

DIE DIATHERMIE

VON

DR. JOSEF KOWARSCHIK

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

FÜNFTE VERBESSERTE AUFLAGE

MIT 119 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

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

COPYRIGHT 1926 BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER, BERLIN 1926
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 5TH EDITION 2012

ISBN 978-3-662-01909-2 ISBN 978-3-662-02204-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-02204-7

Geleitwort.

Als dieses Buch im Jahre 1913 zum erstenmal erschien, war es die erste zusammenhängende Darstellung der Diathermie. Ich habe damals alles, was bis zu dieser Zeit in verschiedenen Zeitschriften zerstreut über die neue Heilmethode publiziert worden 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 die Tatsache, daß das Buch in weniger als einem Jahr vergriffen war und bereits im Jahre 1914 in zweiter Auflage erscheinen konnte. Auch diese fand eine freundliche Aufnahme und war in kurzer Zeit im Handel nicht mehr erhältlich. Leider haben die nun folgenden Jahre des Krieges das Wiedererscheinen des Buches beträchtlich verzögert, so daß eine dritte Auflage erst im Jahre 1921 möglich wurde. Dieser folgte 1924 eine vierte, der sich nunmehr eine fünfte Ausgabe anschließt. Wenn diese letztere auch keine wesentliche Umgestaltung gegenüber der vorhergehenden Auflage aufweist, so hat sie doch eine Reihe von Veränderungen im Text und in den Abbildungen notwendig gemacht, um das Buch dem derzeitigen Standpunkt der Methode anzupassen. Die Literatur über Diathermie ist allerdings heute bereits so umfangreich geworden, daß es kaum mehr möglich ist, sie vollständig zu erfassen. Trotzdem habe ich mich bemüht, alle neuen Gedanken und therapeutischen Vorschläge, soweit sie mir von wissenschaftlicher oder praktischer Bedeutung erschienen, in dieser Auflage inhaltlich zu verwerten, wenn auch die Grundlage des Buches nach wie vor durch meine eigene nunmehr 16jährige Erfahrung gegeben ist.

Wien, im Dezember 1925.

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. Die Umwandlung von Elektrizität in Wärme	7
Die Umwandlung im Lichte der Elektronentheorie	7
Die Gesetze der Umwandlung	8
II. Allgemeines über Hochfrequenzströme (elektrische Schwingungen)	9
Der Begriff der elektrischen Schwingung	9
Der elektrische Schwingungskreis	15
III. Die Erzeugung von Hochfrequenzströmen	20
Die Erzeugung mittels Funkenstrecke	21
Die Erzeugung mittels Lichtbogen	27
Die Erzeugung mittels Elektronenröhre	29
Zweiter Teil.	
Das Instrumentarium der Diathermie.	
I. Der Diathermieapparat und seine Bestandteile	31
II. Diathermieapparate verschiedener Firmen	36
III. Die Hilfsapparate	46
IV. Die Elektroden	51
Dritter Teil.	
Die Technik der Diathermie.	
Einleitung	58
I. Die örtliche Diathermie	59
Das Anlegen, Befestigen der Elektroden u. a.	59
Die Lokalisierung der Wärme	61
Die Dosierung der Wärme	68
II. Die allgemeine Diathermie	72
Die allgemeine Diathermie mittels Kontaktelektroden	72
Die allgemeine Diathermie auf dem Kondensatorbett	75
III. Technische Störungen und Unfälle	77
Vierter Teil.	
Die physiologischen Wirkungen der Diathermie.	
I. Die fehlende Reizwirkung auf die motorischen und sensiblen Nerven	82
II. Die örtliche Wärmewirkung	85
III. Die allgemeine Wärmewirkung	95
IV. Die Wirkung auf das Blutgefäßsystem	100
V. Die Wirkung auf den Magen und Darm	107

	Seite
VI. Die antibakterielle Wirkung	110
VII. Die schmerz- und krampfstillende Wirkung	112
VIII. Die Wirkung auf den örtlichen Stoffwechsel	114
IX. Die Wirkung auf den allgemeinen Stoffwechsel	116

Fünfter Teil.

Die therapeutischen Anzeigen der Diathermie.

I. Allgemeines über Anzeigen und Gegenanzeigen	118
II. Die Erkrankungen der Gelenke und Knochen	122
Anzeigen und Gegenanzeigen	122
Die Technik der Gelenkdiathermie.	126
III. Die Erkrankungen der Muskeln	135
Die Myalgie	135
Die Verletzungen der Muskeln	135
Die Erkrankungen der Sehnenscheiden und Schleimbeutel	136
IV. Die Erkrankungen des Nervensystems	136
Die Neuralgie und Neuritis	136
Periphere Lähmungen	141
Poliomyelitis acuta anterior	142
Tabes dorsalis	143
Erkrankungen des Zentralnervensystems anderer Art	144
Die Neurasthenie	145
Die Beschäftigungsneurosen	146
Der Morbus Basedowi	147
V. Die Erkrankungen des Herzens und der Blutgefäße	147
Die Erkrankungen des Herzens	147
Die Arteriosklerose	149
Die Gefäßneurosen und die Gefäßblähmung	152
Die Erfrierung	154
Die arterielle Hypertension	154
VI. Die Erkrankungen der Lunge und des Rippenfelles	156
VII. Die Erkrankungen der Verdauungsorgane	159
Die Erkrankungen des Magens	159
Die Erkrankungen des Darmes	161
Die Erkrankungen der Gallenwege	162
VIII. Die Erkrankungen der Harnorgane	163
Die Erkrankungen der Niere.	163
Die Erkrankungen der Harnblase	164
IX. Die Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane	166
Urethritis gonorrhoeica	166
Die Strikturen der Harnröhre	168
Die Prostatitis und Vesiculitis	169
Die Epididymitis und andere Erkrankungen.	171
X. Die Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane	172
Parametritis (Adnextumoren)	173
Cervicitis und Endometritis	178
Amenorrhoe, Dysmenorrhoe und funktionelle Störungen	179
Nachbehandlung nach Krebsoperationen	180
Geburtshilfe	181
XI. Die Erkrankungen des Auges	182
Experimentelle Untersuchungen	182
Anzeigen und Gegenanzeigen	184
Die Technik der Augendiathermie	185
XII. Die Erkrankungen des Ohres	187
XIII. Die Erkrankungen der Haut	188

	Seite
Anhang.	
XIV. Die Kombination von Diathermie und Röntgenbestrahlung	189
Sechster Teil.	
Die chirurgische Diathermie und ihre Anzeigen.	
I. Allgemeines über die chirurgische Diathermie	192
Der Begriff der chirurgischen Diathermie	192
Die Elektroden und Apparate für die chirurgische Diathermie . .	193
Die Technik der chirurgischen Diathermie	196
Die Vorteile der chirurgischen Diathermie.	201
Die Lichtbogenoperation.	203
II. Die Anzeigen der chirurgischen Diathermie	204
Erkrankungen der Haut	204
Erkrankungen der Mundhöhle, des Nasenrachenraums u. a. . . .	208
Erkrankungen der Harnwege	211
Literaturverzeichnis	214
Namen- und Sachverzeichnis	234

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 entgegengesetzt. 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 McDonald 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. Sie ist unverhältnismäßig geringer als die des gewöhnlichen Gleich- und Wechselstromes. Infolgedessen können die Hochfrequenzströme 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 ihre Anwendung am Menschen in entsprechender Stromstärke eine nicht unbeträchtliche Erwärmung des durchströmten Gewebes zur Folge hat¹⁾. Diese Tatsache wurde im weiteren durch die Experimente von A. Cornu und J. Marey bestätigt²⁾. Später konnte Arsonval die Wärmewirkung der Hochfrequenzströme an Kaninchen und Meerschweinchen in charakteristischer Weise demonstrieren³⁾. Er benützte als Elektroden zwei mit Wasser gefüllte Gefäße und ließ die Tiere mit den Vorderpfoten in das eine, mit den Hinterpfoten in das andere Gefäß tauchen. Schickte er nun einen Hochfrequenzstrom von genügender Intensität durch den Körper, so konnte er eine vollkommene Verkochung der Extremitäten, welche den engsten Teil der Strombahn bildeten, erzeugen. Bordier und Lecomte zeigten in anderer Weise das gleiche⁴⁾. Führten sie in die Mundhöhle und in das Rektum von Kaninchen je eine zylindrische Metallelektrode ein, so vermochten sie die Erwärmung der Tiere so weit zu treiben, daß diese unter den Erscheinungen der Überhitzung zugrunde gingen.

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)⁵⁾. Weder ihm noch den anderen Beobachtern kam die theoretische und praktische Bedeutung dieser Erscheinung zum Bewußtsein⁶⁾. 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 Arbeit⁷⁾: „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

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

2) Comptes rendus. 3. Juli 1893.

3) Société de biologie 1896.

4) Comptes rendus. Dezember 1901. S. 1295. Arch. d'électr. méd. 1902. S. 46.

5) Bulletin de la Société intern. des électriciens 1897.

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

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

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 Tesla-instrumentarium besonderer Konstruktion. Im Jahre 1905 unterzog Zeynek auf der Klinik Wölfler in Prag seine Methode der ersten klinischen Erprobung und hatte die Genugtuung, bei der Behandlung eines infolge von Gonorrhöe 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 Walde mar 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 (Wien. klin. Wochenschr. Nr. 15) ausführlich berichteten. Es waren zehn 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 das 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 Hochfrequenzbehandlung“ (Münch. med. Wochenschr. 1908, Nr. 49) ausgesprochen, wo er dieses Verfahren als Elektrotransthermie bezeichnet. 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 demnach 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 von anderen Methoden auszeichnet, auch einen zweiten wesentlichen Unterschied dürfen wir nicht übersehen. Die durch Hochfrequenzströme erzeugte Wärme verdankt ihren Ursprung der Zufuhr fremder Energie, die wir dem Körper in Form von Elektrizität einverleiben. Anders bei

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

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 annehmen¹⁾. 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. Die Erwärmung ist also hier eine biologische 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 alters her 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.

¹⁾ Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie 1911. S. 431.

Erster Teil.

Die Physik der Diathermie.

I. 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.

Wie bekannt, fassen wir heute die Elektrizität nicht als ein unwägbares Fluidum oder eine Ätherbewegung, sondern als etwas Materielles auf. 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 Verband eines Atoms einzelne Elektronen los und bewegen sich dann frei zwischen den festsitzenden Atomen. Diesen Vorgang bezeichnen wir als Dissoziation. Wir beobachten ihn besonders bei den Metallen.

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.

In den elektrolytischen Leitern, wozu wir vornehmlich die Lösungen von Salzen, Säuren und Basen rechnen und wozu wir auch den menschlichen Körper zählen, erfolgt zwar ebenfalls eine Dissoziation von

Elektronen. Diese aber bleiben nicht frei, sondern lagern sich anderen Atomen an. Da wie erwähnt, alle Elektronen elektrisch negativ sind, verleihen sie den Atomen, denen sie sich anlagern, eine elektrisch negative Ladung. Umgekehrt werden jene Atome, von denen Elektronen abgespalten wurden, infolge des Verlustes an negativer Elektrizität elektrisch positiv. Diese elektrisch positiv oder negativ geladenen Atome heißen Ionen. Sie sind es, die unter der Einwirkung einer elektrischen Kraft in Bewegung geraten und den elektrischen Strom bilden. 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 des 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 Stärke 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 2 m verteilt, bewirkt jedoch nur einen halb so hohen Temperaturanstieg ($1/2$ 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 ein Fünftel 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.

II. Allgemeines über Hochfrequenzströme (elektrische Schwingungen).

Der Begriff der elektrischen Schwingung.

Wechselströme niederer und hoher Frequenz. In der Elektrotherapie unterscheiden wir bekanntlich zwei Arten von Strömen, den Gleichstrom und den Wechselstrom. Unter Gleichstrom verstehen wir diejenige Stromart, bei der, um im Sinne der Elektronentheorie zu sprechen, die materiellen Träger der Elektrizität, die Elektronen, andauernd in

derselben Richtung wandern, also eine progrediente, fortschreitende Ortsveränderung vollziehen, wobei sie schließlich von dem einen Ende des Leiters bis zum anderen Ende desselben gelangen. Anders beim Wechselstrom. Hier wechselt die Richtung der elektrischen Kraft ununterbrochen, so daß die Elektronen, die sich eben nach einer bestimmten Richtung hin in Bewegung gesetzt haben, alsbald wieder umkehren müssen, um sich in entgegengesetztem Sinn zu bewegen, so lange bis die elektrische Kraft sie zu einem neuerlichen Richtungswechsel zwingt usw. Sie führen hier also keine fortschreitende, sondern eine hin und hergehende, eine pendelnde oder schwingende Bewegung um ihre Ruhelage aus. Die Wechselströme werden daher auch als Schwingungsströme bezeichnet.

Die Zahl der Schwingungen, welche die Elektronen in einer Sekunde ausführen, bezeichnen wir als die Schwingungszahl oder die Frequenz des Wechselstromes. Sie kann sehr verschieden groß sein. Es können einige wenige, es können aber auch Tausende, Hunderttausende, ja Millionen Schwingungen in der Sekunde stattfinden. Wir unterscheiden danach Wechselströme von niederer und solche von hoher Frequenz. Letztere werden auch kurzweg Hochfrequenzströme genannt. Niedere und hochfrequente Wechselströme sind, das wollen wir ein für allemal festhalten, ihrem Wesen nach einander grundsätzlich gleich und unterscheiden sich nur durch die in der Sekunde sich vollziehende Zahl der Richtungswechsel.

Die von unseren elektrischen Zentralen gelieferten Wechselströme, welche wir zur Beleuchtung, Beheizung, zum Betriebe von Motoren und ähnlichen Zwecken verwenden, zählen in der Regel nicht mehr als 100 Wechsel in der Sekunde, sie sind also niederfrequente Ströme. Bei den Hochfrequenzströmen, deren wichtigstes Anwendungsgebiet die drahtlose Telegraphie und Telephonie ist, beträgt die Zahl der Richtungswechsel einige Hunderttausend bis zu mehreren Millionen in der Zeiteinheit. Die Grenze festzulegen, von der ab wir einerseits von niederfrequenten, andererseits von hochfrequenten Strömen sprechen, unterliegt der Willkür. Im Sinne der Elektrotherapie spricht man von Hochfrequenzströmen dann, wenn sie die Wechselzahl von einigen Hunderttausend 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 Drahtspulen, die einen Eisenkern enthalten, große, radial angeordnete Elektromagnete vorbeistreichen. 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 (Abb. 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 uns 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 erstmal mit Hilfe eines um seine Achse schnell rotierenden Spiegels getan. Wenn man das Bild eines Funkens in einem solchen Spiegel betrachtet, so

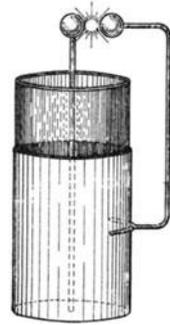


Abb. 1. Die Entladung einer Leidenerflasche durch einen Funken.



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

erscheint dasselbe in Form eines Bandes auseinander gezogen, wie es Abb. 2 darstellt. Dieses Bild, welches den Funken in seine einzelnen Phasen zerlegt, ist kein einheitliches Lichtband, wie man zunächst erwarten sollte, sondern ein ununterbrochenes, aus einzelnen hellen Streifen zusammengesetztes, was uns beweist, daß 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 infolge einer Art von Trägheit oder Beharrungsvermögen über das Ziel hinausschießt und nunmehr die ursprünglich negative Belegung 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, sagen wir der Elektronen, in wechselnder Richtung statt. Allerdings nimmt die Intensität der Bewegung stetig ab, so daß nach etwa 15 bis 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 und ähnliches. Wir gebrauchen den Ausdruck Schwingung in übertragenem Sinn aber 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, wie wir gleich sehen werden.

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 Fortsetzung 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 und die dadurch in Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht wird.

Die Beispiele, welche uns die Ähnlichkeit zwischen elektrischen und anderen Schwingungen oder wir können auch sagen zwischen den Schwingungen der Elektronen und denen anderer Massenteilchen ver-

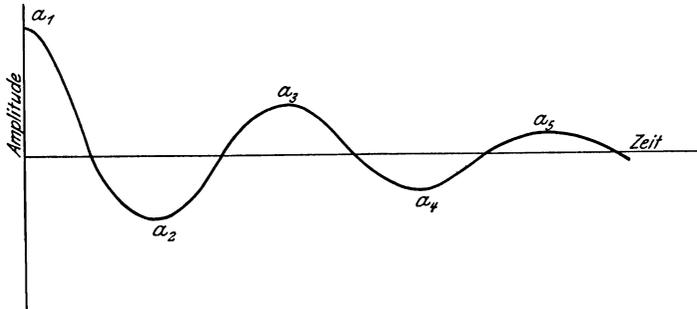


Abb. 3. Gedämpfte Schwingungen.

anschaulichen, ließen sich beliebig vermehren. Bei allen in Betracht kommenden Fällen läßt sich die Bewegung graphisch in gleicher Weise darstellen. Denken wir uns in einem Koordinatensystem auf der Abszisse die Zeit und auf der Ordinate die Amplitude, das ist die jeweilige Entfernung des schwingenden Körpers von seiner Gleichgewichtslage, aufgetragen, so bekommen wir eine Wellenlinie, wie sie in Abb. 3 dargestellt ist, eine Kurve, bei der die Amplituden andauernd kleiner und schließlich gleich Null werden. Wir wollen versuchen, in das Wesen der Schwingungen noch etwas tiefer einzudringen.

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).

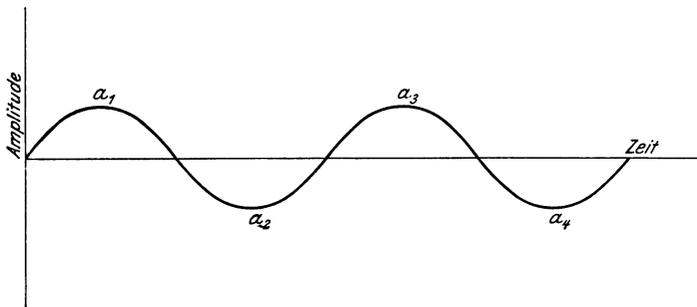


Abb. 4. Ungedämpfte Schwingungen.

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 (Abb. 3) wiedergegeben.

Je kleiner die Zahl der Schwingungen ist, die der schwingende Körper ausführt, um zur Ruhe zu gelangen, desto größer ist die Dämpfung, je mehr Schwingungen hierzu nötig sind, desto kleiner ist sie. Die Größe der Dämpfung hängt wesentlich von den Widerständen ab, welche sich der Bewegung entgegensetzen und welche die kinetische Energie des schwingenden Körpers aufzehren. Je größer diese Widerstände sind, um so rascher wird das geschehen, um so größer wird die Dämpfung sein. So wird ein im Wasser schwingendes Pendel rascher zur Ruhe kommen als ein in Luft schwingendes. Sind die Bewegungswiderstände sehr groß, dann kann es vorkommen, daß die gesamte potentielle Energie, die wir dem Pendel durch das Aufheben mitteilen, schon auf dem ersten Weg, den dasselbe bis zu seiner Ruhelage zurücklegt, aufgebraucht wird. Es kommt dann überhaupt zu keinen Schwingungen, die Bewegung ist, wie man zu sagen pflegt, aperiodisch. Das wäre z. B. der Fall, wenn wir uns das Pendel von einer zähschleimigen Masse umgeben denken.

Würde eine Dämpfung überhaupt nicht vorhanden sein, 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 (Abb. 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, wie dies beim Uhrpendel der Fall ist. 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 Abb. 4 wiedergegebene Linie, die unter dem Namen Sinuskurve bekannt ist.

Betrachten wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die schwingende Entladung eines Kondensators, so werden wir erkennen, daß sich der Vergleich zwischen den mechanischen Schwingungen eines Pendels und den elektrischen, wie sie die Entladung eines Kondensators erzeugt, noch weiter führen läßt.

Der aufgeladene Kondensator besitzt eine bestimmte Menge elektrostatischer Energie (elektrische Energie in ruhender Form), die wir der

potentiellen Energie des aus seiner Ruhelage gebrachten Pendels gleichstellen können. Mit dem Einsetzen der Entladung verwandelt sich die elektrostatische in elektromagnetische Energie (elektrische Energie in Bewegung), so wie sich beim Pendel die potentielle in kinetische Energie umsetzt. In dem Moment aber, wo die elektromagnetische Energie ihr Maximum erreicht hat, wird sie wieder in elektrostatische zurückverwandelt. Der Kondensator ladet sich neuerdings auf, doch diesmal 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 bzw. -telephonie 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.

Um elektrische Schwingungen zu erzeugen, bedürfen wir vor allem eines Kondensators. Diesen laden wir auf, um ihn dann in Form eines Funkens wieder zu entladen. Damit aber ein Funke entstehe, ist es notwendig, daß die Enden der Leitungen, welche zu den Kondensatorbelegungen führen, einander nicht direkt berühren, sondern durch eine entsprechend lange Luftschicht voneinander getrennt sind. Diese Luftzwischen-schicht, welche die Ausbildung des Funkens ermöglicht, bezeichnen wir als Funkenstrecke. Soll die Entladung eine schwingende oder oszillierende sein, dann muß aber noch eine weitere Bedingung erfüllt sein, welche wir bisher nicht erwähnt haben. Der Leitungsweg muß das Vermögen der Selbstinduktion besitzen. Was wir darunter zu verstehen haben, werden wir gleich auseinander setzen. Fassen wir das eben Gesagte zusammen, so ergibt sich: Um elektrische Schwingungen zu erzeugen, sind drei Dinge notwendig:

1. Ein Kondensator.
2. Eine Strombahn mit dem Vermögen der Selbstinduktion.
3. Eine Funkenstrecke.

Wir wollen diese drei Bedingungen der Reihe nach besprechen.

Der Kondensator. Die älteste Form desselben ist die Leidenerflasche, eine andere die Franklinsche Tafel. Beide unterscheiden sich nur durch die äußere Form voneinander. Nach dem Prinzip der Franklinschen Tafel baut man die Plattenkondensatoren (Abb. 5). Es sind dies gleichsam eine Reihe von übereinander gelegten Tafeln, deren Dielektrikum aus Glas, Glimmer oder paraffiniertem Papier gebildet wird und deren Belegungen aus Stanniol bestehen. Die letzteren werden abwechselnd zu dem einen und zu dem anderen Pol geführt. Diese zusammengesetzten Kondensatoren haben den Vorzug, daß sie, ohne besonders umfangreich zu sein, eine verhältnismäßig große Elektrizitätsmenge zu fassen vermögen, denn die aufzunehmende Elektrizitätsmenge wird unter sonst gleichen Bedingungen um so größer, je größer die Oberfläche der Belegungen ist. Das Fassungsvermögen, das ein Kondensator für Elektrizität besitzt, bezeichnet man als seine Kapazität. Man mißt diese durch die Elektrizitätsmenge, welche notwendig ist, um ihn auf die Einheit des Potentials, das ist ein Volt, zu laden.

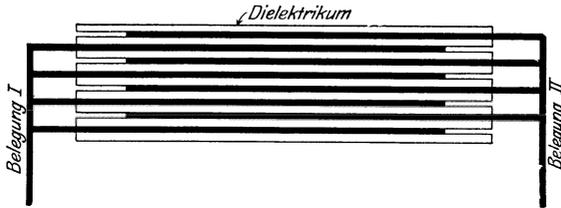


Abb. 5. Plattenkondensator.

Die Maßeinheit der Kapazität ist das 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 viel zu groß ist, so rechnet man gewöhnlich mit dem millionsten Teil eines Farad und nennt diesen ein Mikrofarad.

Während die alten Arsonvalapparate in der Regel Leidenerflaschen als Kondensatoren besitzen, werden bei den Diathermieapparaten fast ausschließlich Plattenkondensatoren verwendet.

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 sog. Induktionsströme erregt. Ganz ebenso aber induziert er solche Ströme auch bei Intensitätsschwankungen auf seiner eigenen Bahn. Diese heißen Selbstinduktions- oder Extrastrome.

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 entsteht 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. Dieses ist es, welches verhindert, daß ein Körper, welcher aus dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung übergeht, nicht augenblicklich, sondern erst nach Ablauf einer bestimmten, wenn vielleicht auch ganz kurzen Zeit, seine volle Geschwindigkeit erhält. Das Beharrungsvermögen ist es aber auch andererseits, das einen in Bewegung befindlichen Körper in dieser Bewegung zu erhalten sucht, ihn nicht sofort zur Ruhe kommen läßt. Es ist die Ursache, welche bei einem in Bewegung befindlichen Pendel die Fortsetzung dieser Bewegung über die Ruhelage hinaus erzwingt, wodurch es weiterhin zu einer Umkehr der Bewegung und somit zu Schwingungen kommt. Ein solches Beharrungsvermögen, in elektrischem Sinn Selbstinduktion genannt, ist auch bei der Entladung eines Kondensators notwendig, wenn es zu einer Umkehrung seiner Polarität und damit zur Entstehung von Schwingungen kommen soll.

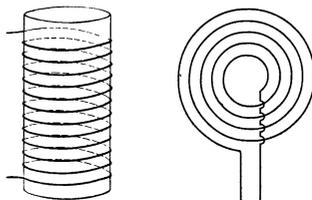


Abb. 6. Hoch- und Flachspule.

Die Fähigkeit der Selbstinduktion ist wesentlich abhängig von der Form des Leiters. Jeder metallische Leiter besitzt sie in gewissem Grade. Wir können sie erhöhen, wenn wir dem Leiter die Form einer Spule oder die einer Spirale geben, wie sie nebeneinander in Abb. 6 dargestellt sind. Je zahlreicher die Windungen dieser Spule oder Spirale sind, desto größer ist die Selbstinduktion. Wir haben es so in der Hand, diese nach Belieben abzustufen.

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 (Leidener Flasche, Plattenkondensator) gebraucht werden.

Die Funkenstrecke. Diese wird von den Enden der beiden Leitungen gebildet, welche zu den Kondensatorbelegungen führen und der zwischen ihnen liegenden Luftschicht. Den Leitungsenden gibt man, um den Übergang der Funken zu erleichtern, meist eine besondere Form. Bald werden sie als Spitzen, bald als Kugeln oder Platten ausgebildet und heißen in dieser Form dann auch Elektroden der Funkenstrecke. Ihr gegenseitiger Abstand ist verschieden. Je größer er ist, um so höher

muß die Spannung an den Kondensatorbelegungen sein, soll sie ausreichen, den Luftwiderstand zu überwinden.

