdruckatmung in der pneumatischen Kammer zu kombinieren, und zwar in der Weise, daß die Durchwärmung der Behandlung in der Kammer unmittelbar vorausgeht. Die Behandlung beginne nicht zu früh, um neuerliche Fiebersteigerungen zu vermeiden. Tuberkulöse sind nach Adam für dieselbe nicht geeignet.

Die Erkrankungen des Magens.

Anzeigen. Unter den Erkrankungen des Magens bilden in erster Linie die Magenneuosen eine Anzeige für die Diathermie. Sie können in drei Typen auftreten:

1. In einer sensiblen Form, die sich vornehmlich in Schmerzen (Gastralgie, Kardialgie) äußert.

2. In einer motorischen Form, die durch erhöhte Motilität (nervöses Erbrechen) gekennzeichnet ist. Hierher gehören auch die Krankheitsbilder des nervösen Kardiospasmus und Pylorospasmus.

3. In einer sekretorischen Form, bei der es zu einer krankhaften Hypersekretion oder Hyperazidität kommt.

Die Wärme wirkt schmerzstillend und beruhigend auf die sensiblen Nerven, eine Erfahrung, die wir uns therapeutisch seit langem zunutze machen, indem wir warme Umschläge, Thermophore u. dgl. bei Magen-

schmerzen verordnen. Die elektrische Durchwärmung zeigt sich nun, wie mich die Erfahrung lehrte, häufig jeder anderen Wärmeanwendung überlegen und die Diathermie erscheint mir daher als eines der geeignetsten Mittel bei Übererregbarkeit der sensiblen Magennerven.

Aber auch motorische Reizzustände, die sich in Spasmen oder Erbrechen äußern, finden ihre Anzeige in der Diathermie, die infolge ihrer antispasmodischen Komponente herabsetzend auf den Tonus der glatten Muskulatur und damit krampfstillend wirkt. Versteht man es, auch das psychische Moment therapeutisch auszuwerten, so kann man bisweilen überraschende Erfolge erleben.

Ich habe in 15 Sitzungen einen Kardiospasmus bei einem jungen Mädchen geheilt, so daß dieses wieder Fleisch und Gemüse essen konnte, was seit vier Jahren nicht mehr möglich war.

Die Technik der Magendiathermie ist einfach. Man legt eine Bleiplatte (150—200 cm²) auf die Magengend, eine etwas größere ihr gegenüber auf den Rücken. Die Stromstärke sei eine ganz mäßige; man erinnere sich dabei an die intragastralen Temperaturmessungen von Fürstenberg und Schemel, welche ergaben, daß der Temperaturanstieg ein höherer war bei 0,3 Ampere als bei 2 Ampere. Will man im besonderen auf die Kardia oder den Pylorus einwirken, so wird man die Platten in der Höhe dieser einstellen.

Die Erkrankungen des Darmes.

Anzeigen. Die seit alters her bekannte krampflösende Wirkung der Wärme ermächtigt uns, die Diathermie bei allen jenen Zuständen zu versuchen, die wir ursächlich auf spastische Kontraktionen der Darmmuskulatur zurückführen. Diese zeigen sich bald unter dem Bild der spastischen Obstipation, bald wieder äußern sie sich in kolikartigen Schmerzen, Blähungen, Appetitlosigkeit, dem Gefühl von Schwere im Unterleib u. dgl., Erscheinungen, die nicht selten als chronische Appendizitis, organische Stenose oder peritoneale Adhäsionen mißdeutet werden. Das rasche Verschwinden dieser Beschwerden oft schon nach wenigen Durchwärmungen ist meiner Ansicht nach auch diagnostisch verwertbar, indem es für eine funktionelle und gegen eine anatomische Ursache spricht. Ich habe in vielen Fällen von spastischen Störungen der Darmtätigkeit die Diathermie mit ausgezeichnetem Erfolg verwendet. Ihre günstige Wirkung bei der Stuhlverstopfung wurde vornehmlich von Theilhaber, Tobias und Laqueur betont.

Von sonstigen Erkrankungen des Darmes wird das Ulcus duodeni von Rubens zur Diathermie empfohlen. Ich will nicht leugnen, daß die Beschwerden, insbesondere die Schmerzen der Ulkuskranken durch die Wärme günstig beeinflussbar sind, immerhin erscheint mir aber wegen der Gefahr einer Blutung infolge der aktiven Hyperämisierung des Geschwürs Vorsicht geboten. Das gleiche gilt auch für die Appendizitis, die nach King eine Anzeige für die Diathermie ist. Ich möchte die akute Appendizitis gleich anderen akuten infektiösen Prozessen (siehe Seite 91) eher als eine Gegenanzeige betrachten mit Rücksicht darauf, daß die reaktiv gesteigerte Blut- und Lymphbewegung leicht

zu einer Verschleppung der Eitererregung und damit zu einer Ausbreitung der Entzündung führen kann. In chronischen Fällen mag die Durchwärmung am Platze sein. Auch bei Verwachsungen des Bauchfelles, die nach Entzündungen zurückbleiben, leistet die Diathermie als schmerzstillendes Mittel gute Dienste.

Eine weitere Empfehlung fand die elektrische Durchwärmung bei der chronischen Cholezystitis durch Grube, der auch Laqueur und andere beistimmen. Aber auch hier sei man wegen der Möglichkeit einer reaktiven Verschlimmerung anfangs vorsichtig (Laqueur).

Die Technik der Darmdiathermie. Bei der Durchwärmung legt sich der Kranke mit dem unteren Teil des Rückens auf eine Bleiplatte (300 bis 400 cm²), während eine etwas kleinere Platte (200—300 cm²) durch einen Sandsack beschwert auf dem Bauche ruht. Stromstärke 1,0 bis 1,5 Ampere. Will man die Durchwärmung auf bestimmte Darmteile oder Organe beschränken, so nimmt man entsprechend kleinere Elektroden, die man einander diametral gegenüberstellt.

VII. Die Erkrankungen der Harnwege.

Die Erkrankungen der Niere.

Allgemeines. Einige Autoren wie Nagelschmidt, Rautenberg und Kalker berichten über günstige Erfolge der Diathermie bei chronischer Nephritis. Sie beobachteten eine Vermehrung der Harnmenge, ein Schwinden der Ödeme und der sie begleitenden Störungen. Auch der Eiweißgehalt soll mit fortschreitender Besserung eine Abnahme erfahren. Diese Beobachtungen sind aber ihrer Zahl nach viel zu gering, um aus ihnen bestimmte Indikationen ableiten zu können, auch fehlt ihnen die Basis experimentell-physiologischer Untersuchungen, die uns darüber aufklären würden, wie die Diathermie auf die Funktion der gesunden Niere wirkt.

Es ist wahrscheinlich, daß die Durchwärmung eine arterielle Hyperämie erzeugt, durch welche die sekretorische Tätigkeit der Niere angeregt wird. Ist diese krank, dann findet auch eine vermehrte Ausschwemmung zelliger Elemente (Erythrozyten, Leukozyten, Epithelien, Zylinder) statt, was vielleicht bei unsicheren Fällen von Nephritis eine diagnostische Bedeutung haben mag, denn eine gesunde Niere hält diese Elemente bei einem solchen Eingriff fest (Rautenberg).

Ob die Diathermie bei der akuten Nierenentzündung angezeigt ist, erscheint mir fraglich, ganz sicher aber ist sie gegenangezeigt bei eiterigen Erkrankungen des Organes. Wie sie auf tuberkulöse Prozesse wirkt, ist bisher nicht festgestellt.

Die Technik der Nierendathermie. Man legt auf den Rücken, entsprechend der Projektion beider Nieren, zwei Bleiplatten (150 cm²), die man gemeinsam an den einen Pol des Apparates anschließt. Als Gegenpol benützt man eine große Bleiplatte (300—400 cm²), die man auf den Bauch bringt. Stromstärke 1,0—1,5 Ampere.

Die Erkrankungen der Harnblase.

Anzeigen. Unter diesen steht in erster Reihe die *Hyperaesthesia* oder *Neurosis vesicae*, die durch eine gesteigerte sensible Reizbarkeit wie durch eine erhöhte motorische Reflexerregbarkeit (*Pollakisurie*) gekennzeichnet ist. Letztere kann sich bis zum unwillkürlichen Harnabgang, *Enuresis*, steigern. Die verminderte Kapazität der Blase und die erhöhte elektrische Erregbarkeit ihrer Muskulatur, die in vielen Fällen nachweisbar ist, lassen vermuten, daß es sich hier um einen hypertonen Zustand des *Detrusors* handelt, der meiner Erfahrung nach mittels der elektrischen Durchwärmung der Blase recht günstig beeinflußt wird. Ich habe manche Fälle von *Enuresis* auf diese Weise geheilt. Allerdings vergesse man nicht, daß bei derartigen Kranken, in der Regel sind es ja Kinder, vielfach eine neuropathische Konstitution vorliegt und daß infolgedessen bei ihnen das suggestive Moment eine nicht unwesentliche Rolle spielt.

Eine weitere Anzeige findet die *Diathermie* in der *Cystitis chronica*. Ich sah in einigen Fällen finden wesentliche Besserungen. Das gleiche konnte *Theilhaber* feststellen.

Die Technik der Blasendiathermie. Eine streng auf die Harnblase lokalisierte Erwärmung läßt sich schwer ausführen; wir verwenden daher bei Erkrankungen der Blase jene Technik, die bei der Durchwärmung der Beckenorgane zur Anwendung kommt. Die Behandlung wird im Liegen vorgenommen. Eine Bleiplatte (300 cm²) kommt unter das Kreuzbein, eine zweite, etwas kleinere (200 cm²) auf die vordere Bauchwand knapp über die Symphyse, wo sie durch einen aufgelegten Sandsack festgehalten wird. Stromstärke 1,0—1,5 Ampere.

Man kann die Harnblase aber auch bei Männern in der Weise durchwärmen, daß man eine geeignete Elektrode, z. B. die von *Lindemann* (Seite 126), in den Mastdarm einführt und eine zweite in Form einer Bleiplatte auf den Bauch legt. Bei Frauen verwendet man an Stelle der rektalen eine vaginale Elektrode (Seite 126).

VIII. Die Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane.

Urethritis gonorrhoeica.

Allgemeines. Die Tatsache, daß *Gonokokken* in Kultur durch eine Temperatur von 40 °C bereits in sechs Stunden zum Absterben gebracht werden können, legte den Gedanken nahe, die akute *Urethritis* durch Anwendung von Wärme zu kupieren. Versuche mit einfachen Heißwasserspülungen, mit Hohlsonden, die von heißem Wasser durchströmt wurden, mit elektrischen Heizbougies u. dgl. ergaben aber ein negatives Resultat. Die Einführung der *Diathermie* und damit die Möglichkeit, Wärme in beliebiger Gewebstiefe zu erzeugen, war die Veranlassung, das Problem von neuem aufzunehmen.

Eitner war der erste, der die Diathermie bei der Gonorrhoe der Harnröhre versuchte (1909). Er verwendete eine gekrümmte Metallsonde, die er in die Harnröhre einführte, und eine feuchte Außen-
elektrode, die den Penis rings umschloß. Eine täglich zweimalige Erwärmung auf 40–42° C in der Dauer von 40 Minuten ergab zwar ein Verschwinden der Gonokokken, der Harn jedoch blieb trüb und nach Aussetzen der Behandlung traten auch die Gonokokken wieder auf. Auf die Schmerzen und die sonstigen subjektiven Symptome wirkte die Behandlung wohl günstig, die erzielten Erfolge waren jedoch zu bescheiden, um die komplizierte Technik und den notwendigen Zeitaufwand zu rechtfertigen; Eitner gab daher sein Verfahren selbst wieder auf.

Später wurden die Versuche von Santos (1913) fortgesetzt. Dieser stellte zunächst durch Voruntersuchungen fest, daß die Gonokokken bei einer Temperatur von 43° C in 76 Minuten, bei 44° C in 54 Minuten, bei 45° C in 37 Minuten absterben. Dann galt es, eine Technik zu finden, die es ermöglichte, die Harnröhrenschleimhaut ihrer ganzen Länge nach so gleichmäßig als irgend möglich zu durchwärmen. Während diese Aufgabe für den vorderen Anteil der Schleimhaut entsprechend der Pars pendula verhältnismäßig leicht zu lösen war, indem man nach dem Vorgang Eitners eine sondenförmige Elektrode in die Harnröhre einführte und eine zweite außen um das Glied legte, gestaltete sie sich für den fixen Anteil der Harnröhre außerordentlich schwierig.

Nach vielen Bemühungen gelang es Santos im Verein mit Boerner eine Elektrode zu konstruieren, welche die geforderten Bedingungen erfüllte.

Die Technik der Harnröhrendiathermie nach Boerner und Santos. Das hierzu notwendige Instrumentarium, von der Firma Siemens & Halske hergestellt, ist sehr kompliziert (Fig. 74). Auf seine nähere Beschreibung muß daher verzichtet werden. Es besteht im wesentlichen aus einer in die Harnröhre einzuführenden Hohlsonde und mehreren Außenelektroden, welche die von der Harnröhrenelektrode ausgehenden Stromlinien so richten sollen, daß sie sich über die ganze Schleimhaut in möglichst gleicher Dichte verteilen, damit die Erwärmung überall dieselbe sei. Eigene Widerstände lassen diese Stromverteilung noch besonders regulieren. Mit einer elektrischen Meßeinrichtung kann man die so erzielte Temperatur an jedem Punkt der Harnröhre besonders ablesen und auf diese Weise einer lokalen Überhitzung vorbeugen.

Die Durchwärmung wird bei einer Temperatur von 43–44° C täglich in der Dauer von 1/2 Stunde vorgenommen. Um die Heilung rascher herbeizuführen, ist es zweckmäßig, die Diathermie noch mit einer medikamentösen Therapie zu verbinden.

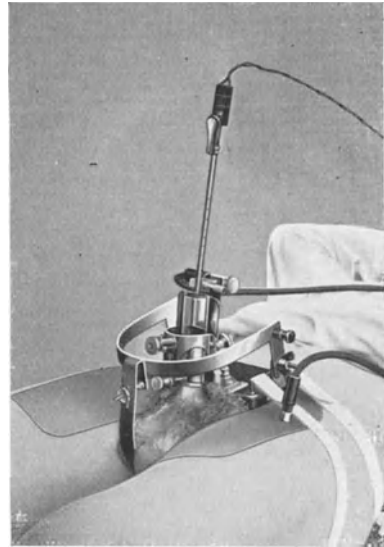


Fig. 74. Diathermie der Harnröhre nach Boerner und Santos.

Boerner berichtet zusammen mit H. E. Schmidt über die klinischen Erfolge dieser Technik, die sie in 200 Fällen erprobten. Wenn es auch nicht gelang, frische Gonorrhöen in 2—3 Sitzungen zu kupieren, so leistet die Methode doch bei chronischer Gonorrhöe und ihren Komplikationen gute Dienste. In fast allen Fällen von Urethritis, die früher vergeblich medikamentös behandelt worden waren, konnte die Diathermie im Verein mit Spülungen und anderen Maßnahmen die Gonokokken dauernd beseitigen. Das heilende Moment scheint dabei weniger in einer direkten Schädigung der Gonokokken als vielmehr in der aktiven Hyperämisierung zu bestehen, die eine massenhafte Ausschwemmung der Bakterien verursacht.

W. Müller hat die Methode von Boerner und Santos technisch vereinfacht und nach seiner Angabe mit diesem einfachen Verfahren die gleichen Erfolge erzielt. Auch H. E. Schmidt kam später von der komplizierten Technik Boerners ab und begnügte sich damit, nur den vorderen Anteil der Harnröhre zu durchwärmen, indem er den Penis zwischen zwei starre Metallplatten klemmte.

Ich selbst habe meine Ansicht über die Gonorrhöebehandlung nach Boerner und Santos, die ich in der 2. Auflage dieses Buches aussprach, nicht geändert. Die Methode ist viel zu umständlich und kompliziert, als daß sie jemals eine weitere Verbreitung finden könnte. Auch die Gefahr einer Verbrennung ist eine zu hohe, wie dies ja die Tatsache beweist, daß die Begründer des Verfahrens selbst in einigen Fällen solche Verbrennungen setzten. Welche Gefahr würde die Methode erst in den Händen von Ärzten bedeuten, die ihre Patienten schon bei einer einfachen Gelenks- oder Muskeldurchwärmung verbrennen.

Die Prostatitis.

Allgemeines. Die Diathermie eignet sich vornehmlich für die chronischen Fälle von Prostatitis, wo sie für sich allein oder noch besser mit nachfolgender Massage verabfolgt wird. Nach der Durchwärmung beobachtet man in der Regel einige Stunden lang einen stärkeren Ausfluß. Nicht selten lassen sich dann im Sekret Gonokokken nachweisen, die früher nicht auffindbar waren.

Die Technik der Durchwärmung. Man führt in das Rektum eine halbbogenförmig gekrümmte Elektrode ein, die in ihrem vorderen, der

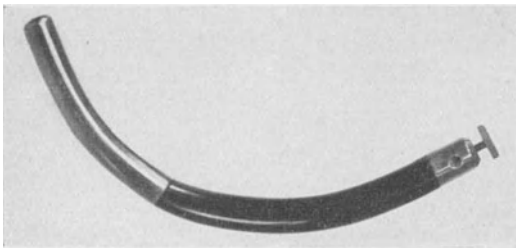


Fig. 75. Prostataelektrode.

Prostata anliegenden Teil aus Metall besteht, im übrigen mit Hartgummi isoliert ist (Fig. 75). Um den Strom durch die Prostata zu lenken, legt man auf den Bauch oberhalb der Schamfuge eine Bleiplatte, die mit einem Sandsack belastet wird.

Die durchschnittliche Stromstärke beträgt 0,3 bis 0,5 Ampere. An

Stelle der beschriebenen Prostataelektrode kann man auch die auf Seite 126 abgebildete Mastdarmlinienelektrode nach Lindemann verwenden.

Die Epididymitis und andere Erkrankungen.

Anzeigen. Die Epididymitis ist in ihrem ersten akuten Stadium für die Diathermie nicht geeignet, da die Behandlung zu dieser Zeit meist eine Zunahme der entzündlichen Erscheinungen und eine Steigerung der Schmerzen erzeugt. Dagegen bilden ältere derbe Infiltrate, welche nach einer Gonorrhoe des Nebenhodens oft lange Zeit bestehen bleiben, ein günstiges Durchwärmungsobjekt. Man sieht häufig unter der Behandlung eine rasche Rückbildung der Schwellung und eine prompte Beseitigung der Schmerzen. Das gleiche gilt auch für periurethrale Infiltrate.

Von H. E. Schmidt wurde die Diathermie zur Behandlung von Strikturen der Harnröhre empfohlen, die infolge der besseren Durchblutung und Erweichung des Gewebes, welche die Wärme erzeugt, rascher für dicke Sonden durchgängig werden. Tobias sah in drei Fällen von Induratio penis plastica von der Diathermie einen wesentlichen Erfolg: Die Einlagerungen schwanden nach einer täglichen Behandlung in der Dauer von 6 Wochen fast vollständig.

Anhangsweise mögen die Versuche von L. Fournier, M. Ménard und M. Guénot hier Erwähnung finden, welche die Diathermie beim Ulcus durum und molle versuchten. Beim Ulcus durum scheint eine günstige Wirkung unverkennbar. Die Vernarbung erfolgt ohne jede Allgemeinbehandlung allein unter der Durchwärmung in wenigen Tagen. Auch die Sklerosen wurden deutlich weicher und bildeten sich rasch zurück. Viel weniger konstant war das Ergebnis beim Ulcus molle. Wenn auch die Behandlung hier und da den geschwürigen Zerfall einzuschränken schien, so war doch bei anderen Kranken trotz der energischen Durchwärmung ein Fortschreiten des Prozesses nicht aufzuhalten.

Die Technik der Durchwärmung. Bei der Epididymitis wird der Hoden samt dem Nebenhoden zwischen zwei Metallplatten gefaßt. Analoges gilt für die Behandlung von periurethralen Infiltraten und Strikturen, bei denen man den Penis zwischen zwei starre Metallelektroden bringt.

IX. Die Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane.

Die Thermotheapie spielt in Form von Heißluftbädern, Moorschlägen u. ä. als konservative Methode bei der Behandlung von Frauenkrankheiten eine bedeutende Rolle. Es war von vornherein zu erwarten, daß die Diathermie mit ihrer unbeschränkten Tiefenwirkung mit diesen älteren Methoden in wirksame Konkurrenz treten würde.

Sellheim machte bereits im Jahre 1910 einige Versuche, um sich über die Möglichkeit der Erwärmung der weiblichen Geschlechtsorgane mittels Diathermie zu orientieren. Er konnte feststellen, daß man bei Verwendung einer Scheiden- oder Mastdarnelektrode eine therapeutisch hinreichende Durchwärmung aller Beckenorgane erzielen kann. Bei einer Stromstärke von 1 Ampere ließen sich Temperatursteigerungen bis über 40° C in den zwischen den Elektroden gelegenen Teilen ohne Schädigung des Gewebes erzeugen. Therapeutisch wurde die Diathermie von Sellheim nicht angewendet.

Der erste, der über therapeutische Erfahrungen berichtete, war Brühl (1910). Nach ihm ist die Diathermie vor allem bei entzündlichen Adnexerkrankungen

angezeigt und hier bereits im subakuten Stadium mit Vorteil anwendbar. Insbesondere leistete sie in alten Fällen von peri- und parametrischen Adhäsionen ausgezeichnete Dienste, wo sie oft besser als jede andere Behandlung wirkt. Brühl rühmt in erster Linie die lang nachwirkende Schmerzstillung.

Weitere therapeutische Berichte stammen von Kowarschik und Keitler (1914), Recasens (1915), Lindemann (1916 und 1917), Blumreich (1918), Giesecke (1918) und Theilhaber (1918 und 1919).

Anzeigen und Gegenanzeigen.

Peri- und Parametritis (Adnextumoren). Die therapeutische Wirksamkeit der Diathermie ist hier eine zweifache: einerseits beeinflußt sie die subjektiven Beschwerden der Kranken, das sind vor allem die Schmerzen, in hervorragend günstiger Weise und ist in dieser Beziehung wohl den sonstigen Wärmeanwendungen überlegen, andererseits erweist sie sich auch objektiv wirksam, indem sie durch Beschleunigung der Blut- und Lymphbewegung die Resorption vorhandener Exsudate fördert. Selbst in jenen Fällen, die durch die Behandlung nicht vollkommen geheilt werden, sondern einer späteren Operation zugeführt werden müssen, ist nach Lindemann eine vorausgehende energische Diathermierung doch dadurch nützlich, daß sie infolge der serösen Durchtränkung der Gewebe die Lösung der Adhäsionen bei dem chirurgischen Eingriff erleichtert, vielleicht auch infolge ihrer antibakteriellen Kraft die Virulenz etwaiger Eitererreger abschwächt.

Die Indikation zur diathermischen Behandlung tritt nach übereinstimmender Ansicht aller Autoren bei der Peri- und Parametritis erst nach Ablauf des akut entzündlichen Stadiums ein. Die Durchwärmung ist also vernehmlich in subakuten und chronischen Fällen angezeigt. Abgesehen davon, daß frische Exsudate, auch solche von sehr bedeutender Größe, sich nicht selten spontan unter dem Einfluß der Ruhe zurückbilden, also eine aktive Therapie überflüssig machen, kann ein zu frühes Eingreifen auch von nachteiligen Folgen begleitet sein. Die elektrische Durchwärmung kann bei akut infektiösen Prozessen unmittelbar von einem Ansteigen der Körpertemperatur und einer Vergrößerung der Schmerzen gefolgt sein, was sich aus der aktiven Hyperämisierung des Krankheitsherdes erklärt. Eine weitere Gegenanzeige bilden Blutungen, die unter dem Einfluß der Wärme fast ausnahmslos verstärkt werden. Daher ist die Diathermie auch in der Zeit der Menses auszusetzen.

Zervizitis und Endometritis wurden von Lindemann gleichfalls diathermisch behandelt. Die Durchwärmung ergibt meist schon nach zwei bis drei Sitzungen von halbstündiger Dauer eine Besserung des Krankheitsbildes in dem Sinn, daß die Eiterung abnimmt und die Sekretion schleimiger wird. Gleiches gilt nach Lindemann auch für die Vulvovaginitis kleiner Mädchen. Zur Behandlung der angeführten Erkrankungen hat dieser Autor besondere Elektroden angegeben, bezüglich deren Beschreibung und Anwendung auf die Originalarbeit verwiesen sei.

Amenorrhoe, Dysmenorrhoe, funktionelle Störungen. Die hyperämisierende Wirkung der Diathermie mußte es nahelegen, das Verfahren

auch bei Amenorrhoe zur Anwendung zu bringen. Günstige Erfolge, über die Lindemann und Theilhaber berichten, lassen diese Versuche gerechtfertigt erscheinen. Auch bei Schmerzen und Beschwerden funktioneller Art haben diese beiden Autoren gute Resultate erzielt, eine Beobachtung, die ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann. Demgegenüber steht die Angabe Blumreichs, der bei nervösen Störungen der Geschlechtsorgane keine Besserung gesehen hat. Bei fehlender Libido sexualis hat Theilhaber die Diathermie erfolgreich angewendet.

Geburtshilfe. Henkel hat die Diathermie auch in der Geburtshilfe versucht. Er berichtet über einen Fall von Missed labour, bei dem die Geburt, nachdem Pituitrin vergeblich gebraucht worden war, durch die Diathermie in Gang kam. In einem zweiten Fall von Wehenschwäche war der Erfolg ein gleich guter.

Nachbehandlung von Krebsoperationen. Theilhaber hat die Diathermie auch zur Nachbehandlung nach Exstirpation von Karzinomen empfohlen, um das Auftreten von Rezidiven zu verhüten. Nach ihm ruft die Diathermie nicht nur eine Hyperämie, sondern eine „akute Entzündung“ in den durchwärmten Geweben hervor, die sich anatomisch in einer Anhäufung von Rundzellen im Bindegewebe kennzeichnet. Diese sollen einen Schutz gegen das Vordringen der Epithelzellen bilden und so die Rezidivgefahr vermindern. Theilhaber empfiehlt daher, nach der radikalen Entfernung der Krebsgeschwulst die Patientinnen einer Diathermiekur zu unterziehen und diese weiterhin wenigstens zweimal im Jahre zu wiederholen (siehe auch S. 142).

Die Technik der Durchwärmung.

Die Durchwärmung der weiblichen Geschlechtsorgane kann in dreifacher Weise vorgenommen werden:

1. indem man den gesamten Beckeninhalte in sagittaler Richtung durch je eine vorne und rückwärts auf die Haut gelegte Plattenelektrode erwärmt (äußere oder perkutane Diathermie);

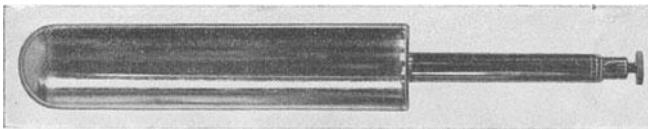


Fig. 76. Vaginalelektrode von Kowarschik.

2. indem man eine aktive Elektrode in die Scheide einführt und diese mit ein oder zwei inaktiven Außenelektroden kombiniert (vaginale Diathermie);

3. indem man bei Verwendung der gleichen Außenelektroden an Stelle der Scheidenelektrode eine Mastdarmelektrode benützt (rektale Diathermie).

Die äußere (perkutane) Diathermie führe ich seit Jahren in folgender Weise aus. Die Patientin legt sich mit dem Kreuzbein auf eine Blei-

platte (300 cm²), die auf einer weichen Unterlage ruht, damit sie sich gut anpaßt. Eine zweite, etwas kleinere Platte (200 cm²) kommt unmittelbar über die Schamfuge auf die vordere Bauchwand und wird durch einen Sandsack angedrückt. Ungleich große Elektrode wählt man der Erfahrung gemäß, daß bei gleicher Größe stets die rückwärtige wärmer empfunden wird.



Bei der Dosierung der Wärme sei man anfangs vorsichtig. 0,8—1,0 Ampere in der Dauer von 20 Minuten werden für die ersten Sitzungen genügen. Hat man sich überzeugt, daß keine unerwünschten Reaktionen auftreten, so kann man bis auf 1,5 Ampere steigen. Wenn auch diese Stromstärke gut vertragen wird, so geht man zur vaginalen oder rektalen Diathermie über, die eine noch intensivere Durchwärmung der Beckenorgane gestattet.

Die vaginale Diathermie. Bei dieser wird eine Elektrode besonderer Form in die Vagina eingeführt.



Fig. 77. Vaginalelektroden von Theilhaber.

Die Vaginalelektroden von Kowarschik sind zylindrisch, bestehen durchweg aus Metall und sind durch Auskochen sterilisierbar (Fig. 76).

Ein Satz von drei verschiedenen Größen genügt für alle Fälle. Andere Vaginalelektroden wurden von Stein, Sudentopf, Eymmer, Kayser und Theilhaber (Fig. 77) angegeben. Eine solche Elektrode wird in die Scheide eingebracht und mit dem einen Pol des Apparates verbunden. An den zweiten Pol schließt man mit einem geteilten Kabel zwei Bleiplatten (200—300 cm²) an, von denen die eine wie bei der äußeren Diathermie auf das Kreuzbein, die andere auf die vordere Bauchwand zu liegen kommt. An Stelle der beiden Platten benütze ich auch einen 10 cm breiten, 120 cm langen Bleistreifen, den ich



Fig. 78. Rektalelektrode von Lindemann.

gürtelförmig um das Becken lege. So erzielt man eine allseits gleichmäßige Verteilung der Stromlinien, welche von der Scheidenelektrode als Zentrum radialwärts ausstrahlen. Die Erwärmung ist naturgemäß rings um die innere Elektrode am stärksten. Ihre Oberfläche, welche für die Dosierung maßgebend ist, verträgt eine Belastung von 1,0 bis 1,5 Ampere. Die Dauer der Behandlung ist 20—30 Minuten.

Die rektale Diathermie wurde von Lindemann vorgeschlagen und ist für manche Exsudate, besonders solche, welche im Douglas liegen, der vaginalen Methode vielleicht vorzuziehen. Die Rektalelektrode

nach Lindemann, welche an einen hölzernen Handgriff angeschraubt wird, ist spatelförmig und leicht gebogen (Fig. 78). Sie wird mit Glycerin oder einem anderen wasserlöslichen Gleitmittel bedeckt, in den Mastdarm eingeschoben und so gelagert, daß sie das zu durchwärmende Gebilde möglichst umgreift. Wichtig ist es, daß das Rektum vorher entleert wurde. Auf die vordere Bauchwand kommt eine größere Bleiplatte. Durchschnittliche Stromstärke 1,0 Ampere, Behandlungsdauer 20—40 Minuten. Ein Nachteil der rektalen Methode ist zweifellos der, daß das Einführen der Elektrode in den Mastdarm öfters mit Schmerzen verbunden ist oder von den Patientinnen wenigstens sehr unangenehm empfunden wird.

X. Die Erkrankungen des Auges.

Experimentelle Untersuchungen.

Die Erwärmung des Auges durch die Diathermie. Krückmann machte bereits im Jahre 1911 nach Versuchen an toten Tier- und Menschenaugen auf die Verwendbarkeit der Diathermie bei Erkrankungen des Auges aufmerksam, warnte jedoch mit Rücksicht auf die Verbrennungsgefahr noch vor ihrer allgemeinen Anwendung. Die ersten grundlegenden Untersuchungen über die Wirkung der Diathermie auf das lebende Auge stammen von Zahn (1912) aus der Tübinger Augenklinik. Dieser Autor diathermierte zuerst das Auge am lebenden Kaninchen, wobei er feststellen konnte, daß sich mit der elektrischen Durchwärmung ungleich höhere Temperaturen im Konjunktivalsack und im Glaskörper erzeugen ließen als durch heiße Umschläge. Bei einer Konjunktivalsacktemperatur von 45° C scheint die obere Grenze der Toleranz erreicht zu sein, indem sich bei dieser Temperatur bereits Schädigungen der Hornhaut in Form von kleinzelligen Infiltrationen zeigen, eine Angabe, welche später auch von Krückmann und Telemann bestätigt wurde. Nach diesen Tierversuchen ging Zahn an die Diathermie des menschlichen Auges und legte vor allem die Tatsache fest, daß wiederholte Erwärmungen der Bindehaut auf 42° ohne jeden Schaden vertragen werden.

Eingehende Untersuchungen über die Erwärmung der einzelnen Augenabschnitte bei der Diathermie verdanken wir weiterhin Krückmann und Telemann (1913), welche sich zu ihren Temperaturmessungen der thermoelektrischen Methode bedienten. Sie fanden, daß bei Verwendung der Glaskammer Elektrode (siehe Seite 131) sich die Kornea und Sklera, entsprechend ihrem höheren elektrischen Widerstand, stärker erwärmen als das Kammerwasser und der Glaskörper. Im übrigen stimmen ihre Angaben mit denen Zahns überein.

Diesen Untersuchungen reihen sich die Experimente von Quirin (1914) an, der bei der Diathermie des menschlichen Auges im Bindehautsack eine Höchsttemperatur von 43,6° C erreichen konnte. Ein Überschreiten dieser Temperatur war infolge des Hitzegeföhles, welches die Versuchspersonen empfanden, nicht möglich. Dieses Ergebnis ist

insofern von Bedeutung, als es uns zeigt, daß auch bei starkem Hitzegefühl die Temperatur im Bindehautsack noch immer nicht jene Grenze (45° C) erreicht, welche von Zahn, Krückmann und Telemann als Schädigungsgrenze gefunden wurde.

Quirin suchte sich des weiteren Klarheit darüber zu verschaffen, in welchem Verhältnis die retrobulbär erzielte Temperatur zur Konjunktivalsacktemperatur steht. Zu diesem Zweck benutzte er Versuchspersonen, denen das eine Auge enukleiert worden und bei denen ein möglichst tiefer Konjunktivalsack zurückgeblieben war. In die Spitze des letzteren legte er ein für diesen Zweck besonders konstruiertes Thermometer, füllte dann die Augenhöhle mit einem frischen, in lauwarmer Kochsalzlösung aufbewahrten Tierauge und legte zwischen dieses und das untere Augenlid wieder ein Thermometer ein. Hierbei zeigte sich nun die interessante Tatsache, daß die Temperatur in der Orbita nicht hinter der des Konjunktivalsackes zurückblieb, sondern ihr im Gegenteil um 1—2 Grade vorauseilte. Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß die von der Augenelektrode zur Nackenelektrode gehenden Stromlinien auf ihrem Wege durch die Augenhöhle von den knöchernen, schlecht leitenden Wänden des Orbitaltrichters nach hinten eingeengt werden, wodurch ihre Dichte notwendigerweise steigt. Bereits Zahn hatte aus diesem Umstand eine besondere Tiefenwirkung von der Diathermie erwartet. Anders ist das Verhalten bei Verwendung von elektrischen Thermophoren. Hier blieb die Temperatur des retrobulbären Raumes hinter der des Bindehautsackes um 2—3 Grad Celsius zurück.

Über den Stromlinienverlauf bei der Diathermie des menschlichen Auges wurden von einzelnen Autoren sehr weitläufige und leider sehr unfruchtbare Erörterungen angestellt. Einem physikalisch so komplizierten Problem kommt man mit theoretischen Erwägungen über die Größe des Widerstandes, Reihen- oder Parallelschaltung, kapazitiver Aufladung u. dgl. nicht bei; hier entscheidet einzig und allein das Experiment.

Der Einfluß der Diathermie auf den intraokulären Druck und das Kammerwasser. Claussnitzer (1912) untersuchte den Einfluß der Erwärmung auf den intraokulären Druck und stellte fest, daß die Diathermie in vielen Fällen eine Drucksteigerung erzeugt, und zwar vor allem bei entzündlichen Erkrankungen des Auges, wie Iritis und Iridozyklitis. Im normalen Auge dagegen bleibt diese Steigerung des Druckes aus, ja es zeigt sich eher ein Absinken desselben. So konnte Claussnitzer beispielsweise bei einer Patientin mit einer Tuberkulose des Uvealtraktes am kranken Auge den Druck von 18 mm. auf 35 mm, also fast auf das Doppelte, erhöhen, während das gesunde Auge in keiner Weise beeinflusst wurde. Quirin gibt an, daß er in einem Fall von glaukomatöser Optikusatrophie eine Drucksteigerung und starke Obskurationen beobachtete.

Beobachtungen über das Verhalten des Kammerwassers bei der Diathermie verdanken wir Sattler (1912). Er fand bei Kaninchen, daß das Wasser der vorderen Kammer nach einer viertelstündigen elektrischen Durchwärmung einen viermal so großen Eiweißgehalt aufwies als nach einer halbstündigen Behandlung mit heißen Umschlägen, was als Beweis für die ungleich stärkere Hyperämie der Ziliargefäße bei der

Diathermie anzusehen ist. Diese Erhöhung des Eiweißgehaltes nach der Diathermie wurde auch von Löwenstein und Kubik refraktometrisch nachgewiesen.

Anzeigen und Gegenanzeigen.

Die Erkrankungen der Konjunktiva. Von den Erkrankungen der Konjunktiva kommen für die Diathermie in erster Linie die rheumatischen und gichtischen Formen der Bindehautentzündung in Betracht, welche erfahrungsgemäß durch Wärme günstig beeinflußt werden. Kraft und Ten Doesschate berichten über Erfolge bei drei Fällen von gonorrhöischer Konjunktivitis. Waldmann sah einen günstigen Einfluß bei Frühjahrskatarrh und Trachom.

Die Erkrankungen der Kornea und Sklera. Bei den geschwürigen Erkrankungen der Hornhaut scheint die Diathermie keinen Nutzen zu bringen (Qurin, Koeppe), eher sind die parenchymatösen Hornhauterkrankungen für die elektrische Durchwärmung geeignet. Best, Maldutis, Qurin und Waldmann konnten bei diesen Erfolge beobachten, während Koeppe sich gegen die Behandlung der Keratitis parenchymatosa mit Diathermie ausspricht. Übereinstimmend dagegen sind die Angaben der verschiedenen Autoren über die günstige Wirkung der Durchwärmung bei chronisch rheumatischer Skleritis und Episkleritis.

Die Erkrankungen der Iris und Chorioidea. Einen guten, ja einen fast spezifischen Einfluß übt die Diathermie auf die rheumatische Iritis und Iridozyklitis (Qurin, Kowarschik, Best) und in gleich günstigem Sinn wirkt sie auf die gonorrhöische Iritis. Hingegen verhalten sichluetische und tuberkulöse Erkrankungen der Iris und der Chorioidea ziemlich refraktär. Bei septisch infektiöser Iritis sowie beim Hypopion ist die elektrische Durchwärmung kontraindiziert (Koeppe).

Die Erkrankungen des Glaskörpers. Die Diathermie kommt bei allen Glaskörpertrübungen in Frage. Sie erweist sich bei solchen, die durch rheumatische Iridozyklitis und Chorioiditis bedingt sind, von Nutzen, gelegentlich auch bei solchen tuberkulöser undluetischer Natur (Koeppe). Bei Blutungen in den Glaskörper, desgleichen bei Blutungen in die vordere Kammer, die Iris usw. ist die Diathermie wegen ihrer hyperämisierenden Wirkung nur mit größter Vorsicht anzuwenden. Gegenangezeigt ist sie bei jenen Erkrankungen, die das Auftreten neuer Blutungen befürchten lassen. Auf jeden Fall wird man gut tun, nach dem Eintritt einer Blutung einen Zeitraum von acht Tagen verstreichen zu lassen, ehe man eine Durchwärmung vornimmt.

Die Erkrankungen des Nervus opticus und der Retina. Über die Wirkung der Diathermie auf die Erkrankungen des Sehnerven ist nur sehr wenig bekannt. Qurin erzielte bei einem Patienten mit doppelseitiger Optikusatrophie infolge herdförmiger Myelitis eine bedeutende Besserung der Sehschärfe (von Fingerzählen in 5 Metern auf $\frac{6}{24}$) und eine wesentliche Erweiterung des Gesichtsfeldes. Koeppe konnte bei zahlreichen Kranken mit tabischer Optikusatrophie und retrobulbärer Neuritis, die er diathermierte, eine Wirkung nicht feststellen.

Gegenanzeigen der Diathermiebehandlung sind:

1. Infektiös-septische Erkrankungen der Hornhaut, der Iris und Chorioidea sowie die entsprechenden Erkrankungen des Glaskörpers. Weiterhin alle eiterigen Prozesse des Orbitalgewebes, vor allem auch drohende Panophthalmie.
2. Frische Blutungen und Erkrankungen, die zur Blutung neigen.
3. Glaukom.
4. Exophthalmus bei Morbus Basedowi.

Die Technik der Augendiathermie.

Die Erwärmung des Auges wird in der Weise vorgenommen, daß man eine aktive Elektrode auf das Auge selbst, eine zweite inaktive Elektrode auf eine entfernte Körperstelle, am zweckmäßigsten auf den Nacken aufsetzt, damit die von der ersten Elektrode ausgehenden Stromlinien möglichst der Länge nach durch die Orbita ziehen. Die Augenelektrode wird entweder auf die geschlossenen Lider oder auf das



Fig. 79. Diathermie des Auges.



Fig. 80. Elektrodenhalter von Quirin.

geöffnete Auge aufgesetzt. In letzterem Fall verwendet man eine sogenannte Glaskammerelektrode. Man kann demnach eine Diathermie bei geschlossenen und eine solche bei offenen Lidern unterscheiden.

Die Diathermie bei geschlossenen Lidern führe ich in folgender Weise aus. Auf das Auge kommt eine der Größe des Orbitaleinganges entsprechende vielfache Lage von hydrophiler Gaze oder Watte, die, um ihren Widerstand und damit ihre Erwärmung möglichst gering zu machen, mit konzentrierter Kochsalzlösung durchtränkt wird. Auf diese feuchte Unterlage legt man eine etwas kleinere oval geschnittene

Bleiplatte und befestigt beide mittels Binden am Kopf (Fig. 79). Die inaktive Elektrode besteht aus einer Bleiplatte (100 cm²), die man im Nacken möglichst hoch an der Haargrenze befestigt. Einfacher ist es, die Bleiplatte am Rücken anzubringen. Quirin hat einen Elektrodenhalter angegeben, der das Halten der Elektroden durch besondere Bügel besorgt (Fig. 80).

Die anzuwendende Stromstärke schwankt je nach der Größe der Augenelektrode zwischen 200—500 Milliampere. Die Behandlungsdauer beträgt 15—20 Minuten.

Derartig kleine Stromstärken, wie sie bei der Augendurchwärmung zur Anwendung kommen, lassen sich mit den gewöhnlichen Diathermieapparaten nur sehr schwer dosieren und an deren Amperemeter nur sehr ungenau ablesen. Man bedient sich daher für die Diathermie des Auges zweckmäßiger der kleinen Apparatypen, wie sie von Reiniger, Gebbert & Schall u. a. Firmen vornehmlich für urologische Zwecke gebaut werden (Seite 38). Um auch die großen Diathermieapparate für die Abnahme ganz geringer Stromstärken geeignet zu machen, hat die Siemens & Halske A.-G. einen Spannungsteiler konstruiert, der ein eigenes Amperemeter trägt, das Ströme in einer Stärke von 0—0,6 Ampere zu messen gestattet (s. Seite 37).

Der Umstand, daß sich bei geschlossenen Lidern die Haut stärker erwärmt als die unter ihr liegende Hornhaut, erscheint mir als kein besonderer Nachteil, im Gegenteil, ich erblicke darin eine Sicherung für das Auge.

Die Diathermie bei offenen Lidern. Hierbei verwendet man die von Bucky angegebene Glaskammerelektrode (Fig. 81). Diese setzt man, nachdem man ihren freien Rand mit Vaseline eingefettet hat, zunächst auf das geschlossene Auge auf und läßt sie von dem Patienten halten. Dann wird die Kammer mittels Irrigator von unten oder einer Undine von oben mit einer etwa 30° C warmen Kochsalzlösung gefüllt und der Gummipfropf mit dem Thermometer ganz locker eingesetzt, um der sich beim Stromdurchgang erwärmenden Luft das Entweichen zu ermöglichen. Ist die Kammer gefüllt, so öffnet der Patient das Auge wieder.