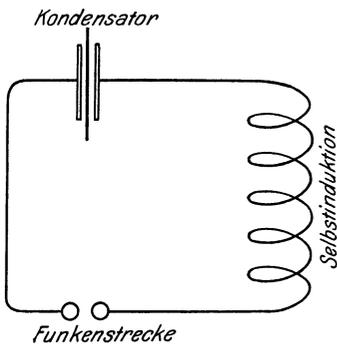


Abb. 7. Elektrischer Schwingungskreis.

Je nach der Form der Elektroden und ihrem gegenseitigen Abstand gibt es in der Praxis sehr verschiedenartige Funkenstrecken. Wir werden im nächsten Abschnitt darüber noch ausführlich zu sprechen haben.

Ein System, das sich aus den eben beschriebenen Teilen, einem Kondensator, einer Selbstinduktion und einer Funkenstrecke zusammensetzt, hat also die Fähigkeit, elektrische Schwingungen zu erzeugen, es heißt darum elektrischer Schwingungskreis. Abb. 7 gibt in schematischer Darstellung einen solchen Kreis wieder.

Periode und Frequenz der elektrischen Schwingungen. Jede elektrische Schwingung oder Welle (Abb. 8) setzt sich aus zwei Teilen zusammen, einer positiven und einer negativen Phase, einem Wellenberg und einem Wellental. Beide zusammen ergeben erst eine volle Schwingung. Die Zeit, welche eine solche Schwingung zu ihrem Ablauf braucht, also die Zeit, welche von einem Maximum bis zur Erreichung des nächsten gleichsinnigen Maximums verfließt, heißt Schwingungsdauer oder

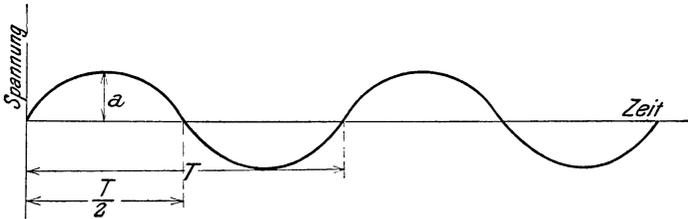


Abb. 8.

Periode. Beträgt sie z. B. $\frac{1}{100}$ Sekunde, so erfolgen in einer Sekunde 100 Schwingungen. Die Zahl, welche angibt, wie viele Schwingungen in der Zeiteinheit stattfinden, nennen wir Schwingungszahl oder Frequenz. Wie aus dem angeführten Beispiel ohne weiteres erschen werden kann, ist die Schwingungszahl stets der reziproke Wert der Periode. Bezeichnen wir, wie dies gewöhnlich geschieht, die Frequenz mit n , die Periode mit T , so können wir allgemein sagen: $n = 1 : T$ oder $nT = 1$.

Die Periode T bzw. die Frequenz n der Schwingungen, welche ein elektrischer Schwingungskreis erzeugt, ist abhängig von dessen Kapazität (C) und dessen Selbstinduktion (L). Nach W. Thomson und Kirchhoff läßt sich die Periode aus diesen beiden Größen nach folgender Formel berechnen:

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

Daraus ist ersichtlich, daß einzig und allein die zwei Faktoren L (Selbstinduktion) und C (Kapazität) für die Frequenz maßgebend sind. Je kleiner die beiden, besser gesagt ihr Produkt ist, desto kürzer ist die Dauer der Schwingungen (T), desto mehr Schwingungen finden in einer Sekunde statt, desto größer ist also die Frequenz (n). Durch eine weitgehende Verkleinerung von L und C lassen sich außerordentlich rasche Oszillationen erzeugen. Bei den Diathermieapparaten müssen die Selbstinduktion und die Kapazität des schwingungserregenden Kreises so bemessen sein, daß eine Frequenz von mehreren Hunderttausend bis etwa einer Million erreicht wird, um den Strom als solchen vollkommen unfühlbar zu machen.

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. Da dieser die Schwingungen von dem ersten Kreis nur übernimmt, sie also selbst nicht erzeugt, kann er der Funkenstrecke entbehren, es genügt, wenn er eine Kapazität (Kondensator) und eine Selbstinduktion besitzt. Zwei Kreise, welche derart aufeinander einzuwirken imstande sind, daß einer die Schwingungen auf den anderen überträgt, nennen wir gekoppelt. Wir unterscheiden zwei Arten von Koppelung.

1. Die induktive oder magnetische Koppelung, wie sie in Abb. 9 dargestellt ist. Wir sehen zwei Schwingungskreise, der eine bestehend aus Kondensator, Selbstinduktion und Funkenstrecke (I), in welchem die Schwingungen erregt werden, wir wollen ihn als primären oder Erregerkreis bezeichnen, der zweite bestehend aus Kondensator und Selbstinduktion (II), der durch den ersten zum Mitschwingen gebracht wird. Er heiße sekundärer oder Resonanzkreis. Die Übertragung der Schwingungen erfolgt hier durch Induktion oder magnetische Strahlung, wobei wir dem Äther die vermittelnde Rolle

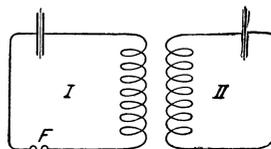


Abb. 9. Induktive oder magnetische Koppelung.

zuschreiben. Es ist dies das gleiche Prinzip, das wir bereits vom faradischen Schlittenapparat und vom Ruhmkorff-Induktor her kennen. Der erste oder primäre Kreis erzeugt in dem zweiten oder sekundären Kreis einen Induktionsstrom, ohne daß beide irgendeine leitende Verbindung miteinander hätten. Die Kraftübertragung erfolgt durch das Magnetfeld des primären Stromes. Das gleiche Gesetz der Induktion gilt auch für Hochfrequenzströme und wir bedienen uns der Induktion,

wenn wir elektrische Schwingungen von einem Kreis auf einen zweiten übertragen wollen.

Der Sekundärkreis wird auf den 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. Der Begriff der Resonanz ist aus der Akustik übernommen. Zwei Stimmgabeln stehen dann miteinander in Resonanz, wenn sie beide die gleiche Schwingungszahl, oder, was dasselbe ist, die gleiche Tonhöhe haben. Sie sind dann aufeinander abgestimmt. Wir wissen, daß beim Anschlagen der einen Gabel die zweite, wenn sie sich in der Nähe befindet, zum Mitschwingen veranlaßt wird. In diesem Fall ist es die Luft, welche die Kraftübertragung besorgt.

2. Die 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 gemeinsam haben. Hier reden wir von direkter oder galvanischer Koppelung (Abb. 10). Die Elektronen, welche in dem ersten Kreis in Schwingungen versetzt werden, übertragen ihre kinetische Energie unmittelbar, also durch direkte Fortleitung auf die Elektronen des angeschlossenen Kreises, so daß diese gleichfalls in eine oszillierende

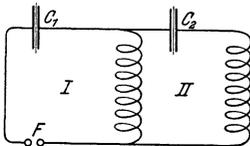


Abb. 10. Direkte oder galvanische Koppelung.

Bewegung geraten. Ihr Mitschwingen wird auch hier ein um so vollkommeneres sein, je mehr beide Kreise bezüglich ihrer Frequenz miteinander übereinstimmen, je vollkommener ihre Resonanz ist.

III. Die Erzeugung von Hochfrequenzströmen.

In diesem Abschnitt wollen wir nunmehr die technischen Einrichtungen kennen lernen, die zur Erzeugung von elektrischen Schwingungen oder von Hochfrequenzströmen erforderlich sind, nachdem wir uns das Prinzip ihrer Entstehung bereits klar gemacht haben. Wir wissen, daß hierzu ein Schwingungskreis, bestehend aus Kondensator, Selbstinduktion und Funkenstrecke erforderlich ist.

Über die Kondensatoren, die wir für die Zwecke der Diathermie verwenden, wurde bereits auf S. 16 das Notwendige gesagt. Es sind so gut wie ausschließlich Plattenkondensatoren, nach dem dort dargestellten Schema gebaut. Auch über die Selbstinduktion haben wir kaum mehr etwas nachzutragen. Wir verwenden hierzu Drähte, die in Form von Spulen oder Spiralen aufgewickelt werden. Das, was bei den Hochfrequenzapparaten das wandelbarste ist und der Konstruktion die größten Schwierigkeiten bereitet, ist die Funkenstrecke. Von ihr hängt wesentlich die Form und der Verlauf der erzeugten Ströme ab und darum müssen wir uns mit ihr noch eingehender beschäftigen.

Der Bau der Funkenstrecke ist es auch, durch den sich vornehmlich die Diathermieapparate der verschiedenen Firmen voneinander unterscheiden.

Man hat auch den Versuch gemacht, die Funkenstrecke durch andere Einrichtungen zu ersetzen. So hat Poulsen im Jahre 1906 einen elektrischen Lichtbogen, wie er zwischen den Elektroden einer Bogenlampe zustande kommt, an die Stelle der Funkenstrecke gesetzt. Und der erste Diathermieapparat, der von Bernd gebaut wurde, also der erste Apparat, dessen eigentlicher Zweck die Tiefendurchwärmung war, besaß als Schwingungsgenerator eine solche Poulsenlampe. Obwohl diese Methode heute in der Diathermie vollkommen verlassen ist, sei sie doch ihres historischen Interesses wegen im nachfolgenden kurz erwähnt.

Neuerdings hat man, den Fortschritten der Radiotelegraphie und Radiotelephonie folgend, auch die Elektronenröhre oder Glühkathode (lampe à trois électrodes) als Schwingungserreger für die Diathermie in Vorschlag gebracht. Wieweit sie hier der Funkenstrecke überlegen ist, steht noch abzuwarten.

Wir hätten also im folgenden drei verschiedene Methoden der Darstellung von Hochfrequenzströmen zu besprechen:

1. Die Erzeugung mittels Funkenstrecke.
2. Die Erzeugung mittels Lichtbogen.
3. Die Erzeugung mittels Elektronenröhre.

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 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

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



Abb. 11. Funkenentladungen eines Kondensators.

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 (Abb. 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 Abb. 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 500mal 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.

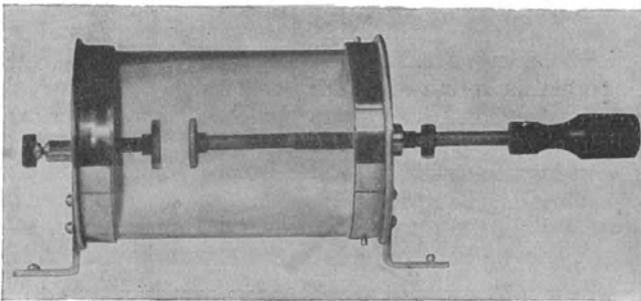


Abb. 12. Funkenstrecke eines Arsonvalapparates.

Die Funkenstrecke der Arsonvalapparate. Schwingungsströme der eben beschriebenen Verlaufsform wurden zuerst von Hertz und Tesla dargestellt und von Arsonval für therapeutische Zwecke empfohlen.

Ihre Anwendung in der Medizin heißt darum Arsonvalisation. Die Arsonvalapparate benützen als Kondensatoren meist Leidenerflaschen, als Selbstinduktion eine Spirale aus dickem Kupferdraht, die als kleines Solenoid bezeichnet wird. Die Funkenstrecke eines solchen Apparates ist für sich allein in Abb. 12 wiedergegeben. Sie besteht aus zwei kleinen Metallplatten, von denen die eine fix, die andere mittels eines Handgriffes verschiebbar ist, so daß der gegenseitige Elektrodenabstand und damit die Funkenlänge verändert werden kann. Mit einem derartigen Instrumentarium lassen sich im besten Fall 100 Funken sekundlich erzielen. Rechnen wir auf jeden derselben 20 rasch abklingende Oszillationen, so haben wir in der Sekunde 100mal 20, das sind insgesamt 2000 Schwingungen.

Dies scheint im Widerspruch mit der früher von uns gemachten Annahme, als Hochfrequenzströme solche zu bezeichnen, deren Schwingungszahl pro Sekunde eine 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 — eine Million in der Zeiteinheit erreichen würde. Nach dieser erweiterten Fassung hätten wir es auch hier mit einer Hochfrequenz zu tun. Da die Zeit, in der sich 20 Schwingungen vollziehen, etwa $\frac{1}{50000}$ Sekunde beträgt, so ist die Dauer einer einzelnen Schwingung oder die Periode derselben $\frac{1}{50000} : 20 = \frac{1}{1000000}$ Sekunde. Es wäre also die Frequenz entsprechend dem reziproken Wert der Periode 1 000 000.

Derartige Ströme sind, wenn sie auch zu den Hochfrequenzströmen zählen, für die Durchwärmung ungeeignet, denn infolge der langen Pausen zwischen den einzelnen Schwingungsgruppen ist ihre durchschnittliche Stromstärke zu gering, um einen für die Therapie hinreichenden Wärmeeffekt zu erzielen. Auch sind sie aus dem gleichen Grund nicht völlig frei von sensiblen und motorischen Reizerscheinungen.

Es war seit langem das Bestreben der Techniker der Radiotelegraphie, die von den alten Hochfrequenzapparaten gelieferten Ströme zu verbessern, das heißt mit anderen Worten, die Ströme, die sich aus einzelnen stark gedämpften Schwingungsgruppen mit dazwischen liegenden langen Pausen zusammensetzten, in einen möglichst ununterbrochenen, also ungedämpften Hochfrequenzstrom zu verwandeln. Das war nur durch eine Verbesserung der Funkenstrecke möglich. Ein wesentlicher Fortschritt auf diesem Wege wurde erreicht, als die deutsche 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, das ist die Zahl der pro Sekunde erzeugten Funken, in erheblichem Maße zu steigern und so die Pausen zwischen den einzelnen Funken bedeutend zu verkürzen. Dadurch wird gleichzeitig die sog. effektive Stromstärke und damit die thermische Wirkung dieser Ströme wesentlich vergrößert. Die Löschfunkenstrecke bringt uns unserem Ziel, kontinuierliche oder ungedämpfte Schwingungsströme zu erzeugen, ein gutes Stück näher.

Wir wollen zuerst den Bau einer solchen Funkenstrecke beschreiben und im Anschluß daran ihre Vorteile besprechen. Als Grundlage für diese Beschreibung diene uns die Funkenstrecke, welche die Firma

Siemens & Halske bei ihren Diathermieapparaten verwendet. Sie ist nach dem System Telefunken gebaut, nach dem gleichen System, dessen sich auch die deutsche Gesellschaft für drahtlose Telegraphie für radiotelegraphische Zwecke bedient.

Die Funkenstrecke der Diathermieapparate: Die Löschfunkenstrecke.

Der wesentliche Unterschied der Löschfunkenstrecke gegenüber der Funkenstrecke der Arsonvalapparate besteht darin, daß bei ihr an Stelle der früher üblichen Spitzen-, Kugel- oder Plättchenelektroden große Metallplatten getreten sind. Gleichzeitig wurde der Abstand der Elektroden, der früher einige Millimeter bis zu mehreren Zentimetern betrug, auf Bruchteile eines Millimeters herabgesetzt.

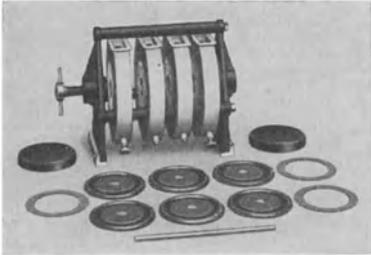


Abb. 13. Funkenstrecke eines Diathermieapparates (System Telefunken) zerlegt.

Bei dem System Telefunken (Abb. 13), wie es die Diathermieapparate von Siemens & Halske

benützen, bestehen die Funkenstreckenelektroden aus zwei runden Kupferscheiben (Abb. 14), die einen Durchmesser von 85 mm haben. Diese sollen vollkommen flächenparallel in einem Abstand von nicht

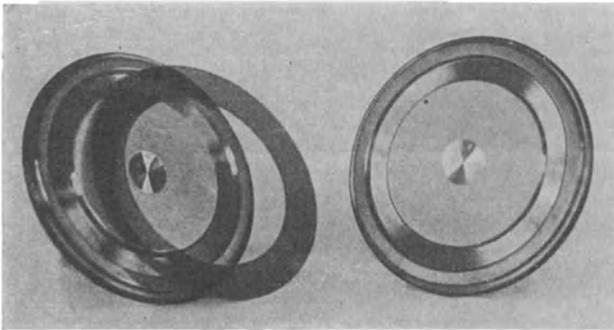


Abb. 14. Elektroden einer Diathermiefunkenstrecke, zwischen ihnen ein Glimmerring.

mehr als 0,1 mm einander gegenüber stehen. Um das zu erreichen, wird zwischen sie ein isolierender Glimmerring eingeschoben, der den peripheren Teilen der Kupferscheibe anliegt, während er den mittleren Anteil, der versilbert ist und dem Funkenübergang dient, frei läßt. Da der Ring eine Dicke von 0,1 mm hat, wird auf diese Weise der gewünschte geringe Abstand geschaffen und gleichzeitig eine zufällige Berührung der Elektroden, die jeden Funkenübergang aufheben würde, verhindert.

Der Elektrodenabstand und damit die Funkenlänge ist bei den Diathermieapparaten von Siemens & Halske und einigen anderen unveränderlich. Der Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall und ähnliche

benützen wohl auch großflächige Kupferelektroden, doch ist ihr Abstand nicht fix, sondern durch eine Mikrometerschraube regulierbar. Er muß im Betrieb jeweils auf die günstigste Funkenwirkung eingestellt werden.

Um genügend starke Hochfrequenzströme zu erhalten, sind bei manchen Apparaten zwei oder mehr Funkenstrecken hintereinander geschaltet, was man als Serienfunkenstrecke bezeichnet (Abb. 15). So haben die älteren Apparate von Siemens & Halske zwei, die neueren sogar drei derartige Funkenstrecken in Serie geschaltet.

Da die Elektroden der Funkenstrecke sich durch den Funkenübergang stark erhitzen, so ist bei den meisten Apparaten eine besondere Kühlung vorgesehen, die eine übermäßige Erhitzung der Kupferplatten hintanhalten soll. Diese Kühlung ist entweder eine Wasserkühlung, die aus mehreren mit Wasser gefüllten Gefäßen besteht, welche den Elektrodenplatten anliegen (Abb. 16), oder sie ist eine Luftkühlung, die durch eine Reihe metallischer Kühlrippen besorgt wird (Abb. 17).

Die Vorteile der Löschfunkenstrecke liegen einerseits in dem außerordentlich 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 Wechsel-

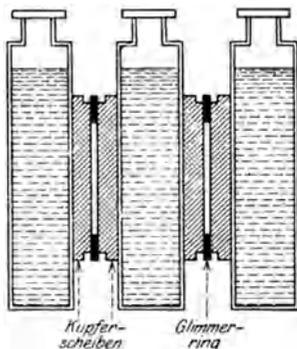


Abb. 15. Diathermiefunkenstrecke (System Telefunken) im Querschnitt.

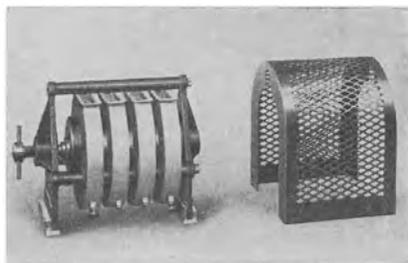


Abb. 16. Funkenstrecke mit Wasserkühlung (Siemens & Halske), daneben Schutzgehäuse.

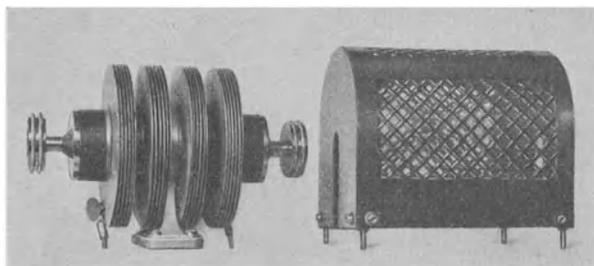


Abb. 17. Funkenstrecke mit Luftkühlung (Schulmeister, Wien), daneben Schutzgehäuse.

strom auf, so erreichen seine Belegungen in dem Moment das Maximum ihrer Spannung, wo der Ladestrom in seinem Verlauf auf dem Gipfelpunkt einer Halbwelle ankommt. In diesem Augenblick durchbricht die Spannung des Kondensators die Luftbrücke in Form eines Funkens (Abb. 18). 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 (Abb. 19). Damit wird die Zahl der Funken, und da jeder von

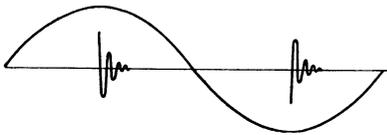


Abb. 18. Arsonvalstrom.

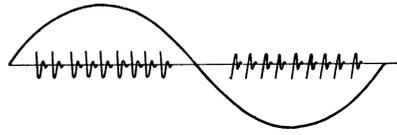


Abb. 19. Diathermiestrom.

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 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 u. dgl. unterstützt. Die wirksame Kühlung der großen Elektrodenflächen und die dadurch zustande kommende rasche Entionisierung hat zur Folge, daß die kleinen Funken nach wenigen Schwingungen erlöschen, weshalb man diese Funkenstrecke als Lösch-

funkenstrecke 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 bis 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 Effluven 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 Diathermieströmen zusammen, so ergibt sich:

Arsonvalisation:	Diathermie:
1. 20—100 Funken in der Sekunde, ebenso viele stark gedämpfte Schwingungsgruppen mit sehr langen Pausen.	1. 1000—2000 Funken in der Sekunde, ebenso viele stark gedämpfte Schwingungsgruppen mit entsprechend kürzeren Pausen.
2. Kleine Stromstärke (etliche 100 Milliampere).	2. Große Stromstärke (bis zu 3000 Milliampere).
3. Hohe Spannung (einige 1000 oder auch einige 100 000 Volt).	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 sog. Lichtbogen stattfindet. Der Engländer W. Duddell machte bereits im Jahre 1900 durch Zufall die interessante Beobachtung, daß

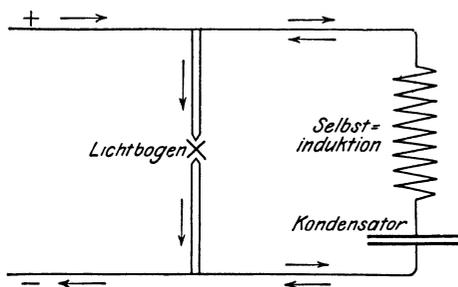


Abb. 20. Schaltbild des Lichtbogens von Duddell.

man mit Hilfe einer Bogenlampe elektrische Schwingungen erhalten kann. Die Anordnung, welche dies ermöglicht, ist in Abb. 20 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 Akkumulatorenbatterie 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. 18) 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 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 30 000 bis 40 000 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 Poles durch einen Kupferstab ersetzte. Dadurch wurde es Poulsen möglich, Wechselströme mit einer Frequenz von 2–300 000 zu erreichen, die kontinuierlich, also ungedämpft waren. Die Erfindung PoulSENS erregte seinerzeit ungeheures Aufsehen, da sie zum ersten Male die Möglichkeit bot, ungedämpfte Schwingungsströme von solch hoher Periodenzahl zu erzeugen. Wie bereits erwähnt, war es Berndt, der mit Hilfe des PoulSENSchen Lichtbogens den ersten Diathermieapparat konstruierte. Später wurden solche

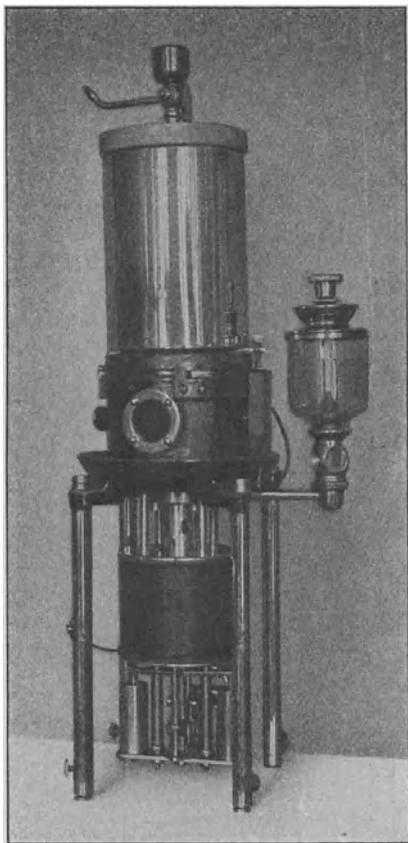


Abb. 21. Poulsenlampe.

Lichtbogenapparate auch fabrikmäßig von einigen Firmen (C. Lorenz in Berlin, G. m. b. H., Thermopenetration in Leipzig) hergestellt. Leider mußte man bald erkennen, daß die Poulsenlampe für die Diathermie nicht das leistete, was man von ihr erhoffte. Zunächst ist es nicht möglich, mit ihr Schwingungen von dauernd konstanter Wellenlänge zu erreichen. Vor allem aber ist die Lampe gegen jede stärkere Belastung, gegen jeden Energieentzug, wie er für therapeutische Zwecke ja unerlässlich ist, hochgradig empfindlich. Der Lichtbogen beginnt zu zucken, zu flackern, erlischt und damit setzt natürlich auch der Hochfrequenzstrom aus. Es erübrigt sich, auf alle diese Mängel näher einzugehen, da die Poulsenlampe 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 Abb. 21 eine früher zur Diathermie benützte Poulsenlampe wiedergeben.

Die Erzeugung mittels Elektronenröhre.

Der Begriff der Elektronenröhre. 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 sog. 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 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, 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 Schwingungen erfolgen, kann eine sehr bedeutende sein, da die Elektronen infolge ihrer verschwindend kleinen Masse den Spannungsänderungen augenblicklich folgen.

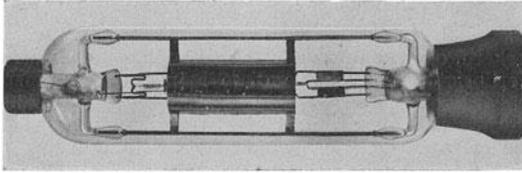


Abb. 22. Elektronenröhre.

Eine Elektronenröhre dieser Art, wie sie für die Zwecke der Diathermie geeignet ist, gibt Abb. 22 wieder.