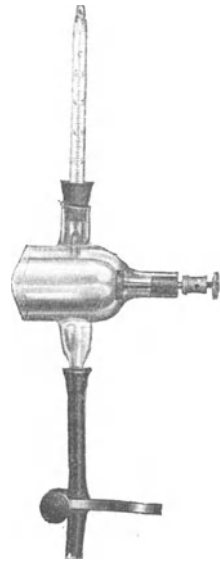


Fig. 81. Augenelektrode von Bucky.

Die Angaben des Thermometers sind nur dann für die Erwärmung des Auges verwertbar, wenn die Kochsalzlösung annähernd den gleichen Widerstand wie die Hornhaut besitzt, was nach Rückmann dann der Fall ist, wenn man eine Mischung von 12,5 Teilen physiologischer Kochsalzlösung mit 100 Teilen reinen Wassers verwendet. Die mit der Bucky'schen Augenelektrode anwendbare Stromstärke beträgt 200—400 Milliampere, ist also nicht höher als diejenige, die wir auch bei geschlossenen Lidern zur Anwendung bringen. Da die Stromstärke auf dem ganzen Leitungsweg die gleiche sein muß, so ist die Annahme, daß man mit der Elektrode von Bucky eine größere Tiefenwirkung erzielt, unbegründet.

XI. Die Erkrankungen des Ohres.

Anzeigen. Im Gegensatz zu den zahlreichen Untersuchungen über die Diathermie des Auges sind die Arbeiten, welche sich mit der Diathermie des Ohres beschäftigen, sehr spärlich. Es liegen zur Zeit weder experimentelle Untersuchungen über die Diathermie des Gehörorgans, noch auch größere klinische Versuchsreihen vor, die uns einen Aufschluß über die therapeutischen Anzeigen der Ohrdurchwärmung geben würden.

Nach unseren Erfahrungen auf anderweitigem Gebiet dürfte die Diathermie vor allem bei chronischen Entzündungen des Mittelohres, vielleicht in manchen Fällen von Ohrgeräuschen angezeigt sein. Ob sie bei der Otosklerose irgendwelche Aussichten auf Erfolg hat, ist heute noch durchaus zweifelhaft. Während Hamm solche Erfolge gesehen haben will, wird von Mendel die Anwendung der Diathermie bei dieser

Erkrankung für erfolglos, von Gerlach unter Umständen selbst für schädlich gehalten. Kontraindiziert ist die Diathermie naturgemäß bei akut eitrigen Prozessen des Ohres.

Die Technik der Ohrdiathermie.

Die elektrische Durchwärmung des Ohres führe ich in Anlehnung an den Vorschlag Mendels in nachstehender Weise aus. Der Gehörgang wird bis zum Trommelfell austamponiert mit einem in Koch-

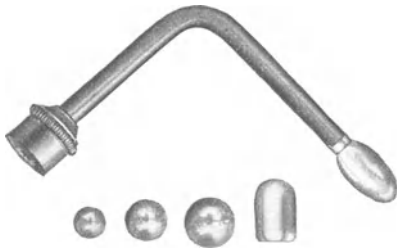


Fig. 82. Ohrelektroden von Bucky.

salzlösung getränkten Wattestreifen, der sich in eine die Ohrmuschel und ihre Krypten ausfüllende feuchte Wattelage fortsetzt. Auf diese kommt eine kleine ovale Bleiplatte zu liegen, während eine zweite größere Bleiplatte als inaktive Elektrode der Wange der anderen Seite aufgesetzt wird. Beide Elektroden werden mittels Binden am Kopf befestigt. Die von der Ohrelektrode ausgehenden Stromlinien ziehen eingeschleitet von den knöchernen Wänden des äußeren Gehörganges durch den Tampon direkt gegen das mittlere und innere Ohr. Die Stromstärke beträgt bei dieser Anordnung 150 bis 200 Milliampere.

Die beschriebene Ohrelektrode in Form eines feuchten Tampons ist der von Gerlach konstruierten, mit Leder überzogenen Knopfelektrode wegen des breiteren und daher besseren Stromüberganges unbedingt vorzuziehen. Eher scheinen mir noch die von Bucky angegebenen Metalloliven, die an einem isolierenden Stiel befestigt sind, empfehlenswert (Fig. 82). Die inaktive Elektrode dem Patienten in die Hand zu geben, wie dies angeraten wurde, halte ich für unzweckmäßig. In diesem Fall werden die Stromlinien unmittelbar nach unten gegen den Hals hin abgelenkt und das mittlere Ohr höchstens durch abirrende Stromschleifen erwärmt.

Von der Firma Koch & Sterzel wurde auf Anregung Weisers ein besonderer kleiner Diathermieapparat (Otodiatheum) für die Ohrbehandlung konstruiert und für denselben Zweck auch ein eigenes Milliampereometer mit einem Meßbereich bis 250 Milliampere in den Handel gebracht (Fig. 28, S. 35).

Anhang.

XII. Die Kombination von Diathermie und Röntgenbestrahlung.

Experimentelle Untersuchungen. Bernd machte bereits in einer seiner ersten Veröffentlichungen auf die Möglichkeit aufmerksam, das Gewebe maligner Tumoren durch elektrische Schwingungen für Röntgenstrahlen zu sensibilisieren. Er berichtet über zwei Tumoren, die von ihm diathermiert und im Anschluß daran von G. Schwarz bestrahlt worden waren, bei denen es den Anschein hatte, als ob ihre Rückbildung durch die vorausgegangene Diathermie beschleunigt worden wäre. Bernds Vorschlag wurde später von H. E. Schmidt wiederholt und von Christoph Müller klinisch geprüft. Dieser konnte bei verschiedenen malignen Neubildungen, die sich der Röntgenstrahlung gegenüber als refraktär erwiesen, ein Kleinerwerden erzielen.

Im Anschluß an diese Beobachtungen stellten Fr. Bering und H. Mayer eine Reihe von experimentellen Untersuchungen an, welche das Ziel verfolgten, die sensibilisierende Wirkung der Diathermie für Röntgenstrahlen objektiv nachzuweisen. Sie machten ihre Experimente an Kaninchenhoden, und zwar derart, daß sie nur einen der beiden Hoden diathermierten, um dann beide mit der gleichen Röntgendosis zu bestrahlen. Sie hatten so an dem zweiten, nicht durchwärmten Testikel ein Vergleichsobjekt, das gestattete, den Einfluß der Diathermie auf der anderen Seite zu beurteilen. Es zeigte sich nun in der Tat der diathermierte Hoden radiosensibler, indem die an ihm nachweisbare Röntgendeneration stets stärker ausgebildet war als an dem nicht durchwärmten Hoden. Es zeigte sich weiter, daß der Unterschied in der beiderseitigen Wirkung bei großen Strahlenquantitäten nicht so augenfällig war wie bei der Anwendung von kleinen Mengen. Bei einer Dosis von 9–10 x, bei welcher das Zerstörungswerk schon ein ziemlich ausgiebiges ist, ist immerhin auf der durchwärmten Seite die Schädigung noch etwas umfangreicher. Weitaus offenkundiger ist jedoch der Unterschied, wenn man nur eine kleine Strahlenmenge, etwa 2 x, anwendet. Hierbei zeigen sich an dem nicht diathermierten Hoden noch keine histologisch nachweisbaren Veränderungen, an dem diathermierten dagegen sind dieselben bereits deutlich ausgesprochen. Es wird also durch die Diathermie die elektive Wirkung der Röntgenstrahlen erweitert.

Auch von Lenz wurde an der II. Medizinischen Klinik der Charité in Berlin die kombinierte Wirkung der Diathermie und Röntgenbestrahlung experimentell studiert. Lenz konnte gleichfalls den sensibilisierenden Einfluß der Diathermie bestätigen. An einem faustgroßen, subkutan gelegenen Mammakarzinom (Rezidiv), dessen eine Hälfte er diathermierte und das er in unmittelbarem Anschluß daran in seiner ganzen Ausdehnung einer Röntgenerythemdosis aussetzte, konnte er nach 14 Tagen an der diathermierten Tumorthälfte eine deutliche Verminderung des Volumens und eine Abnahme der Konsistenz nachweisen gegenüber der mit Röntgenstrahlen allein behandelten Hälfte.

Worauf beruht die sensibilisierende Wirkung der Diathermie? Bering und Mayer sind der Ansicht, daß für die durch ihre Versuche nachgewiesene Radiosensibilisierung in erster Linie die durch die Diathermie veranlaßte Hyperämie ursächlich in Betracht kommt, nachdem von H. E. Schmidt, G. Schwarz u. a. nachgewiesen worden ist, daß die erhöhte Blutfülle eines Organes dessen Röntgenempfindlichkeit wesentlich steigert. Umgekehrt ist ja auch bekannt, daß Anämie des Gewebes, sei sie durch Kompression erzeugt (G. Schwarz) oder durch Adrenalin (Reicher und Lenz), die Sensibilität desselben für Röntgenstrahlen herabsetzt. Christoph Müller, der in einer größeren klinischen Versuchsreihe den praktischen Wert der Kombination von Diathermie und Röntgentherapie erprobt hat, spricht dagegen die Meinung aus, daß neben der Hyperämie noch andere, bis jetzt unbekannte Faktoren, für die Sensibilisierung maßgebend seien.

Ein aktivierender Einfluß der Diathermie läßt sich nach den Erfahrungen von Lenz, die auch durch die Versuche von Bering und Mayer bekräftigt werden, nur dann beobachten, wenn die Durchwärmung der Röntgenbestrahlung unmittelbar vorausgeht; die umgekehrte Reihenfolge, bei der der Tumor zuerst bestrahlt und dann durchwärmt wird, scheint keinen Erfolg zu haben. Bernd warnt davor, eine solche Reizdiathermie, welche nicht direkt auf eine Zerstörung des Gewebes ausgeht, für sich allein ohne nachfolgende Röntgenbestrahlung bei malignen Tumoren vorzunehmen. Er hält es nicht für unwahrscheinlich, daß durch den vermehrten Blut- und Lymphstrom das Wachstum des Tumors angeregt wird. Lenz schließt sich auf Grund klinischer Beobachtungen dieser Anschauung an.

Entgegengesetzter Ansicht ist dagegen Theilhaber, der glaubt, daß auch die einfache diathermische Durchwärmung nicht allein das Wachstum der Karzinomzellen hemmt, sondern einen direkt zerstörenden Einfluß auf sie ausübt. Diese Behauptung Theilhäbers, die auch von Christoph Müller vertreten wird, fand eine Stütze in den Untersuchungen von Liebesny (siehe Seite 143).

Die Anzeigen für die Kombination von Diathermie und Röntgenbestrahlung. Der Wert der Diathermie als Sensibilisator für Röntgenstrahlen ist ein doppelter. Einerseits sind wir dadurch in die Lage versetzt, Neubildungen, die sich „röntgenrefraktär“ verhalten, dem Einfluß der Strahlung zugänglich zu machen, andererseits — und das ist vielleicht noch wichtiger — haben wir in dem Verfahren auch ein Mittel, unter der Haut liegende Neubildungen zu sensibilisieren und auf Grund dessen durch eine Röntgendosis zu zerströren, welche die Haut selbst noch nicht schädigt. Dies erscheint im ersten Moment vielleicht nicht ganz verständlich, weil es die Voraussetzung in sich schließt, daß die Haut selbst nicht mitsensibilisiert wird, eine Diathermie des Tumors aber ohne eine Diathermie der Haut nicht leicht ausführbar ist. In welcher Weise sich dieses Problem technisch lösen läßt, wird weiter unten ausgeführt werden.

Die Kombination von Diathermie und Röntgentherapie eröffnet aber noch eine weitere Perspektive, nämlich, diese beiden therapeutischen Mittel nicht nur dort zu kombinieren, wo es sich um eine Gewebszer-

störung handelt, sondern ihren gleichgerichteten Effekt auch dort auszunützen, wo erfahrungsgemäß schon die Diathermie oder die Röntgentherapie für sich allein einen guten Erfolg erzielt. Dahin zählen nach Lenz: tuberkulöse Peritonitis, tuberkulöse Lymphome, Arthritis tuberculosa, die chronische Polyarthritits und schwere Neuralgien.

Die Technik der kombinierten Durchwärmung und Bestrahlung. Um bei Tumoren, welche unter der Haut liegen, die letztere nicht mit zuzensibilisieren, haben Christoph Müller und Lenz folgendes Verfahren angegeben.

Die Elektroden werden so angelegt, daß die von ihnen bedeckten Hautstellen außerhalb des Röntgenstrahlenkegels zu liegen kommen, es steht daher die Richtung des Diathermiestromes senkrecht auf der Richtung der nachfolgenden Röntgenstrahlen. Die von den Elektroden berührten und daher hypersensiblen Hautteile werden überdies durch Bleiplatten während der Bestrahlung abgedeckt. Man kann auch nach dem Vorschlage von Reicher und Lenz versuchen, sie durch eine Adrenalininjektion zu desensibilisieren. Die Erhitzung soll eine möglichst ausgiebige sein, jedoch die Schädigungsgrenze für das Gewebe nicht erreichen.

Keating-Hart diathermiert und röntgenisiert gleichzeitig, indem er zur Durchwärmung dünne Aluminiumelektroden verwendet, die er der Haut unter gleichzeitiger Kompression aufsetzt. Die Aluminiumplatten sind mit Eisbeutel bedeckt, welche die Aufgabe haben, die Erwärmung und die Sensibilisierung der Haut zu verhindern. Durch Eisbeutel und Elektrode hindurch wird bestrahlt. Keating-Hart bezeichnet seine Methode als Thermoradiotherapie.

Sechster Teil.

Die chirurgische Diathermie und ihre Anzeigen.

I. Die chirurgische Diathermie.

Der Begriff der chirurgischen Diathermie. Die Aufgabe der chirurgischen Diathermie ist es, gewisse pathologische Gebilde durch Hitze zu zerstören. Während wir bei den konservativen Methoden der Diathermie die Wärme als einen vitalen Reiz verwenden, der bestimmte physiologische Reaktionen mit therapeutischen Endwerten auszulösen imstande ist und uns dabei hüten, eine dauernde Schädigung des durchströmten Gewebes zu verursachen, ist es bei der chirurgischen Diathermie gerade das letztere, was wir anstreben: eine Zerstörung, eine Koagulation, eine Verkochung des Gewebes. Man hat diese Form der Anwendung als Elektrokoagulation oder auch als Elektrokaustik (Werner) bezeichnet.

Da die zur Koagulation verwendete Elektrode aus Metall ist und infolge ihres guten Leitungsvermögens für Elektrizität bei der Operation

selbst kalt bleibt, hat man sie im Gegensatz zum Glüh- oder Thermokauter auch „kalten Kauter“ genannt. Daraus hat man mit sehr wenig Logik eine „kalte Kaustik“ gemacht, was natürlich ein paradoxer Unsinn ist.

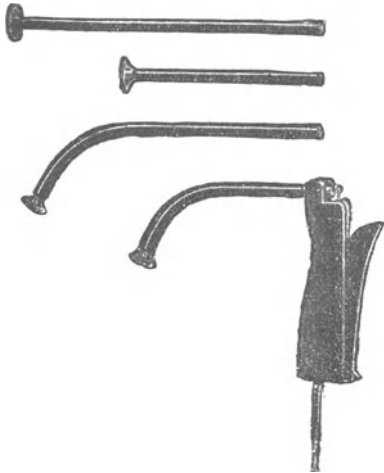


Fig. 83. Scheibenförmige Elektroden zur chirurgischen Diathermie mit Handunterbrecher.

Die Apparate und Elektroden zur chirurgischen Diathermie. Für kleinere chirurgische Eingriffe, wie die Beseitigung von Warzen, Lupusknötchen, Angiomen, die Entfernung von Papillomen aus der Blase u. dgl. sind die kleinen Diathermieapparate mit einer maximalen Stromstärke von 0,5 Ampere, wie sie einige Firmen erzeugen, vollkommen ausreichend. Will man mit der Diathermie dagegen auch größere Neubildungen, etwa Karzine, zerstören, dann braucht man leistungsfähigere Apparate, weil der Strom unter Umständen bis auf 1 Ampere pro Quadratcentimeter gesteigert werden muß. Die gewöhnlichen großen Diathermieapparate, die wir zur Durchwärmung verwenden, genügen diesen Ansprüchen vollkommen.

Als Operationselektroden dienen blanke, meist vernickelte Metallplättchen verschiedener Form, die an einem mit Hartgummi isolierten Elektrodenhalter aufschraubbar sind. Je nach der Form und Größe des zu zerstörenden Gebildes verwendet

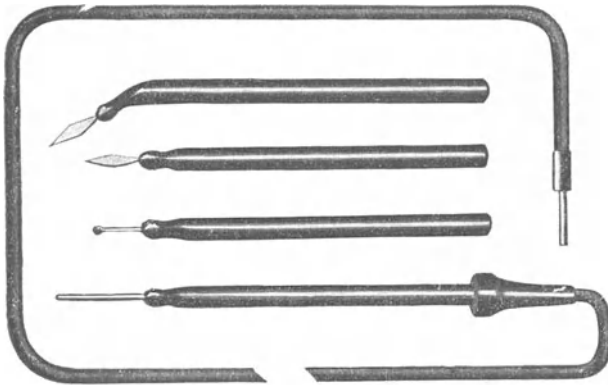


Fig. 84. Lanzett- und nadelförmige Elektroden zur chirurgischen Diathermie.

man kreisrunde oder ovale Scheibchen mit einem Durchmesser von 1–3 cm (Fig. 83). Sie müssen leicht und bequem ausgewechselt werden können. Handelt es sich um die Koagulation kleinster isolierter Knötchen, so kommen lanzett- oder nadelförmige Elektroden mit stumpfer oder geknöpfter Spitze zur Anwendung (Fig. 84).

Um das Arbeiten in Höhlen zu erleichtern, werden zwischen Operationselektrode und Elektrodenhalter bisweilen längere gerade oder gebogene Zwischenstücke eingeschaltet. Zweckmäßig ist auch eine Unterbrechervorrichtung, welche an dem Handgriff angebracht ist, um dem Operateur persönlich das Ein- und Ausschalten des Stromes zu ermöglichen. An Stelle dieses Unterbrechers kann auch ein Kontakt verwendet werden, der mit dem Fuß betätigt wird (Fig. 85).

Die Spezialelektroden, die für besondere Zwecke wie für Operationen in der Harnblase, für die Behandlung des Lupus u. dgl. angegeben wurden, werden in den Abschnitten über die betreffenden Erkrankungen näher beschrieben werden.

Die Technik der chirurgischen Diathermie. Die chirurgische Diathermie ist eine bipolare Methode, das heißt, zu ihrer Anwendung sind zwei Elektroden erforderlich, mit deren Hilfe man den Körper in den Stromkreis des Diathermieapparates einschließt. Nicht immer aber dienen beide Elektroden gleichzeitig zur Koagulation. In der Regel ist nur die eine von ihnen die wirksame oder aktive, es ist dies die Operationselektrode, während die zweite thermisch unwirksam oder inaktiv bleibt. Dieser Unterschied wird dadurch bewirkt, daß die Operationselektrode eine ganz kleine Kontaktfläche besitzt, an der sich die Stromlinien in maximaler Dichte konzentrieren, während die zweite Elektrode die Form einer großen Metallplatte hat, der nur die Aufgabe zufällt, den Stromkreis zu schließen. In anderen Fällen dagegen werden zwei aktive, also zwei Operationselektroden verwendet, die beide koagulierend wirken. Man kann danach zwei Arten der Operationstechnik unterscheiden, eine Methode mit einer und eine Methode mit zwei aktiven Elektroden.

1. Die Methode mit einer aktiven Elektrode. Als solche dient eine der oben beschriebenen Operationselektroden, welche auf das zu zerstörende Gebilde aufgesetzt wird. Die inaktive Elektrode wird durch eine große Bleiplatte (300—500 cm²) gebildet, welche auf dem Operationstisch unter den Rücken oder das Gesäß des Kranken zu liegen kommt. Bei kleineren Eingriffen genügt eine Bleiplatte (200 cm²), welche man am Vorderarm befestigt oder auch eine zylindrische Handelektrode, welche der Patient hält. Sind beide Elektroden aufgesetzt, so schaltet man den Strom ein und läßt ihn ganz langsam bis zur notwendigen Stärke (siehe unten) anschwellen. Die Koagulation setzt unter der Operationselektrode ein und schreitet von hier aus in die Tiefe weiter (Fig. 86).



Fig. 85. Fußkontakt.

Die Methode mit einer wirksamen Elektrode kommt überall dort in Frage, wo es sich um die Zerstörung kleiner oder wenig erhabener Knötchen (Lupus, Warzen) oder um die Koagulation mehr flächenhaft ausgebreiteter Bildungen (Naevi, Angiome) handelt, schließlich beim Operieren in Körperhöhlen (Nase, Mund, Kehlkopf).

2. Die Methode mit zwei aktiven Elektroden. Zur Zerstörung von Tumoren, welche über das Niveau ihrer Umgebung gut hervortreten und entsprechend abgegrenzt sind, kann man auch zwei gleich-

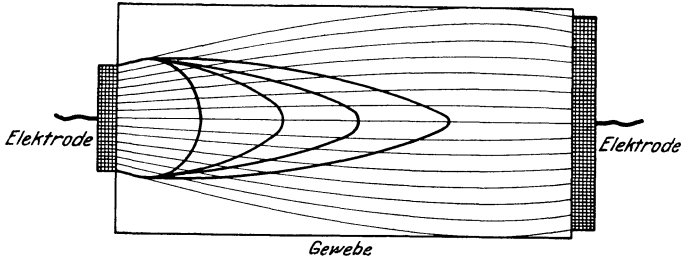


Fig. 86. Elektrokoagulation mit einer aktiven Elektrode.

große Elektroden verwenden, welche einander diametral gegenüber auf die Oberfläche der Geschwulst aufgesetzt werden, um diese je nach ihrer Größe auf einmal oder in mehreren Ansätzen zu verkochen. Die Koagulation beginnt dabei immer unter den Elektroden, um von dort aus zentralwärts vorzudringen (Fig. 87).

Die Dosierung nach Stromstärke und Zeit. Durch den Strom wird das Gewebe zur Koagulation gebracht, was man an seiner Weißfärbung erkennt. Dabei macht man die Beobachtung, daß in dem Maße als das

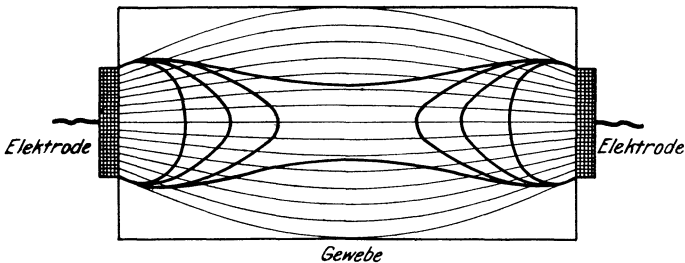


Fig. 87. Elektrokoagulation mit zwei aktiven Elektroden.

Eiweiß auf der Strombahn gerinnt, die anfänglich eingestellte Stromstärke zurückgeht, da der Widerstand des Gewebes bei seiner Gerinnung wächst. Ist die Spannung, mit der man arbeitet, eine genügend hohe, dann kann es auch zur Flammenbildung kommen, indem der Strom, statt durch das verkochte Gewebe hindurchzugehen, über dieses in Form von Funken hinwegzieht. Setzt man die Durchströmung weiter fort, dann tritt Verkohlung ein, das weißgekochte Gewebe wird braun und schwarz. Da schon durch die Koagulation die normale wie die patho-

logische Zelle abgetötet wird, somit das Ziel der chirurgischen Diathermie erfüllt ist, hat es keinen Zweck, die Erhitzung bis zur Verkohlung zu treiben. Es bedingt dies im Gegenteil verschiedene Nachteile. Wird das Gewebe verkohlt, dann haftet es so fest an der Elektrode, daß beim Abziehen dieser meist ein Teil des Schorfes mitgerissen wird, wodurch es zu unerwünschten Blutungen kommen kann, andererseits wird durch eine rasch eintretende Verkohlung auch jede Tiefenwirkung ausgeschlossen.

Von letzterer Tatsache kann man sich durch einen Versuch an einem Stück rohen Fleisches überzeugen. Nimmt man ein würfelförmig geschnittenes Fleischstück zwischen zwei Elektroden, deren Durchmesser etwa der halben Seitenlänge des Würfels entspricht, und läßt den Strom ganz langsam anschwellen, so kann man eine vollkommene gleichmäßige Durchkochung erreichen. Schaltet man aber von vorneherein eine zu große Stromstärke ein, so kommt es unter den Elektroden in kürzester Zeit zur Verkohlung, während die Mitte des Fleischstückes roh bleibt. Die Tiefe der koagulierten Schicht ist also um so größer, je langsamer die Gerinnungstemperatur des Eiweißes erreicht wird. Man kann annehmen, daß bei vorsichtiger Dosierung die Koagulationswirkung der Elektrode etwas tiefer reicht als die Länge ihres Durchmessers beträgt.

Um diese Verhältnisse richtig einschätzen zu lernen, ist es dringend geraten, sich zunächst an totem Material ein beiläufiges Urteil über den zu erwartenden Koagulationseffekt bei Verwendung verschiedener Elektroden, verschiedener Stromstärke und Zeit zu bilden, ehe man an die Operation am Lebenden herangeht.

Bei Ausführung einer chirurgischen Diathermie ist es wichtig, den Zeitpunkt zu erkennen, wann die Koagulation unter der Elektrode einsetzt. Liegt das Operationsfeld an der Oberfläche, so ist das unschwer an der Verfärbung des Gewebes zu ersehen, anders jedoch beim Arbeiten in Körperhöhlen. Hier hat man den Hauptanhaltspunkt für den Eintritt des beabsichtigten Effektes in dem plötzlichen Zurückgehen der Stromstärke infolge der erwähnten Widerstandserhöhung.

Die Nachbehandlung. Nach der Zerstörung des pathologischen Gewebes durch die Diathermie wird dieses entweder der spontanen Abstoßung überlassen oder auf chirurgischem Wege entfernt.

Die natürliche Demarkation erfolgt ziemlich langsam, da das verkochte Gewebe an der Unterlage sehr fest haftet und nur ganz allmählich durch die aufspießenden Granulationen abgehoben wird. Saß der Tumor größeren Gefäßen auf, so kann es dabei auch zu Nachblutungen kommen, was aber verhältnismäßig selten der Fall ist, weil in der Regel früher eine Thrombose der Gefäße eintritt.

Kleine Gebilde wie Lupusknötchen und Warzen wird man nach der Koagulation meist sich selbst überlassen, bei größeren wird man um den Wundverlauf zu beschleunigen und die Gefahr einer Infektion durch abgestorbene Gewebsreste zu vermindern, die Abtragung mit dem Messer oder der Schere vorziehen.

Ist eine glatte Abtragung nicht ohne weiteres möglich, so kann man auch zum scharfen Löffel greifen; die danach zurückbleibenden Wundflächen sind aber für die Heilung weniger günstig. Bisweilen wird man auch schrittweise vorgehen, indem man zunächst nur die oberste Schichte der Geschwulst koaguliert, diese dann durch Exkochleation

entfernt, in gleicher Weise mit der nächsten Schicht verfährt usw., bis man etagenweise die ganze Tumormasse zerstört und entfernt hat oder bis größere Gefäße, bzw. lebenswichtige Organe Einhalt gebieten. Dieses Vorgehen ist natürlich in Körperhöhlen (Axilla, Rektum, Uterus) mit einiger Gefahr verbunden.

Die Vorteile der chirurgischen Diathermie. Die Elektrokoagulation stellt nicht nur eine Vermehrung, sondern auch eine Bereicherung unserer operativen Methoden dar. Handelt es sich um die Entfernung infektiösen Gewebes (Lupus) oder maligner Neubildungen (Karzinom), so hat die Diathermie vor der Messeroperation den großen Vorteil, daß sie bei der Zerstörung dieser Gebilde keine Lymph- und Blutbahnen eröffnet. Es ist daher die Gefahr einer Verschleppung von Keimen in die Umgebung oder die eines Imprezidivs in der Wunde selbst vermieden. Auch dort, wo wir nach der Koagulation zum Messer greifen, um den Tumor zu entfernen, wird diese Gefahr gebannt, weil durch die Diathermie ja schon alles infektiöse Material zerstört wurde.

Ein weiterer Vorzug der Diathermie liegt in der blutsparenden Wirkung derselben. Durch sie wird es möglich, Neubildungen, deren Exstirpation nur mit großen Blutverlusten durchführbar wäre — nehmen wir zum Beispiel ein Hämangiom der Mundhöhlenschleimhaut — fast ohne jede Blutung zu entfernen, da bei der Diathermie das Blut in den Gefäßen des Tumors selbst wie in dessen Umgebung zur Gerinnung gebracht wird. Geduldet man sich mit der spontanen Abstoßung, so erfolgt diese häufig ohne einen Tropfen Blutverlust.

Die Diathermie ist aber nicht nur eine blutsparende, sondern auch eine blutstillende Methode. Bei nicht allzu großen Blutgefäßen wird das Aufdrücken einer Operationselektrode genügen, um die Blutung sofort zum Stillstand zu bringen. Durch die oberflächliche Koagulation einer blutenden Wundfläche lassen sich parenchymatöse Blutungen leichter als durch jede andere Art der Blutstillung beherrschen. Hoffmann hat für diesen Zweck eine eigene Elektrode angegeben; bei einiger Geschicklichkeit wird man aber mit jeder Operationselektrode dieses Ziel erreichen können.

Gegenüber dem Thermo- und Galvanokauter hat der „kalte Kauter“ den großen Vorzug, daß bei ihm jede ausstrahlende Hitzewirkung, welche das umgebende Gewebe versengt, fehlt. Dadurch wird eine viel exaktere Lokalisation des chirurgischen Eingriffes möglich. Dazu kommt, daß auch die lästige Rauchentwicklung entfällt, welche insbesondere in Körperhöhlen wie der Nase, der Mundhöhle, dem Kehlkopf den Überblick über das Operationsfeld und die Beurteilung des erzielten Effektes sehr erschwert.

Die Lichtbogenoperation. Eine besondere Verwendungsart der Hochfrequenzströme für chirurgische Zwecke stellt die Lichtbogenoperation dar. Während bei der chirurgischen Diathermie oder Elektrokoagulation das pathologische Gewebe bloß durch Koagulation abgetötet wird, wobei man seine Entfernung entweder der Natur überläßt oder auf irgendeinem anderen Wege bewirkt, geht die Lichtbogenoperation unmittelbar darauf aus, die Neubildung aus ihrer Umgebung auszulösen, sie, um chirurgisch zu sprechen, zu exstirpieren. Sie tut dies mit Hilfe des elektrischen Funkens.

Verwendet man bei ganz der gleichen Anordnung, wie wir sie oben für die Elektrokoagulation mit einer aktiven Elektrode beschrieben haben, als Operations-elektrode eine lanzettförmige Nadel (Fig. 84, S. 136) und gleitet mit dieser, statt sie fest aufzusetzen, ganz leicht über die Oberfläche eines Gewebes, so bildet sich zwischen Nadel und Körper ein Funkenübergang, ein sogenannter Lichtbogen aus, unter dem das Gewebe auseinanderfällt wie gespalten von der Schneide eines scharfen Messers. Verweilt man nicht zu lange an der gleichen Stelle, dann wird die Schnittfläche durch die auftretenden Fünkchen auch kaum verschorft, sie ist ebenso frisch wie die mit dem Messer erzeugte. Wir haben also in dem Lichtbogen ein Schneidewerkzeug, ein Skalpell, das aber nicht nur schneidet, sondern noch den besonderen Vorzug besitzt, die Schnittfläche selbst zu sterilisieren. Das ist ein erheblicher Vorteil, wenn es sich darum handelt, Neubildungen maligner oder infektiöser Art zu entfernen, denn die Ausstreuungs- und Rezidivgefahr wird dadurch in bedeutendem Maß herabgesetzt.

In diesem Sinn wurde der Lichtbogen, wie er von Hochfrequenzströmen erzeugt wird, zuerst von de Forest angewendet. Dieser Autor benützte jedoch nur eine einzige Elektrode, die nach ihm benannte Nadel. Seine Methode ist also im Gegensatz zu der oben beschriebenen Lichtbogenoperation eine unipolare, was zur Voraussetzung hat, daß man mit etwas höher gespannten Schwingungsströmen arbeitet. Erst Czerny vervollständigte den Schwingungskreis, indem er den Körper des Patienten mittels einer inaktiven Plattenelektrode an den zweiten Pol des Apparates anschloß, weshalb seine Technik auch als bipolare Forestisation bezeichnet wurde.

Die Lichtbogenoperation wurde von de Forest, Czerny und seinen Schülern Werner und Caan empfohlen. Allerdings ist seit beträchtlicher Zeit in der Literatur nichts mehr von ihr zu lesen, so daß es den Anschein hat, als ob sie in Vergessenheit geraten wäre. Jedenfalls ist sie gegenüber der chirurgischen Diathermie völlig in den Hintergrund getreten.

II. Das Karzinom.

Allgemeines. Die Diathermie bietet uns für die operative Entfernung der Karzinome manche Vorteile. Die radikale Heilung solcher Neubildungen wird nicht selten dadurch verhindert, daß es trotz genauesten Vorgehens schon bei der Operation selbst zu einer Reinfektion mit Tumorkernen kommt, welche dann in der Narbe oder in den Stichkanälen zu neuen Knoten aufschießen. Die Diathermie gibt uns nun ein Mittel an die Hand, solche Imprezidive zu verhüten, und zwar dadurch, daß wir den Tumor vor seiner Entfernung verkochen und auf diese Weise sterilisieren.

Eine solche Sterilisation gewährt aber häufig noch einen anderen Vorteil. Ist das Krebsgewebe, wie nicht selten, an seiner Oberfläche geschwürig zerfallen, so bietet die vorausgehende Verkochung dieser zerfallenden und oft jauchenden Massen einen Schutz gegen die septische Infektion der Operationswunde. Es kann so häufig eine *Prima intentio* erreicht werden, wo diese ohne Mithilfe der Diathermie nicht möglich gewesen wäre.

Die Elektrokoagulation kann aber in der Chirurgie maligner Neoplasmen noch eine zweite Aufgabe erfüllen. Sie kann dazu dienen, postoperativ, also nach erfolgter Abtragung des Tumors die Operationswunde zu sterilisieren. Sie verfolgt hier das gleiche Ziel wie die seinerzeit von Keating-Hart empfohlene Fulguration, bei der man die Funken eines Hochspannungstransformators auf die Wunde überspringen

ließ, um etwa zurückgebliebene Krebskeime zu zerstören. Die Diathermie ist nach der Ansicht mancher Autoren wegen ihrer größeren Tiefenwirkung der Fulguration überlegen und infolgedessen imstande, diese in allen Fällen zu ersetzen. Natürlich sind Wunden, die in dieser Weise behandelt wurden, zu einer direkten Vereinigung nicht geeignet, sie müssen wegen der in der Regel starken Sekretion breit drainiert werden.

Die Diathermie kann uns aber selbst dann noch manche Dienste leisten, wenn die Neubildung die Grenzen der Operationsmöglichkeit schon überschritten hat und man sich darauf beschränken muß, den Zustand des inoperablen Kranken, so gut es geht, erträglich zu gestalten. Man ist häufig in der Lage, durch die Elektrokaustik der zerfallenden Tumormassen die abundantante Jauchung und die sie begleitenden Schmerzen bedeutend zu verringern. Keine andere Methode gibt uns die Möglichkeit, Krebsgeschwüre so gründlich und tiefgreifend zu desinfizieren, wie die Elektrokoagulation. Nach Abstoßung des Schorfes zeigen sich oft kräftige Granulationen und man kann eine Rückbildung der lokal gereizten Drüsen beobachten. Infolge Aufhörens der septischen Resorption und Nachlassens der Schmerzen bessert sich gleichzeitig der Allgemeinzustand des Kranken oft in überraschender Weise.

Die Elektrokoagulation der Karzinome. Die Technik der Elektrokaustik richtet sich nach den oben ausführlich dargelegten Grundsätzen. In welchen Fällen man die Methode mit einer, in welchen man die mit zwei aktiven Elektroden vorziehen soll, wird in der Regel durch die Größe und Gestalt des Neoplasmas entschieden.

Bei der Diathermie des Wundbettes, die man anwendet, um möglicherweise zurückgebliebene Tumorreste zu vernichten, kommt natürlich nur die Methode mit einer Operationselektrode in Betracht, die man, etappenweise fortschreitend, den einzelnen Teilen des Wundbettes auf kurze Zeit aufdrückt, um so eine nur wenig in die Tiefe gehende sterile Koagulationsschicht zu erzeugen.

Man hüte sich, bei der Elektrokoagulation größeren Gefäßen zu nahe zu kommen, weil leicht eine Schädigung der Gefäßwand durch die Hitze eintritt, die bei der Abstoßung zu schweren Nachblutungen Veranlassung geben kann. An Stellen, wo eine derartige Gefahr besteht wie in der Achselhöhle, in der Leistengegend oder am Hals wird man rechtzeitig die Elektrode mit dem Messer vertauschen. Vorsicht scheint auch in der Nähe von Knochen und Knorpelgewebe geboten, um sekundäre Knochen- oder Knorpelabstoßungen zu vermeiden.

Da die Elektrokoagulation einer Verbrennung dritten Grades gleichkommt, ist sie naturgemäß schmerzhaft und muß daher mit Ausnahme kleinster Eingriffe stets unter örtlicher oder allgemeiner Anästhesie vorgenommen werden.

Die einfache Durchwärmung der Karzinome. Man war früher fast allgemein der Ansicht, daß die einfache Durchwärmung eines malignen Tumors und die dadurch bedingte Hyperämie desselben einen Reiz auf das Wachstum der Tumorzellen ausübt und daher unter allen Umständen vermieden werden muß. Schon Bernd hatte bezüglich der Diathermie diese Ansicht geäußert und Lenz glaubte sie durch klinische Beobach-

tungen bestätigen zu können. Theilhaber wandte sich gegen diese Behauptung auf Grund klinischer und experimenteller Untersuchungen. Er hatte versuchsweise eine Reihe von inoperablen Karzinomen einige Wochen hindurch ausschließlich mit Diathermie behandelt und konnte bei einem Teil dieser Fälle eine Verkleinerung der Geschwulst nachweisen. Die histologische Untersuchung derselben ergab ausgesprochene Bilder von regressiver Metamorphose, ähnlich denjenigen, wie man sie nach Röntgenbestrahlung sieht, wenn auch nicht so hohen Grades.

Diese Angaben Theilhavers veranlaßten Liebesny die Wirkung der Diathermie auf das Karzinomgewebe im Tierversuch nachzuprüfen. Er impfte weiße Mäuse intramuskulär mit Karzinom, diathermierte dieselben vom 6. bis 18. Tage nach der Impfung und fand nach Ablauf dieser Zeit bei den so behandelten Tieren ein merkliches Zurückbleiben im Wachstum der Geschwülste gegenüber denjenigen der nicht diathermierten Kontrolltiere. Die nach der Methode von Joannovics vorgenommene Wägung ließ eine Wachstumshemmung bis zu 42,6% feststellen. Mikroskopisch konnte nachgewiesen werden, daß bei den diathermierten Mäusen die Tumorzellen zum größten Teil zerfallen waren. Die karzinolytische Wirkung der Diathermie war damit auch experimentell erwiesen.

Ob diese Wirkung durch die bei der Erwärmung auftretende Hyperämie oder durch die Hyperthermie als solche bedingt ist, läßt sich nicht entscheiden. Wahrscheinlich wirken beide Faktoren in gleichem Sinn. Dagegen gelang es Liebesny bei seinen Untersuchungen nicht, die Rundzelleninfiltrate festzustellen, die nach Theilhaber als die Folge einer „akuten Entzündung“ in dem diathermierten Gewebe auftreten und die nach diesem Autor eine ganz besondere Rolle bei der Wachstumshemmung der Karzinomzellen spielen sollen. Auch andere Untersuchungen, die Liebesny gemeinsam mit Kolmer an den Hoden gesunder Hunde ausführte, vermochten diesen Befund Theilhavers nicht zu bestätigen. Nach mehrtägig wiederholter Diathermie des einen Hodens zeigte dieser wohl makroskopisch wie mikroskopisch eine deutliche Hyperämie im Vergleich zu dem Hoden der nichtbehandelten Seite, Rundzellenansammlungen, wie sie Theilhaber beschrieb, waren jedoch nicht aufzufinden.

Mag nun die hemmende Wirkung der Diathermie auf das Wachstum von Karzinomen diese oder jene Erklärung finden, jedenfalls ist die Tatsache an sich von klinischer Bedeutung. Wenn die Diathermie auch keinesfalls als ein Heilmittel für Karzinome angesehen werden kann, so vermag sie uns doch vielleicht zur Verhütung von Rezidiven Dienste zu leisten. In diesem Sinn wird sie von Theilhaber seit Jahren warm empfohlen (siehe Seite 125), welcher Empfehlung sich später auch Christoph Müller auf Grund eigener klinischer Beobachtungen anschloß. Es ist wohl möglich, daß durch die systematische Behandlung der Operationsnarben mit Diathermie das Aufgehen etwa zurückgebliebener Keime verhindert und damit ein Rezidiv verhütet werden kann. Nach Theilhaber bleiben derartig behandelte Narben noch viele Monate nach dem Aussetzen der Diathermie weich, geschmeidig und rot wie in den ersten Monaten nach der Operation, während ältere Narben nach Krebs-

operationen nicht selten blaß werden und eine keloidartige Verdickung zeigen.

Die postoperative Diathermie wirkt also rezidivverhütend in gleichem Sinn wie die Röntgenbestrahlung und ist geeignet, deren Wirkung zu unterstützen.

III. Geschwülste der Harnblase und der Harnröhre.

Anzeigen. Die chirurgische Diathermie hat sich heute in der Behandlung intravesikaler und intraurethraler Geschwülste einen dauernden Platz gesichert. Vorwiegend sind es die Papillome, welche in ihr Indikationsbereich fallen. Bei diesen vermag die Elektrokoagulation die Galvanokaustik und die Operation mit der kalten Schlinge vollkommen zu ersetzen. Der Kaustik gegenüber hat sie den Vorteil einer genaueren Lokalisationsmöglichkeit und einer größeren Tiefenwirkung, wodurch die Rezidivgefahr verringert wird, der Schlingenoperation ist sie dadurch überlegen, daß ihr auch solche Tumoren zugänglich sind, welche wegen ihres Sitzes und wegen ihrer Form mit der Schlinge nur schwer oder gar nicht zu fassen sind. Hierzu gehören die Papillome im Scheitel der Blase, an deren Rückwand und im Blasenhal, ferner diejenigen, welche nicht isoliert und gestielt sind, sondern in Form feinsten Zöttchen auftreten, die rasenförmig kleinere oder größere Flächen der Schleimhaut bedecken.

Neben den Papillomen sind es Hämangiome, Zysten und andere seltener vorkommende Neubildungen der Blasenwand, welche diathermisch operiert werden können. Die Karzinome werden nur bedingungsweise Gegenstand der Elektrokoagulation sein, und zwar hauptsächlich dann, wenn ihr Sitz die Entfernung durch eine Resektion der Blasenwand nicht zuläßt. Das Karzinom grundsätzlich von der Diathermiebehandlung auszuschließen (Wossidlo) erscheint nicht hinreichend begründet. Kroiss hat die Diathermie auch dazu benützt, um in einem Fall einen eingeklemmten Ureterstein, der mit seiner Spitze in die Harnblase hineinsah, zu befreien, in einem anderen Fall, um eine zystische Erweiterung des unteren Ureterenendes linear zu spalten.

Auch Blutungen der Schleimhaut können auf elektrokaustischem Weg rasch und prompt gestillt werden. Voraussetzung ist natürlich, daß die Blutung keine diffuse und ihr Ausgangspunkt gut erkennbar, nicht etwa durch ein Koagulum verdeckt ist.

Die Erfolge der Operation bei Papillomen sind bezüglich der Dauerheilung sehr günstige. Rezidive kommen, was sich aus der Tiefenwirkung des diathermischen Stromes erklärt, seltener vor als bei Operationen mit dem Galvanokauter oder der Schlinge.

Elektroden und Apparate zur Operation. Die Elektrokoagulation intravesikaler Geschwülste wurde von E. Beer (New York) in die Urologie eingeführt. Dieser Autor benützte den hochgespannten Strom eines Oudinschen Resonators, den er einpolig angewendete. Die Hochspannung des Stromes bedingte jedoch infolge der Funkenbildung manche Unannehmlichkeit, so daß heute das Verfahren Beers zugunsten

der zweipoligen Anwendung der niedergespannten Diathermieströme, wie sie zuerst von Kuttner empfohlen wurde, allgemein verlassen ist.