Die **Glühkathode als Schwingungserreger** wollen wir uns an dem Schaltbild (Abb. 23) 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 jener Richtung verlaufen, bei welcher der Glühfaden der Röhre Kathode ist, weil ja entgegengesetzt gerichtete Stromstöße nicht hindurchgelassen werden. Bei einer derartig wirksamen Halbwellen des Trans-

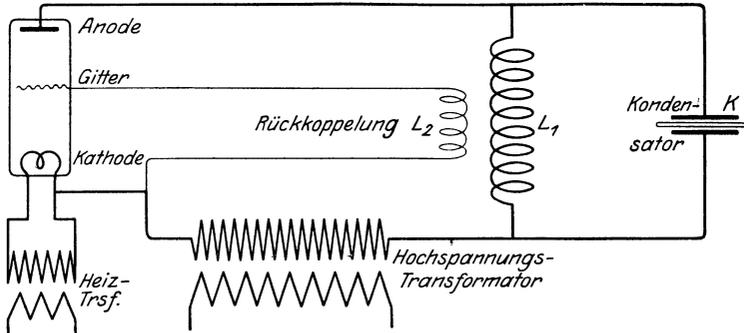


Abb. 23. Schaltbild eines Diathermieapparates mit Glühkathode.

formators fließt also ein Strom durch die Selbstinduktion L_1 des Hauptschwingungskreises. Dieser induziert in der sog. 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. Demgegenüber steht der Nachteil, daß die Elektronenröhren ebenso gebrechlich wie teuer sind. Das ist wohl auch der Grund, weshalb die Glühkathode die Funkenstrecke bisher in der Diathermie nicht zu verdrängen vermochte.

Zweiter Teil.

Das Instrumentarium der Diathermie.

I. Der Diathermieapparat und seine Bestandteile.

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.

Der primäre oder Erregerkreis. Um Hochfrequenzströme oder elektrische Schwingungen zu erzeugen, bedarf jeder Diathermieapparat zunächst eines Schwingungskreises, der, wie bereits auf S. 15 auseinandergesetzt wurde, aus Kondensator, Selbstinduktion und Funkenstrecke besteht. Dieser Kreis, in welchem die Schwingungen erregt werden, heißt primärer oder Erregerkreis. Über die einzelnen Bestandteile desselben haben wir ausführlich gesprochen, desgleichen über seine Funktion, d. h. wie durch die Entladungen des Kondensators elektrische Schwingungen zustande kommen. Das, was bisher nicht erwähnt wurde, ist die Art, wie der Kondensator geladen wird. Dazu ist ein besonderer hochgespannter Strom erforderlich. Aus technischen Gründen, die wir hier nicht näher darlegen können, verwenden wir hierzu ausschließlich hochgespannten Wechselstrom. Diesen erzeugt uns ein Transformator, der den von einer elektrischen Zentrale gelieferten Wechselstrom, der meist nicht mehr als 220 Volt hat, auf eine Spannung von 1500—2000 Volt bringt.

Der Wechselstromtransformator ist seinem Wesen nach ein Induktionsapparat, der nach dem gleichen Prinzip gebaut ist wie ein faradischer Schlittenapparat. Er besitzt zwei Drahtspulen, eine primäre und eine sekundäre, welche miteinander in keiner leitenden Verbindung stehen. In die primäre Spule fließt der Strom der Zentrale, der in der Regel eine Spannung von 110 oder 220 Volt besitzt, also ein niedergespannter, gleichzeitig auch niederfrequenter Wechselstrom. Er induziert in der Sekundärspule des Transformators einen hochgespannten, im übrigen aber gleichartigen, also niederfrequenten Wechselstrom. Die Erhöhung der Spannung wird einfach dadurch erreicht, daß die sekundäre Spule entsprechend mehr Windungen hat als die primäre.

Um die Induktionskraft der letzteren voll auszunützen, sind beide Spulen über einen Rahmen gewickelt, der aus einzelnen übereinander gelegten Eisenblechen besteht. Dadurch werden die in der Primärspule

erzeugten Magnetlinien in geschlossenem Zug durch das Innere der Sekundärspule geführt, auch wenn diese nicht über, sondern neben der Primärspule sitzt, ja selbst dann, wenn sie, wie dies in Abb. 25 dargestellt ist, auf einer gegenüberliegenden Rahmenseite aufgewickelt ist. Der geschlossene Eisenrahmen, der für die Magnetlinien einen besonders guten Leitungsweg darstellt, verhindert ihr Auseinanderweichen, ihre

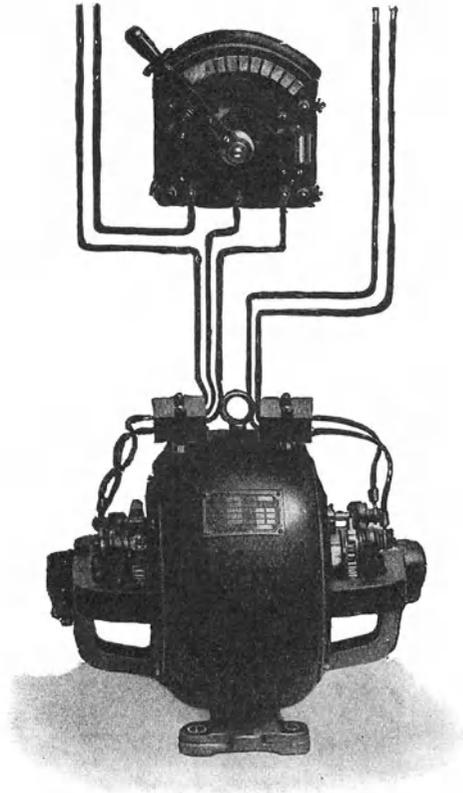


Abb. 24. Gleichstrom-Wechselstromumformer
(Reiniger, Gebbert & Schall).

Streuung, wie sie an den beiden freien Enden des Eisenkerns eines Ruhmkorff-Induktors oder eines Schlittenapparates eintritt, und damit den dadurch bedingten Energieverlust. Der Nutzeffekt dieser „eisengeschlossenen“ Transformatoren wird dadurch ein wesentlich höherer.

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 Abb. 24 in Gestalt einer sog. 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 soll, wenn

möglich, außerhalb des Behandlungszimmers zur Aufstellung kommen.

Der in der Sekundärwicklung des Transformators induzierte hochgespannte (aber noch niederfrequente) Wechselstrom ladet die Kondensatoren des Primärkreises, die sich bei Erreichung einer gewissen Spannung über die Funkenstrecke entladen. Dadurch kommt es in dem Kreis (Abb. 25), der aus der Sekundärwicklung des Transformators, den Kondensatoren, der Funkenstrecke und der Selbstinduktionsspirale (Solenoid I) besteht, zu hochfrequenten Schwingungen.

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. Die im Primärkreis entstehenden Schwingungen werden nicht unmittelbar durch den Körper geleitet, sondern durch 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. Die induktive oder magnetische Koppelung beider Kreise (s. S. 19) wählt man deshalb, damit der Patient an keiner Stelle eine direkte Berührung mit der Sekundärwicklung des Transformators habe, denn diese führt einen hochgespannten, dazu noch niederfrequenten Strom von etwa 2000 Volt, der unter Umständen gefährlich werden könnte.

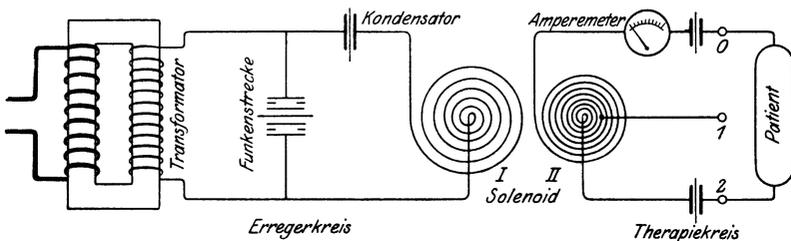


Abb. 25. Schaltbild eines Diathermieapparates.

Der Sekundärkreis muß, um schwingungsfähig zu sein, gleichfalls einen Kondensator (Kapazität) und eine Drahtspule (Selbstinduktion) besitzen. Wie aus der Abb. 25 ersichtlich, ist das eine Ende dieser Drahtspule (Solenoid II) über einen Kondensator mit der Stromabnehmeklemme 0, das andere Ende gleichfalls über einen Kondensator mit der Klemme 2 verbunden. Von einer der mittleren Windungen der Spirale geht noch eine Abzweigung zu einer Klemme, welche die Bezeichnung 1 trägt. Zwischen den Klemmen 0 und 2 sind also sämtliche Windungen des Solenoids, zwischen 0 und 1 nur ein Teil derselben eingeschlossen. Der Diathermieapparat besitzt demnach zum Anschluß der Elektroden drei Pole (wenigstens gilt dies für die meisten Apparate) und wir müssen uns nach dem Zweck dieser Einrichtung fragen.

Wir wissen, daß beim faradischen Induktionsapparat die Spannung der Sekundärspule um so größer ist, je mehr Windungen dieselbe im Verhältnis zur Primärspule besitzt. Ganz das gleiche gilt auch hier. Die Spannung zwischen den Klemmen 0 und 2 ist größer als zwischen 0 und 1. Eine größere Spannung oder, was dasselbe ist, eine größere elektromotorische Kraft benötigen wir immer dann, wenn wir einen hohen Widerstand zu überwinden haben. Ist der Widerstand dagegen gering, so werden wir mit einer kleineren Spannung unser Auslangen finden, um dieselbe Stromstärke zu erzielen. Das wird uns noch klarer

werden, wenn wir uns das Ohmsche Gesetz i (Stromstärke) = c (elektromotorische Kraft) : w (Widerstand) vor Augen halten.

Übersetzen wir diese Erkenntnis ins Praktische. Haben wir bei der Durchwärmung einen hohen Widerstand vor uns, wie er z. B. gegeben ist, wenn wir eine Elektrode in die eine, die zweite in die andere Hand nehmen (langer Leitungsweg, kleiner Querschnitt), so müssen wir unsere Elektroden an die Klemmen 0 und 2 anschließen. Haben wir es dagegen mit einem kleinen Widerstand zu tun, sagen wir bei einer Durchwärmung der Bauch- oder Brusthöhle, wo wir große Platten vorne und rückwärts auflegen (kurzer Leitungsweg, großer Querschnitt), dann wird unser Apparat bei Anschluß der Elektroden an die Klemmen 0 und 1 die bessere Leistung geben.

Soll der Therapiekreis durch den Erregerkreis zum Mitschwingen gebracht werden, dann muß er auf diesen abgestimmt sein, er muß mit ihm in Resonanz stehen. Wir wissen, daß dies dann der Fall ist, wenn beide Kreise die gleiche Periodenzahl haben. Nach der Formel von Thomson und Kirchhoff muß dann in dem einen wie in dem anderen Kreis das Produkt aus Selbstinduktion (L) und Kapazität (C) das gleiche sein.



Abb. 26. Spannungsteiler mit Hitzdraht-
amperemeter für Diathermieströme bis
0,6 Ampere (Siemens & Halske).

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. Am häufigsten geschieht dies, wie oben bereits angedeutet wurde, dadurch, daß man die beiden Solenoide des primären (I) und des sekundären Kreises (II) gegeneinander verschiebt. Zu diesem Zweck ist eines der Solenoide beweglich, so daß es mit dem anderen mehr oder weniger zur Deckung gebracht, enger oder loser gekoppelt werden kann. Je mehr beide Spulen einander genähert werden, je mehr ihre magnetischen Kraftfelder sich decken, desto größer ist die Induktionswirkung, desto stärker der durch den Patienten fließende Strom. Es ist das gleiche Prinzip der Stromregulierung, das wir bei den faradischen Schlittenapparaten anwenden. Wir wissen, daß auch bei diesen der Sekundärstrom um so stärker wird, je mehr die beiden Spulen ineinander geschoben werden.

Auf dem gleichen Prinzip der stärkeren oder schwächeren Induktionswirkung beruht auch das Drehsolenoid oder Variometer, das bei manchen Apparaten zur Anwendung kommt. Wie jeder Radioamateur weiß,

besteht dieses aus zwei Induktionsspulen, von denen die eine feststehend, die andere im Innern dieser drehbar ist. Die eine Spule gehört dem primären oder Erregerkreis, die andere dem sekundären oder Therapiekreis an. Stehen die Windungsebenen beider Spulen senkrecht zueinander, so ist die Induktionswirkung gleich Null, wird die innere Spule so gedreht, daß ihre Windungsebene parallel zu der der äußeren Spule steht, so ist das Maximum der Induktion erreicht. Durch langsames Drehen läßt sich so die Stromstärke im Patientenkreis allmählich von Null bis zum Maximum gleichmäßig abstimmen.

Da die Solenoide des Primär- und Sekundärkreises meist in das Innere des Apparates eingebaut sind, ist auf der Tischplatte oder an einer Außenwand des Apparates ein Hebel oder eine Schraube angebracht, durch welche die Koppelung der beiden Spulen nach Wunsch geändert werden kann.

Der Spannungsteiler. Für jene Fälle, bei denen es auf eine besonders feine Regulierung kleiner Stromstärken ankommt, haben die Firmen Siemens & Halske, Koch & Sterzel u. a. einen Apparat konstruiert, der in Verbindung mit jedem Diathermieapparat gebraucht werden kann (Abb. 26). Es ist dies ein auf einem Brettchen montierter Widerstand, ein sog. Spannungsteiler, der an die beiden Polklemmen des Apparates angeschlossen wird und durch Verschieben eines Gleitkontaktes, den Strom in feinsten Weise abzustufen gestattet. Er trägt gleichzeitig ein kleines Amperemeter, mit dem Ströme bis zu einer Stärke von 0,6 Ampere gemessen werden können.

Die Meßeinrichtung. Um den durch den Patienten fließenden Strom messen zu können, brauchen wir eine Einrichtung, bestehend aus einem Amperemeter. Da wir es bei der Diathermie mit hochfrequenten Strömen zu tun haben, so ist zur Messung nicht jedes gewöhnliche Amperemeter brauchbar. Wir verwenden in der Hochfrequenztherapie sog. Hitzdrahtamperemeter (Abb. 27), deren Konstruktion auf folgendem Prinzip beruht. Der Strom durchfließt einen dünnen Draht, der sich infolge der in ihm entstehenden Jouleschen Wärme ausdehnt und dadurch



Abb. 27.
Hitzdrahtamperemeter.

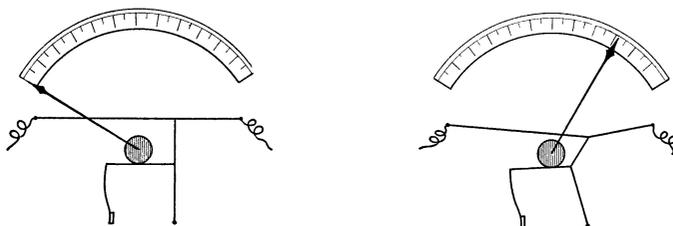


Abb. 28. Schematische Darstellung eines Hitzdrahtamperemeters.

verlängert. Da die Verlängerung um so größer wird, je stärker der durchfließende Strom ist, so kann sie als Maß für die Stärke desselben benützt werden. Die Ausdehnung des Drahtes wird durch eine geeignete Übersetzung auf einen Zeiger übertragen, der über einer empirisch

geeichten Skala spielt (Abb. 28). Das Meßbereich des Instrumentes geht in der Regel bis zu 3—5 Ampere.

II. Diathermieapparate verschiedener Firmen.

Allgemeine Bemerkungen. Die zwei Grundbedingungen, welche jeder Diathermieapparat erfüllen muß, sind:

1. Daß er einen qualitativ vollkommen einwandfreien Hochfrequenzstrom liefert, d. h. einen Strom, der neben einer reinen, angenehmen Wärmeempfindung auch nicht die Spur eines „faradischen“ oder sonstigen Gefühls auslöst.

2. Daß er diesen Strom in einer quantitativ genügenden Menge zur Verfügung stellt. Man kann sich davon rasch durch folgenden Versuch überzeugen. Man nehme in jede Hand eine zylindrische Metall-elektrode und stelle den Apparat auf seine Höchstleistung ein. Die am Amperemeter abzulesende Stromstärke muß dann wenigstens 0,6 Ampere betragen.

Die Güte eines Diathermieapparates hängt in erster Linie von der Funktion seiner Funkenstrecke ab. Durch sie wird vor allem die Art des gelieferten Stromes bedingt. Sie entscheidet auch über die Regelmäßigkeit, mit welcher der Apparat arbeitet, sie entscheidet ferner über die Bedienung, welche er im Betrieb erfordert. Alles Dinge, welche für die Praxis von ganz hervorragender Bedeutung sind.

Und noch eines, was bisher so gut wie gar nicht beachtet wurde. Die Strommengen, welche die einzelnen Apparate zu ihrem Betrieb benötigen, schwanken in weiten Grenzen. Es gibt Apparate, welche zwei-, ja dreimal mehr als andere an Strom verbrauchen, bei denen sich also die Kosten jeder Behandlung um das Ebensovielefache höher stellen, ein Faktor, der in der Regel auch nicht gleichgültig ist.

Derjenige, der einen Diathermieapparat kaufen will, wird also gut tun, sich erst mit einem erfahrenen Kollegen zu beraten, denn die Qualität der im Handel befindlichen Apparate ist eine sehr verschiedene. Es gibt neben sehr guten auch schlechte, ja vollkommen unbrauchbare Maschinen. Die Ansicht eines Konstrukteurs oder Händlers hierüber ist natürlich nicht maßgebend, denn dieser wird immer den eigenen Apparat als den allerbesten anpreisen und stets Vorzüge aufzuzählen wissen, durch die sein Apparat allen anderen überlegen sein soll.

An dieser Stelle mögen einige der am häufigsten verwendeten Apparat-typen 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 Marmorplatte gedeckt ist (Abb. 29). Auf dieser befinden sich rechts die Funkenstrecke und links das Amperemeter, daneben die

drei Klemmen zum Anschluß der Elektroden und in der Mitte vorn der Hebel zum Regulieren der Stromstärke. Derselbe ist mit dem Schalter für den primären Stromkreis vereinigt, und zwar derart, daß seine erste Bewegung den Strom einschaltet, jede weitere Bewegung ihn immer mehr verstärkt. Der Vorteil dieser Einrichtung wird auf S. 61 besprochen werden. Sie macht es unmöglich, den Strom auszuschalten, ohne vorher die Regulierung auf „Schwach“ gestellt zu haben. Die Abbildung zeigt auch das Innere des Apparates. Oben sind die Kondensatoren des Primär- und Sekundärkreises, unter ihnen der Transformator mit seinen beiden Spulen sichtbar.

Die Funkenstrecke des Apparates, die nach dem System Telefunken gebaut ist, haben wir schon auf S. 24 ausführlich beschrieben. Sie ist von einem Schutzgehäuse überdeckt, das ihre Berührung während des Stromdurchganges verhindert. Gleichzeitig dient dasselbe als Blockiervorrichtung. Nimmt man nämlich das Gehäuse während des Betriebes ab, so wird dadurch der primäre Strom selbsttätig ausgeschaltet und die Funkenstrecke stromlos gemacht. Schaltet man den Apparat ein, so spricht die Funkenstrecke sofort an, ohne daß eine besondere Einstellung oder Regulierung notwendig wäre. Nur in der Zeit von einigen Wochen oder Monaten ist es einmal nötig, die Elektroden der Funkenstrecke auseinander zu nehmen und auf feinem Schmirgelpapier zu glätten, weil sie durch den Funkenübergang rau und angenagt werden. Der Mangel jeder Bedienung und die Gleichmäßigkeit, mit der die Funkenstrecke arbeitet, ist zweifellos ein Vorteil dieses Apparates gegenüber anderen mit verstellbarer Funkenstrecke, die während des Betriebes ein andauerndes Nachregulieren erforderlich machen.

Der primäre Stromverbrauch des Apparates beträgt etwas weniger als 1000 Watt oder 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.



Abb. 29. Diathermieapparat von Siemens & Halske nach Entfernung der Seitenwände, so daß das Innere des Apparates sichtbar ist; unten der Transformator, über ihm die Kondensatoren.

Der Apparat von Schulmeister (Wien) ist dem Apparat von Siemens & Halske in vieler Beziehung ähnlich (Abb. 30). Die Funkenstrecke, die gleichfalls fix und unverstellbar ist, unterscheidet sich von der des Siemensschen Apparates im wesentlichen durch die Art der Kühlung. Während der Apparat von Siemens & Halske eine Wasserkühlung besitzt, hat der von Schulmeister eine Luftkühlung. Diese ist jedoch so bemessen, daß sie der Wasserkühlung in keiner Weise nachsteht.

Die Regulierung der Stromstärke wird durch einen auf der Tischplatte angebrachten Hebel besorgt, der ein in das Innere des Kastens



Abb. 30. Diathermieapparat von L. Schulmeister (Wien).

eingebautes Drehsolenoid (Variometer) bedient. Wie bereits an früherer Stelle (S. 34) ausgeführt wurde, besteht letzteres aus zwei Induktionsspulen, von denen die eine feststehend, die andere innerhalb dieser drehbar angeordnet ist. Der Apparat von Schulmeister zeichnet sich durch seinen außerordentlich niedrigen Stromverbrauch bei bedeutender sekundärer Leistung aus.

Der große Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall (Neo-Thermoflux) unterscheidet sich von dem der Firma Siemens & Halske hauptsächlich durch die Funkenstrecke. Diese besteht aus zwei Silberscheiben, welche in einer horizontalen Ebene übereinander angeordnet sind. Die obere derselben steht fest, während die untere mittels einer Mikrometerschraube gehoben und gesenkt werden kann. Die letztere Scheibe ist in ihrer

Mitte durchbohrt. Am Grunde dieser Öffnung enden zwei Dochte, welche in zwei mit Alkohol gefüllte Gefäße tauchen, von denen das eine links, das andere rechts von der Funkenstrecke angeordnet ist. Wird die Funkenstrecke im Betriebe heiß, so entwickeln sich reichlich Alkoholdämpfe, welche den Funkenraum erfüllen. Auf diese Weise wird daselbst eine Kohlenwasserstoff-Atmosphäre geschaffen, welche für den regelmäßigen Übergang der Funken geeigneter ist als Luft.

Nach den Untersuchungen Pedersens ist es wahrscheinlich, daß die günstige Wirkung dieser Anordnung auf dem desoxydierenden Einfluß beruht, den der Wasserstoff auf das Elektrodenmaterial ausübt. Dafür spricht auch folgende Erfahrung. Silberfunkenstrecken laufen nach kurzer Verwendungsdauer in bläulicher Farbe an. Bei zweckentsprechender Wasserstoffzufuhr bleiben bzw. werden die Silberflächen wunderschön matt-weiß und halten sich weiterhin so (v. Sengbusch).

Der Apparat der Firma Reiniger, Gebbert & Schall (Abb. 31) besitzt außerdem einen Stromverteiler (s. S. 46), bestehend aus zwei Widerständen, welche in das Innere des Kastens eingebaut sind. Die Anschlußklemmen für diese Widerstände sind in der Abbildung an der rechten Seitenwand des Apparates sichtbar.

Die Firma Reiniger, Gebbert & Schall baut auch Diathermieapparate mit zwei Funkenstrecken und schließlich solche mit vier Funkenstrecken. Das letztere Modell hat eine ganz besondere Leistungsfähigkeit. Es gestattet, gleichzeitig drei Patienten in drei voneinander unabhängigen Kreisen zu behandeln, von denen jeder eine eigene Reguliervorrichtung und ein eigenes Amperemeter besitzt.

Der kleine Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall (Mikrotherm). Dieser Apparat (Abb. 32) besteht aus zwei gesonderten Kästen, von denen der eine (links in der Abbildung) den Transformator enthält und den Hauptschalter trägt. Auf der Deckplatte des anderen befindet sich die Funkenstrecke, die ganz ähnlich derjenigen des großen Apparates ist, davor das Meßinstrument und die beiden Abnehmeklemmen für den Diathermiestrom. Die Regulierung erfolgt durch einen an der Vorderseite des Apparates herausragenden Knopf, der gleichzeitig in seiner

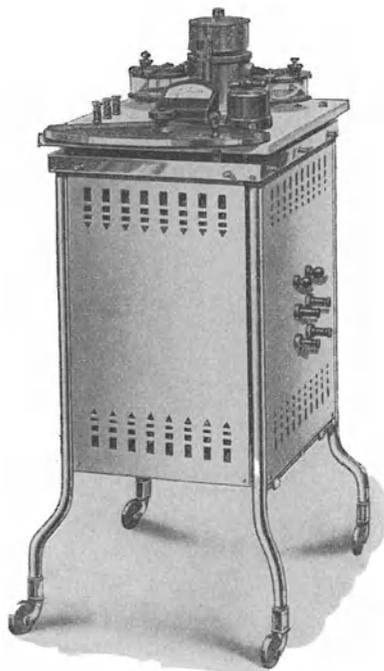


Abb. 31. Diathermieapparat von Reiniger, Gebbert & Schall (Neo-Thermoflux).

äußersten hineingeschobenen Stellung den Apparat ausschaltet. Dieser ist zum Anschluß an Wechselstrom gebaut. Führt die zentrale Leitung

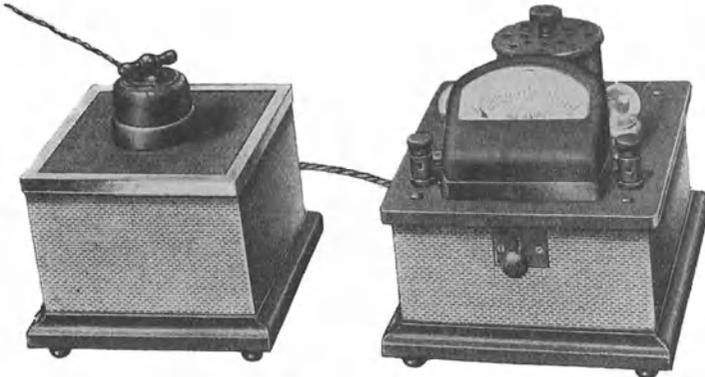


Abb. 32. Mikrotherm von Reiniger, Gebbert & Schall.



Abb. 33. Diathermieapparat von Koch & Sterzel.

Gleichstrom, so ist zur Erzeugung des notwendigen Wechselstromes auch ein Umformer ausreichend, wie ihn die medizinischen Anschlußapparate besitzen.

Der Apparat von Koch & Sterzel besitzt vier Funkenstrecken, welche hintereinander in einer Reihe geschaltet sind. Ein an der Vorderwand des Apparates (Abb. 33) befindlicher Drehknopf gestattet, je nach seiner Einstellung, entweder alle vier oder auch nur zwei von ihnen in Gebrauch zu nehmen. Überdies befindet sich an jeder Funkenstrecke (Abb. 34) selbst ein Kurzschlußkontakt (G), mit dem man sie einzeln aus der Reihe ausschalten kann, falls sie während des Betriebes versagen sollte. Jede Funkenstrecke besteht aus zwei runden Kupferelektroden (E_1 und E_2), die einander in einer geringen Entfernung gegenüberstehen. Diese Entfernung ist unveränderlich gegeben durch ein zwischen den Elektroden liegendes Glimmerscheibchen. Dieses verhindert ihre unmittelbare metallische Berührung. Da es kleiner ist als die Elektroden, so läßt es die Peripherie derselben in Form eines Ringes für den Funkenübergang frei. Rings um den Fuß der unteren Elektrode läuft eine rinnenartige Vertiefung, in der sich ein Asbestdocht befindet. Dieser wird mit Alkohol

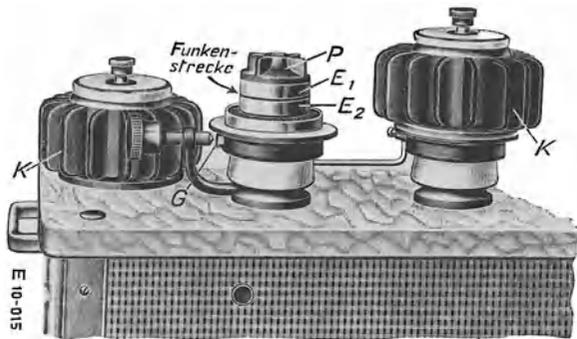


Abb. 34. Funkenstrecke des Diathermieapparates von Koch & Sterzel.

getränkt. Setzt man dann auf die Funkenstrecke die Schutzkappe K auf, so kommt unter dieser der Alkohol zur Verdampfung, um in dem schon besprochenen Sinne zu wirken.

Der Urodiatherm der Agema A. G. ist ein kleiner Apparat, der, wie schon der Name sagt, hauptsächlich für urologische Zwecke bestimmt ist, also zur Elektrokoagulation von Blasenpapillomen u. dgl. Für größere chirurgische Eingriffe und für die medizinische Diathermie, selbst für die Erwärmung kleiner Gelenke reicht jedoch seine Leistungsfähigkeit nicht mehr aus. Der Urodiatherm besteht aus einem tragbaren Kästchen (Abb. 35), auf dessen Deckplatte sich die beiden aus dicken Kupferwindungen bestehenden Solenoide und daneben die von einem Schutzgehäuse überdeckte Funkenstrecke befinden. Im Innern des Kastens sind der Transformator und die Kondensatoren untergebracht. Die Regulierung der Stromstärke geschieht einfach durch Veränderung der Funkenlänge, indem man mittels einer Schraube die Elektroden der Funkenstrecke einander mehr oder weniger nähert. Ein Amperemeter zur Messung der Stromstärke ist nicht vorhanden. Der Urodiatherm wird entweder zum Anschluß an Wechselstrom oder

an Gleichstrom gebaut, doch liefert die Firma Agema auch ein Modell, das für beide Stromarten abwechselnd verwendbar ist.

Der Apparat von Gaiffe, Gallot & Pilon. Dieser französische Apparat unterscheidet sich von den deutschen Fabrikaten einerseits durch die besondere Konstruktion seiner Funkenstrecke, andererseits durch die Art seiner Regulierung. Die Funkenstrecke, die von Broca angegeben wurde, ist in ein Aluminiumgehäuse eingeschlossen (Abb. 36). Ihre Elektroden bestehen aus zwei Kupferblöcken, von denen der eine (C) fix, der andere (B) mittels einer Mikrometerschraube (A) verstellbar ist.

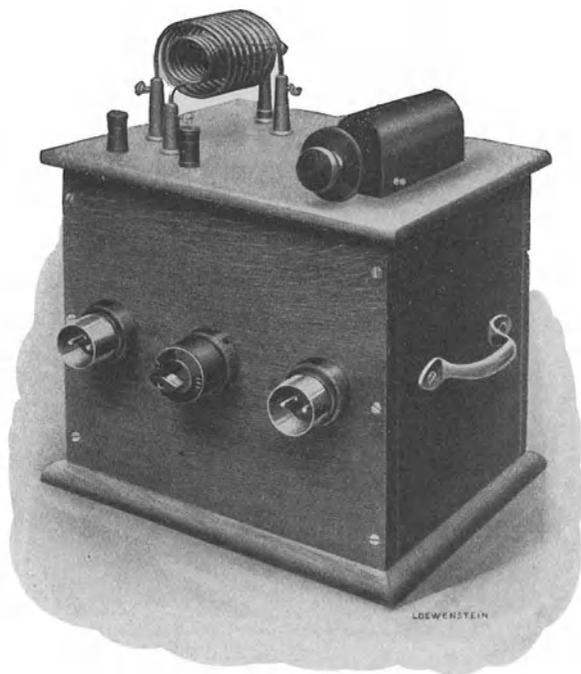


Abb. 35. Urodiatherm (Agema A.G.).

Im Betriebe werden die Elektroden auf die günstigste Entfernung, die durchschnittlich ein Millimeter beträgt, eingestellt. Das Funkenspiel erfolgt nicht in freier Luft, sondern in Leuchtgas, weshalb das luftdicht abgeschlossene Gehäuse der Funkenstrecke auf der einen Seite ein Rohr für die Zuleitung, auf der anderen ein solches für die Ableitung dieses Gases besitzt. Durch die Funken werden die Kohlenwasserstoffe des Gases in ihre Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt. Dadurch wird ein Teil der Wärme, die sich bei der Entladung bildet, chemisch gebunden und die Funkenstrecke gekühlt. Das ist ein Vorteil, denn die Kühlung begünstigt nicht nur den regelmäßigen Übergang der Funken, sie bewahrt auch die Kupferelektroden vor einer raschen Zerstörung. Dazu mag wohl auch die reduzierende Kraft des sich bilden-

den Wasserstoffes beitragen. Ein Nachteil dieser Konstruktion ist es, daß der abgeschiedene Kohlenstoff sich an den Wänden des Gehäuses wie an den Elektroden selbst ansetzt und diese verroßt. Dadurch wird eine öftere Reinigung der Funkenstrecke, ungefähr nach je 10 Stunden des Betriebes, notwendig. Dem hat der Konstrukteur dadurch Rechnung getragen, daß die Funkenstrecke leicht abgenommen und zerlegt werden kann.

Eigentümlich ist auch die Art, wie bei dem Apparat von Gaiffe, Gallot & Pilon der Strom im Patientenkreis reguliert wird (Abb. 37). Der Primärkreis ist durch eine Kupferspirale, welche die Belegungen der Kondensatoren miteinander verbindet, geschlossen. Dieses Solenoid gehört aber nicht allein dem Primärkreis, sondern gleichzeitig auch

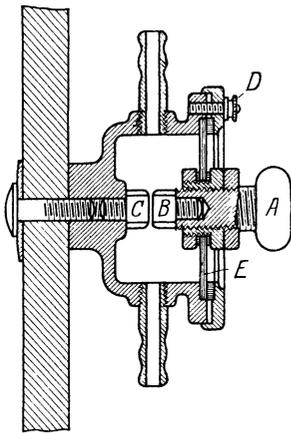


Abb. 36. Funkenstrecke des Diathermieapparates von Gaiffe, Gallot & Pilon.

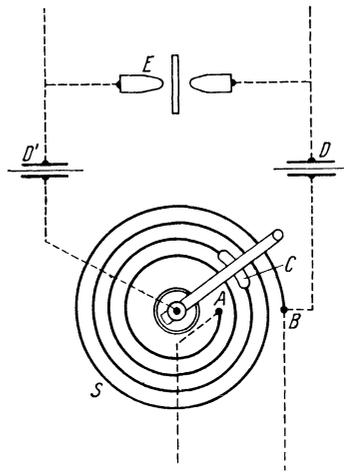


Abb. 37. Schaltbild zu dem Diathermieapparat von Gaiffe, Gallot & Pilon.

dem Sekundärkreis an, indem von seinen Enden A und B der sekundäre Stromkreis (Utilisation) abzweigt. Während also bei den anderen Apparaten primärer und sekundärer Kreis getrennte Solenoide haben, die induktiv auf einander wirken, ist hier die Koppelung eine galvanische. Die Regulierung der Stromstärke erfolgt derart, daß die Zahl der Solenoidwindungen, die dem primären, und die Zahl derjenigen, welche dem sekundären Kreis angehören, verändert wird. Eine Betrachtung der Abbildung wird das sofort klar machen. Der eine Kondensator ist mit dem einen Ende (B) der Kupferspirale verbunden, von dem zweiten Kondensator aber führt eine Verbindung zu dem Drehpunkt eines Gleitkontaktes (C), der mittels eines Handgriffes auf den Windungen der Spirale verschoben werden kann. Befindet sich dieser Kontakt am äußersten Ende der Spirale (B), dann sind die Kondensatorbelegungen durch die leitende Brücke der Drehkurbel unmittelbar miteinander verbunden, sie sind kurzgeschlossen. Das Solenoid ist aus dem Primär-

kreis vollkommen ausgeschaltet, alle seine Windungen liegen im Sekundärkreis zwischen den beiden Punkten A und B. Verschiebt man nun den Gleitkontakt entlang der Spirale von B in der Richtung nach A (z. B. nach C, wie dies in der Abbildung dargestellt ist), so wird ein Teil der Windungen in den Primärkreis aufgenommen, aber gleichzeitig dem Sekundärkreis entzogen. Das Extrem ist dann erreicht, wenn der Gleitkontakt bis nach A gelangt. Bei dieser Stellung gehört die

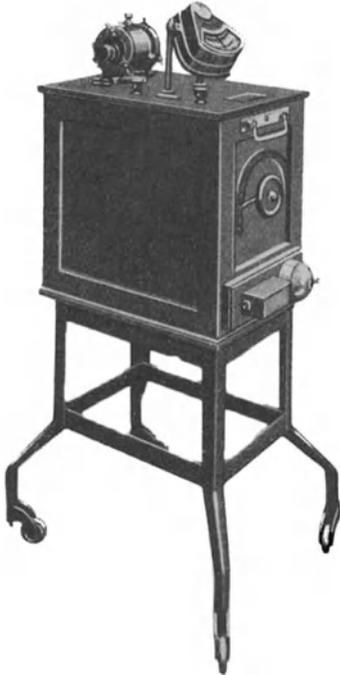


Abb. 38. Diathermieapparat von Gaiffe, Gallot & Pilon (Paris).

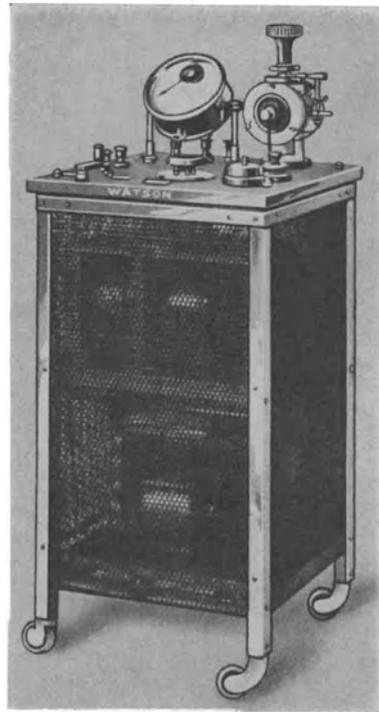


Abb. 39. Diathermieapparat von Watson & Sons (London).

Spirale ausschließlich dem Primärkreis an. Eine solche Verschiebung der Spiralwindungen bedeutet nichts anderes als eine Änderung der Selbstinduktion, die in demselben Maß im Primärkreis zunimmt, als sie im Sekundärkreis abnimmt und umgekehrt. Wenn wir uns der Thomsonschen Formel erinnern, so werden wir sofort begreifen, daß eine Veränderung der Selbstinduktion gleichbedeutend ist mit einer Veränderung der Periodenzahl oder der Frequenz in beiden Kreisen. Wir werden im Patientenkreis die Höchstleistung des Apparates, d. h. die größte Stromstärke erzielen, wenn er mit dem Primärkreis in Resonanz steht, also die gleiche Periodenzahl wie dieser hat. Das wird bei einer bestimmten Stellung der Kurbel zutreffen. Die hier beschriebene Art

der Stromregulierung ist in der Arsonvalisation seit langem bekannt und geübt. Jeder, der mit der Technik dieser Methode vertraut ist, weiß, daß sie in dem Oudinschen Resonator ihr Vorbild hat.

Abb. 38 stellt die äußere Ansicht des Apparates dar. Ein auf Rollen fahrbarer Kasten aus Holz, der auf seiner Deckplatte die Funkenstrecke und den Strommesser trägt. Neben diesen sind die Abnehmklemmen für den Diathermiestrom. An der Seitenwand des Kastens befindet sich der Schalter, der den Primärstrom schließt, sowie ein Handgriff, der den therapeutisch angewendeten Strom zu regulieren gestattet. Durch Drehen des Handgriffes wird der früher erwähnte Gleitkontakt auf den Windungen der Spirale verschoben. Das Haus Gaiffe, Gallot & Pilon hat auch einen kleinen tragbaren Diathermieapparat gebaut, der hauptsächlich für urologische Zwecke bestimmt ist.

Der Apparat von Watson & Sons (Abb. 39) hat eine Leuchtgasfunkenstrecke, die bezüglich ihres Baues und ihrer Wirkungs-

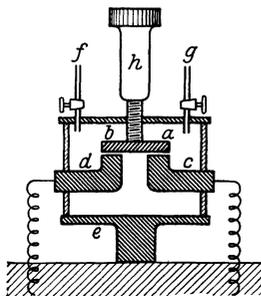


Abb. 40. Funkenstrecke des Diathermieapparates von Watson & Sons

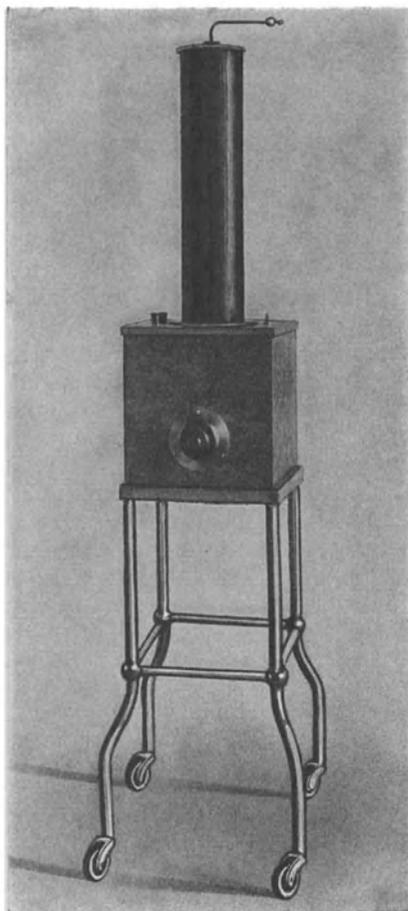


Abb. 41. Zusatzapparat zur Arsonvalisation (Koch & Sterzel).

art der Brocaschen Funkenstrecke sehr ähnlich ist, wie sie der Apparat von Gaiffe, Gallot & Pilon benützt (Abb. 40). Die Funkenentladungen erfolgen zwischen zwei feststehenden, rechtwinkelig gebogenen Kupferelektroden *d* und *c* und einer Kupferscheibe *a*. Letztere ist beweglich und kann durch Drehen eines Handgriffes *h* gehoben und gesenkt werden, wodurch die Funkenlänge verändert wird. Da die Kondensatoren des Primärkreises an die beiden Metallkörper *c* und *d*

angeschlossen sind, vollzieht sich das Funkenspiel in zwei Etagen, einerseits zwischen d und b, andererseits zwischen a und c. Wir haben es also eigentlich mit zwei hintereinander geschalteten Funkenstrecken oder einer Serienfunkenstrecke zu tun. Die Funkenelektroden sind in ein zylindrisches Aluminiumgehäuse eingeschlossen, das links und rechts je ein Glimmerfenster trägt. Durch dieses sind die Elektroden d und c isoliert hindurchgeführt. Die Luft in der Aluminiumkammer wird durch Leuchtgas ersetzt, für dessen Zu- und Abfuhr die beiden Rohre f und g dienen. Steht Leuchtgas nicht zur Verfügung, so kann es durch Azeton oder Petroleum ersetzt werden, von dem man eine kleine Menge durch eines der beiden Rohre eingießt. Die Dämpfe dieser Flüssigkeiten verdrängen die Luft, worauf man die beiden Hähne f und g schließt.

Die Regulierung der Stromstärke wird in gleicher Weise wie bei den Apparaten von Schulmeister und Koch & Sterzel durch ein Dreh-solenoid besorgt.

Zusatzapparat zur Arsonvalisation. Um die Diathermieapparate auch für die Arsonvalisation, also für die älteren Methoden der Hochfrequenzbehandlung verwenden zu können, haben einige Firmen zu ihren Apparaten Zusatzinstrumentarien gebaut (Abb. 41). Diese haben den Zweck, die von dem Diathermieapparat gelieferten elektrischen Schwingungen, die eine Spannung von einigen Hundert Volt haben, auf eine Spannung von einigen Hunderttausend Volt zu bringen, um sie in dieser Form auch zur Funken- und Effluvienbehandlung geeignet zu machen. Der Zusatzapparat ist also nichts anderes als ein Hochspannungstransformator nach dem System Tesla oder Oudin.

III. Die Hilfsapparate.

Der Stromverteiler. Nicht selten erscheint es wünschenswert, zwei Körperstellen gleichzeitig zu durchwärmen, weil deren Behandlung nacheinander für den Kranken wie für den Arzt ebenso zeitraubend als ermüdend wäre. Wir werden im speziellen Teil sehen, daß sich das bei zwei symmetrischen Körperteilen, sagen wir zwei Kniegelenken, ohne weitere Behelfe machen läßt. Man braucht nur den vom Apparat kommenden Strom in zwei Zweige zu teilen, von welchen der eine durch das eine, der zweite durch das andere Gelenk geht, was man als Parallelschaltung bezeichnet. Unter der Annahme, daß die beiden zu durchwärmenden Objekte annähernd den gleichen Widerstand haben, was in der Praxis für symmetrische Teile in hinreichendem Maß zutrifft, und unter der Annahme, daß wir dieselbe Elektrodenanordnung wählen, werden wir auch beiderseits die gleiche Erwärmung erhalten. Anders ist die Sache, wenn es sich um verschiedene Körperwiderstände handelt, wenn wir also verschiedenartige Körperteile, sagen wir ein Kniegelenk und ein Schultergelenk durchwärmen wollen, oder wenn wir die Absicht haben, zwei Kranke gleichzeitig mit demselben Apparat zu behandeln. Hier wird eine einfache Parallelschaltung in der Regel nicht hinreichen, um in dem einen wie in dem anderen Objekt den gerade gewünschten

Grad der Erwärmung zu erzielen. Wir müssen uns, um diesen Zweck zu erreichen, eines Hilfsmittels bedienen. Ein solches ist der Stromverteiler (Abb. 42).

Er besteht aus vier Regulierwiderständen, die gemeinsam auf einem Brett angebracht sind. Der von dem einen Pol kommende Strom wird in vier parallel laufende Zweige unterteilt, von denen jeder durch einen der vier Widerstände und dann durch das Behandlungsobjekt geht, um schließlich mit den anderen Zweigströmen wieder vereint zum Apparat zurückzukehren (Abb. 43). Durch den eingeschalteten Widerstand kann die Stromstärke in jedem Kreis nach Wunsch geändert werden, so daß auf diese Weise gleichzeitig vier Durchwärmungen möglich sind. Es

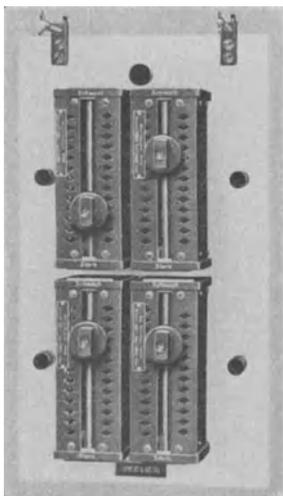


Abb. 42. Stromverteiler
(Siemens & Halske).

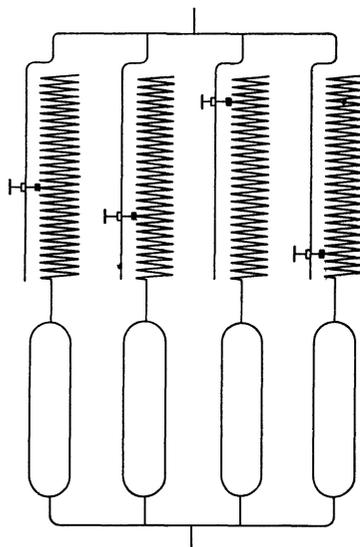


Abb. 43. Schaltbild eines Strom-
verteilers.

sei gleich hier betont, daß vier Durchwärmungen auf einmal in der Praxis so gut wie niemals gemacht werden, daß also die von den meisten Firmen gewählte Vierzahl der Widerstände gar keinem ärztlichen Bedürfnis entspricht. Zwei Widerstände sind für alle Fälle, auch für die Allgemeindiathermie (s. S. 72) vollkommen ausreichend.

Wir können uns somit darauf beschränken, die Ausführung einer solchen Doppeldurchwärmung zu beschreiben, die sich folgendermaßen gestaltet. Man legt die Elektroden an die zwei Körperteile, welche gleichzeitig behandelt werden sollen, an und verbindet sie mit dem Apparat in der Weise, wie dies die Abb. 44 erläutert. In jedem der beiden Stromkreise ist dabei ein Regulierwiderstand in Reihe geschaltet. Der Diathermiestrom wird hierauf 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 der Teilströme, die durch die beiden Einzelkreise gehen, da das Amperemeter des Apparates nur die Summe dieser Ströme 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.

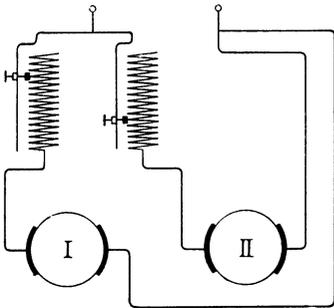


Abb. 44. Verwendung des Stromverteilers bei zwei Behandlungsobjekten.

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 Körperstellen an demselben Kranken. 2. Die gleichzeitige Behandlung von zwei Kranken. 3. Die gleichmäßige Verteilung der Wärme, wenn wir bei der Behandlung eines Kranken einen geteilten Strom anwenden, wie dies z. B. bei der Behandlung einer Ischias nach der auf S. 138 angegebenen Methode geschieht. Hier werden drei Elektroden angelegt, von denen die mittlere an den einen Pol, die untere und obere an den zweiten Pol des Apparats angeschlossen werden (Abb. 91). Es findet also von der mittleren Elektrode aus nach oben und nach unten hin eine Stromteilung statt. Damit wir in beiden Zweigen die Erwärmung nach Wunsch regulieren können, schalten wir in jedem derselben einen Regulierwiderstand ein. Eine analoge Verwendung findet der Stromverteiler bei der allgemeinen Diathermie nach Methode I (s. S. 72).

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 schiebt, deren Stromlinien sich in der Tiefe kreuzen. Dadurch wird hier die Erwärmung am stärksten.

Das Nächstliegende wäre es, dieses Ziel in der Weise anzustreben, daß man an den zu behandelnden Körperteil zwei Elektrodenpaare derart anlegt, daß ihre Verbindungslinien senkrecht aufeinander stehen (Abb. 45). Verbindet man dann diese vier Elektroden so mit dem Apparat, daß die einander gegenüberliegenden

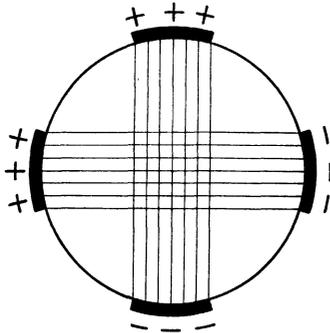


Abb. 45.

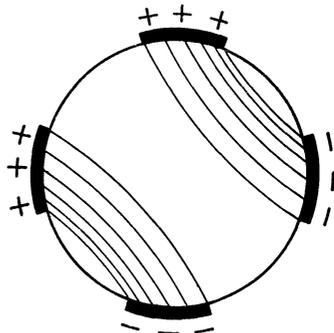
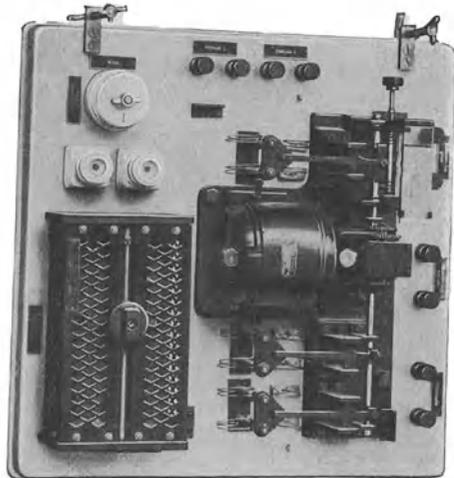


Abb. 46.

Platten entgegengesetzte Polarität haben, so könnte man hoffen, daß zwei Teilströme durch den Körper fließen, die sich in der Mitte desselben kreuzen. Leider aber ist dies nicht der Fall. Warum? Da wir vier Elektroden aber nur zwei Pole haben, so läßt es sich in gar keiner Weise vermeiden, daß bei der beschriebenen Anordnung nicht nur zwei gegenüberliegende, sondern auch zwei benachbarte Elektroden entgegengesetzte Polarität besitzen. Der Strom hat dadurch zwei Möglichkeiten, einerseits die, diametral den Körper zu durchsetzen, andererseits auch die, von einer Elektrode zur Nachbarelektrode zu gehen. Da der letztere Weg der kürzere ist und daher den geringeren Widerstand bietet, wird er ihn vorzugsweise wählen und es wird also gerade das Gegenteil von dem zustande kommen, was wir wollten, nämlich eine stärkere Erwärmung der peripheren Teile (Abb. 46).

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, Abb. 47), 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.

Abb. 47. Alternator von Bucky.
(Siemens & Halske.)

Mit Hilfe dieser Apparate hat man die Möglichkeit, Körperteile in zwei aufeinander senkrechten Richtungen zu durchwärmen, was insbesondere bei der Diathermie der Brust-, der Bauchhöhle oder des Beckens in Betracht kommt. An den Extremitäten kann man zweckmäßigerweise eine Längsdurchwärmung mit einer Querdurchwärmung kombinieren, um so, sagen wir z. B. bei einer Kniebehandlung eine intensive Tiefenwirkung zu erzielen. 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 unter der Elektrode liegenden Haut auftritt, so daß die Temperatur dieser nicht mehr als ein Sicherheitsfaktor gegen etwaige Tiefenschädigungen verwertet werden kann.