Zu letzterem Verfahren benötigt man zwei Elektroden, eine größere Bleiplatte, welche als inaktiver Pol unter das Gesäß oder den Rücken des auf dem Operationstisch befindlichen Kranken zu liegen kommt, und eine Operationselektrode, welche die Form einer feinen Sonde hat und durch das Ureterenkystoskop in die Blase eingeführt wird (Fig. 88). Diese Sonde ist, um gegen das Kystoskop isoliert zu sein, allseits mit einer nichtleitenden Masse umspinnen bis auf die Spitze, an der sie einen runden, zylindrischen oder auch spatelförmigen Metallkontakt trägt. Dieser wird in Berührung mit der Geschwulst gebracht und leitet den Strom auf sie über.

Da die zur Anwendung kommende Stromstärke 0,5 Ampere nicht überschreitet, so sind zur Elektrokaustik in der Harnblase oder Harnröhre die kleinen Modelle der Diathermieapparate, welche viele Firmen neben ihren größeren erzeugen, vollkommen ausreichend.

Die Ausführung der Operation. Die Harnblase wird mit einer sterilen Lösung gefüllt und dann das Ureterenkystoskop mit der Operationssonde eingeführt. Mit Hilfe des Albarranschen Hebels wird nun der Metallknopf der Sonde gegen das Papillom gedrückt. Schaltet man den Strom jetzt ein, so sieht man, wie in wenigen Sekunden rings um



Fig. 88. Elektrode zur intravesikalen Elektrokoagulation.

die Kontaktstelle das Gewebe infolge der Eiweißgerinnung erblaßt. Dabei wird die Geschwulst sichtlich kleiner, sie schrumpft und die angrenzende Blasenschleimhaut legt sich häufig infolge dieser Zusammenziehung in radiäre Falten. Gleichzeitig steigen von der Sondenspitze Gasbläschen auf, da das Wasser des Gewebes zu kochen beginnt und sich in Dampf verwandelt. Hat man den Strom etwas zu hoch eingestellt, so geht die Weißfärbung der verkochten Partie in eine Braun- und Schwarzfärbung über: das Gewebe verkohlt. Die Sonde bleibt dann meist an dem Schorf kleben und läßt sich von ihm nur mit einiger Gewalt abziehen. Eine solche Verkohlung soll daher vermieden werden.

Ist die Geschwulst gestielt, so wird man, wo es irgend möglich ist, den Stiel mit der Sonde zu erreichen suchen, weil bei der Koagulation desselben die ganze Neubildung zum Absterben verurteilt ist. Wo dies nicht durchführbar ist, wird man in der oben beschriebenen Weise die Geschwulst in einem oder in mehreren Ansätzen verkochen.

Handelt es sich nicht um isolierte Papillome, sondern um flächenhaft wuchernde Zöttchen, so zerstört man diese am besten dadurch, daß man sie mit der Breitseite der Elektrode bestreicht. Bei besonders großen oder sehr zahlreichen Papillomen benötigt man oft viele Sitzungen, um sie vollkommen zu beseitigen.

Die diathermierten Papillome fallen entweder unmittelbar nach der Koagulation ab oder sie werden nach einigen Tagen, längstens drei bis

vier Wochen, abgestoßen und mit dem Urin entfernt. Um ein Rezidiv zu verhüten, wird es sich häufig empfehlen, diejenigen Stellen der Blasenwand, welchen die Geschwulst aufsaß, nochmals zu verkochen.

Die endovesikale Elektrokaustik ist eine ganz gefahrlose Operation, die in vielen Fällen ambulatorisch ausgeführt werden kann. Eine Anästhesie ist meist nicht nötig, da die Verkochung der Papillome selbst nicht die geringste Schmerzempfindung auslöst. Eine solche tritt nur dann auf, wenn die gesunde Blasenschleimhaut vom Strom getroffen wird. Die Möglichkeit einer Blasenperforation, die man anfänglich befürchtete, wäre nur bei einem ganz unsachgemäßen und brutalen Vorgehen denkbar. Daß Nachblutungen vorkommen, ist nicht ausgeschlossen. Casper und Schneider berichten über solche Vorkommnisse. Sicherlich ist diese Gefahr aber eine sehr geringe.

IV. Lupus vulgaris.

Allgemeines. Wenn die Diathermie auch nicht die ideale Heilmethode des Lupus ist, als welche sie von Nagelschmidt empfohlen wird, so hat sie doch besondere Vorzüge, die ihr eine berechtigte Stellung in der Lupustherapie einräumen. Von diesen Vorzügen ist zunächst der von Bedeutung, daß bei der Koagulation der Lupusknoten die Krankheitserreger unmittelbar abgetötet werden und daß es dabei nicht zu einer Eröffnung von Blut- oder Lymphbahnen kommt. Dadurch ist die Gefahr einer Keimverimpfung bei der Operation selbst ausgeschlossen.

Ein zweiter Vorzug der Diathermie gegenüber anderen Methoden ist ihre Tiefenwirkung, die uns die Möglichkeit gewährt, auch tiefer greifende Ausläufer des Lupusgewebes zu treffen und zu zerstören, womit die Rezidivgefahr verringert wird. Von größter Bedeutung ist ferner der Umstand, daß die Elektrokoagulation eine ganz außerordentlich genaue Lokalisation des Eingriffes ermöglicht und wir daher das gesunde Gewebe, soweit es uns wünschenswert erscheint, schonen können. Dazu kommt, daß die Zerstörung der Lupusherde durch die Diathermie sehr rasch vonstatten geht, so daß bei einer einzigen Sitzung große Flächen behandelt werden können.

Diesen Vorzügen steht nur der Mangel einer elektiven Wirkung gegenüber, wie sie etwa dem Finsenlicht zukommt. Das veranlaßt Jacobi, die Diathermie nur für die Behandlung des Rumpfes und der Extremitäten, nicht aber für die des Gesichtes zu empfehlen. Die präzise Lokalisationsmöglichkeit der Koagulation dürfte aber bei einiger Übung auch die Anwendung der Operation im Gesicht gestatten. Besonders geeignet für die Diathermie scheinen die verrukösen und hyperkeratotischen Lupusformen an Händen und Füßen zu sein. Auch der Schleimhautlupus ist nach Wichmann ein geeignetes Behandlungsobjekt für die Elektrokoagulation.

Die Technik der Lupusbehandlung. Nagelschmidt empfiehlt als Operationselektrode ein spatelförmiges Instrument, Jacobi kreisrunde Metallscheiben mit scharfem Rand und einem Durchmesser von 2 bis

4 Millimeter (Fig. 89). Die letzteren ergeben einen besseren Kontakt, vermeiden dadurch Funkenbildung und ermöglichen so eine größere Tiefenwirkung. Nur für kleinste punktförmige Krankheitsherde empfehlen sich nadelförmige Operationselektroden. Um den Stromkreis zu schließen, dient eine inaktive Elektrode, die in Form einer Bleiplatte am Vorderarm, am Rücken oder an einer sonstigen Körperstelle angelegt wird.

Soll der Erfolg der Operation ein vollkommener sein, dann muß die Größe der Elektrode, die Stärke des Stromes sowie die Dauer seiner Schließung so gewählt werden, daß einerseits alles Krankhafte mit Sicherheit koaguliert, andererseits aber nicht unnötig viel gesundes Gewebe mitzerstört wird. Dies zu erreichen, erfordert eine gewisse Übung. Als Anhaltspunkt möge dienen, daß nach Jacobi ein mäßig tiefgehender Lupusherd mit einer runden Elektrode von 3 mm Durchmesser bei einer Stromstärke von 500 Milliampere etwa zwei Sekunden zu seiner Zerstörung erfordert. Da sich dabei die Koagulation auf einen Kreis von 6—7 mm Durchmesser erstreckt, so kann man durch Aneinanderreihen solch kleiner Verschorfungsherde in wenigen Minuten ausgedehnte Lupusflächen zerstören. Man lasse sich aber auf keinen Fall dazu verleiten, um Zeit zu ersparen, größere Elektroden als solche von 3 bis 4 mm Durchmesser zu verwenden, denn eine überflüssige Zerstörung gesunden Gewebes läßt sich dann kaum vermeiden.

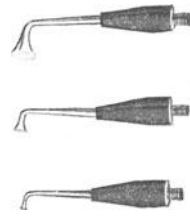


Fig. 89. Elektroden zur Lupusbehandlung nach Jacobi.

Die diathermische Behandlung des Lupus ist als eine Verbrennung dritten Grades selbstverständlich schmerzhaft und man wird daher bei kleineren Herden zur lokalen Anästhesie, bei größeren zur allgemeinen Narkose greifen müssen.

Die Nachbehandlung ist sehr einfach. Die koagulierten Stellen werden nach Jacobi mit einem feuchten Verband versehen, bis sich die Schorfe abgestoßen haben. Späterhin, wenn die Wundfläche granuliert, wird sich nach Nagelschmidt ein Verband von 1—2%iger Pyrogallussalbe empfehlen, damit die Vernarbung nicht allzu rasch erfolgt und es nicht zur Keloidbildung kommt.

V. Warzen, Naevi, Angiome u. a.

Die chirurgische Diathermie stellt eine einfache und bequeme Methode dar, kleinere pathologische Bildungen der Haut wie Warzen, Fibrome, Angiome u. dgl. zu zerstören. Sie findet daher in der Kosmetik zahlreiche Anzeigen. Die Vorzüge der Elektrokaustik gegenüber anderen Methoden bestehen vor allem in der außerordentlich feinen punkt- und strichförmigen Lokalisationsmöglichkeit, in der verhältnismäßigen Schmerzlosigkeit des Eingriffes und in dessen tadellosem kosmetischen Effekt. Vor der Operation mit dem Mikrobrenner hat die Elektrokoagulation noch den Vorteil, daß bei ihr der Kranke nicht durch ein

glühendes Instrument in der Hand des Arztes beunruhigt wird, was bei der Behandlung ängstlicher Patienten nicht ganz bedeutungslos ist.

Warzen lassen sich sehr leicht ohne jede Lokalanästhesie diathermisch beseitigen. Man setzt eine Elektrode in Form einer geknüpften Nadel oder eines kleinen Metallscheibchens, wie sie Jacobi für die Lupusbehandlung angegeben hat (Fig. 89, Seite 147), auf die Warze auf und läßt den Strom so lange auf diese einwirken, bis sie in ihrem ganzen Durchmesser weiß verfärbt ist. Dieses Verfahren gelingt jedoch nur bei weichen Warzen. Sind diese stark verhornt, so leiten sie den Strom kaum; es kommt dann unter der Elektrode zur Funkenbildung, ohne daß eine genügende Tiefenwirkung eintritt. In diesem Fall sticht man eine lanzettförmige Nadel in die Warze selbst ein und verkocht sie vom Zentrum aus. Kleinere Warzen überläßt man nach der Koagulation der spontanen Abstoßung, größere kann man ganz oder teilweise mit der Schere abtragen.

In ganz gleicher Weise werden auch Fibrome, spitze Kondylome und ähnliche Neubildungen diathermisch zerstört.

Auch bei **chronischer Akne** ist die Diathermie gut anwendbar. Man sticht eine nadelförmige Elektrode in die Mitte der Pustel, bzw. des Knotens ein und schließt den Strom für wenige Sekunden. Es tritt rings um die Nadelspitze eine Koagulation ein, die den Infektionsherd zerstört, nach dessen Beseitigung sich das entzündliche Infiltrat meist rasch zurückbildet.

Flache **Naevi pigmentosi** bestreicht man oberflächlich mit einer scheibchen- oder kugelförmigen Elektrode bis die Pigmentschicht zerstört ist. Das kosmetische Resultat ist ein sehr gutes. In ganz gleicher Weise wird auch das **Xanthelasma** behandelt, wobei man aber mit der Koagulation ein klein wenig über die Grenzen der Gelbfärbung hinausgehen muß, um ein Rezidiv zu verhüten.

Bei dem **Naevus vasculosus** ist die Ausdehnung desselben wie die Tiefe seines Sitzes für die Frage entscheidend, ob er sich zur elektrischen Operation eignet. Je oberflächlicher der Naevus und je geringer seine Größe, desto eher wird man sich zur Elektrokoagulation entschließen. Zur Behandlung von **Angiomen** empfahl Bernd Operationsnadeln, die ähnlich den Kromayernadeln mit Ausnahme ihrer Spitze durch Email isoliert sind. Sticht man eine solche Nadel in die Gefäßschicht ein, so kann man in dieser eine Thrombose erzeugen, ohne daß die Haut selbst vom Strom geschädigt wird. Allerdings bildet das Email nur für geringe Spannungen, bzw. Stromstärken eine genügende Isolierung. Bei größeren Spannungen wird auch die Emailsicht leitend.

Auch einzelne **Teleangiektasien** lassen sich durch den kalten Kauter mit kosmetisch schönem Effekt beseitigen. Man drückt die Spitze einer Nadelelektrode gegen das erweiterte Gefäß und erhält bei Stromwirkung fast augenblicklich eine punktförmige Koagulation, die das Gefäßlumen verschließt. Dann setzt man die Nadel an einer 1—2 mm entfernten Stelle neuerdings auf das Gefäß auf, um hier ebenfalls eine Unterbrechung zu schaffen. Reiht man so punktförmig Schorf an Schorf, ohne daß diese jedoch ineinander fließen, so kann man das

erweiterte Gefäß ohne sichtbare Hautnarbe zur Verödung bringen. Diese Methode gibt auch bei **Acne rosacea** gute Resultate.

Ein besonders wertvoller Behelf scheint die Elektrokoagulation zur Entfernung von **Tätowierungen** zu sein. Sind die Figuren in Form von Strichen tätowiert, zwischen denen sich normale Kutis befindet, so fährt man nach L. Meyer mit der Nadel entlang diesen Strichen in leichter Zickzackbewegung. Tätowierungen, bei denen die Farbe flächenhaft verteilt ist, bestreicht man mit einer kugelförmigen Elektrode in ganzer Ausdehnung, wobei die Koagulation natürlich so tief gehen muß, daß sie das Pigment erreicht. Der kosmetische Effekt ist ein wesentlich besserer als derjenige, den man mit dem Thermokauter erreicht.

Eitner hat die Elektrokaustik auch zur **Epilation** empfohlen. Er sticht eine Anzahl feiner Nadeln in die Haarfollikel bis zur Haarpapille ein in gleicher Weise, wie dies bei der Elektrolyse geschieht. Dann berührt er mit dem einen Pol den Schaft dieser Nadeln für einen Moment, wodurch es an der Spitze zur Koagulation kommt und die Papille zerstört wird. Der dabei erzeugte Schmerz soll weniger groß sein als der bei der elektrolytischen Epilation, das kosmetische Resultat ein ebenso günstiges. Allerdings muß man auch hier mit etwa 10% Rezidiven rechnen.

Literaturverzeichnis.

Geschichte der Diathermie.

- Bernd, E. v., und Preyß, Erwiderung auf Dr. Nagelschmidts „Ergänzung zur Geschichte der Diathermie“. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 9.
- Nagelschmidt, Fr., Ergänzung zur Geschichte der Diathermie. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 7.
- Zeynek, R. v., Über die Erregbarkeit sensibler Nervenendigungen durch Wechselströme. Nachr. v. d. Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-phys. Abteilung 1899. 101.
- Zur Geschichte der Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 3.
- Über Diathermie (Transthernie, Thermopenetration). Bemerkungen zu der gleichnamigen Arbeit von Dr. Nagelschmidt. Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 4.
- Erwiderung auf Dr. Nagelschmidts „Ergänzung zur Geschichte der Diathermie“. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 7.
- E. v. Bernd, R. v. Preiß, Vorläufige Mitteilung über Thermopenetration. Münch. med. Wochenschr. 1908. Nr. 8. 432.

Physik, Instrumentarium und Technik.

- Arsonval, Nouvel appareil de diathermie intensive. Arch. d'électr. méd. Nr. 377 (März 1914).
- Bangert, K., Universalinstrumentarium für Diathermie, Röntgenzwecke und Arsonvalisation. 83. Vers. dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Karlsruhe 1911.
- Fortschritte der Diathermieteknik. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1916. Nr. 3.
- Physik der Diathermie- und Arsonvalisationsströme. Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verw. Geb. 7. Jahrg. Heft 1—4.
- Zur Frage der Elektrodenapplikation beim Diathermieverfahren. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1916. Heft 9.
- Einige Bemerkungen und Versuche zur Frage des Stromlinienverlaufes beim Diathermieverfahren. Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verw. Geb. 1919. Heft 5 u. 6.
- Bauer, H., Aus der Physik und physikalischen Technik. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1910. Nr. 8.
- Einige Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn H. Simon „Physik und Technik der Thermopenetration“. Zeitschr. f. med. Elektrol. 13, 1912. Heft 6.
- Belot, J., A propos des dispositifs de diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 316.
- Berger, W., Ein neuer Diathermieapparat. Arch. f. physik. Med. u. med. Techn. 1012. Heft 1.
- Bernd, E. v., und R. v. Preyß, Zur Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 44.
- Breiger, Penetrotherm, der neueste Apparat zur Diathermie. Elektrotechn. Anzeiger. 29. Jahrg. 1912.

- Bucky, G., Zur Applikationstechnik der Diathermieströme. Berl. klin. Wochenschr. 1914. Nr. 2. Vortrag auf dem 4. Internationalen Kongreß für Physiotherapie in Berlin, März 1913.
- Diathermieschädigungen und ihre Vermeidung durch den Pulsator unter gleichzeitiger Erhöhung der therapeutischen Wirkung. Münch. med. Wochenschr. 1915. Nr. 29.
- Intensiv-Diathermie durch den Pulsator und Alternator. Münch. med. Wochenschr. 1919. Nr. 16.
- Burmester, Beitrag zur Handhabung des Diathermieapparates bei gleichzeitigem Anschluß mehrerer Kranker. Münch. med. Wochenschr. 1917. Nr. 13.
- Christen, Th., und H. Beeren, Über Diathermieelektroden. Berl. klin. Wochenschrift 1919. Nr. 3.
- H. Hertenstein und Bergter, Neue Fortschritte der Diathermie. Münch. med. Wochenschr. 1918. Nr. 50.
- Damoglou, S. C., Die mit dem in unserem Besitz befindlichen Hochfrequenzapparate ausgeübte Thermopenetration. 6. Internationaler Kongreß für med. Elektrologie in Prag 1912. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1913. Heft 2. 96.
- Dessauer, Fr., Über einen neuen Apparat zur Durchdringung des Körpers mit Stromwärme (Diathermie). Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 25.
- Faßbender, H., Die technischen Grundlagen der Diathermie. Fach- u. Exportzeitschr. f. Elektrotechnik „Helios“ 1915. Nr. 52.
- Ein neuer Diathermieapparat. Zentralbl. f. Röntgenstr., Rad. u. verw. Geb. 1918. Nr. 7 u. 8 und Münch. med. Wochenschr. 1918. Nr. 29.
- Gaiffe, Fonctionnement de l'appareil de diathermie Gaiffe. Arch. d'électr. méd. Nr. 330.
- Görl, Über Wärmepenetration- und Forest-Apparat. Nürnberger med. Gesellschaft. Ref.: Berl. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 52.
- Hall, E., Über einen durch Diathermie veranlaßten Unfall. Arch. of the Röntgen-Ray 1913. Nr. 150.
- Hohlweg, R., Technische Erfahrungen über Anwendung der Diathermie bei Kriegserkrankungen. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1917. Heft 9.
- Kowarschik, J., Methoden und Technik der Diathermie. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1911. Heft 11.
- Eine neue einfache Methode der allgemeinen Diathermie. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1920. Nr. 4.
- Laqueur, A., L'application de la thermopénétration. Arch. d'électr. méd. Nr. 293.
- Morlet, A., Technique de la diathermie. Ann. de méd. phys. 1911, März-April.
- Nagelschmidt, Fr., L'appareil de diathermie. Arch. d'électr. méd. 1911. Nr. 305.
- Réchoy, M., Un éclateur simple pour diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 354 (März 1913).
- Schnée, A., Hochfrequenz und Thermopenetration im Vierzellenbad. 82. Vers. deutsch. Naturforsch. u. Ärzte in Königsberg i. Pr. und Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 45.
- Die Anwendung der Diathermierung nach Bergonié und im Vierzellenbad. Therap. Monatsh. 1913. Heft 9.
- Sengbusch, R. v., Gleichzeitige Diathermiebehandlung in mehreren Stromkreisen. Dtsch. med. Wochenschr. 1917. Nr. 31.
- Simon, H., Verwendung kontinuierlicher elektrischer Schwingungen in der Elektrotherapie. Techn. Rundschau 1909. Nr. 20.
- Über Thermopenetration. Techn. Rundschau 1909. Nr. 40.
- Die Theorie des Thermopenetrationsverfahrens. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1910. Heft 1.
- Physik und Technik der Thermopenetration. Verlag von A. Barth, Leipzig 1912. 38 Seiten.
- Stein, A. E., Zur Technik der Diathermiebehandlung der Gelenkkrankheiten. 4. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Berlin 1913 und Dtsch. med. Wochenschr. 1913. Nr. 27 und Zeitschr. f. orthop. Chirurg. 22.
- Kreuzfeuer-Diathermie. Zentralbl. f. Röntgenstr., Rad. u. verw. Geb. 1914. Heft 9 u. 10.

- Stein, A. E., Die Gelenkbehandlung mit Kreuzfeuerdiathermie. 2. Jahresversammlung der ärztlichen Gesellschaft für Mechanotherapie, Berlin 10. und 11. Januar 1920. Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1920. Nr. 3.
- Telemann, W., Hochfrequenzströme in der Medizin. Dtsch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 18.
- Walter, B., Über die physikalischen Grundlagen der Diathermie (Transtermie, Thermopenetration). Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 5.
- Weil, A., Les électrodes pour la diathermie. Journ. de physiothérapie. 1911. Nr. 102.

Physiologie.