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

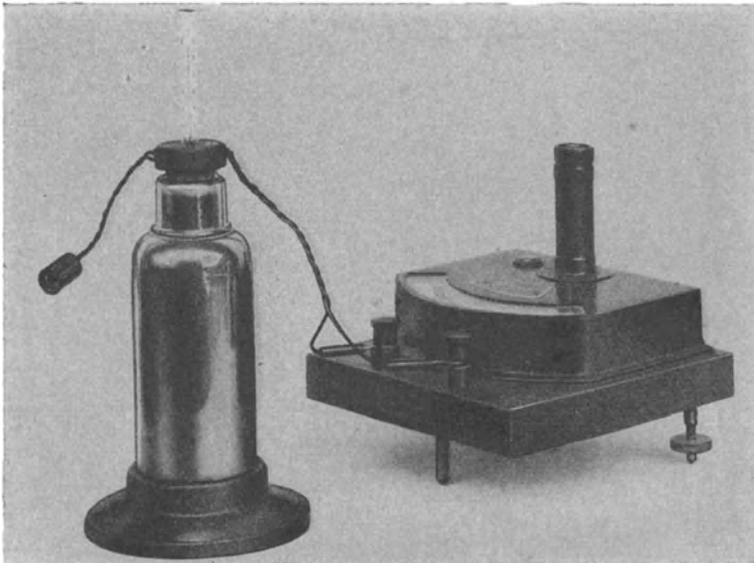


Abb. 48. Temperaturmeßeinrichtung von Siemens & Halske.

eine Meßeinrichtung konstruiert, die auf dem Prinzip der thermoelektrischen Erscheinungen beruht. Hat man zwei Drähte aus verschiedenen Metallen, etwa Eisen und Konstantan, und verlötet diese an den freien Enden miteinander derart, daß ein geschlossener Leitungskreis entsteht, so wird in diesem Kreis jedesmal dann ein elektrischer Strom auftreten, wenn die eine Lötstelle eine andere Temperatur aufweist als die andere. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen den Lötstellen, desto stärker der Strom bzw. die ihn erzeugende Spannung. Die Spannung des Stromes, die der Temperaturdifferenz parallel geht, kann man mit Hilfe eines feinen Spannungsmessers (Millivoltmeter) messen.

Abb. 48. zeigt die nach diesem Prinzip konstruierte Meßeinrichtung von Siemens & Halske. Wir sehen rechts ein Millivoltmeter, das derart geeicht ist, daß es direkt in Celsiusgraden die Temperatur der einen Lötstelle abzulesen gestattet. Diese Lötstelle ist als Meßelektrode ausgebildet und hat entweder die Form einer stumpfen Spitze, welche der Haut angedrückt wird, oder die einer spitzen Nadel, um in die Gewebe eingestochen werden zu können. Auch Meßelektroden anderer Form werden von der Firma hergestellt. (Die Meßelektrode ist auf der Abbildung selbst nicht zu sehen, sie wird mittels eines Kabels an den sichtbaren Stöpsel-

kontakt angeschlossen.) Die zweite Lötstelle des Kreises wird auf einer konstanten Temperatur gehalten und taucht zu diesem Zweck in eine Thermosflasche, welche mit Öl gefüllt ist. Die Temperatur des Öles kann an einem den Stöpsel durchbohrenden Quecksilberthermometer abgelesen werden.

Die elektrische Meßeinrichtung hat für die therapeutische Praxis kaum eine Bedeutung, weil sich das Einstechen von Thermonadeln 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.

Feuchte oder trockene Elektroden? Ursprünglich verwendete man zur Diathermie sowie zur Galvanisation und Faradisation nur feuchte Elektroden. Man benützte Platten oder Netze aus Metall, die man mit feuchtem Stoff umhüllte oder wenigstens unterlegte, daneben Polster aus natürlichen oder solche aus Gummischwämmen, Mooskissen, die man mit Kochsalzlösung durchtränkte, oder auch Lederbeutel, die mit feinem Bleischrott oder Quecksilber gefüllt waren und die in gleicher Weise angefeuchtet wurden. Zimmern empfahl plastisch knetbare Elektroden aus Tonerde, Belot schlug eine pneumatische Elektrode vor, ein flaches Luftkissen, das auf einer Seite eine metallische Belegung hat, welche beim Gebrauch noch mit einer mehrfachen Lage feuchten Stoffes unterschichtet wird. Diese und manch andere Elektroden standen in Verwendung. Wir können sie heute alle als unbrauchbar ablehnen.

Man scheute sich lange Zeit, metallisch blanke Elektroden direkt auf die Haut zu legen in der Besorgnis, dadurch eine Verbrennung zu erzeugen. Man hatte dabei stets die „Verbrennungen“ vor Augen, welche bei der Galvanisation durch Benützung nackter Metallplatten entstehen. Nun ist diese Analogie aber ganz und gar unzutreffend. Die Verbrennung, besser gesagt die Verätzung bei der Galvanisation, ist durch Elektrolyse bedingt, durch die Alkalien, die an der Kathode, durch die Säuren, die an der Anode zur Abscheidung gelangen, und ist natürlich etwas ganz anderes als die Verbrennung, die bei der Diathermie durch übermäßige Erwärmung zustande kommt. Diese ist durch einen thermischen, jene durch einen chemischen Vorgang verursacht. Die Angst vor der Verbrennung beruhte also auf einer falschen Voraussetzung, und es ist darum als ein großer Fortschritt anzusehen, als zuerst von Bergonié und Kowarschik in richtiger Erkenntnis dieser Tatsache metallisch blanke Elektroden für die Diathermie in Vorschlag gebracht wurden. Bergonié empfahl Folien aus Zinn (Stanniol), Kowarschik dünne Platten aus Blei. Die praktische Erfahrung zeigte bald, daß die Verbrennungsgefahr bei diesen Metallelektroden ungleich geringer ist als bei den früher gebräuchlichen feuchten Elektroden.

Wenn die Metallelektroden vielleicht auch nicht ganz die Anpassungsfähigkeit feuchter Stoffelektroden besitzen, so haben sie doch so große Vorzüge, daß sie jeder anderen Elektrodenform überlegen sind. Zunächst ist es die Einfachheit, die Reinlichkeit und die Sauberkeit, welche sie auszeichnen. Da dieselben Elektroden meist abwechselnd für verschiedene Kranke Verwendung finden, so ist die Möglichkeit einer genauen Reinigung

eine dringende Forderung der Hygiene. Im Zusammenhang mit der Einfachheit steht auch die Billigkeit nackter Metallplatten gegenüber anderen Elektrodenformen. Der größte Vorzug der Metallelektroden ist aber ihr gutes Leitvermögen für den elektrischen Strom. Alle feuchten Elektroden haben einen hohen elektrischen Widerstand, einen Widerstand, der fast stets größer ist als der der Haut. Sie erhitzen sich infolgedessen bald so sehr, daß ihre eigene Temperatur die der Haut übersteigt. Sie wirken dann wie ein heißer Umschlag und führen der Haut, die sich an und für sich stark erwärmt, noch von außen Wärme zu. Die Folge davon ist, daß das Hitzegefühl, das der Patient an der Auflagestelle der Elektroden verspürt, bald unerträglich wird und den Arzt zwingt, die Stromstärke zu vermindern.

Ganz anders bei den Metallelektroden. Diese erwärmen sich selbst infolge ihres ausgezeichneten Leitvermögens so gut wie gar nicht. Wenn

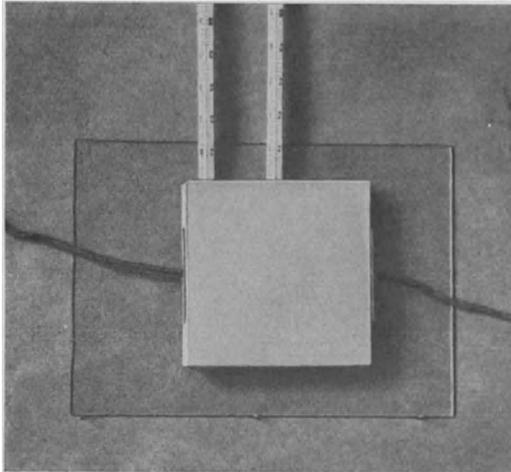


Abb. 49. Durchwärmung eines Tonerdemodells.

sie trotzdem warm werden, so geschieht das nur dadurch, daß sie der Haut Wärme entziehen, diese also gleichsam kühlen. Dadurch wird die Gefahr einer Verbrennung aber wesentlich vermindert. Da es in der Praxis fast stets die Erwärmung der Haut ist, welche die Größe der anwendbaren Stromstärke bestimmt, so wird durch eine solche Kühlung gleichzeitig die Möglichkeit gegeben, größere Stromstärken anzuwenden und so eine ausgiebigere Erwärmung in der Tiefe zu erzielen.

Ich habe seiner Zeit als erster auf die Bedeutung hingewiesen, welche das gute Leitvermögen einfacher Metallelektroden für die Kühlung der Haut und damit für eine gleichmäßige Tiefenwirkung besitzt. Ich konnte dies auch experimentell erweisen. Man kann sich leicht einen homogenen elektrolytischen Leiter erzeugen, wenn man Tonerde (Bolus alba) mit Kochsalzlösung zu einer plastischen Masse anrührt. Preßt man diese Masse dann zwischen zwei Glasscheiben, so bekommt man je nach der Größe der Scheiben und der Dicke der Tonerdschicht prismatische Körper, an die man seitlich kleine Elektroden anlegen kann. Durch dünne Thermometer, welche man an verschiedenen Punkten in die Masse einsenkt, kann man sich über die fortschreitende Erwärmung im Innern derselben unterrichten. Abb. 49 zeigt eine solche Anordnung.

Ich gebe nun im folgenden die Resultate zweier Versuche wieder, welche gemacht wurden, um den Unterschied der Erwärmung bei Verwendung blanker und feuchter Elektroden zu zeigen. Im ersten Fall bestanden die Elektroden aus Bleiplättchen, welche direkt an die Tonerde angedrückt wurden, im zweiten Fall wurden die gleichen Plättchen benützt, doch unterlegt mit einer zehnfachen Schicht von Filtrierpapier, das mit gewöhnlichem Wasser angefeuchtet worden war. Im übrigen waren die Bedingungen bei beiden Versuchen ganz die gleichen: Größe der Elektroden 40×15 mm, Abstand derselben 80 mm, also das Doppelte der Elektrodenlänge, Stromstärke 0,6 Ampere. Die beiden nachstehenden Tabellen geben die Erwärmung der Masse, in Intervallen von je einer Minute gemessen, einerseits unmittelbar unter der Elektrode, andererseits in der Mitte der Strombahn.

Versuch I:
Metallelektroden blank.

Versuch II:
Metallelektroden mit feuchter
Unterlage.

Zeit in Mi- nuten	Temperatur		Unter- schied	Zeit in Mi- nuten	Temperatur		Unter- schied
	unter der Elektrode	in der Mitte			unter der Elektrode	in der Mitte	
0	22°	22°	0°	0	21°	21°	0°
1	23°	22°	1°	1	25°	21,5°	3,5°
2	24°	23°	1°	2	31,5°	22°	9,5°
3	25°	24°	1°	3	37°	23°	14°
4	26°	24,5°	1,5°	4	41°	24°	17°
5	26,5°	25°	1,5°	5	43°	25,5°	17,6°
6	27°	25,5°	1,5°	6	45°	27°	18°
7	28°	26°	2°	7	46°	28°	18°
8	28,5°	27°	1,5°	8	47°	29°	18°
9	29°	27°	2°	9	48°	30°	18°
10	29,5°	28°	1,5°	10	48,5°	31°	17,5°

Im ersten Versuch ist die Durchwärmung der Masse eine fast gleichmäßige. Im Innern des Leiters ist die Temperatur infolge der Streuung der Stromlinien zwar um ein Geringes niedriger als unter der Elektrode, der Unterschied beträgt aber nie mehr als $1,5$ – 2° C. Im zweiten Versuch dagegen, bei dem feuchte Elektroden verwendet wurden, ist die Differenz bereits nach der ersten Minute $3,5^\circ$ C und erreicht am Ende des Versuches $17,5^\circ$ C. Die Ungleichmäßigkeit der Durchwärmung wird durch die Überhitzung der peripheren Zone bedingt. Während die Temperaturen im Innern des Leiters in beiden Fällen nur wenig voneinander abweichen (28° gegen 31° C), sind die Randtemperaturen ($29,5^\circ$ gegen 48° C) um nicht weniger als $18,5^\circ$ voneinander verschieden. Diese Unterschiede sind in die Augen springend und zeigen zur Genüge die Überlegenheit der blanken Elektroden.

Jeder, der die eminenten Vorzüge der Metallelektroden aus eigener Anschauung kennen lernt, nachdem er sich früher so wie

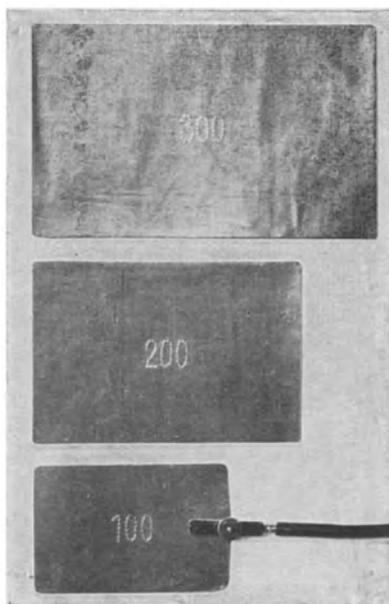


Abb. 50. Bleielektroden von Kowarschik.

ich selbst mit feuchten Elektroden herumgeplagt hat, wird es darum kaum mehr verständlich finden, daß es heute noch Firmen gibt, welche Elektroden mit Stoffüberzügen empfehlen, oder Ärzte, welche sie verwenden.

Die Bleielektroden von Kowarschik bestehen aus Bleiplatten, welche eine Dicke von 0,5 mm haben (Abb. 50). Ihre Ecken sind abgerundet,

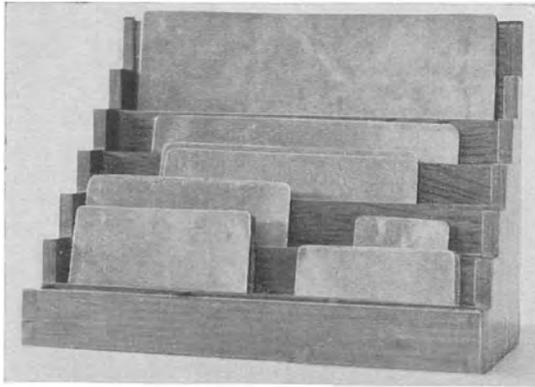


Abb. 51. Ständer für Bleielektroden.

weil erfahrungsgemäß an ihnen am häufigsten Stechen oder Brennen auftritt. 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 sind so gewählt, daß ihre Oberfläche in Quadratcentimetern genau oder wenigstens stark angenähert einer runden Zahl entspricht. Der Flächeninhalt kann auf der Platte mittels durchstochener Zahlen vermerkt werden. 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. Es ist zweckmäßig, wenn man namentlich von den kleineren Größen je zwei oder vier Stück vorrätig hält. Diese Elektroden werden in dem angegebenen Format von allen Firmen geliefert, man kann sich dieselben aber auch selbst aus einer für diesen Zweck vorrätig gehaltenen Bleifolie ausschneiden.

Die Bleiplatten lassen sich leicht mit Wasser und Seife reinigen, was nach jeder Verwendung geschehen soll. Wenn nötig, können sie

auch ausgekocht werden. Sind sie verbogen oder verknittert, so werden sie mit einem Lineal, einer Holzrolle oder einer Rolle, wie man sie zur Faradisation verwendet und die man ihres Stoffüberzuges entkleidet hat, geglättet. Zur Aufbewahrung dient am besten ein mehrfächeriger Ständer, in welchem die Elektroden der Größe nach geordnet werden (Abb. 51).

Christen hat gegen die Anwendung der Bleielektroden das Bedenken erhoben, daß möglicherweise durch Iontophorese Bleiionen in die Blutbahn gelangen und zu einer Bleivergiftung Veranlassung geben könnten. Auch Bucky hält die Bleielektroden wegen ihrer Giftigkeit für nicht ungefährlich und empfiehlt daher, dieselben in jedem Fall mit einer weniger giftigen Stanniolfolie zu unterlegen. Gegen die Ausführungen von Bucky und Christen wäre einzuwenden,

daß eine Iontophorese durch den Diathermiestrom bisher durch nichts erwiesen ist. Doch angenommen, sie wäre trotzdem vorhanden, so könnte sie nie eine so weitgehende sein, daß dadurch Bleiionen in die Blutbahn eingebracht werden. Denn wir wissen, daß die Ionen des Bleies wie die der meisten Schwermetalle mit den Eiweißstoffen der Epidermis chemische Verbindungen eingehen und daß sie infolgedessen die Haut in schwerster Weise schädigen, ehe sie noch bis zur Kapillarschicht vorgedrungen sind. Man versuche nur einmal die Iontophorese mit Bleielektroden und dem galvanischen Strom, um sich davon zu überzeugen. Der Erfolg wird eine schwere Hautverätzung, aber keine Bleivergiftung sein. Ich habe, trotzdem ich seit mehr als 10 Jahren Bleielektroden verwende, bei meinen Patienten nie die geringste Hautschädigung gesehen. Ich habe ebensowenig irgendeine andere Symptome wahrnehmen können, die als Bleivergiftung hätten gedeutet werden können. Die Befürchtungen Bucky's und Christens sind daher weder theoretisch noch praktisch in irgendeiner Weise begründet.

Zum Anschluß der Elektroden an den Diathermieapparat benützt man Kabel, die genügend stark isoliert sein müssen, um einen Funkenübergang bei einer Berührung auszuschließen. Diese Kabel tragen an dem einen Ende eine Klemme, welche die Elektrodenplatten zangenartig faßt. Ich benütze seit Jahren die in Abb. 52 wiedergegebene Klemme. Ihre Branchen tragen an der Innenseite ein Gebiß gleich den bekannten Gefäßklemmen, so daß ein zufälliges Abgleiten von der Elektrode ganz ausgeschlossen ist. Darauf aber ist das allergrößte Gewicht zu legen. Denn in keiner anderen Weise entstehen so leicht Verbrennungen als dadurch, daß durch einen zufälligen Zug am Kabel oder durch irgendeine Bewegung des Patienten die Elektrodenklemme während des Stromdurchganges sich von der Platte löst und mit der Haut in Berührung bleibt. Der Strom, der sich früher auf eine Fläche

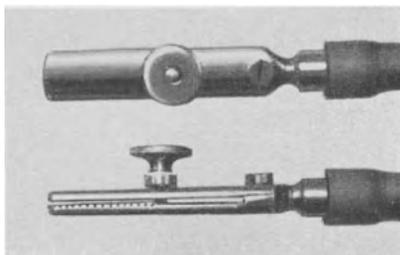


Abb. 52. Elektrodenklemme von Kowarschik.

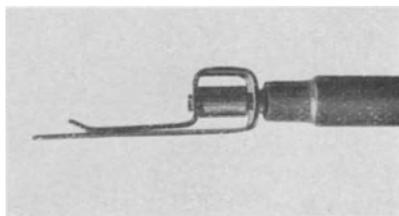


Abb. 53. Beispiel einer unzureichenden und gefährlichen Elektrodenklemme.

von sagen wir 200 cm² verbreitet hat, ist nun plötzlich auf einen Querschnitt von 1 cm² oder noch weniger konzentriert und kann in einem einzigen Augenblick eine schwere Verbrennung erzeugen. Dieser Gefahr wurde meiner Ansicht nach bisher viel zu wenig Augenmerk geschenkt. Es sind daher Klemmen, wie sie von manchen Firmen (noch dazu unter meinem Namen!) verkauft werden, welche die Platte bloß durch Federdruck fassen und sich durch den leichtesten Zug am Kabel von der Elektrode loslösen, äußerst gefährlich. Abb. 53 zeigt als Beispiel eine solche unbrauchbare Klemme. Sie ist übrigens auch im Querdurchmesser zu hoch und daher unzweckmäßig. Auf einer Elektrode, an der sie angebracht ist, kann ein Patient ohne unangenehmen Druck weder liegen noch sitzen.

Die Stanniolelektroden von Bergonié. Bergonié empfahl als Elektroden 0,1–0,2 mm dicke Lamellen aus Stanniol (Zinn), welche ohne

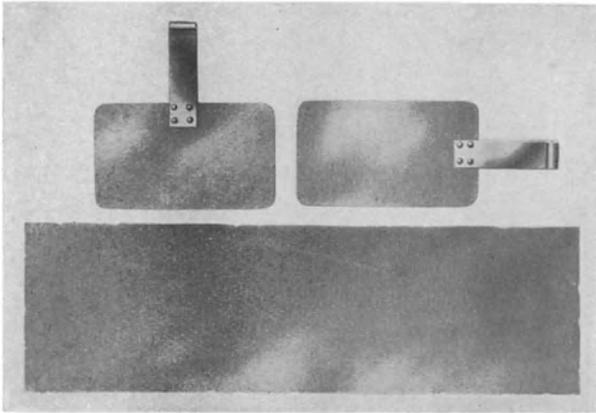


Abb. 54. Anschlußbleche, darunter Stanniolelektrode.

Zwischenschaltung eines feuchten Mediums direkt der Haut aufgelegt werden. Diese Elektroden haben den Vorteil, daß sie sich der Oberfläche ausgezeichnet anpassen lassen, auch dort, wo das Relief derselben ein ungleichmäßiges ist. Die Haut wird mit Seifenspiritus oder warmem Wasser angefeuchtet und die Zinnlamelle unter entsprechender Faltung gleichsam aufgeklebt. Stanniolelektroden werden also überall dort am Platze sein, wo die stärkeren Bleiplatten nicht mehr die genügende Anpassungsfähigkeit besitzen, die für einen gleichmäßigen schmerzlosen Stromübergang unbedingt erforderlich ist.

Die Stanniolblätter sind zu dünn und zu zerreißlich, als daß sie von den gewöhnlichen Elektrodenklemmen sicher gefaßt werden könnten. Um sie mit dem Kabel leitend zu verbinden, bedient man sich sog. Anschlußbleche (Abb. 54), das sind kleine, biegsame Bleche, welche eine Anschlußklemme tragen. Sie werden auf die Zinnfolie einfach aufgelegt und mit dieser an dem betreffenden Körperteil festgebunden. An die aus dem Verband herausragende Klemme wird das Kabel an-

geschlossen. Ich verwende an Stelle dieser Anschlußbleche auch Hilfs-
elektroden, kleine, dünne Drahtnetze oder Bleiplättchen, welche direkt
an ein Kabel angelötet sind (Abb. 55). Um das gute Anliegen der
Stanniolektroden zu sichern,
kann man sie noch mit einer
Schichte aus Watte, aus ganz
weichem, feinem Filz oder auch
einem Gummischwamm be-
decken, welche mit in den Ver-
band eingeschlossen werden und
so einen gleichmäßigen Druck
auf die Folie ausüben.

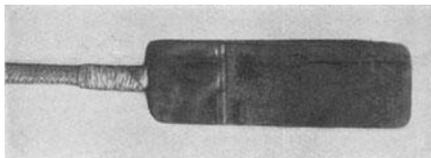


Abb. 55. Hilfs- oder Stanniolelektrode.

Die Notwendigkeit eines
exakten Verbandes ist ein zweifelloser Nachteil der Stanniolektroden
im Vergleich zu den Bleielektroden, die sich mit wenigen Binden-
touren oder durch Auflegen eines Sandsackes oft schon hinreichend
fixieren lassen. Dazu kommt, daß die 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
Stanniolektroden kaum durch andere zu ersetzen. Ich halte es in der
Regel so, daß ich für alle gewöhnlichen Fälle, insbesondere dort, wo
große Elektroden notwendig sind, mich der Bleiplatten bediene und
die Zinn- oder Zinnelektroden für die Durchwärmung jener Körperteile reserviere,
an denen sich Bleielektroden, wie z. B. an der Schulterwölbung, der
Nase, den Zehen usw. nicht gut anlegen lassen.

Elektroden anderer Art. Mit den Blei- und Stanniolektroden wird
man in den meisten Fällen sein Auslangen finden. Für die Durch-
wärmung kleinster, 4 cm² nicht
überschreitender Flächen kann
man auch starre runde oder
eckige Metallplatten verwenden,
die dann an einem Elektroden-
halter von dem Arzt oder Pa-
tienten selbst gehalten werden
(Abb. 56).

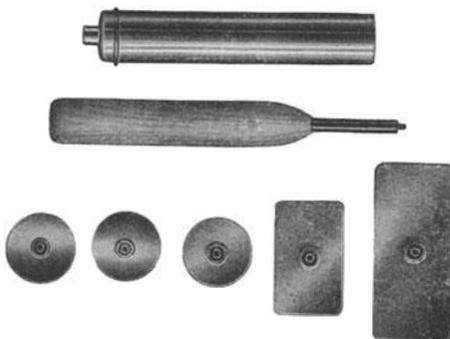


Abb. 56. Starre Metallelektroden.

Zur Behandlung 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, da es von
jeher der Ehrgeiz vieler Autoren war, neue Elektroden zu erfinden und
sie mit ihrem Namen zu belegen. Die Abbildungen solcher Elektroden
schmücken die Preislisten der verschiedenen Firmen. Je größer die
Geschicklichkeit des Therapeuten, desto weniger Elektrodenformen,

desto weniger Hilfsapparate wird er benötigen. Eine kleine Modifikation der vorhandenen Mittel, ein kleiner selbst gefertigter Behelf wird in vielen Fällen die Dienste kostspieliger und umständlicher Instrumentarien ersetzen. Wie anderswo gilt auch hier der Grundsatz: In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister.

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, wir sprechen dann von medizinischer Diathermie, oder aber um pathologische Gebilde durch die bis zur Verbrennung gesteigerte Hitze zu zerstören, wie dies die chirurgische Diathermie anstrebt.

1. Medizinische Diathermie. 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 merkbare lokale Übererwärmung an jenen Stellen, wo die Elektroden aufliegen, 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 der medizinischen Diathermie 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.

Die im folgenden gegebenen Ratschläge für das Anlegen und Befestigen der Elektroden, für die Lokalisierung und Dosierung des Diathermiestromes können natürlich nur einige der wichtigsten Richtlinien darstellen. Erlernen kann man die Technik der Diathermie niemals aus einem Buch, auch wenn dieses noch so ausführlich wäre, das ist nur durch persönlichen praktischen Unterricht möglich.

Die vollkommene Beherrschung der Technik ist allerdings die unerläßliche Voraussetzung für jeden Erfolg und es ist daher die Pflicht eines jeden, der daran gehen will, mit Diathermie zu behandeln, sich erst über die Technik des Verfahrens eingehend zu unterrichten. Es ist kein Zweifel, daß ein großer Teil der Mißerfolge nur auf die technische Unkenntnis des behandelnden Arztes zurückzuführen ist. Aber es ist auch gar kein Zweifel, und das ist noch weit schlimmer, daß fast alle Verbrennungen und sonstigen Schäden, welche durch die Diathermie erzeugt werden, ganz der gleichen Ursache entspringen.

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. Es muß also unsere ganze Sorge darauf gerichtet sein, solche Luftzwischenräume, die gleichsam eine sekundäre Funkenstrecke darstellen, zu vermeiden. Man kann den Kontakt zwischen Elektrode und Haut dadurch verbessern, daß man die Haut mit warmem Wasser oder Seifenspiritus anfeuchtet. Auf ein gutes Anfeuchten wird man besonders dort achten, wo die Haut behaart ist, weil die Haare als Nichtleiter den unmittelbaren Kontakt zwischen Haut und Elektrode verhindern. Es ist nicht Bedingung, daß es gerade eine leitende Substanz ist, welche die Bindung zwischen Haut und Elektrode herstellt. Ich habe mich überzeugt, daß man dazu ebensogut ein nichtleitendes Mittel wie Vaseline oder Öl verwenden kann, ohne den Übergangswiderstand dadurch merklich zu erhöhen (s. S. 91).

Je kleiner die Elektrodenoberfläche, um so genauer muß für eine gute Adaptierung gesorgt werden. Bei großen Elektroden wird es nicht viel ausmachen, wenn die eine oder andere Stelle nicht gut anliegt. Ist die kontaktgebende Fläche nur genügend groß, so wird trotzdem kein unangenehmes Gefühl wahrnehmbar werden.

So wie durch eine unvollkommene Anpassung kann andererseits auch dadurch, daß eine Elektrode irgendwo zu stark gegen die Haut drückt, das Gefühl von Brennen erzeugt werden. Es kommt an dieser Stelle dann zu einer übermäßigen Konzentration der Stromlinien und dadurch zu einer Überhitzung. Besondere Sorgfalt ist diesbezüglich den Elektrodenecken und Elektrodenkanten zuzuwenden, worauf wir noch später bei Besprechung der sog. Kantenwirkung zurückkommen werden.

Ob eine Elektrode gut anliegt oder nicht, läßt sich in der Regel erst dann entscheiden, wenn der Strom eingeschaltet ist. Gibt der Patient

an einer umschriebenen Stelle ein Prickeln oder Stechen an und vermutet man ein unvollkommenes Anliegen der Elektrode, so läßt sich dieser Fehler häufig durch einen Druck mit der flachen Hand beheben und das brennende Gefühl zum Schwinden bringen. Ist das nicht der Fall, dann muß die Elektrode abgenommen und von neuem angelegt werden. Bei Stanniolelektroden läßt sich das gute Anliegen noch dadurch sichern, daß man über die Elektrode eine Schichte von Watte oder einem anderen weichen Stoff legt, den man mittels einer umgelegten Binde andrückt.

Man vermeide es, die Elektrode über einer Unterlage aufzulegen, die an sich schlecht leitet, wie z. B. über der Kniescheibe oder einer Schienbeinkante. Der nur von Haut bedeckte Knochen bietet dem Strom einen so bedeutenden Widerstand, daß die Stromlinien ihm auszuweichen suchen. Sie werden sich infolgedessen auf jenen Teil der Elektrode zusammendrängen, der den Weichteilen anliegt, und können daselbst leicht zu einer Überhitzung führen.

Das Befestigen der Elektroden. Die Elektroden bleiben in der Regel während der ganzen Zeit der Behandlung an der gleichen Stelle liegen. Um sich das Halten der Elektroden bei der stabilen Durchwärmung zu ersparen, kann man sie an dem betreffenden Körperteil befestigen. Am geeignetsten für diesen Zweck sind Binden aus Gummi- oder Trikotgewebe, weniger gut solche aus Flanell. Bei dem Anlegen der Binden lege ich Wert darauf, daß auch die Elektrodenklemme mit in den Verband gefaßt wird, damit sie der Haut gut anliegt. Denn gerade an der Stelle, wo die Elektrode mit der Klemme verbunden ist, kommt es erfahrungsgemäß am häufigsten infolge ungenügenden Kontaktes zu einem unangenehmen Gefühl von Brennen. Bei Benützung von Bleiplatten wird es in vielen Fällen genügen, wenn der Kranke sich auf die Elektrode setzt oder legt, in anderen wieder wird das Auflegen eines Sandsackes diese in ihrer Lage erhalten. Besondere Federn oder Klammern, wie man sie zum Halten der Elektroden konstruiert hat, sind durchaus überflüssig.

Das Verschieben der Elektroden während der Behandlung, das mit den früher gebräuchlichen Elektroden vielfach geübt wurde, ist mit den nackten Metallelektroden nicht gut ausführbar, weil diese auf der Haut nicht genügend gleiten und es bei ihrem Verschieben leicht zu einem Funkenübergang kommt. Diese Technik wird daher heute kaum mehr angewendet. 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. Bevor man den Strom einschaltet, überzeuge man sich durch einen Blick auf die Reguliervorrichtung, ob diese auf „Schwach“ steht. Es könnte bei der letzten Behandlung vergessen worden sein, den Regulierhebel zurückzustellen, es könnte auch jemand denselben ohne Wissen des Arztes auf „Stark“ eingestellt haben. Würde man nun in Unkenntnis dessen den Primärkreis schließen, so wäre es möglich, daß plötzlich durch den Patienten ein Strom von einer Stärke geht, der imstande ist, in wenigen Augenblicken Schaden anzurichten. Ein solcher Zufall ist bei jenen Apparaten

ausgeschlossen, bei denen der Schalter des Primärkreises mit dem Regulierhebel derart verbunden ist, daß ein Ausschalten des Stromes unmöglich wird, bevor man die Reguliervorrichtung zurückgestellt hat (s. S. 37).

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. Beobachtet 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. Dieser aber ist für den Patienten nicht nur schmerzhaft, sondern kann auch eine Verbrennung erzeugen.

Der Strom darf nach dem Einschalten nie rasch und unvermittelt, sondern nur ganz langsam auf die gewünschte Höhe gebracht werden, wobei man seinen Anstieg an der Bewegung des Amperemeterzeigers verfolgt. Nur so kann man einen etwaigen Defekt im Stromkreis oder ein unvollkommenes Anliegen der Elektroden erkennen, ehe daraus ein weiterer Schaden erwächst. Es ist auch unbedingt notwendig, den Kranken rechtzeitig darüber aufzuklären, daß er bei der Behandlung nichts anderes als eine angenehme Wärme empfinden dürfe und daß er jedes unangenehme Gefühl von Prickeln, Stechen oder Brennen sowie jede übermäßige Hitzeempfindung dem Arzt sofort mitzuteilen habe. Sagt man das dem Patienten nicht, so wird er diese unangenehmen Sensationen vielleicht mit in Kauf nehmen in dem Glauben, daß sie zu den unvermeidlichen Beigaben einer elektrischen Behandlung gehören, und sich möglicherweise ohne Widerspruch eine Verbrennung zufügen lassen.

Folgt der Zeiger des Amperemeters nicht alsbald der Bewegung des Regulierhebels, dann ist der Patientenstromkreis meist an irgendeiner Stelle unterbrochen und man wird gut tun, sofort wieder auszuschalten und nach der Ursache dieses Verhaltens zu forschen, wenn man nicht durch einen plötzlich auftretenden Funkenübergang an irgendeiner Stelle des Kreises überrascht werden will. Die Unterbrechung hat am häufigsten darin ihren Grund, daß man vergessen hat, ein oder auch beide Kabel an den Apparat anzuschließen, oder daß eine Elektrodenklemme sich gelöst oder daß ein Kabel gebrochen ist. Im Gegensatz zum Einschalten kann das Ausschalten des Stromes jederzeit auch plötzlich erfolgen, ohne daß der Patient dabei irgendein unangenehmes Gefühl oder einen elektrischen Schlag verspüren würde, wie das z. B. beim plötzlichen Ausschalten eines galvanischen Stromes der Fall ist.

Die Lokalisierung der Wärme.

Allgemeines. Es ist eine Grundbedingung, die Elektroden so anzulegen, daß der Körperteil, welcher erwärmt werden soll, in den Weg der Stromlinien fällt. Das erscheint ziemlich selbstverständlich und keiner besonderen Betonung wert, denn ein Gewebe, das vom Strom nicht durchflossen wird, kann auch nicht erwärmt werden. Wenn ich

trotzdem diesen Satz an die Spitze der folgenden Ausführungen stelle und noch besonders unterstreiche, so geschieht es deshalb, weil die Erfahrung lehrt, daß gegen diese so selbstverständliche Forderung immer wieder und in geradezu unglaublicher Weise gefehlt wird. Wollen wir wissen, wie der Strom im Körperinnern fließt, dann müssen wir uns vor Augen halten, daß er stets den kürzesten gangbaren Weg von einer Elektrode zur anderen nimmt, d. h. denjenigen, welcher ihm den geringsten Widerstand bietet. Der Strom ist, wenn ich mich so ausdrücken darf, außerordentlich faul, er wählt daher stets den bequemsten Weg, er ist aber ebenso schlau und weiß diesen Weg unfehlbar zu finden. Da der Widerstand eines Leiters mit der Länge desselben wächst, so ist in einem homogenen Leiter der Weg des geringsten Widerstandes identisch mit der geradlinigen Verbindung von Elektrode zu Elektrode. Etwas verwickelter gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir einen inhomogenen Leiter vor uns haben, einen solchen, der sich aus Widerständen verschiedener Art zusammensetzt wie der menschliche Körper. Die dadurch bedingten Komplikationen des Stromverlaufes werden wir später besprechen, vorerst aber wollen wir uns die Grundgesetze des Stromverlaufes in einem homogenen Leiter klar machen.

Um uns den Verlauf des elektrischen Stromes graphisch zu veranschaulichen, bedienen wir uns der Stromlinien, welche beide Elektroden miteinander verbinden. Sie geben uns gleichzeitig ein Maß für die Erwärmung, denn je gedrängter sie verlaufen, desto stärker wird die Erwärmung sein und umgekehrt.

Die fortschreitende Erwärmung eines Leiters durch Diathermie können wir uns auch experimentell mit Hilfe sog. thermoskopischer Substanzen sichtbar machen. Es sind das chemische Verbindungen wie z. B. die beiden Quecksilberdoppelsalze Jodkupfer - Jodquecksilber ($\text{Cu}_2\text{J}_2 + 2 \text{HgJ}_2$) und Jodsilber - Jodquecksilber ($2 \text{AgJ} + 2 \text{HgJ}$), welche die Eigenschaft haben, bei ihrer Erwärmung die Farbe zu verändern. Das erste der beiden Salze ist rot und wird bei einer Temperatur von etwa 70°C schwarz, das zweite Salz hat eine gelbe Farbe, die bei etwa 50°C in ein Orangerot umschlägt. Bucky machte den Vorschlag 4 Teile Agar-Agar in 100 Teilen heißem Wasser zu lösen und dieser Lösung je 1% Glycerin und 1% Jodsilber-Jodquecksilber zuzusetzen. Nach dem Erkalten lassen sich aus der erstarrten Masse würfelförmige oder andersgestaltete Körper heraus schneiden, die man mit Hilfe kleiner angelegter Elektroden durchwärmen kann. Man macht aber dabei die unangenehme Beobachtung, daß das Versuchsobjekt bei einer Temperatur, die kaum um 10° höher ist als die der Verfärbungstemperatur des Quecksilbersalzes, sich auflöst und zerrinnt, womit der Versuch natürlich sein Ende erreicht hat. Ich habe daher zur Durchwärmung eine plastische Masse benützt, die ich mir aus Tonerde und Wasser, in welchem das Quecksilbersalz emulgiert war, herstellte. Diese Masse ist gleichfalls gelb, zeigt denselben Farbumschlag bei der Erwärmung, verändert aber ihre Konsistenz auch bei höherer Temperatur nicht. Um ihr eine bestimmte Form zu geben, habe ich sie zwischen zwei Glasplatten gepreßt, wie dies bereits auf S. 52 beschrieben und abgebildet wurde. Diese Anordnung hat gleichzeitig den Vorteil, daß man auf der Glasplatte mit einer Hautstift die von Minute zu Minute fortschreitende Verfärbung mit einer Linie umgrenzen kann.

Stromverlauf bei gleichgroßen, parallel gegenüberstehenden Elektroden. Am einfachsten liegt die Sache, wenn wir den zu behandelnden Körperteil zwischen zwei gleichgroße Elektroden fassen können, und zwar so, daß diese einander direkt und flächenparallel gegenüberstehen. Würde der Leitungsweg überall denselben Querschnitt haben wie die

Elektroden, ein Fall, der in der therapeutischen Praxis nicht vorkommt, dann müßten die Stromlinien vollkommen parallel zueinander verlaufen, die Erwärmung müßte infolgedessen überall die gleiche sein (Abb. 57). Für gewöhnlich ist der Querschnitt des Leiters größer als die Oberfläche der Elektroden. Dadurch kommt es auf dem Stromweg zu einem Auseinanderweichen, zu einer Streuung der Stromlinien (Abb. 58). Diese verlaufen unmittelbar unter den Elektroden enger beisammen als auf der Mitte der Bahn. Die Erwärmung ist daher auch unter den Elektroden eine größere.

Die Streuung ist um so stärker, je weiter der Abstand der Elektroden bei gegebener Größe derselben ist oder auch, je kleiner die Elektroden bei einem gegebenen Abstand sind. Ist der Abstand im Verhältnis zur Elektrodengröße sehr bedeutend, dann wird die Erwärmung häufig nur mehr unter den Elektroden selbst zum Ausdruck kommen, während sie auf der übrigen Strombahn kaum nachweisbar ist. Umgekehrt wird die Erwärmung um so homogener, um so gleichmäßiger sein, je kleiner der Abstand der Elektroden im Verhältnis zu ihrer Oberfläche ist.

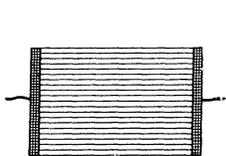


Abb. 57.

Gleich große, parallel gegenüberstehende Elektroden.

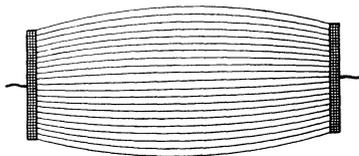


Abb. 58.

Drei Beispiele aus einer von mir ausgeführten Versuchsreihe mögen das bestätigen. Als Durchwärmungsobjekt diente wieder feuchte Tonerde (s. S. 52). Die Elektrodengröße (80×55 mm) und die Stromstärke (600 Milliampere) waren in allen drei Versuchen gleich. Verschieden war nur der Abstand der Elektroden, der im ersten Fall 40 mm, im zweiten Fall 80 mm und im dritten Fall 120 mm betrug. Dementsprechend war auch die Streuung der Stromlinien eine verschiedene, wie sich aus dem Unterschied der Temperaturen einerseits unter der Elektrode und andererseits in der Mitte des Leiters ergibt. Während im ersten Versuch der Unterschied durchschnittlich 1°C beträgt, bewegt er sich im zweiten zwischen 2,5–3,0 und erreicht im dritten die Höhe von 3,5–4,0. Hier das Ergebnis der Messungen:

Versuch I:
Elektrodenabstand
4 cm.

Zeit	Temperatur		Unter- schied
	unter d. Elek- trode	in der Mitte	
0	21 ⁰	21 ⁰	0 ⁰
1	23 ⁰	22 ⁰	1 ⁰
2	25 ⁰	24 ⁰	1 ⁰
3	26,5 ⁰	25,5 ⁰	1 ⁰
4	28 ⁰	26,5 ⁰	1,5 ⁰
5	29 ⁰	28 ⁰	1 ⁰
6	30 ⁰	29 ⁰	1 ⁰
7	31,5 ⁰	30,5 ⁰	1 ⁰

Versuch II:
Elektrodenabstand
8 cm.

Zeit	Temperatur		Unter- schied
	unter d. Elek- trode	in der Mitte	
0	20 ⁰	20 ⁰	0 ⁰
1	22 ⁰	21 ⁰	1 ⁰
2	23,5 ⁰	22 ⁰	1,5 ⁰
3	25 ⁰	23 ⁰	2 ⁰
4	26 ⁰	23,5 ⁰	2,5 ⁰
5	27 ⁰	24 ⁰	3 ⁰
6	27,5 ⁰	25 ⁰	2,5 ⁰
7	28,5 ⁰	26,5 ⁰	2,5 ⁰

Versuch III:
Elektrodenabstand
12 cm.

Zeit	Temperatur		Unter- schied
	unter d. Elek- trode	in der Mitte	
0	19 ⁰	19 ⁰	0 ⁰
1	21 ⁰	20 ⁰	1 ⁰
2	22,5 ⁰	21 ⁰	1,5 ⁰
3	24 ⁰	21,5 ⁰	2,5 ⁰
4	25 ⁰	22 ⁰	3 ⁰
5	26 ⁰	23 ⁰	3 ⁰
6	27 ⁰	24 ⁰	3 ⁰
7	28 ⁰	24 ⁰	4 ⁰

Versuch I:
Elektrodenabstand
4 cm.

Zeit	Temperatur		Unter- schied
	unter d. Elek- trode	in der Mitte	
8	32°	31°	1°
9	34°	33°	1°
10	34°	33°	1°
11	35°	34°	1°
12	36°	35°	1°
13	36,5°	35,5°	1°
14	37°	36°	1°
15	37,5°	36,5°	1°

Versuch II:
Elektrodenabstand
8 cm.

Zeit	Temperatur		Unter- schied
	unter d. Elek- trode	in der Mitte	
8	29°	26,5°	2°
9	30°	27°	3°
10	30,5°	28°	2,5°
11	31°	28°	3°
12	31,5°	29°	2,5°
13	32°	29,5°	2,5°
14	33°	30°	3°
15	33°	31,5°	2,5°

Versuch III:
Elektrodenabstand
12 cm.

Zeit	Temperatur		Unter- schied
	unter d. Elek- trode	in der Mitte	
8	28,5°	25°	3,5°
9	29,5°	25,5°	4°
10	30°	26°	4°
11	31°	27°	4°
12	31°	28°	3°
13	32°	28°	4°
14	32,5°	29°	3,5°
15	33°	29°	4°

Daraus ergibt sich für die Diathermie die Regel, daß man, um eine möglichst gleichmäßige Tiefenwirkung zu erzielen, die Elektroden um so größer wählen muß, je weiter sie voneinander abstehen. Die Streuung kann praktisch nur dort vernachlässigt werden, wo unter der Annahme quadratischer oder kreisrunder Elektroden die Entfernung derselben voneinander das 1 $\frac{1}{2}$ fache ihres Flächendurchmessers nicht überschreitet.

Ein besonderer Fall der Wärmelokalisation ist dann gegeben, wenn der Strom auf seinem Wege einen Querschnitt passiert, der kleiner ist als die Oberfläche der Elektroden. Es werden sich dann in diesem Querschnitt die Stromlinien wie in einem Engpaß zusammendrängen und daselbst das Maximum der Erwärmung erzeugen (Abb. 59). 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

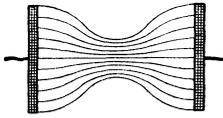


Abb. 59. Einengung
der Strombahn.

aufzutreten, 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.

Stromverlauf bei ungleich großen, parallel gegenüberstehenden Elektroden. Verwendet man zwei ungleich große Elektroden, die man einander parallel gegenüberstellt, dann wird die Erwärmung unter der kleineren Elektrode entsprechend der höheren Stromdichte eine stärkere sein als unter der größeren (Abb. 60). 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 dann als aktive oder differente, die erstere als inaktive oder indifferente. Um in der therapeutischen Praxis einen deutlich merkbaren Unterschied in der Erwärmung zu erzielen, muß die inaktive Elektrode wenigstens doppelt so groß sein als die aktive. Ist sie größer, so ist natürlich nichts dagegen einzuwenden. Wenn die inaktive Elektrode sich auch 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, indem sie dieselben nach einer bestimmten Richtung lenkt. Man wird die inaktive Elektrode daher stets so lagern, daß das zu behandelnde Organ in den Strahlenkegel der Stromlinien fällt. Abb. 61 zeigt die Verschiebung dieses Strahlenkegels bei verschiedener Lage der inaktiven Elektrode.

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 z. B. bei der Behandlung von Wirbelgelenken, wobei man eine kleinere Elektrode über die erkrankten Gelenke, eine größere ihr gegenüber auf die Vorderseite des Rumpfes legt. Die letztere Elektrode hat die

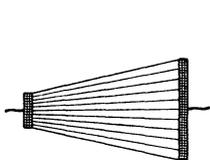


Abb. 60. Ungleich große Elektroden.

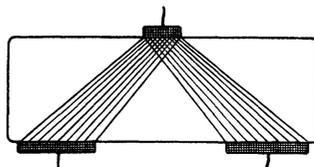


Abb. 61. Die richtende Kraft der inaktiven Elektrode bei verschiedener Lage derselben.

Aufgabe, die von der rückwärtigen Elektrode ausgehenden Stromlinien durch die Wirbelgelenke zu führen. Diese müssen daher in der geraden Verbindungslinie der beiden Elektroden liegen. Ähnlich ist die Anordnung bei der Durchwärmung der Lumbalmuskeln wegen Lumbago oder bei der Behandlung anderer Muskelpartien am Rumpf, bei der Diathermie des Auges, des Ohres usw.

Stromverlauf bei gegeneinander geneigten 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 (Abb. 62), 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 (Abb. 63). Es kommen dann für die Stromführung ausschließlich die einander zugekehrten Elektrodenanteile in Betracht, was praktisch gleichbedeutend ist mit einer Verkleinerung

der Elektrodenoberfläche. Die Erwärmung wird dort am stärksten sein, wo die Stromlinien am dichtesten in den Körper übertreten. Das ist entlang der einander zugekehrten Elektrodenkanten der Fall. Längs dieser kommt es leicht zu einer Überhitzung, während gleichzeitig eine Tiefenwirkung ausbleibt. Es kann eine Verbrennung in der zwischen den Elektroden liegenden Hautzone auftreten, die also nicht der Auflagestelle der Elektroden entspricht, 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 und tritt etwas weniger in Erscheinung, wenn die Elektroden weiter voneinander entfernt sind. Die gleiche Kantenwirkung beobachten wir auch, wenn wir zwei einander gegenüberstehende Elektroden parallel zueinander verschieben, wie dies aus der Abb. 64 ohne weiteres verständlich sein dürfte.

Winkelstellungen der Elektroden lassen sich häufig bei der Behandlung, insbesondere bei der Längsdurchwärmung der Extremitäten nicht umgehen. Legt man hier die eine Elektrode manschettenförmig an,

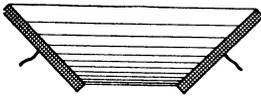


Abb. 62.

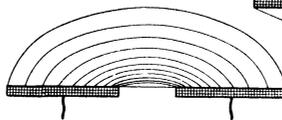


Abb. 63.

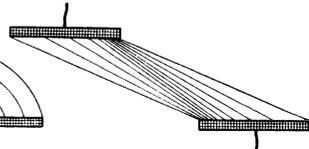


Abb. 64.

Gegeneinander geneigte oder verschobene Elektroden.

so ergibt sich leicht an jenem Rand, der der anderen Elektrode zugekehrt ist, eine Überhitzung. Wo irgend möglich, wird man daher die Kantenstellung der Elektroden zu vermeiden suchen. Es wäre z. B. ein grober Fehler, wollte man eine lumbale Myalgie in der Weise behandeln, daß man beiderseits von der Wirbelsäule je eine Platte auflegt. Da beide Elektroden in einer Ebene liegen, ergibt sich der in Abb. 63 dargestellte Fall. Der Strom hat keine Veranlassung, die dicke Schicht der Rückenmuskeln zu durchsetzen und die Wirbelsäule zu umkreisen, um zur anderen Elektrode zu gelangen. Er geht vielmehr direkt über die zwischen den Elektroden liegende Hautbrücke und kann hier eine schwere Verbrennung erzeugen. Die Durchwärmung der Rückenmuskeln kann nur so erfolgen, daß man eine kleinere aktive Elektrode auf den Rücken und eine größere inaktive ihr gegenüber auf den Bauch legt.

Stromverlauf in zusammengesetzten (inhomogenen) Leitern. Haben wir es nicht mit einem homogenen, sondern mit einem Leiter zu tun, der sich aus verschiedenen Widerständen zusammensetzt, so wird der Stromlinienverlauf und damit die Erwärmung sowohl von der Größe dieser Widerstände wie von ihrer Anordnung im Stromkreis beeinflußt. Die Anordnung kann unter Umständen eine sehr komplizierte sein, immer aber läßt sie sich auf zwei Grundformen zurückführen. Die eine ist die, daß die Widerstände hintereinander oder in Reihe geschaltet

sind, die zweite, daß sie neben oder parallel zueinander liegen. Diese zwei Möglichkeiten wollen wir nun betrachten.

1. Die Reihenschaltung. Sind die beiden Widerstände w_1 und w_2 hintereinander oder in Reihe geschaltet (Abb. 65), so müssen sie von dem Strom, und zwar von demselben Strom nacheinander durchsetzt werden. Die Stromstärke (i) ist auf dem ganzen Stromweg dieselbe, ein Fundamentalsatz der Elektrizitätslehre. Denn wäre dem nicht so, dann müßte es an irgendeiner Stelle 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 ($W = k \cdot i^2 \cdot w \cdot t$) 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: Der Leiter von größerem Widerstand erwärmt sich stärker.

2. Die Parallelschaltung. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir die beiden Widerstände w_1 und w_2 nebeneinander oder parallel schalten (Abb. 66). Jetzt stehen dem elektrischen Strom

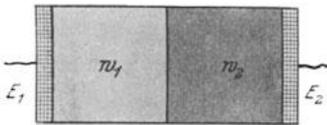


Abb. 65. Reihenschaltung zweier Widerstände.

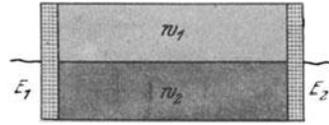


Abb. 66. Parallelschaltung zweier Widerstände.

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 beobachteten: 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, sagen wir derart, daß eine Elektrode an die Vorderseite, eine zweite an die Rückseite des Oberschenkels gelegt wird, 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 die Verhältnisse im menschlichen Körper ungeheuer kompliziert sind und daß es nicht angeht, sie einfach zu schematisieren, wie das vielfach geschehen ist, um daraus Schlüsse auf die Erwärmung der einzelnen Gewebe zu ziehen. Das möge an dieser Stelle genügen, weitere Ausführungen darüber folgen auf S. 86.

Die Dosierung der Wärme.

Allgemeines. Wir besitzen leider zur Zeit kein Mittel, um bei therapeutischen Durchwärmungen 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 Hitzegefühl 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. Je größer die Elektroden, desto größer muß die Stromstärke sein, wenn man das gleiche Wärmegefühl erzeugen will, denn die Erwärmung, welche uns das Temperaturgefühl 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 Leitungsquerschnitts 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 Faradisation immer kleiner ist als 1, ist sie bei der Diathermie stets größer als 1.