- Bergonié, J., Des applications de diathermie comme ration énergétique d'appoint. Cpt. rend. 2. Dezember 1912. 1155, 1171.
- La diathermie ration d'appoint. Paris méd. 1913. Nr. 5.
- La diathermie ration d'appoint. Société française d'électrothérapie et de radiologie médicale. Ref.: Arch. d'électr. méd. Nr. 349. Januar 1913.
- La diathermie ration d'appoint. Arch. d'électr. méd. Nr. 353. (März 1913.)
- Die Anwendung der Diathermie als energetisches Ergänzungsmittel. Arch. f. physik. Med. u. med. Technik 7, Heft 4.
- Delherm et Laquerrière, Action endothermique des courants de haute fréquence. Gaz. des hôp. 1910. Nr. 84.
- Durig, A., und A. Grau, Der Energieumsatz bei der Diathermie. Biochem. Zeitschr. 48, 1913. 480.
- Fürstenberg, A., Der Einfluß der Diathermie auf die Körper- und Gewebetemperatur des Menschen. Med. Klinik 1913. Nr. 19.
- und K. Schemel, Das Verhalten der Körper- und Gewebetemperatur des Menschen bei der Thermopenetration (Diathermie). Dtsch. med. Wochenschr. 1912. Nr. 38.
- Grünspan, Mlle., La chaleur des tissus dans les applications d'air chaud et de thermopénétration. Société française d'électrothérapie et de radiologie médicale. Ref.: Arch. d'électr. méd. Nr. 371. Dezember 1913.
- Essais de mensuration des températures réelles des tissus au cours des traitements par l'air chaud, la diathermie et l'électrocoagulation. Rev. de chirurgie. 1913. Oktober.
- Gunzbourg, Action physiologique de la thermopénétration. Ann. des méd. physique (Antwerpen) 1911. März-April.
- Kolmer, W., und P. Liebesny, Experimentelle Untersuchungen über Diathermie. Wien. klin. Wochenschr. 1920. Nr. 43.
- Liebesny, P., Experimentelle Untersuchungen über Diathermie. Wien. klin. Wochenschr. 1921. Nr. 11.
- Mohr, Über die Beeinflussung des Blutgefäßapparates durch Diathermie. 30. Deutscher Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden 1913.
- Nesper, Wärmeeinwirkung durch Hochfrequenzströme in organischen Geweben (Thermopenetration). Physik. Zeitschr. 11. Jahrg. Nr. 1.
- Nonnenbruch und Szyszka, Beschleunigung der Blutgerinnung durch Milzdiathermie. Münch. med. Wochenschr. 1920. Nr. 37.
- Réchou, M., Action de la diathermie sur les échanges respiratoires. Association française pour l'avancement de sciences, Nîmes, August 1912. Ref.: Arch. d'électr. méd. Nr. 339. 126.
- Schittenhelm, A., Experimentelle und klinische Untersuchungen über die Wirkung der Hochfrequenzströme. Therap. Monatsh. 25. Jahrg. Juni 1911.
- Ullmann, K., Experimentelle Beiträge zur Lehre von der Thermopenetration. Zeitschr. f. med. Elektrol. 1910. Heft 5.
- Weil, A., und Gérard, Les effets thermiques des courants de haute fréquence. Journ. de physiothérapie. 1910. Nr. 96.
- Wildermuth, F., Experimentelle Untersuchungen über den spezifischen Leitungswiderstand und über die spezifische Wärme der Gewebe des menschlichen Körpers als Grundlage für die Beurteilung des Weges von wärmeerregenden Hochfrequenzströmen. Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chirurg. 22, 1911. Heft 4.

- Zeynek, R. v., Die wissenschaftlichen Grundlagen der Thermopenetration (Diathermie). 4. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Berlin, März 1913. Strahlentherapie 3.
 — Sur la base scientifique de la thermopénétration ou diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 357. Mai 1913.
 — und E. v. Bernd, Zur Frage der Nervenregung durch Wechselströme hoher Frequenz. Arch. f. d. ges. Physiol. 132.

Innere und chirurgische Erkrankungen.

- Adam, H., Diathermie im Pendelapparat zur Mobilisation versteifter Gelenke und Weichteile. Diathermie und Überdruckatmung in der pneumatischen Kammer zur Mobilisation pleuritischer Verklebungen und Verwachsungen. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1917. Heft 8.
 Baisch, B., Diathermie und ihre Anwendung in der Orthopädie. Naturhistorisch-medizinischer Verein in Heidelberg, 16. Juli 1912. Ref.: Dtsch. med. Wochenschr. 1912. Nr. 15.
 Baud, H., La Diathermie. Dissertation Paris 1911.
 Bergonié, J., Les applications médicales de la diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 357. Mai 1913. 4. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Berlin, März 1913.
 — Über die medizinische Anwendung der Diathermie. Berl. klin. Wochenschr. 1913. Nr. 39.
 — Thermopenetration oder Diathermie. Handb. d. ges. med. Anwendungen der Elektrizität von Boruttaw und Mann 2, 2.
 — et G. R é c h o u, La Diathermie. Applications médicales et chirurgicales. Arch. d'électr. méd. Nr. 314.
 Bernd, E. v., Über Thermopenetration. Gesellschaft der Ärzte in Wien am 26. Febr. 1909.
 — Über Thermopenetration. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1909. Heft 3.
 Bles, Ch., Über Thermopenetration. Nederlandsch Tijdschr. v. Geneesk. 2, 1911.
 Braun, H., Die Diathermie im Kriege. Therap. d. Gegenw. 1917. April.
 Braunwarth und Fischer, Über den Einfluß der verschiedenen Arten der Hochfrequenzbehandlung auf das kardiovaskuläre System. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1912. Heft 11.
 Bucky, G., Die Diathermie in den Lazaretten. Dtsch. med. Wochenschr. 1915. Nr. 16.
 — Die Diathermie. Kriegsärztliche Abende. Ref.: Berl. klin. Wochenschr. 1915. Nr. 13. 335.
 — Die Diathermiebehandlung von Kriegsverletzungen und Kriegserkrankungen. Strahlentherapie 7, 248. 1916.
 — Über Diathermiebehandlung. Erwiderung auf H. E. Schmidt. Berl. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 8. Dazu Schlußwort von H. E. Schmidt, Berl. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 23.
 — Diathermie oder Heißluft. Zeitschr. f. Krankenpfl. 1920.
 — Anleitung zur Diathermiebehandlung. Verlag von Urban und Schwarzenberg, Leipzig und Wien 1921.
 Chlunsky, V., Über die elektrische Durchwärmung (Diathermie). Wien. klin. Rundschau 1910. Nr. 45.
 Damoglou, S. C., Deux cas d'hémiplégie cérébrale fruste consécutive à une embolie traités avec succès par la diathermie réalisée avec les appareils de haute fréquence. Ann. d'Électrobiologie et de Radiologie 1913, September.
 Desternes et Laquerrière, Un cas de calification de la bourse séreuse sous-acromiale guéri par la diathermie. Bull. de la soc. franç. d'électrothérapie et de radiol. méd. Janvier 1914.
 Disqué, Elektrische Behandlung mit Metronomunterbrecher und lokale Diathermie bei Schußverletzungen und in der ärztlichen Praxis. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1916. Heft 2.
 Dreesen, H., Experimentelle und therapeutische Erfahrungen mit Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1913. Nr. 37.

- Ebstein, E., Eine neuartige Behandlung des Keuchhustens. Münch. med. Wochenschr. 1916. Nr. 2.
- Ehrlich, Der gegenwärtige Stand der Thermopenetration. Dtsch. mil.-ärztl. Zeitschr. 1911. Nr. 15.
- Eitner, E., Thermopenetration, eine neue Wärmetherapie. Ärztl. Reformzeitg. 1910. Nr. 22 u. 23.
- Weitere Mitteilungen über Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 35.
- und E. v. Bernd, Über Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 44.
- Feiler, Über eine neue Behandlungsmethode von Strumen und des Morbus Basedowi. 7. Kongreß der Balneologen Österreichs zu Meran, Oktober 1912. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1913. Heft 2.
- Fesuglio, Über Diathermie. Il Morgagni 7, 1913. Nr. 24.
- Freund, L., Diathermiebehandlung der Bursitis subdeltoidea und subacromialis. Gesellschaft der Ärzte in Wien am 11. Mai 1917. Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1917. Nr. 24.
- Funck, C., Über Transthermie und die Therapie mit Ätherwellen. Dtsch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 22.
- Fürstenberg, A., Über Diathermie. Zentralbl. f. d. ges. Therap. 1913. Heft 11.
- Gara, S., Über Diathermie. Arch. f. physik. Med. u. med. Techn. 5, Heft 3.
- Ghilarducci, Einfluß der Diathermie auf den experimentellen menschlichen Diabetes. 4. Internationaler Kongreß für medizinische Elektrologie und Radiologie in Prag 1912. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1913. Heft 2.
- Grube, K., Die interne Behandlung der chronischen Gallenblasenentzündung und des Gallensteinleidens. Med. Klinik 1918. Nr. 17.
- Grünbaum, R., Über Diathermie. Wien. med. Wochenschr. 1919. Nr. 42 u. 43.
- Behandlung der Perniones mit Diathermie. Wien. klin. Wochenschr. 1920. Nr. 1.
- Die Diathermiebehandlung der Claudicatio intermittens. Wien. klin. Wochenschrift 1920. Nr. 43.
- Grünsfeld, M., Zur Anwendung der Diathermie bei Erkrankungen der Resorptionsorgane. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 25, 1921, Heft 7.
- Herzer, G., Die therapeutische Verwendung von Hochfrequenzströmen in Form der Diathermie. Korrespl. f. Schweiz. Ärzte 1912. Nr. 27.
- Heß, Lokale Diathermie. Kriegsärztlicher Abend in Koblenz-Ehrenbreitstein am 5. Juni 1915. Ref.: Med. Klinik 1915. Nr. 30.
- Hufnagel, V., Die kombinierte Behandlung langdauernder Wundeiterungen mit ultraviolettem Licht und allgemeiner Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1915. Nr. 29.
- Humphris, F. H., Electrothermic penetration. Arch. of the Röntgen-Ray. Juni 1910.
- Jones, L., Diathermie oder die elektrische Erwärmung der Körpergewebe. The Lancet 1914. Nr. 6. Februar.
- Kakowsky, Die therapeutische Verwendung von Hochfrequenzströmen in Form der Diathermie. Prakticzsky Wratsch 1913. Nr. 40—43.
- La thermopénétration dans les maladies internes. Presse méd. 1914. Nr. 22.
- Kalker, E., Über Diathermiebehandlung von Herz-, Lungen- und Nierenkranken. Berl. klin. Wochenschr. 1912. Nr. 36.
- King, W. H., Über die Behandlung der chronischen Appendizitis mit Hochfrequenzströmen. Med. Record. Januar 1911.
- Kleinschmidt, K., Diathermiebehandlung der Pertussis. Med. Klinik 1920. Nr. 47.
- Klingmüller und Bering, Zur Verwendung der Wärmedurchstrahlung (Thermopenetration). Berl. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 39.
- Kowarschik, J., Anzeigen und Gegenanzeigen der Diathermie. Gesellschaft für innere Medizin und Gesellschaft für physikalische Medizin in Wien am 7. April 1921.
- Kraus, F., Zur Anwendung der Diathermie. Med. Klinik 1915. Nr. 20.
- Labbé, D., et M. Blanche, La Diathermie. Presse méd. 1911. Nr. 33.
- Laquerrière, A., La thermopénétration (Nouvelles applications des courants de haute fréquence). Le Bull. méd. August 1910.

- Laqueur, A., Beiträge zur Wirkung der Thermopenetration. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1909. Heft 5.
- Technik und Anwendung der Thermopenetration. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1910. Heft 1.
- Über Thermopenetration. 3. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Paris 1910. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1910. Heft 6.
- Über die therapeutische Verwendung von Hochfrequenzströmen. Therap. d. Gegenw. 1911. Heft 2.
- Die Behandlung mit Hochfrequenzströmen. Med. Klinik 1911. Nr. 49.
- Über Thermopenetration. Med. Klinik 1914. Nr. 9.
- Praktische Bemerkungen zur Diathermiebehandlung. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1918. Nr. 8.
- Die Diathermie in der Hand des praktischen Arztes. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1920. Nr. 14.
- Laqueur, W., Zur Behandlung mit Diathermie. Med. Klinik 1914. Nr. 24.
- Lichtenstein, L., Die Diathermiebehandlung des Rheumatismus. Wien. klin.-therapeut. Wochenschr. 1914. Nr. 17.
- Die Behandlung von Gelenkkontrakturen entzündlichen Ursprungs mittels Thermopenetration. Wien. med. Wochenschr. 1916. Nr. 8.
- Mann, L., Über Diathermie. Berl. klin. Wochenschr. 1914. Nr. 17.
- Mendel, Über Diathermie und ihre Kombination mit Ultraviolettbestrahlung und anderen Heilmitteln. Therap. d. Gegenw. Februar 1915.
- Moeris, Resultats directs et comparatifs de la diathermie et des courants de haute fréquence. Ann. de la méd. physique 1911. März-April.
- Mohr, Allgemeine Diathermie (Kondensatorbett). Kriegsärztlicher Abend in Koblenz-Ehrenbreitstein am 5. Juni 1915. Ref.: Med. Klinik 1915. Nr. 30.
- Monasch, Über Thermopenetration. Zeitschr. f. med. Elektrol. 1910. Heft 3.
- Morlet, La Diathermie. Ann. de la soc. medico-chirurgicale d'Anvers 1910, April-Mai-Juni.
- Muskat, G., Die Anwendung der Diathermie zur Behandlung des fixierten Plattfußes. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. 22.
- Nagelschmid, Fr., Über Hochfrequenzströme. Berliner medizinische Gesellschaft am 24. Februar 1909. Ref.: Berl. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 10.
- Über Hochfrequenzströme, Fulguration und Transthermie. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1909. Heft 3.
- Über Diathermie (Transthermie, Thermopenetration). Münch. med. Wochenschr. 1909. Nr. 50.
- Die Wärmewirkung durch Hochfrequenzströme (Diathermie). 3. Internationaler Kongreß in Paris 1910. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1910. Heft 6.
- Über Diathermie und Hochfrequenzströme. 82. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Königsberg i. Pr. 1910.
- The method of Diathermy in Surgery. Arch. of the Röntgen-Ray 1910. Nr. 122.
- Über die klinische Bedeutung der Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 1.
- Über die Diathermiebehandlung der Erkrankungen des Gefäßsystems. British Medical Association Birmingham. Juli 1911. Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 37.
- Über Diathermie. Jahrb. über die Leistungen und Fortschritte auf dem Gebiete der physikalischen Medizin 2, 1912.
- Lehrbuch der Diathermie. Verlag von Julius Springer, Berlin. 2. Aufl. 1921.
- Patterson, N., Diathermy. The Lancet 1919. Nr. 5023.
- Petit, Adénopathie cervicale chez une marastique. Traitement par la diathermie et la radiothérapie, augmentation considérables de poids. Guérison. Arch. d'électr. méd. Nr. 376. Februar 1914.
- Pribram, H., Diathermie bei Gelenkserkrankungen. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1911. Heft 8.
- Rautenberg, Die künstliche Durchwärmung innerer Organe. 22. Deutscher Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden 1911. Verhandlungen des Kongresses Seite 463.
- Romano, A., Valore terapeutico della diathermia elettrica endogena ed esogena ed importanza e significato ella ergoterapia organica. Ann. di electricita medica e terapia fisica 1913. Februar.

- Rubens, Die Behandlung des Ulcus duodeni mit Diathermie. Med. Klinik 1915. Nr. 43.
- Salomon, Diathermie in der Chirurgie, bei Haut- und Geschlechtskrankheiten. Kriegsäztlicher Abend in Koblenz-Ehrenbreitstein am 5. Juni 1915. Ref.: Med. Klinik 1915. Nr. 30.
- Schmincke, Über Thermopenetration. 3. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Paris 1910. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1910. Heft 6.
- Über Thermopenetration. 31. Balneologenkongreß in Berlin 1910. Ref.: Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1910. Heft 5.
- Die Thermopenetrationsbehandlung. Med. Klinik 1910.
- Schnée, A., Compendium der Hochfrequenz in ihren verschiedenen Anwendungsformen einschließlich der Diathermie. Verlag von O. Nernich, Leipzig 1920.
- Scholtz und Schlesies, Über Thermopenetration. Verhandl. d. Ges. dtsh. Naturforscher u. Ärzte 82. Jahrg. 1910. 2, 2.
- Schwalbach und Bucky, Über die Ergebnisse der Behandlung von Schußneuritiden mittels Diathermie. Münch. med. Wochenschr. 1920. Nr. 37.
- Stein, A. E., Die Diathermie bei der Behandlung der Knochen und Gelenkerkrankungen. Berl. klin. Wochenschr. 1911. Nr. 23 und Verhandl. d. dtsh. Ges. f. orthop. Chirurg. 10.
- Zur Diathermiebehandlung. Münch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 24 und 22. dtsh. Kongr. f. inn. Med. in Wiesbaden 1911.
- Über Diathermie. Verein der Ärzte Wiesbadens am 18. Oktober 1911. Berl. klin. Wochenschr. 1911. Nr. 50.
- Die Verwendung der Diathermie bei chirurgischen Erkrankungen. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 10. Jahrg. Nr. 16.
- Die Anwendung der Diathermie bei Behandlung der Kriegsverletzungen und der Kriegserkrankungen. Berl. klin. Wochenschr. 1915. Nr. 16.
- Tobias, E., Über Diathermie und die Grenzen ihrer Wirksamkeit. Berl. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 34.
- Unna, P., Über Diathermiebehandlung bei Lepra. Berl. klin. Wochenschr. 1913. Nr. 46.
- Vinay, G. S., Sulla Thermopenetrazione, Osservazioni ed esperienze. L'Idrologia, la Climatologia e la Terapia fisica 21, 1910. Nr. 10 und in Ann. d'électrobiologie et de radiologie. März 1911.
- Wolf, H., Diathermia in the treatment of trifacial neuralgia. New York med. Rec. 1916. 27, 1152.
- Diathermia. Its technic and its indications. New York med. Journ. 1916. Nr. 27. 1276.
- Zeynek, R. v., E. v. Bernd, R. v. Preyß, Über Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1908. Nr. 15.
- Zimmern, A., La diathermie. Presse méd. 1913. 18. Oktober.
- und Turchini, La Diathermie. Presse méd. 1910. Nr. 38.

Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane.

- Antoni, Ein Beitrag zur Diathermiebehandlung der Gonorrhoe. Dermatol. Wochenschr. 1918. 66, 393.
- Baradulin, G., Die Diathermie bei der Behandlung der Gonorrhoe und ihrer Komplikationen. Wratschebnaja Gazeta 1914. Nr. 12. Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1914. Nr. 26. 1470.
- Boerner, R., und C. Santos, Über eine neue Art Elektroden zur Behandlung der Gonorrhoe mittels Diathermie. Med. Klinik 1914. Nr. 25 und Zeitschr. f. Urol. 9, 1915.
- und H. E. Schmidt, Technik und Erfolge der Diathermie bei der männlichen Gonorrhoe und ihren Komplikationen. Strahlentherapie 1916. 7, 266.
- Eitner, E., Über Verwendung der Thermopenetration in der Gonorrhoeerapie. Wien. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 34.
- Fournier, Ménard und Guénot, A propos de quelques applications de la diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 305.
- Kyaw, Neue Behandlungsweise der akuten und chronischen Gonorrhoe, Prostatitis und Urethritis mit Thermopenetration. Med. Klinik 1912. Nr. 45.

- Müller, W., Die Diathermiebehandlung der männlichen Gonorrhoe und ihrer Folgezustände. *Dermatol. Wochenschr.* **65**, 1917.
- Rosenthal, O., Die Diathermiebehandlung der männlichen Gonorrhoe. *Dermatol. Wochenschr.* 1917. 817.
- Santos, C., Sur le traitement de a blennorrhagie par la diathermie. *Arch. d'électr. méd.* Nr. 354. März 1913.
- Resistance du gonocoque aux temperatures de 40°—50° action directe des courants de diathermie. *Arquivos do instituto bacteriologica Camora Pestana* **4**, 211. Ref.: *Wien. klin. Wochenschr.* 1915. Nr. 37. 1020.
- Schmidt, H. E., Über Diathermiebehandlung der Gonorrhoe und anderer Erkrankungen. *Berl. klin. Wochenschr.* 1918, Nr. 8.
- Simmonds, O., Thermopenetration bei Prostatitis gonorrhoeica chronica. *Med. Klinik* 1911. Nr. 45.

Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane.

- Amtschislavsky, M., Neue Elektroden für die gefahrlose Anwendung starker, besonders diathermischer Ströme in der Gynäkologie. *Berl. klin. Wochenschr.* 1914. Nr. 15.
- Blumreich, L., Zur Hochfrequenz- und Diathermiebehandlung bei gynäkologisch-geburtshilflichen Leiden. *Arch. f. Gynäkol.* 1918. Heft 1 und 2.
- Brühl, N. W., Die Thermopenetration in der Gynäkologie. *Russki Wratsch* 1910. Nr. 52.
- Giesecke, A., Die Anwendung der Diathermie bei gynäkologischen Erkrankungen. *Zentralbl. f. Gynäkol.* 1918. 496.
- Henkel, Thermopenetration bei Missed labour und Wehenschwäche. Ref.: *Münch. med. Wochenschr.* 1912. 839.
- Kayser, K., Vaginalelektrode für Diathermie. *Münch. med. Wochenschr.* 1920. Nr. 35.
- Kowarschik, J., und H. Keitler, Die Diathermie bei gynäkologischen Erkrankungen. *Wien. klin. Wochenschr.* 1914. Nr. 41.
- Lindemann, W., Über Diathermiebehandlung gynäkologischer Erkrankungen. *Verein der Ärzte in Halle a. S. am 24. November 1915.* Ref.: *Münch. med. Wochenschr.* 1916. Nr. 2.
- Diathermiebehandlung gynäkologischer Erkrankungen. *Prakt. Ergebn. d. Geburtsh. u. Gynäkol.* 1916. Heft 1.
- Weitere Erfahrungen mit der Diathermie gynäkologischer Erkrankungen (Beckenperitonitis, Zervicitis, Neuralgien). *Münch. med. Wochenschr.* 1917. Nr. 21.
- Recasens, S., Die Diathermie als Behandlungsmittel bei annexialen Entzündungen. *Monatsschr. f. Geburtsh. u. Gynäkol.* 1915. Heft 2.
- Sellheim, H., Die elektrische Durchwärmung des Beckens als Heilmittel. *Monatsschrift für Geburtsh. u. Gynäkol.* 1910. Nr. 5.
- Theilhaber, A., Behandlung der Karzinomkranken nach der Operation. 6. Internationaler Kongreß für Geburtshilfe und Gynäkologie in Berlin 1912.
- Operationslose Behandlung des Karzinoms. *Berl. klin. Wochenschr.* 1913. Nr. 8.
- Die Verhütung der Rezidive nach Krebsbehandlung. *Krebskongreß in Brüssel* 1913.
- Die Erzeugung einer akuten Entzündung in den Unterleibsorganen. *Münch. med. Wochenschr.* 1918. Nr. 32.
- Die Behandlung der Krebskranken nach Entfernung der Geschwülste. *Jahresk. f. ärztl. Fortbild.* 1918. Dezember.
- Die akute Entzündung als Heilmittel. *Wien. klin. Wochenschr.* 1919. Nr. 29.
- Der Einfluß der Diathermiebehandlung auf das Karzinomgewebe. *Münch. med. Wochenschr.* 1919. Nr. 44.