Man könnte nach den obigen Ausführungen vielleicht geneigt sein, zu glauben, daß die gleiche Stromdichte auch stets die gleiche Wärmeempfindung auslöst. Unter dieser Voraussetzung wäre es möglich, eine für alle oder wenigstens die meisten Fälle geeignete Stromdichte festzulegen. Das ist leider nicht der Fall, und zwar deshalb nicht, weil die Wärmeempfindung auch bei gleicher Stromdichte verschieden ist, je nachdem man größere oder kleinere Elektroden verwendet. 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.

Neben der Größe der Elektroden kommt für die Dosierung auch noch ihre Stellung zueinander in Betracht. Haben wir z. B. zwei Elektroden in der Größe von 100 cm^2 , die einander parallel gegenüberstehen, so können wir sie durchschnittlich mit einer Stromstärke von 1 Ampere belasten. Bringen wir diese Elektroden dagegen in eine Winkelstellung, so wird eine Stromstärke von 1 Ampere sofort als zu hoch empfunden werden. Infolge der ungleichen Verteilung der Stromlinien über die Elektrodenoberfläche ist die Stromdichte — und auf diese kommt es an — in den einander zugekehrten Elektrodenhälften zu groß.

Passiert der Strom auf seinem Wege einen Körperquerschnitt, der kleiner ist als die Elektrodenoberfläche, so ist in diesem Fall nicht die Größe der Elektrode, sondern die Größe des Querschnitts für die Dosierung maßgebend.

2. 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 Erkrankungen der Nerven wie Ischias, Neuralgie, Erkrankungen der Gefäße, Angina pectoris, bei denen eine bis zur Toleranzgrenze getriebene Erhitzung nicht nur den Erfolg in Frage stellen, sondern auch 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. So wird man bei einer Durchwärmung des Herzens oder der eines Aneurysmas besondere Vorsicht üben. Bei einer Diathermie der Brust- oder Bauchhöhle wird man im allgemeinen mit kleineren Stromdosen, die man aber dafür längere Zeit anwendet, eine gleichmäßigere Durchwärmung erzielen als mit großer Stromstärke und kurzer Behandlungszeit.

Schleimhäute wie die des Rektums oder der Vagina ertragen im allgemeinen größere Stromdosen als die Haut. Das mag einerseits darin liegen, daß ihr elektrischer Widerstand ein geringerer ist und daß sie sich infolgedessen weniger erwärmen, andererseits aber auch darin, daß ihre Durchblutung eine bessere ist, so daß auch die Kühlung durch den Blutstrom einer Übererwärmung entgegentritt.

3. 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. Es wäre ferner daran zu erinnern, daß eine Unterempfindlichkeit gegenüber hohen Temperaturen auch durch Gewöhnung an solche eintreten kann. So zeigen z. B. Kranke mit chronischer Arthritis, die bereits zahlreiche Heißluft-, Fango- oder andere thermische Prozeduren mitgemacht haben, eine auffallende Unempfindlichkeit gegen Hitze. Man vergesse aber schließlich nicht, daß auch bei normaler Temperaturempfindung die langsam ansteigende Wärme selbst eine Hypästhesie, und zwar eine so weitgehende 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.

Die Dauer und Wiederholung 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, wobei jedoch zugegeben werden soll, daß unter Umständen durch eine etwas längere Behandlung der Erfolg verbessert werden könnte. Das gilt insbesondere für die Behandlung chronischer Arthritiden, gynäkologischer Erkrankungen, Prostatitis u. ä. Leider ist die Zeit, die man einem einzelnen Kranken zumessen kann, im Krankenhaus wie in der Privatpraxis vielfach durch die große Zahl der zu Behandelnden beschränkt. Es sind also auch äußere Gründe, die hier mitbestimmend sind. Behandlungen von 5—10 Minuten, wie sie manche Ärzte ausführen, betrachte ich als therapeutische Spielerei. Ich halte es für ausgeschlossen, in so kurzer Zeit einen nennenswerten therapeutischen Einfluß auf ein chronisch erkranktes Gewebe zu erzielen, da ja schon einige Zeit dazu nötig ist, um überhaupt eine Temperaturerhöhung zu erreichen.

Die Behandlung wird entweder täglich oder jeden zweiten Tag wiederholt, wobei einerseits die Art der Erkrankung, andererseits die sonstigen Verhältnisse des Kranken in Erwägung kommen. In manchen

Fällen, sagen wir z. B. bei einer akuten Myalgie, werden einige wenige Sitzungen genügen, um einen Erfolg zu erzielen, in anderen Fällen chronischer Art werden 20—30 Sitzungen zu einer vollen Kur notwendig sein.

Ich halte es für ratsam, dem Kranken zu empfehlen, sich nach der Behandlung etwas auszuruhen, zumal manche Kranke durch die Behandlung ermüdet sind.

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.

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. An der Streckseite der Unterarme und ebenso an der Außenseite der Unterschenkel (nicht über der Tibia) wird je eine Bleielektrode in der Größe von 200 cm² befestigt. Bucky verwendet an Stelle der Bleiplatten vier Stanniolbinden, die er fesselförmig um die Extremitäten legt. Alle vier Blei- oder Stanniolektroden werden gemeinsam mit Hilfe von zwei geteilten Kabeln an den einen Pol des Apparates angeschlossen. Mit dem zweiten Pol verbindet man eine große Bleiplatte (400—600 cm²), die man unter den Rücken oder das Gesäß legt, falls die Behandlung im Liegen vorgenommen werden soll. Zieht man es vor, den Kranken sitzend zu behandeln, so kann man diese Platte auch mit Binden am Rücken befestigen oder man läßt den Kranken einfach auf der Platte Platz nehmen (Abb. 67). Eine vollkommene Entkleidung wie in Abb. 67, welche die Anlegung der Elektroden zeigen soll, ist dabei natürlich nicht notwendig. 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. Es genügt jedoch ein einziger Widerstand, den man in den Stromkreis beider Arme legt, um hier die Stromstärke etwas herabzudrücken.

Modifikation der I. Methode. 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 Unterarmelektroden einen zylindrischen Metallstab, den der Kranke in beide Hände nimmt (Abb. 68). 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 Polyarthrits 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 dritte unter die Waden zu liegen kommt (Abb. 69).

Die Abstände zwischen den Elektroden sollen gleich groß sein, denn liegen zwei derselben einander zu nahe, so kommt es leicht zu einer Überhitzung längs der einander genäherten 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 Verteilerwider-

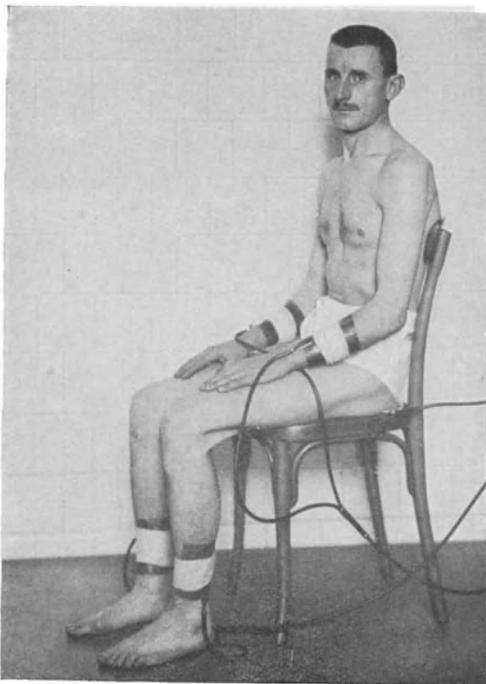


Abb. 67. Allgemeindiathermie. I. Methode.

standes 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 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.

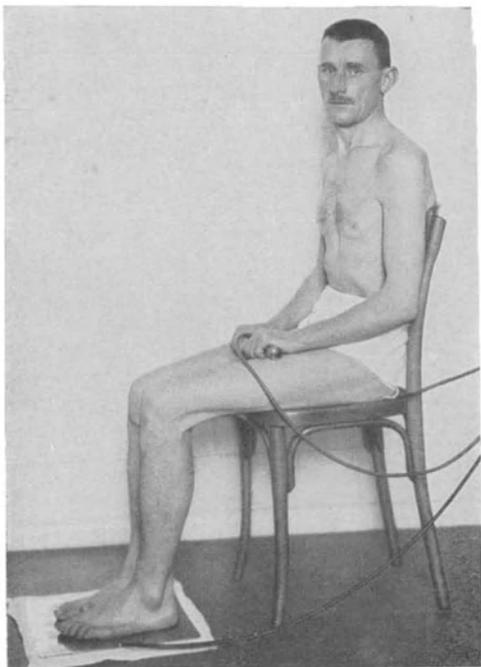


Abb. 68. Allgemeindiathermie. I. Methode (Modifikation).

in einem stumpfen Winkel gegeneinander geneigt sind. Diese Platten stellen die beiden Elektroden vor, welche an je einen Pol des Apparates angeschlossen werden.

Die Methode von Bordier. Der Kranke sitzt bei der Behandlung und stellt die nackten Füße auf eine Bleiplatte, während die rechtwinkelig gebeugten Vorderarme mit den offenen Handflächen auf einer zweiten großen Platte ruhen. Diese liegt auf einem Kissen, das der Kranke auf seinen Knien hält. Jede der beiden Platten ist mit einem Pol des Diathermieapparates verbunden. Da bei dieser Elektrodenanordnung der ganze Strom die beiden Sprunggelenke mit ihrem verhältnismäßig kleinen Querschnitt passieren muß, so wird sich hier sehr bald eine übermäßige Erwärmung bemerkbar machen. Bordier unterbricht deshalb nach der halben Behandlungszeit die Sitzung, läßt die Unterschenkel auf einer Unterlage ausstrecken und legt die Fußplatte für den Rest der Sitzung unter die Waden.

Die Methode von Bergonié.

Bergonié benützt zur allgemeinen Diathermie einen Elektrodenstuhl, auf welchem der Patient entkleidet Platz nimmt. Dieser Stuhl ist demjenigen ähnlich, den er für seine Entfettungskur vorgeschlagen hat. Er besitzt die Form eines niedrigen Fauteuils, dessen Rücken- und Sitzfläche aus je einer großen Messingplatte bestehen, die

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

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

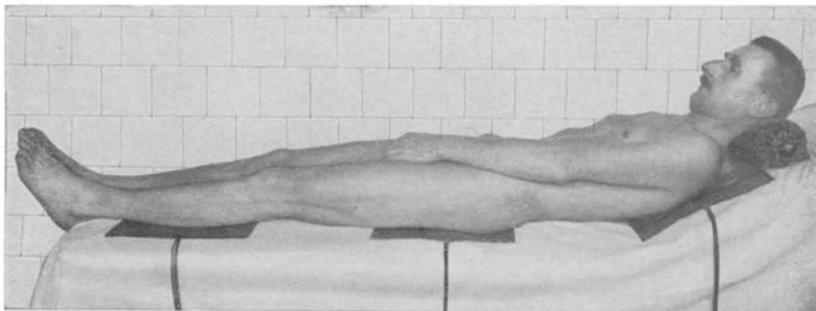


Abb. 69. Allgemeindiathermie. II. Methode (Dreiplattenmethode nach Kowarschik).

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 Polyarthrit und Polyneuritis, bei chronischen Myalgien u. dgl.

Die allgemeine Diathermie auf dem Kondensatorbett.

Das Kondensatorbett wurde von Apostoli in die Hochfrequenztherapie eingeführt und von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall für die Zwecke der Diathermie verbessert (Abb. 70). Ein gleiches Modell wird auch von der Firma Watson & Sons in den Handel gebracht. Es ist ein aus Holz gefertigtes 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, sog. Verschiebungsströme zustande kommen, konnte Schittenhelm im Tierversuch zeigen. Einem auf das Kondensatorbett aufgebundenen Hunde wurde eine nadelförmige Elektrode mit glasisoliertem Handgriff bei gestrecktem Kopf in die Speiseröhre eingeführt und eine ebensolche etwa 15 cm hoch in den Mastdarm geschoben. Ein Ampere-meter, 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

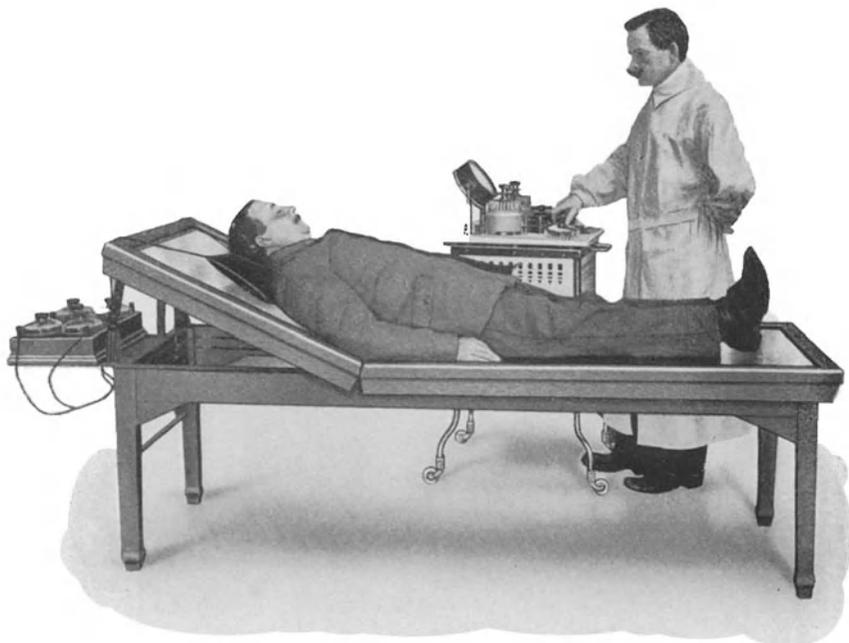


Abb. 70. Allgemeindiathermie auf dem Kondensatorbett von Reiniger, Gebbert & Schall.

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 Beherrigung empfohlen haben.

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 sog. Foucaultsche oder Wirbelströme, die sich in Wärme umsetzen. Allerdings ist das Induktionsvermögen des menschlichen Körpers ein außerordentlich geringes. Sollten die Induktionsströme wirklich eine Erhöhung der Körpertemperatur bewirken, so ist diese sicherlich so minimal, daß sie jeder praktischen Bedeutung entbehrt. Ich selbst konnte auch bei einer Stromstärke von 10 Ampere nach Ablauf von 20 Minuten mit einem gewöhnlichen Fieberthermometer eine Temperatursteigerung nicht nachweisen, auch wurde mir niemals von einem Patienten ein Wärmegefühl angegeben. Ich kann darum nicht begreifen, daß die Autokonduktion von einzelnen Autoren noch immer als eine Methode der allgemeinen Diathermie aufgezählt wird. Meiner Überzeugung nach könnte man in der Elektrotherapie auf sie überhaupt verzichten. 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 soweit 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 wohl das „Brummen“ des Transformators, 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 die Elektroden mittels der Einstellschraube zunächst zur metallischen Berührung bringen, um sie dann durch langsames Zurückdrehen der Schraube so weit voneinander zu entfernen, daß ein Funkenspiel einsetzt. Bei den Apparaten von Siemens & Halske und anderen Firmen, deren 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 gröberen 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 einmal richtig 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, wobei gleichzeitig der Zeiger des Amperemeters unruhig auf und ab pendelt.

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. 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 (1 und 2) 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 sog. Lichtbogens kommen, der bei dem Kranken das Gefühl des Faradisierens oder Muskelzuckungen erzeugt.

Anderen Ursprunges 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 (s. S. 60). Es ist aber auch möglich, daß die Stromdichte an irgendeiner Stelle zu groß ist, was am häufigsten an den Kanten oder Ecken der Elektrode vorkommt. Ist das Brennen über die ganze Fläche der Elektrode verbreitet, dann ist die Stromstärke im allgemeinen zu hoch und muß verringert werden.

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. Ich möchte glauben, daß die Gefahr bei der Diathermie keine wesentlich größere ist als bei den aufgezählten Verfahren, unter der Voraussetzung, daß der Therapeut die Technik vollkommen beherrscht, was leider nicht immer der Fall ist. Schwere Schädigungen durch die Diathermie sind mit Ausnahme eines Falles, über den Hall¹⁾ berichtet, bisher in der Literatur nicht bekannt geworden, obwohl die Methode seit mehr als 15 Jahren geübt wird und Hunderte von Apparaten in Betrieb sind, die nicht immer in sehr verständnisvoller Weise gehandhabt werden.

Verbrennungen kommen am leichtesten dadurch zustande, daß die Klemme, welche die Elektrode faßt, während des Stromdurchganges von dieser abgleitet, worauf ich bereits an anderer Stelle (S. 55) aufmerksam gemacht habe, oder auch dadurch, daß der Patient die Elektrode während der Behandlung abhebt. Hat man den Kranken darüber unterrichtet, daß er jedes unangenehme Brennen oder Stechen dem Arzt sofort mitzuteilen habe, so werden sich Verbrennungen durch schlechten Kontakt der Elektroden oder durch lokale Überhitzungen vermeiden lassen. Dagegen möchte ich es nicht unterlassen, auf die Gefahr hinzuweisen, die durch den Bruch eines Kabels droht, der unter der Gummiisolierung nicht sofort bemerkt wird und der sich am häufigsten dort einstellt, wo die Elektrodenklemme mit dem Kabel verbunden ist. An der Bruchstelle kommt es bei losem Kontakt der Bruchenden infolge des hohen Übergangswiderstandes leicht zu einer Überhitzung, die so weit gehen kann, daß selbst die Gummihülle des Kabels sich entzündet. Und ich habe es einmal erlebt, daß auf diese Weise die Kleider einer Patientin Feuer fingen. Durch rasche Hilfe konnte ein weiterer Schaden verhütet werden. Solche Zufälle, die sich natürlich überall ereignen können, wo man mit Stromstärken von einigen Amperen arbeitet, mahnen zur Vorsicht. Sie zeigen, wie notwendig es ist, den Patienten andauernd zu überwachen und nicht allein zu lassen.

Die Verbrennungen durch Diathermie sind, wenn man von dem ersten Moment ihrer Entstehung absieht, im weiteren Verlauf durch ihre auffallende Schmerzlosigkeit charakterisiert. Bei Verbrennungen dritten Grades erscheint die Haut pergamentartig trocken, die reaktiven entzündlichen Erscheinungen in der Umgebung sind sehr gering. Dementsprechend dauert auch die Abstoßung des nekrotischen Gewebes und die Vernarbung des Defektes sehr lange.

Man hat bei der Diathermie vielfach die Möglichkeit einer Tiefenverbrennung erörtert. Wie steht es nun damit? Ist es nicht denkbar, daß bei der Tiefenwirkung der Diathermie eine Schädigung der unter der Haut liegenden Gewebe zustande kommen könnte, ohne daß an

¹⁾ 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.

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 die meisten 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. Nur in ganz seltenen Fällen ist die Erwärmung in der Tiefe tatsächlich größer als die der Haut. Das ist der Fall bei der Erwärmung der Hand- und Sprunggelenke nach der auf S. 128 und S. 131 beschriebenen Methoden. Infolge der Querschnittverengung im Verlaufe der Strombahn kommt es hier zu einem Zusammendrängen der Stromlinien, wobei die tiefer liegenden Knochen und Gelenksteile sich einerseits wegen ihres höheren Widerstandes, andererseits wegen der geringeren Möglichkeit einer Abkühlung stärker erwärmen als die Haut. In diesem Fall 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 eines Kranken als ein schmerzhaftes Ziehen, von anderen wieder als Zusammenschnüren oder Zusammenpressen, kaum jemals aber als ein Hitzegefühl beschrieben wird, was wohl darin seine Erklärung hat, daß die tiefer liegenden Teile, Knochen, Periost, Faszien u. dgl. keine temperaturempfindenden Nerven haben und eine drohende Schädigung daher nur mit einer Schmerzempfindung beantworten können. Die beschriebenen schmerzhaften Sensationen sind charakteristisch für eine zu intensive Tiefenwirkung des Stromes, sie sind ein Warnungssignal, das uns auffordert, die Stromstärke herabzusetzen. Tun wir das, so verschwinden sie augenblicklich.

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 sensiblen und motorischen 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 Bewegungsnerven, 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 unfühlerbar 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 einer genügend klaren 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:

¹⁾ W. Nernst: Zur Theorie des elektrischen Reizes. Berlin: Julius Springer. Derselbe: In Borutttau - Manns Handbuch der gesamten medizinischen Anwendungen der Elektrizität. Bd. 1, S. 225. Leipzig: W. Klinkhardt.

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. 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 Abb. 71 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.

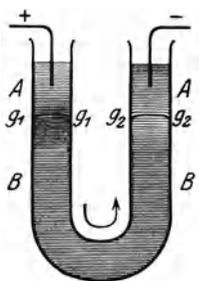


Abb. 71.

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 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 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.

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_2 (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:

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

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 Nernst'schen 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 dürfte die Abweichung von dem Nernst'schen 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.

Die in die Augen springendste Wirkung der Diathermie ist zweifellos die Erwärmung, die Temperaturerhöhung, welche das vom Strom durchsetzte Gewebe erfährt. Diese Erwärmung ist, abgesehen von äußeren Bedingungen wie Stromstärke und Elektrodengröße, hauptsächlich von

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

zwei Faktoren abhängig, einerseits von dem Widerstand des Gewebes, andererseits von der Stärke seiner Durchblutung. Diese beiden Faktoren wollen wir nun etwas eingehender besprechen.

Der Einfluß des elektrischen Widerstandes. 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 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 S. 68 auseinandergesetzt wurde. Ebenso wenig besteht die Annahme zu Recht, daß bei der Längsdurchströmung diese Reihenfolge die umgekehrte sei, weil in diesem Fall eine Parallelschaltung vorliege. 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.

Gleichstrom- und Wechselstromwiderstand. Der Widerstand, den ein Leiter dem elektrischen Strom entgegensetzt, ist in erster Linie abhängig von seiner materiellen Beschaffenheit. So leitet unter ganz gleichen Bedingungen Silber den Strom besser als Kupfer, dieses leitet besser als Eisen usw. Um die Verschiedenheit des Leitvermögens, die in der Natur des Leiters begründet ist, zum Ausdruck zu bringen und so das Leitvermögen der einzelnen Körper miteinander vergleichen zu können, hat man den Begriff des spezifischen Widerstandes geschaffen. Wir verstehen darunter den Widerstand, ausgedrückt in Ohm, den ein Körper in Gestalt eines Leiters von 1 cm² Querschnitt und 1 cm Länge dem Strom bietet.

Wir wissen, daß, abgesehen von seiner spezifischen Natur, der Widerstand eines Leiters noch weiterhin bestimmt wird von seiner Länge und von seinem Querschnitt, und zwar nimmt er mit der Länge in einem geraden Verhältnis zu und mit dem Querschnitt in ebendemselben Verhältnis ab. Fassen wir das Gesagte zusammen, so ergibt sich: Der Widerstand eines Leiters ist direkt proportional seinem spezifischen Widerstand (σ) und seiner Länge (l) und umgekehrt proportional seinem Querschnitt (q):

$$W = \sigma \frac{l}{q}.$$

Soweit sind uns die Verhältnisse allgemein geläufig. Mit diesen Kenntnissen aber werden wir nicht unser Auslangen finden, wenn wir das Verhalten des menschlichen Körpers und seiner Gewebe gegenüber den Hochfrequenzströmen untersuchen und verstehen wollen. Wenn wir nicht den größten Irrtümern unterliegen wollen, so müssen wir uns zunächst von der Vorstellung freimachen, daß der menschliche Körper ein gewöhnlicher Ohmscher Widerstand ist, der durch die drei oben angeführten Größen (spezifischer Widerstand, Länge und Querschnitt) definiert und durch einen in Ohm ausgedrückten Wert absolut festgelegt werden kann. Dem ist nicht so. Es hat sich vielmehr gezeigt, daß der Widerstand des menschlichen Körpers und seiner Gewebe die allerverschiedensten Werte ergibt, je nachdem er mit Gleichstrom oder Wechselstrom, mit Wechselstrom von niederer oder hoher Frequenz, mit Strömen von niederer oder hoher Spannung gemessen wird. Es würde natürlich zu weit führen, diese äußerst interessanten, aber ebenso komplizierten Verhältnisse hier in extenso darzulegen. Wir müssen uns darauf beschränken, einige der wichtigsten Punkte herauszugreifen, die für die Erwärmung bei der Diathermie von Bedeutung sind und die bisher so gut wie vollkommen vernachlässigt wurden. Im übrigen verweise ich auf die grundlegenden Arbeiten von Gilde-meister¹⁾ sowie von Dowse und Iredell²⁾, auf die ich mich im nachfolgenden stütze.

Wir gehen zunächst von zwei Tatsachen aus, die eine ist die, daß der Widerstand des menschlichen Körpers gegen Gleichstrom wesentlich höher ist als gegen Wechselstrom, die andere, daß der Widerstand gegenüber Wechselstrom von der Frequenz desselben abhängt, daß er gegen niederfrequenten Wechselstrom größer ist als gegen hochfrequenten. Wie ist das zu erklären?

Gildemeister hat gezeigt, daß der hohe Widerstand des menschlichen Körpers gegenüber dem Gleichstrom durch Polarisation bedingt wird. Wie wir seit Peltier (1834) wissen, ist auch das tierische Gewebe polarisierbar, d. h. ein durch dasselbe hindurchfließender Gleichstrom erzeugt in ihm elektromotorische Kräfte, die seiner eigenen elektromotorischen Kraft entgegengerichtet sind. Dadurch wird diese Kraft geschwächt, es fließt infolgedessen weniger Strom durch das Gewebe,

¹⁾ Gildemeister: Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 149, S. 389. 1912; Bd. 176, H. 1/2, S. 84; Bd. 195, H. 1/2, S. 112; Elektrotechn. Zeitschr. 1919. H. 38.

²⁾ Dowse und Iredell: Arch. of radiol. a. electrotherapy. Juli 1920. S. 34.

was den Anschein erweckt, als ob der Widerstand desselben ein sehr hoher wäre. Die im Organismus wirksamen Polarisationskräfte sind ihrer Art nach ganz die gleichen, wie sie an den Elektroden eines Voltaelementes, bestehend aus Kupfer und Zink in verdünnter Schwefelsäure, beobachtet werden und die bewirken, daß die elektromotorische Kraft eines solchen Elementes in kurzer Zeit sinkt.