Erkrankungen des Auges.

- Best, F., Die Diathermie in der Augenheilkunde. *Ges. f. Naturheilk. in Dresden am 2. November 1912* und *Münch. med. Wochenschr.* 1914. Nr. 31.
- Bucky, G., Kombinierte Augenelektrode und Augenirrigationsgefäß. *Münch. med. Wochenschr.* 1913. Nr. 4.

- Claussnitzer, Diathermie und intraokulärer Druck. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* 1912. Juni.
- Hoeve, J. v. d., Osmotischer Druck und elektrische Leitfähigkeit. *Arch. f. Ophthalmol.* 82, 1912.
- Koeppel, L., Die Diathermie und Lichtbehandlung des Auges. Verlag von Vogel, Leipzig 1919.
- Kraft und Ten Doeschatte, Über die Behandlung der Augengonorrhoe. *Nederlandsch Tijdschrift v. Geneesk.* 2, 1917.
- Krückmann und Telemann, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Temperaturverhältnisse am Auge mit Hilfe der Thermopenetration. *Arch. f. Ophthalmol.* 86, Heft 3.
- Löwenstein, A., und J. Kubik, Refraktometrische Untersuchungen des Kammerwassers. *Arch. f. Ophthalmol.* 89.
- Maldutis, A., Über Diathermie des Auges. Ophthalmologische Gesellschaft in Petersburg am 14. März 1913.
- Qurin, A., Über Diathermie am Auge. Versammlung südwestdeutscher Augenärzte in Straßburg am 6. Dezember 1913. Ref.: *Zeitschr. f. Augenheilk.* 1914. Februar.
- Über Diathermie am Auge. *Zeitschr. f. Augenheilk.* 31, 1914.
- Universalaugen- und Kopfelektrode für Diathermie. *Münch. med. Wochenschr.* 1914. Nr. 20.
- Sattler, Experimentelles zur Diathermie des Auges. 38. Kongreß der ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg 1912.
- Schieck, F., Diathermie des Auges. Verein der Ärzte in Halle a. S. am 9. Februar 1916. Ref.: *Münch. med. Wochenschr.* 1916. Nr. 12.
- Waldmann, J., Über Diathermie des Auges. 85. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien, September 1913.
- Die Diathermie in der Augenheilkunde. *Arch. f. Augenheilk.* 76, 1914. Heft 1 und 2.
- Zahn, Über die Anwendung der Diathermie am Auge. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* 13, 1912. 371.

Erkrankungen des Ohres.

- Gerlach, H., Eine sicher fixierbare Otodiathermieelektrode und Messungen über den Grad der Durchwärmung des Ohres bei der Otodiathermie. *Münch. med. Wochenschr.* 1913. Nr. 45.
- Hamn, Die Behandlung der Schwerhörigkeit nach Mittelohrerkrankungen mittels Diathermie (Otothermie). *Dtsch. med. Wochenschr.* 1913. Nr. 28.
- Mendel, F., Die Diathermie und ihre Anwendung in der Ohrenheilkunde. *Dtsch. med. Wochenschr.* 1914. Nr. 1.
- Weiser, Die Diathermie. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden am 15. März 1913. Ref.: *Münch. med. Wochenschr.* 1913. Nr. 22.
- Ein neuer Apparat zur Diathermiebehandlung von Ohrenkrankheiten (Otothermie). *Münch. med. Wochenschr.* 1913. Nr. 45.
- Demonstration eines kleinen Diathermieapparates. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden am 13. Dezember 1913. Ref.: *Münch. med. Wochenschr.* 1914. Nr. 6.

Kombination von Diathermie und Röntgenbestrahlung.

- Bering, Fr., und H. Meyer, Experimentelle Untersuchungen über die Sensibilisierung der Röntgenstrahlen mittels Wärmedurchstrahlung. *Münch. med. Wochenschr.* 1911. Nr. 19.
- Keating-Hart, Sur quelques nouveaux cas traités par la thermoradiothérapie. Association française pour l'avancement des sciences. Ref.: *Arch. d'électr. méd.* Nr. 339.
- Lenz, E., Experimentelle Studien über die Kombination von Hochfrequenzströmen und Röntgenstrahlen. *Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr.* 17, 1911.

- Müller, Chr., Eine neue Behandlungsmethode bösartiger Geschwülste. Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 28.
- Therapeutische Erfahrungen an 100 mit Kombination von Röntgenstrahlen und Hochfrequenz, resp. Diathermie behandelten bösartigen Neubildungen. Münch. med. Wochenschr. 1912. Nr. 28.
 - Die Krebskrankheit und ihre Behandlung mit Röntgenstrahlen und hochfrequenter Elektrizität, resp. Diathermie. Strahlentherapie 2, 1913. Heft 1.
 - Die Röntgenbehandlung der malignen Tumoren und ihre Kombinationen. Strahlentherapie 3, 1913.
 - Über Kombination von Hochfrequenzströmen und Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 18.
 - Tiefenbestrahlung unter gleichzeitiger Sensibilisierung mit Diathermie in einer neuen Anwendungsform. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 21.

Chirurgische Diathermie (Elektrokoagulation).

- Abel, Die Elektrokoagulation bei der operativen Behandlung des Krebses, speziell des Gebärmutterkrebses. Berl. med. Ges. am 29. Januar 1913.
- André, De l'électrocoagulation dans les tumeurs de la vessie. Presse méd. 1913. Nr. 87.
- Bachrach, R., Erfahrungen auf dem Gebiete der endovesikalen und endourethralen Behandlung mit Hochfrequenzströmen. Folia Urologica 7, Nr. 11.
- Beer, E., Die Behandlung gutartiger Papillome der Harnblase mit dem durch ein Uretherenkystoskop eingeführten Oudinschen Hochfrequenzstrom. Zeitschr. f. Urol. 6, Heft 12.
- Bergonié, J., Action de la diathermie sur les radiodermites chroniques. Association française pour l'avancement des sciences. Nîmes, August 1912. Ref.: Arch. d'électr. méd. Nr. 339.
- Blum, V., Die Fulguration und Elektrokoagulation der Blasengeschwülste. Wien. med. Wochenschr. 1914. Nr. 13.
- Intravesikale Operationen. Urologische Operationslehre von Voelcker und Wossidlo. Verlag von G. Thieme in Leipzig 1918.
- Bucky, G., und E. Frank, Über Operationen im Blaseninnern mit Hilfe von Hochfrequenzströmen. Münch. med. Wochenschr. 1913. Nr. 7.
- Casper, L., Zur endovesikalen Behandlung der Blasengeschwülste. Zeitschr. f. Urol. 7, 1913. 700.
- Cohn, M., Die Anwendung der Forestschen Nadel zur Unterstützung von Krebsoperationen. Berl. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 18.
- Über die Anwendung der ungedämpften elektrischen Schwingungen (Forestsche Nadel) zu operativen Zwecken. Berl. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 16.
- Czerny, V., Über Operationen mit dem elektrischen Lichtbogen und Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 11 und Verhandl. d. dtsch. Ges. f. Chirurg. 1910.
- Über die nichtoperative Behandlung der Geschwülste. Münch. med. Wochenschrift 1912. Nr. 41.
- Doyen, Sur la destruction des tumeurs cancéreuses accessibles par la méthode de la voltaisation bipolaire et de l'électrocoagulation thermique. Arch. d'électr. méd. Nr. 272.
- Traitement local des cancers accessibles par l'action de la chaleur au-dessus de 55°. Ann. d'Electropnologie et de Radiologie, Mai 1910.
 - Realisation de la transthermie sans alteration des tissus normaux par le bain thermo-électrique. Cpt. rend. 11. Juli 1910.
- Eitner, E., Über eine neue Art von Kaustik. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 5.
- Foveau de Courmelles, L'électrocoagulation. Gaz. des hôp. civ. et milit. 1911. Nr. 50.
- Goldberg, Die neuen Behandlungsmethoden der Geschwülste der Harnblase und der Vorsteherdrüse. Dermatol. Zentralbl. 1913. Nr. 3.
- Heindl, Behandlung von Ösophagusstrikturen mittels Diathermie. Gesellschaft der Ärzte in Wien am 23. Juni 1916. Ref.: Wien. klin. Wochenschr. 1916. Nr. 27.

- Heitz-Bayer, Du traitement mixte de certaines tumeurs vésicales. Journ. d'urolog. méd. et chirurg. 4, 1913. 793.
- Technique intravésicale du traitement des tumeurs de la vessie par la haute fréquence. Journ. d'urolog. 1913. 907.
- Traitement endoscopique de la tuberculose vésicale par les courants de haute fréquence. Journ. d'urolog. 1914, Februar.
- Hirschberg, O., Über Operationen mit dem elektrischen Lichtbogen und Elektrokaustik bei malignen Geschwülsten. Beitr. z. klin. Chirurg. 75, Heft 3.
- Elektrokaustik. Dissertation, Heidelberg 1911.
- Hofmann, M., Blutstillung durch Hochfrequenzströme. Bruns Beitr. z. klin. Chirurg. 72, Heft 1.
- Jacobi, E., Die Behandlung des Lupus mittels Diathermie. Strahlentherapie 4, 1914. Heft 1.
- Legueu, Traitement des tumeurs de la vessie par les courants de haute fréquence. Journ. des pratic. 1913. Nr. 48.
- Lepoutre et d'Halluin, L'électrocoagulation dans le traitement des tumeurs de la vessie et en particulier des papillomes. Journ. des sciences médicales de Lille 1913. Nr. 47.
- Martel, Amélioration de la technique de la diathermie (courants d'Arsonval) dans le traitement des cancers accessibles. Société des chirurgiens de Paris, 19. April 1912. Presse méd. 1912. Nr. 37.
- Meyer, Kaltkauter nach Dr. de Forest in der Kosmetik. Handbuch der Kosmetik von M. Joseph. Verlag von Veit u. Co., Leipzig 1912.
- Nagelschmidt, Fr., Behandlung des Lupus. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1910. Nr. 24.
- Über Hochfrequenzströme und Chirurgie. Wissenschaftliche Vereinigung am städtischen Krankenhaus zu Frankfurt a. M. am 6. September 1910. Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 50.
- Poelchen, G., Heilung einer mit dem Friedmannschen Mittel erfolglos behandelter Tuberculosis cutis verrucosa durch Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1921. Nr. 19.
- Renner, Behandlung der Blasen Tumoren mit Hochfrequenzströmen. Berl. klin. Wochenschr. 1914. Nr. 37.
- Salomon, O., Diathermiebehandlung bei Lupus vulgaris. Med. Klinik 1914. Nr. 4.
- Schneider, C., Ein Fall von starker Nachblutung nach Operation eines Blasenpapilloms mittels Hochfrequenzströmen. Zeitschr. f. Urol. 7, 1913. 638.
- Stein, A. E., Zur Anwendung der Diathermie bei Blasengeschwülsten. Verein der Ärzte Wiesbadens am 3. September 1913. Berl. klin. Wochenschr. 1913. Nr. 40.
- Stephan, E., Histologische Untersuchungen über die Wirkung der Thermo-penetration auf normale Gewebe und Karzinom. Beitr. z. klin. Chirurg. 77, 1912. Heft 2.
- Suter, Fr., Über die Behandlung der Papillome der Harnblase mit endovesikaler Elektrokoagulation. Schweiz. med. Wochenschr. 1920. Nr. 25.
- Uhlig, Lupusbehandlung mit Diathermie. Nomabehandlung mit Diathermie. Med. Verein in Greifswald am 1. Dezember 1916. Ref.: Med. Klinik 1917. Nr. 5.
- Weil, E., L'électrocoagulation médicale. Journ. de Physiothérapie, 15. September 1912.
- Werner, R., Die Rolle der Strahlentherapie bei der Behandlung der malignen Tumoren. Strahlentherapie 1, Heft 1 und 2.
- und A. Caan, Elektro- und Radiochirurgie im Dienste der Behandlung maligner Tumoren. Münch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 23.
- Wichmann, P., Über die Behandlung des Schleimhautlupus. Lupusausschuß des deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose am 21. April 1911. Ref.: Dtsch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 19.
- Wossidlo, H., Diathermie und Elektrokoagulation in der Urologie. Med. Klinik 1914. Nr. 1.

Namen- und Sachverzeichnis.

- Adam 96, 117.
Adhäsionen, peritoneale 119.
— pleurale 117.
Adnextumoren 124.
Akne 148.
Allgemeindiathermie I. Methode 54.
— II. Methode 55.
— auf dem Kondensatorbett 57.
— im Solenoid 58.
— im Vierzellenbad 59.
Alternator von Bucky 40.
Amenorrhoe 124.
Amperemeter 35.
Amplitude 9.
Angina pectoris 111.
Angiom 147.
Angioneurosen 114.
Anionen 25.
Anode 25.
Anzeigen, therapeutische der Diathermie 87.
Appendizitis 118.
Arsonval 2, 3, 63, 64, 73.
Arsonvalapparat 17.
Arsonvalstrom 19.
Arteriosklerose 113.
Arthralgie, tuberkulöse 95.
Arthritis, chronisch-progressive 92.
— deformans 93.
— gonorrhoeica 93.
— rheumatica 92.
— tuberculosa 94, 135.
— uratica 94.
Asthma bronchiale 116.
Atrophie progressive der Muskeln 104.
Auge, Erkrankungen des 127.
— Diathermie des 130.
Augenelektrode von Bucky 131.
Autokonduktion 58.
Ayrtzen 77.

Bakterien, Einfluß der Diathermie auf 72.
Basedowsche Krankheit 130.
Bauchfell, Verwachsungen des 119.
Beer 144.
Behandlungsdauer 53.
Bergonié 84, 86.
Bergonié, Stanniolektroden von 44.
Bernd 4, 66, 133.
Bering 133, 134.
Beschäftigungsneurosen 111.
Best 129.
Bier 70, 74, 77.
Bindehaut, Erkrankungen der 129.
Blanche 84, 108.
Blase, Erkrankungen der 120.
Bleielektroden von Kowarschik 43.
Blumreich 124, 125.
Blutbewegung, Einfluß der 68.
— Wirkung auf die 70, 91.
Blutdruck, Wirkung auf den 83.
Blutgefäße, Erkrankungen der 111.
Blutgefäßsystem, Wirkung auf das 70.
Blutgerinnung, Verlangsamung der 71.
Blutstillung 140.
Blutungen als Gegenanzeige 91.
Blutverteilung, Wirkung auf die 83.
Blutzusammensetzung, Wirkung auf die 71.
Boerner 121, 122.
Brachialneuralgie 106.
Braun 116.
Braunwarth 84, 114.
Bronchialasthma 116.
Bronchitis 115.
Brühl 123.
Bucky 62, 95, 108, 115.
— Alternator von 40.
— Augenelektrode von 131.
— Ohrelektrode von 132.
— Pulsator von 41.

Caan 141.
Casper 196.
Chapius 77.
Charrien 73.
Cholezystitis 119.
Chorioiditis 129.
Claudicatio intermittens 114.
Claußnitzner 128.
Company, Med. technische 33, 34.
Cornu 3.
Coulomb 12.
Cystitis chronica 120.
Czerny 141.

- Dämpfung der elektrischen Schwingungen 9.
 Darm, Erkrankungen des 118.
 — Diathermie des 119.
 Delherm 3, 5.
 Detrusor vesicae, Krampf des 120.
 Diathermie, allgemeine 54.
 — örtliche 46.
 — Anzeigen u. Gegenanzeigen der 87.
 — chirurgische 135.
 — Instrumentarium der 30.
 — Technik der 56.
 — Verhältnis zu anderen Methoden 87.
 Diathermieapparat und seine Bestandteile 30.
 — von Reiniger, Gebbert & Schall 37.
 — von Siemens & Halske 36.
 Diathermieschädigungen 61.
 Diathermiestrom 19.
 Dielektrikum 7, 11.
 Dissoziation 25.
 Doeschatte 129.
 Donald 2.
 Dosierung der Wärme 51.
 Doyen 3.
 Dreiplattenmethode von Korwarschik 55.
 Druck, intraokulärer 128.
 Duddell 21.
 Durig 73, 87.
 Dysbasia angiosclerotica 114.
 Dysmenorrhoe 124.
 Dyspragia intermittens angiosclerotica 114.
 Dystrophia musculorum 104.
 Epstein 116.
 Eigenfrequenz 14.
 Einankerumformer 33.
 Einthoven 63.
 Eiterung als Gegenanzeige 91.
 Eitner 121, 149.
 Elektroden für Diathermie 42.
 — Anlegen der 46.
 — von Bergonié 44.
 — von Kowarschik 43.
 — chirurgische 136.
 — für das Auge 131.
 — für die Harnröhre 121.
 — für das Ohr 132.
 — für die Prostata 122.
 — für die Vagina 126.
 — besonderer Form 45.
 Elektrodenhalter von Quirin 131.
 Elektrodenklammer von Kowarschik 43.
 Elektrokaustik 135.
 Elektrokoagulation 135.
 Elektron 22, 24.
 Elektronenröhre 23.
 Elektronentheorie 24.
 Ellbogengelenk, Diathermie des 101.
 Endometritis 124.
 Endothermie 5.
 Entlastungskreis 34.
 Enuresis 120.
 Epididymitis 123.
 Epilation 149.
 Episkleritis 129.
 Erbrechen nervöses 118.
 Erfrierung 114.
 Erler 76.
 Erregerkreis 14, 31, 33.
 Extrastrom 12.
 Eymer 126.
 Farad 12.
 Feddersen 7.
 Fessenden 7.
 Fischer 84.
 Fieber, künstliches 83.
 Fingergelenke, Diathermie der 98.
 Förster 109.
 Foucaultsche Ströme 58.
 Forest 141.
 — Nadel, von 141.
 Fournier 123.
 Fraktur der Knochen 95.
 Frauenkrankheiten 123.
 Frequenz 14.
 Frostbeulen 114.
 Frühjahrskatarrh 129.
 Fulguration 5.
 Fürstenberg 68.
 Funke, elektrischer 7.
 Funkeninduktor 32.
 Funkenstrecke 13, 15, 33.
 — der Arsonvalapparate 17.
 — der Diathermieapparate 18.
 — Funktion der 59, 60.
 — Kondensatorentladungen mittels 15.
 Fußkontakt 37.
 Gaiffe 38.
 Gallenblasenerntzündung 119.
 Gastralgie 117.
 Gebote, die zehn der Diathermie 62.
 Geburtshilfe 125.
 Gefäßkrampf 114.
 Gegenanzeigen der Diathermie 91.
 Geitler 9.
 Gelenke, Erkrankungen der 92.
 — Diathermie der 95.
 — s. auch Arthritis.
 Gerlach 132.
 Geschlechtsorgane, Erkrankungen der männlichen 120.
 — der weiblichen 123.
 Gesetz von Dastre-Morat 83.
 — von Joule 26.
 — von Ohm 29.
 — von Pflüger-Arnst 86.
 Gicht 94.
 Giesecke 124.
 Gildemeister 66.
 Glaskammerelektrode 131.

- Glaskörper, Erkrankungen des 129.
 Glaukom 130.
 Glühkathode 22.
 Goldscheider 74.
 Gonarthrit 93.
 Gonorrhoe der Harnröhre 120.
 Grau 73.
 Grube 119.
 Grünbaum 115, 117.
 Grünsfeld 116, 117.
 Guenot 123.
 Gunzbourg 84.
- Hall 6.
 Hamm 130.
 Handgelenk, Diathermie des 98.
 Harnblase, Erkrankungen der 120.
 — Diathermie der 120.
 — Geschwülste der 144.
 Harnröhre, Geschwülste der 144.
 — Gonorrhoe der 120.
 — Striktur der 123.
 Harnorgane, Erkrankungen der 119.
 Helmholtz 8.
 Henkel 125.
 Herz, Erkrankungen des 111.
 — Diathermie des 112.
 Heß 116.
 Hilfsapparate 38.
 Hilfselektrode 40.
 Hirschberg 70, 80.
 Hitzdrahtamperemeter 35.
 Hochfrequenzströme 6.
 — Allgemeines über 6.
 — Erzeugung von 15.
 Hoffa 92.
 Hornhaut, Erkrankungen der 129.
 Houston 63.
 Hüftgelenk, Diathermie des 98.
 Hyperämie 70, 76.
 Hyperästhesie der Harnblase 120.
 Hyperazidität 117.
 Hyperleukozytose 71.
 Hyperlymphie 71.
 Hypersekretion 117.
 Hypertonie 84, 114.
- Jacobi 146.
 — Lupuselektroden von 147.
 Impulszahl 20.
 Incontinentia urinae 120.
 Induktion 14.
 Induktor von Ruhmkorff 14, 32.
 Induratio penis plastica 123.
 Infiltrat, periurethrales 123.
 Interkostalneuralgie 107.
 Joannovics 143.
 Ionen 25.
 Joule, Gesetz von 26.
 Iridozyklitis 129.
 Iritis 129.
- Ischias 105.
 Iselin 5.
- Kalker 111, 112, 116, 119.
 Kallusbildung 95.
 Kalorie 26.
 Kammer, pneumatische 117.
 Kammerwasser, Einfluß der Diathermie
 auf das 128.
 Kantenwirkung 50.
 Kapazität 11.
 Kardialgie 117.
 Kardiospasmus 117.
 Karies 95.
 Karzinom 141.
 — Nachbehandlung des 125.
 Kathodenstrahlen 22.
 Kationen 25.
 Kauter, kalter 140.
 Kayser 126.
 Keating-Hart 135.
 Keitler 124.
 Keratitis parenchymatosa 129.
 Keuchhusten 116.
 Kiefergelenk, Diathermie des 101.
 King 118.
 Kirchhoff 14, 29.
 Kleinschmidt 116.
 Knapp, Elektrode von 115.
 Kniegelenk, Diathermie des 98.
 Knochen, Erkrankungen und Verlet-
 zungen 95.
 Koch und Sterzel 35, 38, 132.
 Koeppel 129.
 Kolmer 70, 143.
 Kondensator 7, 11.
 Kondensatorbett 57, 80.
 Kondensatorentladung 15.
 Konjunktivitis 129.
 Koppelung, induktive oder magnetische
 14.
 — direkte oder galvanische 15.
 — als Reguliereinrichtung 34.
 Kornea, Erkrankungen der 129.
 Korthals 63.
 Kowarschik, allgemeine Diathermie
 nach 54.
 — Bleielektroden von 43.
 — Dreiplattenmethode von 55.
 — Elektrodenklammer von 43.
 — Vaginalelektrode von 126.
 Kraft 129.
 Krämpfe, Wirkung auf 75, 89.
 Krebs siehe Karzinom.
 Kreuzfeuerdiathermie 40.
 — Apparate für 40.
 Krisen der Tabiker 109.
 Kroiss 144.
 Krückmann 127, 131.
 Kubik 129.
 Kuttner 145.

- Labatut 77.
 Labbé 84, 108.
 Lähmung 108.
 Laquerrière 3, 5.
 Laqueur 72, 78, 84, 93, 95, 115, 117,
 118, 119.
 Leidenerflasche 7.
 Leiter I. Ordnung 24.
 — II. Ordnung 25.
 Lenz 133, 134, 135.
 Lepra der Nerven 108.
 Libido sexualis, Mangel der 125.
 Lichtbogen von Duddell 21.
 — von Poulsen 22.
 Lichtbogenoperation 140.
 Lichtenstein 94, 96.
 Liebesny 70, 143.
 Lindemann 120, 122, 124.
 — Rektalelektrode von 126.
 Löschfunkenstrecke 18.
 Löwenstein 129.
 Lokalisierung der Wärme 48.
 Ludwig 76.
 Lumbago 103.
 Lunge, Erkrankungen der 115.
 — Diathermie der 117.
 Lungentuberkulose 116.
 Lupus 146.
 Lymphbewegung, Wirkung auf die 71.
 Lymphome, tuberkulöse 135.

 Magen, Erkrankungen des 117.
 — Diathermie des 118.
 — Krisen des 109.
 Maldutis 129.
 Manoevrierer 77.
 Marey 5.
 Mäusekarzinom 143.
 Mayer 133, 134.
 Menard 123.
 Mendel 130.
 Meßeinrichtung von Siemens & Halske
 41.
 Meyer 149.
 Mikrofarad 12.
 Mikrofunken 20.
 Mikrotherm 38.
 Mittelohrentzündung 132.
 Moeris 84, 111.
 Morbus Basedowi 130.
 Morlet 111.
 Müller, Chr. 133, 134, 135, 143.
 Müller, W. 122.
 Muskelkrämpfe 111.
 Muskeln, Erkrankungen der 103.
 — Verletzungen der 104.
 Muskelrheumatismus 103.
 Muskelspasmen 111.
 Muskeltonus, Wirkung auf den 75.
 Myalgia 103.
 — lumbalis 103.
 Myositis ossificans 104.

 Nachbehandlung nach chirurgischer Dia-
 thermie 139.
 Naevus 147.
 Nagelschmidt 4, 67, 84, 111, 116, 119,
 146.
 Nebenhodenentzündung 123.
 Nernst 63.
 — Theorie von 64.
 Nephritis 119.
 Nerven, Erkrankungen der 104.
 Nervus opticus, Erkrankungen des 129.
 Neuralgia brachialis 106.
 — intercostalis 107.
 — ischiadica 105.
 — N. occipitalis 107.
 — N. trigemini 107.
 Neurasthenie 110.
 Neuritis siehe Neuralgie.
 Neurosen 110.
 Neurosis vesicae 120.
 Niere, Erkrankungen der 119.
 — Diathermie der 119.
 Noetzel 74.
 Nonnenbruch 71.
 Normalelektroden 43.

 Obstipation, spastische 118.
 Ohr, Erkrankungen des 132.
 — Diathermie des 132.
 Okzipitalneuralgie 107.
 Optikusatrophy 129.
 Oszillation siehe Schwingung.
 Otitis media 132.
 Otodiathermie 132.
 Otosklerose 132.
 Oudin 21.

 Panophthalmie 130.
 Papillome der Harnblase 144.
 Parallelschaltung von Widerständen 29.
 Paralysis agitans 110.
 Parametritis 124.
 Partialentladungen 20.
 Pedersen 37.
 Pendelschwingungen 9.
 Perimetritis 124.
 Periode der elektrischen Schwingungen
 13.
 Peritonitis tuberculosa 135.
 Perry 77.
 Pertussis 116.
 Pflüger 86.
 Plattenkondensator 11.
 Pleuritis 116.
 Pollakisurie 120.
 Polyarthrit 102.
 Polyneuritis 108.
 Poncet 80, 85, 95.
 Poulsen 4, 22.
 — Lampe von 22.
 Pseudarthrose 95.
 Pulsator von Bucky 41.

- Pulsfrequenz, Wirkung der Diathermie auf die 86.
 Preiß 3, 66.
 Pribram 94.
 Primärkreis 14.
 Prostatitis 122.
 Prostataelektrode 122.
 Pylorospasmus 117.

 Qurin 127.
 — Elektrodenhalter von 131.

 Radiumemanation 93.
 Ration d'appoint 87.
 Rautenberg 70, 111, 112, 116, 119.
 Raynaudsche Krankheit 115.
 Recasens 124.
 Rechou 86.
 Reguliereinrichtung 34.
 Reicher 134.
 Reihenschaltung von Widerständen 28.
 Reiniger, Gebbert & Schall 33, 34, 37, 53, 59, 131.
 — Kondensatorbett von 57.
 Reizerscheinungen, sensible und motorische 61.
 Reizwirkung, fehlende 63.
 Rektalelektrode von Lindemann 126.
 Resonanz 15.
 Resonanzkreis 14.
 Respirationsfrequenz, Wirkung der Diathermie auf die 86.
 Retina, Erkrankungen der 129.
 Rhumatisme tuberculeux 95.
 Rippenfellentzündung 117.
 Ritter 75.
 Röntgenbestrahlung, Kombination von Diathermie und 133.
 Rosenthal 77.
 Rubens 118.
 Rückenmarksschwindsucht 108.
 Ruhmkorff-Induktor 14, 32.

 Sanders-Etzn 76.
 Sanitas, Gesellschaft 38, 40.
 Santos 73, 121, 122.
 Sättigungsstrom 23.
 Sattler 70, 128.
 Schädigungen durch Diathermie 61.
 Schemel 68.
 Schittenhelm 81, 83, 84.
 Schlaflosigkeit 89, 110, 114.
 Schmerzen, lanzinierende 109.
 Schmidt 122, 123, 134.
 Schnee, Kreuzfeuerapparat von 40.
 Schneider 146.
 Schreibkrampf 111.
 Schultergelenk, Diathermie des 101.
 Schußneuritis 108.
 Schwalbach 108.
 Schwarz 133.
 Schweißsekretion 86.
 Schwingungen, elektrische 6.
 — gedämpfte und ungedämpfte 9.
 Schwingungsdauer 13.
 Schwingungskreis, elektrischer 11, 13.
 — primärer und sekundärer 14.
 Schwingungszahl 14.
 Sekundärkreis 14.
 Selbstinduktion 12.
 Sellheim 70, 123.
 Sengbusch 37.
 Sensibilisierung für Röntgenstrahlen 133.
 Siemens & Halske 33, 34, 40, 45, 121.
 — Diathermieapparat von 36.
 — Temperaturmeßeinrichtung von 41.
 Skineffekt 63.
 Skleritis 129.
 Sklerose, multiple 109.
 Slaby 20.
 Solenoid 58.
 Stanniolektroden von Bergonié 44.
 Spannungsteiler 37.
 Spasmen 89, 111.
 Spitzka 2.
 Sprunggelenk, Diathermie des 97.
 Stein 94, 126.
 — Kreuzfeuerapparat von 40.
 Stenokardie 111.
 Stoffwechsel, Wirkung auf den örtlichen 76.
 — auf den respiratorischen 86.
 Störungen, technische 59.
 Strahlung 10, 14.
 Striktur der Harnröhre 123.
 Stromdichte 52.
 Stromstärke 51.
 Stuhlverstopfung 118.
 Sudentopf 126.
 Szyszka 71.

 Tabes dorsalis 108.
 Tätowierung 148.
 Teleangiektasien 148.
 Telefunkten 18.
 Telemann 127.
 Temperatur, Erhöhung der 76, 79.
 Temperatur-Meßeinrichtung 41.
 Tesla 2, 7, 21, 63.
 Teilhaber 71, 118, 120, 124, 125, 134, 143.
 Therapiekreis 31, 33.
 Thermopenetration 4, 5.
 Thermoradiotherapie 135.
 Thomson 8, 14.
 Tobias 93, 94, 108, 118, 123.
 Trachom 129.
 Transformator, eisengeschlossener 32.
 — für Wechselstrom 32.
 Trigemiusneuralgie 107.
 Tuberkulose des Auges 125.
 — der Gelenke 94.
 — der Lunge 116.
 — der Lymphdrüsen 135.

- Tuberkulose der Niere 119.
 — des Rippenfells 116.
 Turchini 8.

 Überdruckatmung 117.
 Ulcus duodeni 118.
 — durum 123.
 — molle 123.
 Ullmann 67, 71.
 Umformer, Gleichstrom-Wechselstrom 33.
 Unfälle bei Diathermie 59.
 Unna 108.
 Ureterenkystoskop 145.
 Ureterenstein 144.
 Urethritis gonorrhoeica 120.

 Vaginalelektroden 126.
 Veifa-Werke 33, 38, 40, 59.
 Verbrennungen 61.
 Verletzungen der Gelenke und Knochen 95.
 Verteiler 38.
 Vinay 70, 80.
 Vulvovaginitis 124.

 Waldmann 129.
 Walter 27.
 Wärme, Dosierung der 51.
 — Lokalisierung der 48.
 — spezifische 26.
 Wärmeleitung, Einfluß der 69.
 Wärmemenge und Erwärmung 26.
 Wärmewirkung, örtliche 66.
 Wärsen 147.
 Wechselstrom niederer und hoher Frequenz 6.

 Wechselstromtransformator 32.
 Wechselstromwiderstand 30.
 Wechselzahl 6.
 Weiser 132.
 Werner 135, 141.
 Wichmann 146.
 Widerstand, elektrischer 27.
 — spezifischer 28.
 — der einzelnen Gewebe 67.
 — Bedeutung für die Erwärmung 27.
 Parallelschaltung 29.
 — Reihenschaltung 28.
 Wien 17.
 Wildermuth 67.
 Windungszahl 34.
 Wirbelgelenke, Diathermie der 101.
 Wirbelströme 58.
 Wirkung, antibakterielle 72, 91.
 — chemische (elektrolytische) 78.
 — der allgemeinen Diathermie 79.
 — physiologische 63.
 — schmerz- und krampfstillende 74, 89.
 Wollenberg 92.
 Wossidlo 144.

 Xanthelasma 148.

 Zahn 131.
 Zehngelenke, Diathermie der 97.
 Zentralnervensystem, Erkrankungen des 109.
 Zervizitis 124.
 Zeynek 3, 66, 72, 78, 92.
 Zimmern 80.
 Zischfunkenstrecke 18.
 Zittern, nervöses 111.

Elektrotherapie.

Ein Lehrbuch

von

Dr. Josef Kowarschik

Primararzt und Vorstand des Instituts für Physikalische Therapie im Kaiser-Jubiläums-Spital der Stadt Wien.

Mit 255 Abbildungen und 5 Tafeln. 1920.

Preis M. 40.—, gebunden M. 46.80.

Aus den zahlreichen Besprechungen:

Kowarschik, der Verfasser des ausgezeichneten Lehrbuchs der „Diathermie“, hat hier das umfangreiche Gebiet der Elektrotherapie in einer vorzüglichen, allen Bedürfnissen des Praktikers Rechnung tragenden Weise dargestellt. Kowarschik besitzt die glückliche Veranlagung, physikalische Dinge in einer für den Nichtphysiker leicht verständlichen Form darstellen zu können. Das mußte bei seinem erwähnten Lehrbuch der Diathermie rühmend hervorgehoben werden und gilt in noch erhöhtem Maße für das vorliegende Werk. Die gesamte Technik der Elektrotherapie (Galvanisation, Faradisation, Arsonvalisation, Diathermie und Franklisation) findet man hier streng wissenschaftlich und doch gut allgemeinverständlich beschrieben. Die Darstellung der Einwirkung der Elektrizität auf den Organismus bildet den Höhepunkt des Buches, in den etwas polemisch gehaltenen Ausführungen über Kataphorese und Iontophorese dürfte Kowarschik zuzustimmen sein. Den letzten Teil des Buches bildet eine erschöpfende Aufzählung der Erkrankungen, bei welchen die Elektrotherapie indiziert ist.

Deutsche med. Wochenschr. H. 44. 1920.

Die durchaus nicht leichte Aufgabe, ein gutes Lehrbuch der Elektrotherapie zu schreiben, hat der Verfasser, gestützt auf Beherrschung der theoretischen Grundlagen und reiche praktische Erfahrungen, in anerkennenswerter Weise gelöst. Zweifellos wird das Buch dem Lernenden gute Dienste leisten Alles in allem ein vorzügliches Werk, dessen besonders schöne Ausstattung in bezug auf Papier, Druck und Illustrationen lobend hervorzuheben ist.

Wien. klin. Wochenschr. H. 3. 1921.

Lehrbuch der Diathermie für Ärzte und Studierende. Von Dr. Franz Nagelschmidt in Berlin. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 155 Textabbildungen. 1921. Preis M. 56.—; geb. M. 64.—.

Die Lichtbehandlung des Haarausfalles. Von Dr. Franz Nagelschmidt in Berlin. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 87 Abbildungen. 1919. Preis M. 6.60.

Physikalische Therapie innerer Krankheiten. Von Dr. med. M. van Oordt, leitender Arzt des Sanatoriums Bühler Höhe. Erster Band: Die Behandlung innerer Krankheiten durch Klima, spektrale Strahlung und Freiluft (Meteorotherapie). Mit 98 Textabbildungen, Karten, Tabellen, Kurven und 2 Tafeln. (Aus: Enzyklopädie der klinischen Medizin. Allgemeiner Teil.) 1920. Preis M. 48.—

Röntgentherapeutisches Hilfsbuch für die Spezialisten der übrigen Fächer und die praktischen Ärzte. Von Dr. Robert Lenk, Assistent am Zentralröntgenlaboratorium des allgemeinen Krankenhauses in Wien. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Guido Holzknacht. 1921. Preis M. 8.—.

Radiumtherapie. Instrumentarium, Technik, Behandlung von Krebsen, Keloiden, Naevi, Lupus, Pruritus, Neurodermitiden, Ekzemen, Verwendung in der Gynäkologie. Von Dr. **Louis Wickham** und Dr. **Degrais** in Paris. Autor. Ausgabe von Dr. Max Winkler, Luzern. Mit 72 Textfiguren und 20 mehrfarbigen Tafeln. 1910. Preis M. 15.—; gebunden M. 17.40

Physikalische Behandlung der chronischen Herzkrankheiten. Von Professor Dr. **Th. Schott**, Nauheim. Mit 42 Textfiguren und 11 Tafeln. 1916. Preis M. 3.60; gebunden M. 4.20.

Die Behandlung innerer Krankheiten mit radioaktiven Substanzen. Von Professor Dr. **W. Falta**, Vorstand der III. Medizinischen Abteilung des Kaiserin Elisabethspitals in Wien. Mit 9 Textabbildungen. 1918. Preis M. 12.—.

Die Praxis der Physikalischen Therapie. Ein Lehrbuch für Ärzte und Studierende. Von Dr. **A. Laqueur**, Leitender Arzt der Hydrotherapeutischen Anstalt und des Medikomechanischen Instituts am Städtischen Rudolf Virchow-Krankenhaus zu Berlin. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage der „Praxis der Hydrotherapie“. Mit 98 Textfiguren. Erscheint Ende 1921.

Die Heliotherapie der Tuberkulose mit besonderer Berücksichtigung ihrer chirurgischen Formen. Von Dr. **A. Rollier**, Leysin (Schweiz). Zweite, Auflage. Mit etwa 138 Abbildungen. In Vorbereitung.

Die mechanische Behandlung der Nervenkrankheiten. (Massage, Gymnastik, Übungstherapie, Sport.) Von Dr. **Toby Cohn**, Nervenarzt in Berlin. Mit 55 Abbildungen im Text. 1913. Preis M. 6.—; gebunden M. 6.80.

Die Karlsbader Kur im Hause. Ihre Indikationen und ihre Technik. Von Dr. **Oscar Simon**, Arzt in Karlsbad. 1912. Preis M. 2.40.

Gardone-Riviera am Gardasee als Winterkurort. Von Dr. **K. Koeniger**. Sechste, von Dr. U. Koeniger durchgesehene Auflage. Mit einer Wegekarte. 1913. Preis M. 1.60.

Venedig und Lido als Klima-Kurort und Seebad vom Standpunkt des Arztes. Von Dr. med. **Johannes Werner**, deutscher Arzt in Venedig-Lido. Mit 1 dreifarbigem Übersichtskarte. 1912. Preis M. 1.60.

Atmungs-Pathologie und -Therapie. Von Dr. Ludwig Hofbauer in Wien. Mit 144 Textabbildungen. 1921.

Preis M. 64.—; gebunden M. 74.—

Atmungsgymnastik und Atmungstherapie. Von Dr. med. et jur. Franz Kirchberg, leitender Arzt des Berliner Ambulatoriums für Massage. Mit 78 Abbildungen im Text und auf 4 Tafeln. 1913. Preis M. 6.60.

Die Methoden der künstlichen Atmung und ihre Anwendung in historisch-kritischer Beleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der Wiederbelebungsverfahren von Ertrunkenen und Ersticken. Von Dr. G. van Eyssesteijn, Direktor des Universitäts-Krankenhauses in Groningen. Mit einem Vorwort von Professor K. F. Wenckebach in Straßburg i. E. 1912. Preis M. 3.20.

Die Lungensaugmaske in Theorie und Praxis. Physikalische Behandlung von Lungenkrankheiten, Blutarmut, Keuchhusten, Asthma, Kreislaufstörungen und Schlaflosigkeit. Von Stabsarzt Dr. E. Kuhn in Biebrich. Mit 24 Textabbildungen. 1911. Preis M. 1.—.

Die Krankheiten der oberen Luftwege. Aus der Praxis für die Praxis. Von Professor Dr. Moritz Schmidt. Vierte, umgearbeitete Auflage von Professor Dr. Edmund Meyer in Berlin. Mit 180 Textfiguren, 1 Heliogravüre und 5 Tafeln in Farbendruck. 1909. Gebunden Preis M. 22.—.

Das Tuberkuloseproblem. Von Dr. med. et phil. Hermann v. Hayek in Innsbruck. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 46 Textabbildungen. 1921. Preis M. 78.—; gebunden M. 94.—.

Tuberkulose, ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung. Von Dr. G. Liebermeister, leitender Arzt der inneren Abteilung des städtischen Krankenhauses Düren. Mit 16 zum Teil farbigen Textabbildungen. 1921. Preis M. 96.—.

Praktisches Lehrbuch der Tuberkulose. Von Professor Dr. G. Deycke, Hauptarzt der inneren Abteilung und Direktor des Allgemeinen Krankenhauses in Lübeck. Mit 2 Textabbildungen. (Bildet Band V der Fachbücher für Ärzte.) 1920. Gebunden Preis M. 22.—

Infektionskrankheiten. Von Professor Georg Jürgens, Berlin. Mit 112 Kurven. (Bildet Band VI der Fachbücher für Ärzte.) 1920. Gebunden Preis M. 26.—.

Ärztliches Handbüchlein für hygienisch-diätetische, hydrotherapeutische, mechanische und andere Verordnungen. Eine Ergänzung zu den Anzeigevorschriften für den Schreibtisch des praktischen Arztes. Von Sanitätsrat Dr. med. **Hermann Schlesinger**, praktischer Arzt in Frankfurt a. M. Zwölfte Auflage. 1920. Preis M. 10.—

Lehrbuch der Diätetik des Gesunden und Kranken. Für Ärzte, Medizinalpraktikanten und Studierende. Von Professor Dr. **Th. Brugsch**. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1919. Gebunden Preis M. 20.—

Handbuch der Ernährungslehre. Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Carl von Noorden, Frankfurt a. M., Prof. Dr. **Hugo Salomon**, Wien und Prof. Dr. **L. Langstein**, Berlin. In 3 Bänden. Erster Band: Allgemeine Diätetik (Nährstoffe und Nahrungsmittel, allgemeine Ernährungskuren). Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **C. von Noorden** und Prof. Dr. **H. Salomon**. (Aus: Enzyklopädie der klinischen Medizin. Allgemeiner Teil.) 1920. Preis M. 68.—

Diätetische Küche für Klinik, Sanatorium und Haus, zusammengestellt mit besonderer Berücksichtigung der Magen-, Darm- und Stoffwechselkranken. Von Dr. **A.** und Dr. **H. Fischer**, Sanatorium „Untere Waid“ bei St. Gallen in der Schweiz. 1913. Gebunden Preis M. 6.—

Die konstitutionelle Disposition zu inneren Krankheiten. Von Privatdozent Dr. **Julius Bauer**, Wien. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 63 Textabbildungen. 1921. Preis M. 88.—; gebunden M. 104.—

Vorlesungen über allgemeine Konstitutions- und Vererbungslehre. Für Studierende und Ärzte. Von Dr. **Julius Bauer**, Privatdozent für innere Medizin an der Wiener Universität. Mit 47 Textabbildungen. 1921. Preis M. 36.—

Lehrbuch der Differentialdiagnose innerer Krankheiten. Von Geh. Med.-Rat Professor Dr. **M. Matthes**, Direktor der Medizinischen Universitätsklinik in Königsberg i. Pr. Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 106 Textabbildungen. 1921. Preis M. 68.—; gebunden M. 76.—