Den Grund der Polarisation sieht Gildemeister in jenen Konzentrationsänderungen, die nach der Theorie von Nernst (S. 83) an den Zellmembranen zustande kommen. Durch sie entstehen Konzentrationsketten, deren Spannung der des Meßstroms entgegenwirkt. Diese Konzentrationsverschiebungen sind, wie wir im vorigen Abschnitt gesehen haben, am größten, wenn die elektromotorische Kraft andauernd in derselben Richtung wirkt, also beim Gleichstrom. Zwar sind sie auch beim Wechselstrom niederer Frequenz noch merkbar, sie werden aber um so geringer, je höher die Frequenz des Stromes steigt. Das ist auch die Ursache, weshalb der Widerstand des Körpers mit steigender Frequenz

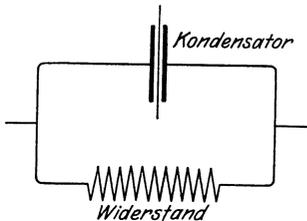


Abb. 72. Schema des Hautwiderstandes.

des Stromes abnimmt. Die Polarisation hat ihren Sitz vornehmlich in der Haut und daraus erklärt sich, daß es vor allem die Haut ist, die gegen Gleichstrom einen so hohen Widerstand zeigt und weiters, daß dieser Hautwiderstand gegen Hochfrequenzstrom ein auffallend niedriger ist, mit welchen Tatsachen wir uns noch später eingehender beschäftigen müssen.

Wollen wir aber das Verhalten des menschlichen Körpers gegen die Diathermieströme richtig werten, so müssen wir noch etwas anderes im Auge be-

halten. Der Körper besitzt Wechselstrom gegenüber eine gewisse Kapazität, d. h. er verhält sich ihnen gegenüber wie ein Kondensator. Haben wir einen Stromkreis, bestehend aus Ohmschem Widerstand und einem in Reihe geschalteten Kondensator, so wird durch letzteren der Widerstand des ganzen Kreises einem Wechselstrom gegenüber herabgesetzt, und zwar um so mehr, je größer die Kapazität des Kondensators und je höher die Frequenz des Wechselstromes ist. Das ist eine physikalische Tatsache, auf deren Erklärung hier nicht näher eingegangen werden kann. Nach Dowse und Iredell haben wir uns vorzustellen, daß der Haut eine solche Kondensatorwirkung zukommt. Auf der einen Seite bedeckt von dem gut leitenden Metall der Elektrode und auf der anderen begrenzt durch eine gut leitende Muskelschicht, können wir sie gleichsam als das Dielektrikum eines Kondensators betrachten. Allerdings ist dieses Dielektrikum ein sehr unvollkommenes, denn es läßt nicht nur Wechselstrom, sondern auch Gleichstrom passieren, was ein vollkommenes Dielektrikum nicht tut. Wir müssen, wollen wir bei dem Kondensatorbild bleiben, unsere Vorstellung noch dahin ergänzen, daß wir uns parallel zu dem Kondensator einen Ohmschen Widerstand geschaltet denken (Abb. 72). Für die Erwärmung der Haut kommt nur jener Stromanteil in Betracht, der durch den Ohm-

schen Widerstand fließt, nicht jener, der auf kapazitivem Weg in den Körper übergeht.

Damit wollen wir unsere theoretischen Betrachtungen schließen, wir wollen nicht darauf eingehen, daß nach Gilde meister die Kapazität der Haut nicht eine elektrostatische, sondern eine Polarisationskapazität ist, daß zu dieser unter gewissen Umständen noch eine elektrostatische Kapazität treten kann usw. Das würde uns an dieser Stelle zu weit führen. Die gegebenen Ausführungen mögen nur zeigen, daß es nicht angeht, den Körper als einen gewöhnlichen Ohmschen Widerstand zu betrachten, und daß es vor allem unzulässig ist, unsere alte Vorstellung von dem hohen Widerstand, den die Haut gegenüber Gleichstrom zeigt, ohne weiteres auch auf die Hochfrequenzströme anzuwenden. Die nachfolgenden experimentellen Untersuchungen werden uns über die Richtigkeit dieser Anschauung belehren.

Die Messung des Hochfrequenzwiderstandes von Wildermuth. Wildermuth suchte den Widerstand der einzelnen Gewebe an der Leiche zu bestimmen, und zwar aus dem Grad der Erwärmung, den dieselben bei Hindurchleitung eines Diathermiestromes erfahren. Nach dem Jouleschen Gesetz muß diese Erwärmung in einem direkten Verhältnis zu dem Widerstand stehen. Wildermuth kam dabei zu folgenden Resultaten:

Setzt man den Widerstand einer 0,5%igen chemisch reinen Kochsalzlösung bei 18° C = 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

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 Isclator 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.

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

Auffallend niedrig sind die Widerstandswerte, welche Wildermuth für die Haut findet. Er selbst sucht dieses Ergebnis 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 wiederersetzte Wasserverlust durch Verdunstung den Widerstand eher erhöht als herabsetzt. Und das dürfte auch wohl so sein. Wenn Wildermuth trotzdem den Widerstand nur doppelt so hoch findet als den des Muskels, so entspricht dies eben den tatsächlichen Verhältnissen und wir wollen dafür gleich weitere Beweise erbringen.

Die Messung des Hochfrequenzwiderstandes von Dowse und Iredell. Eigene Untersuchungen. Dowse und Iredell bestimmten den Widerstand verschiedener Körperteile nach der sog. Substitutionsmethode. Sie schickten einen Diathermiestrom von ganz bestimmter Stärke durch einen Körperabschnitt, dessen Widerstand gemessen werden sollte, sagen wir z. B. von Hand zu Hand. Nun wurde, ohne daß an der Einstellung, d. h. an der Spannung des Apparates irgend etwas geändert wurde, mit Hilfe eines Umschalters an Stelle des Körpers ein Flüssigkeitswiderstand in den Stromkreis des Diathermieapparates gelegt. Dowse und Iredell benützten hierzu eine Kupfersulfatlösung, welche in ein Glasrohr eingeschlossen war. In die Lösung tauchten an beiden Enden des Rohres je eine Kupferelektrode, von denen die eine fix, die andere beweglich war. Durch Verschieben der letzteren konnte die Länge der eingeschalteten Flüssigkeitssäule so geändert werden, bis das Amperemeter den gleichen Ausschlag zeigte wie bei der Durchströmung des Körpers. War dies der Fall, dann mußte nach dem Ohmschen Gesetz (bei gleicher Spannung und gleicher Stromstärke) auch der Körperwiderstand gleich dem eingeschalteten Flüssigkeitswiderstand sein. Der letztere aber war leicht durch Gleichstrom zu ermitteln oder war schon früher für eine bestimmte Flüssigkeitslänge festgelegt worden.

Auf diese Weise fanden die genannten Autoren, daß der Widerstand von Hand zu Hand, wenn man in diesen zwei zylindrische Metallelektroden hält, bei verschiedenen Personen zwischen 450—650 Ohm schwankt. Ich habe, um ein Vergleichsmaß zu erhalten, unter denselben Bedingungen den Gleichstromwiderstand bei verschiedenen Personen gemessen. Er betrug bei einer Meßspannung von 14 Volt durchschnittlich 7000—8000 Ohm, also mehr als zehnmal soviel wie bei der Diathermie.

Dowse und Iredell konnten weiterhin die auffallende Tatsache feststellen, daß es bei der Diathermie auf die Größe des gefundenen Widerstandes ohne Einfluß ist, ob man die Elektroden in die trockenen Hände nimmt oder ob man diese vorher in Kochsalzlösung taucht. Der Feuchtigkeitsgehalt der Haut spielt also für den Leitungswiderstand gegenüber den Hochfrequenzströmen keine Rolle.

Die nachfolgenden, von mir ausgeführten Versuche, die jederzeit ohne besondere Behelfe wiederholt werden können, bestätigen ganz das gleiche. Eine Versuchsperson nimmt zwei zylindrische Metallelektroden in die Hände, mit deren Hilfe man einen galvanischen Strom von 4 MA durch den Körper schiekt. Dann legt die betreffende Person, ohne daß der Apparat abgestellt wird, ohne daß also an der Spannung desselben etwas geändert wird, die Elektroden beiseite, wäscht sich die Hände und ergreift mit den noch feuchten Händen neuerdings die Elektroden. Sofort schnellt der Zeiger des Galvanometers auf 10 MA hinauf. Die Stromstärke steigt also um 6 MA, was nur dadurch erklärbar ist, daß der Widerstand in demselben Maße, das ist in unserem Fall um mehr als die Hälfte gesunken ist. Wiederholt man nun das Experiment in ganz gleicher Weise mit einem Diathermiestrom von sagen wir 400 MA, so findet man, daß sich an der Stromstärke gar nichts ändert, ob man die Elektroden mit trockenen oder feuchten Händen hält. Der Gleichstromwiderstand wird also durch das Anfeuchten der Haut wesentlich vermindert, nicht aber der Hochfrequenzwiderstand.

Es ist daher auch die Annahme, daß man vor dem Auflegen der Elektroden die Haut anfeuchten müsse, um ihren Widerstand herabzusetzen, falsch. Das Anfeuchten hat vielmehr einzig und allein den Zweck, einen guten Kontakt zwischen Haut und Elektrode zu vermitteln, jede Luftzwischen-schicht zu verdrängen, um so dem Strom einen kontinuierlichen Übergang ohne Funkenbildung zu ermöglichen. Man kann an Stelle von Wasser, wie ich mich überzeugt habe, ebensogut eine nichtleitende Substanz, wie z. B. Vaseline, verwenden und man wird ganz den gleichen Effekt erzielen. Die Leitfähigkeit des Bindemittels spielt im Gegensatz zum Gleichstrom für den Diathermiestrom gar keine Rolle. Wiederholt man den oben angeführten Versuch, indem man statt die Hände anzufeuchten, sie mit einer dicken Vaseline-schicht bedeckt, so wird dadurch der Widerstand für den Gleichstrom bedeutend erhöht und die ursprünglich eingestellte Stromstärke geht um ein Beträchtliches zurück. Der gleiche Versuch mit einem Diathermiestrom ausgeführt, ändert an der Stromstärke gar nichts. Es ist also gar kein Zweifel, daß sich die Haut dem Diathermiestrom gegenüber anders verhält als gegenüber Gleichstrom. Das sollen auch die folgenden Versuche zeigen.

Dowse und Iredell fanden bei einer Versuchsperson, die in beiden Händen Zylinderelektroden hielt, einen Widerstand von 526 Ohm, wenn die Arme gestreckt waren. Wurden diese jedoch gebeugt, so sank der Widerstand auf 440 Ohm.

Ein zweiter Versuch. Eine Person hielt in der einen Hand eine Zylinderelektrode, während eine zweite Elektrode in Form einer Metallplatte an der Beugeseite des Oberarmes befestigt war. Die Messung ergab einen Widerstand von 260 Ohm, im Fall der Vorderarm gestreckt war. Ließ man den Vorderarm gegen den Oberarm bis zu einem rechten Winkel beugen, so verminderte sich der Widerstand auf 230 Ohm. Ließ man die Beugung bis zum Maximum fortsetzen, so sank der Widerstand bis auf 216 Ohm.

Ganz die gleiche Erscheinung beobachtet man, wenn man die Spitze eines Zeigefingers in eine Salzlösung taucht und die zweite Elektrode um das Handgelenk anlegt. Der Widerstand beträgt in gestreckter Stellung des Fingers 390 Ohm, fällt bei rechtwinkliger Beugung auf 380 Ohm und erreicht bei voller Flexion ein Minimum von 310 Ohm.

In allen angeführten Fällen zeigt sich also ganz das gleiche, eine merkliche Widerstandsabnahme, wenn das anfangs gestreckte Gelenk während des Versuches gebeugt wird, obwohl das zwischen den Elektroden liegende Körperstück dasselbe bleibt. Die Erklärung hierfür liegt wohl darin, daß durch die Beugung der Gelenke dem Strom die Möglichkeit geboten wird, an der Innenseite der nun bogenförmigen oder winkelig geknickten Bahn, dort, wo die großen Gefäße liegen, den Weg abzukürzen. Würde die Haut den Hauptteil des Widerstandes ausmachen, wie das für den galvanischen Strom gilt, so könnte auf diese Weise nie eine merkliche Veränderung des Widerstandes zustande kommen. Und in der Tat fällt auch bei Verwendung eines galvanischen Stromes das Experiment negativ aus. Es ist damit gleichfalls erwiesen, daß der Hochfrequenzwiderstand der Haut gegenüber dem der anderen Körpergewebe nicht entscheidend ins Gewicht fällt.

Noch überzeugender ist der nachfolgende von mir ausgeführte Versuch. Man bringt auf die Dorsalfläche beider Hände ovale, etwa 50 cm² große Bleielektroden und schickt so einen Gleichstrom von 3 MA durch beide Arme. Legt man dann die gut angefeuchteten Palmarflächen beider Hände aneinander, so ändert sich an der Stromstärke gar nichts, obwohl nunmehr der Strom die Möglichkeit hätte, quer durch beide Hände auf kürzestem Weg von einer Elektrode zur anderen zu gehen. Er tut das nicht, denn würde auch nur ein Teil des Stromes diesen neuen Weg wählen, so müßte das sofort in einem Steigen der Stromstärke zum Ausdruck kommen. Der Strom geht vielmehr nach wie vor durch die ganze Länge der Arme und quer durch den Körper, er macht also einen weiten Umweg, statt direkt die Hände zu durchsetzen. Der Grund ist der, daß er in letzterem Fall viermal statt zweimal den hohen Hautwiderstand überwinden müßte. Machen wir den gleichen Versuch mit einem Diathermiestrom. Wir legen die Elektroden wie früher auf die Rückfläche der Hände und schalten einen Strom von 300 MA ein, dann bringen wir die Handflächen zur gegenseitigen Berührung. Sofort steigt der Strom auf 1800 MA, also auf das 6fache. Der Widerstand der doppelt dicken Hautschicht der Handflächen ist für den Diathermiestrom bedeutungslos, er ist für ihn auf jeden Fall

viel kleiner als der Widerstand, den er auf dem Wege durch die Muskulatur der Arme zu überwinden hätte.

Damit ist wohl zur Genüge erwiesen, daß der Hautwiderstand für den Diathermiestrom ein verhältnismäßig geringer ist. Und das ist ein glücklicher Umstand. Denn wäre das nicht der Fall, dann würde wahrscheinlich eine Tiefendurchwärmung und damit eine Diathermie überhaupt nicht möglich sein. Nehmen wir an, daß der Widerstand der Haut gegenüber dem der anderen Weichteile bei der Diathermie nur annähernd so groß wäre wie bei der Galvanisation, so müßte nach dem Jouleschen Gesetz auch die Erwärmung der Haut eine dementsprechend größere sein. Die Haut würde infolgedessen schon in einem Zeitpunkt überhitzt sein, wo die anderen tiefer liegenden Teile noch kaum eine merkliche Temperaturerhöhung erfahren haben.

Temperaturmessungen am Menschen. Über die Temperaturen, welche durch die Diathermie im Innern des Körpers zustande kommen, sind wir heute noch wenig unterrichtet, weil aus begreiflichen Gründen hierüber noch wenig direkte Messungen vorliegen.

Grunspan und Levère, die ihre Messungen mit Thermonadeln vornahmen, haben bei ihren Versuchen gefunden, daß die Haut eine Erwärmung bis zu $40,5^{\circ}\text{C}$ klaglos verträgt. Darüber hinaus tritt ein unangenehmes Gefühl von Brennen auf, das die Untersucher zwang, mit der Stromstärke zurückzugehen. Bei Versuchen an Kaninchen wurden bereits bei einer Temperatur von 42°C subkutane Koagulationen, die sich bis in die Muskulatur erstreckten, beobachtet. Die von Grunspan und Levère gefundenen Schädigungsgrenzen erscheinen sehr niedrig und Bordier meint, daß bei günstigeren Versuchsbedingungen, insbesondere bei vollkommen gutem Kontakt der Elektroden mit der Haut auch höhere Temperaturen erreicht werden könnten. Das ist nicht unwahrscheinlich, denn Santos konnte z. B. feststellen, daß Temperaturen von 45°C von der Harnröhrenschleimhaut eine Stunde lang und darüber ohne Gefahr getragen wurden.

Wir wollen im folgenden noch einige Temperaturbefunde der Haut anführen, wie sie sich bei therapeutischen Anwendungen der Diathermie ergaben. Diathermiert man einen Arm oder ein Bein der Länge nach, so tritt, wie allgemein bekannt, die stärkere Erwärmung an der Beuge- seite der Extremität auf. Das rührt daher, weil hier die großen Blut- gefäße verlaufen, die infolge ihres guten Leitvermögens einen großen Teil des Stromes aufnehmen. Ist diese ungleichmäßige Erwärmung schon in der Streckstellung der Extremität merkbar, so ist sie um so ausgesprochener, je mehr die Gelenke gebeugt werden. Einige Messungen von Bordier sollen das illustrieren. Leitet man einen Strom von 500 MA von einer Hand zur anderen, so ergibt sich nach 10 Minuten bei gestrecktem Vorderarm ein Temperaturanstieg

an der Vorderseite des Ellbogengelenkes . . . um $3,6^{\circ}\text{C}$	} Differenz $0,9^{\circ}\text{C}$
an der Rückseite des Ellbogengelenkes . . . um $2,7^{\circ}\text{C}$	

Wiederholt man den Versuch unter gleichen Bedingungen nur mit dem Unterschied, daß man während der Durchwärmung das Ellbogen- gelenk gebeugt hält, so ist der Temperaturunterschied wesentlich größer. Die Temperaturerhöhung beträgt

an der Vorderseite des Ellbogengelenkes $5,0^{\circ}\text{C}$	} Differenz $3,1^{\circ}\text{C}$
an der Rückseite des Ellbogengelenkes $1,9^{\circ}\text{C}$	

Wie schon die Untersuchungen von Dowse und Iredell (S. 91) vermuten ließen, legt sich der Strom bei gebeugter Extremität vornehmlich auf die kürzere Innenseite der Bahn, wobei ihm die Gefäße einen willkommenen Weg bieten. Ganz analoge Beobachtungen wie am Ellbogengelenk kann man am Hand- oder Kniegelenk anstellen, wenn man die Hauttemperatur einmal bei Beuge-, einmal bei Streckstellung des Gelenkes mißt.

Fürstenberg und Schemel untersuchten den Anstieg der Temperatur im Innern des Magens bei einer Durchwärmung desselben mit zwei großen Elektroden (20×30 cm), von denen eine über dem Epigastrium, die andere an der 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

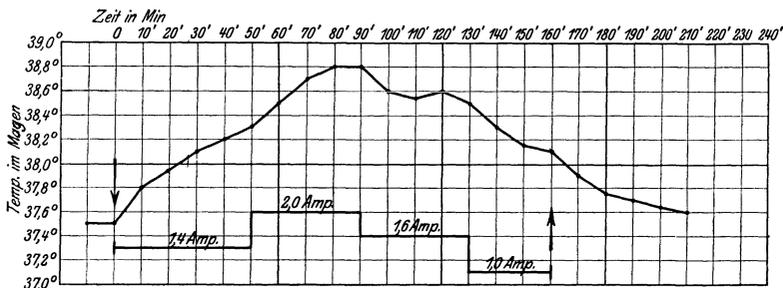


Abb. 73. Verhalten der Temperatur im Mageninnern bei der Diathermie (nach Lüd in).

verschiedenen Temperaturen verändert. Diese Widerstandsänderungen werden durch ein Millivoltmeter fortlaufend selbsttätig registriert.

Bei der Verwendung einer Stromstärke von 0,3 Ampere konnten Fürstenberg und Schemel im Mageninnern einen Temperaturanstieg um 0,3° C erzielen, während eine Stromstärke von 2 Ampere nur einen Anstieg von 0,1° C ergab. Analoge Versuche am lebenden Hund ergaben das gleiche Resultat. Der gemessene Temperaturanstieg war höher bei kleinerer und niedriger bei größerer Stromstärke.

Fürstenberg und Schemel suchten dieses paradoxe Versuchsergebnis durch einen biologischen Reflexvorgang zu erklären. Bei der Verwendung einer größeren Stromstärke wird die Haut wesentlich stärker erhitzt. Es werden in diesem Fall auch die von der Haut ausgelösten Abwehrreflexe in höherem Maße erregt werden. Das gilt insbesondere von der reaktiven Hyperämie, durch welche eine Verschleppung der Wärme und damit eine Kühlung veranlaßt wird. Bei geringerer Stärke schleicht sich der Strom gleichsam in den Körper ein, ohne jene Gefäßreflexe zu wecken, welche seine Wirkung sofort paralysieren.

Diese nicht ganz befriedigende Erklärung war für Lüd in die Veranlassung, die Sache nochmals zu prüfen. Er arbeitete nach ganz der

gleichen Methode unter Verwendung einer Elektrodengröße von 12×20 cm. Einer seiner Versuche sei hier an Hand einer Kurve wiedergegeben (Abb. 73).

Wie man sieht, steigt die Temperatur in den ersten 10 Minuten von $37,5^{\circ}\text{C}$ auf $37,8^{\circ}\text{C}$, in den folgenden 40 Minuten allmählich auf $38,3^{\circ}\text{C}$. Bei 2 Ampere erhebt sich die Temperatur auf $38,8^{\circ}\text{C}$. Da der Patient die Wärme unangenehm empfindet, wird die Stromstärke vermindert. Gleichzeitig damit fällt die Temperatur auf $38,5^{\circ}\text{C}$, um bei weiterer Verminderung der Stromstärke auf $38,1^{\circ}\text{C}$ zu sinken.

Die Temperatur im Mageninnern steigt also im Gegensatz zu den Versuchen von Fürstenberg und Schemel ganz parallel der Stromstärke. Die von Lüdin durch Diathermie erzielte Höchststeigerung der Temperatur betrug $2,1^{\circ}\text{C}$ im Verlaufe einer Stunde. Sie war höher als diejenige, die durch Kataplasmen ($1,0^{\circ}\text{C}$) oder diejenige, die durch Thermophore ($0,8^{\circ}\text{C}$) erreicht werden konnte.

Der Einfluß der Blutbewegung. Wird durch die verschiedenen Widerstände der Gewebe ein Unterschied in der Erwärmung geschaffen, so wird dieser zum Teil wieder ausgeglichen durch die Blutzirkulation. Der Einfluß derselben ist um so größer, als durch die Diathermie selbst eine Hyperämie erzeugt wird, das ist eine Vermehrung und Beschleunigung des Blutstromes. Dieser wirkt gleich einem Kühlstrom. Mit einer Temperatur, die niedriger ist als die des durchwärmten Körperteiles, tritt er in diesen ein, um ihn mit Wärme beladen wieder zu verlassen. Die Blutzirkulation bedingt so eine Verschleppung der an Ort und Stelle erzeugten Wärme, sie sucht die örtliche Anhäufung der Wärme zu verhindern. Ihr Einfluß ist somit ein nivellierender.

Daß die Blutbewegung der lokalen Erwärmung entgegenwirkt, ersehen wir auch aus Beobachtungen, die wir in der täglichen Praxis machen. Ein Organ oder Gewebe erwärmt sich bei gleicher Stromstärke um so weniger, je ausgiebiger seine Durchblutung ist, oder dasselbe mit anderen Worten ausgedrückt: Ein Organ oder Gewebe verträgt um so mehr Strom, je besser und reichlicher es von Blutgefäßen versorgt ist. Wir haben schon bei der Dosierung des Diathermiestromes darauf hingewiesen, daß die Schleimhaut des Rektums und der Vagina auffallend hohe Stromdosen schadlos verträgt. Mag auch der geringere Widerstand der Schleimhaut gegenüber dem der Haut dabei eine Rolle spielen, so ist es doch in erster Linie der Reichtum an Blutgefäßen, den die Beckenorgane aufweisen, der uns das verständlich macht.

Eine Beobachtung, die Bordier mitteilt, wird das in besonderer Weise veranschaulichen. Führt man in das Rektum als Elektrode eine Metallbougie von Hegar in der Größe Nr. 18 ein und legt auf den Bauch eine große Bleiplatte, so kann man auf diese Weise einen Strom von 1,5—2,0 Ampere zur Anwendung bringen, ohne daß der Patient über ein unangenehmes Hitzegefühl klagt. Im Verhältnis zur Oberfläche der Elektrode ist diese Stromstärke enorm groß. Entfernt man nach 20 Minuten die Elektrode aus dem Rektum und führt unmittelbar darauf ein Thermometer ein, so konstatiert man eine Temperaturerhöhung, die kaum 1°C beträgt. Der größte Teil der erzeugten Wärme ist durch den Blutstrom entführt worden. Ein Beweis dessen ist das allgemeine

Wärmegefühl, ja nicht selten der Schweißausbruch, der nach einer solchen Durchwärmung auftritt.

Als Gegenstück zu dieser Beobachtung zeigt uns die klinische Erfahrung, wie schlecht im allgemeinen dicke Leute den Diathermiestrom vertragen. Das blutarme Fettgewebe überhitzt sich sehr leicht und legt man die Elektroden über einer Hautstelle auf, die stark mit Fett gepolstert ist, so wird sehr bald über ein unangenehmes Hitzegefühl geklagt, auch wenn die Stärke des Stromes keine sehr große ist.

Die Bedeutung der Blutbewegung zeigt auch nachfolgender einfache Versuch. Bindet man den einen Arm mit einer Esmarchbinde ab und leitet man einen Strom von 0,6 Ampere von einer Hand zur anderen, so wird an dem abgebundenen Arm sehr rasch ein unerträgliches Hitzegefühl auftreten, während die Wärmeempfindung an dem anderen Arm noch durchaus erträglich ist.

Wir werden noch an späterer Stelle (S. 100) über die Bedeutung der Blutbewegung bei der Diathermie sprechen. Diese Ausführungen mögen hier genügen.

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. Dieser geht allerdings nur sehr langsam vor sich, da das Wärmeleitungsvermögen der Gewebe ein sehr geringes ist. Der Wärmeausgleich durch die Leitung ist zwar schon während der Durchströmung wirksam, kommt aber hauptsächlich erst nach dem Aussetzen des Stromes zur Geltung. Ich habe diese Verhältnisse an der Leiche studiert und konnte dabei regelmäßig folgende Erscheinungen feststellen. 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 allgemeine Wärmewirkung.

Die örtliche und allgemeine Temperaturerhöhung. Zwischen lokaler und allgemeiner Diathermie läßt sich eine scharfe Grenze nicht ziehen. Schon bei der örtlichen Behandlung mit Elektroden beobachtet man häufig einen deutlichen Anstieg der Allgemeintemperatur. So ergibt nach eigenen Messungen 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.

Es läßt sich also nicht nur an den durchwärmten Körperteilen, sondern auch entfernt von ihnen eine Erhöhung der Temperatur nachweisen. Das rührt wohl daher, daß die Wärme auf der Blutbahn von dem Ort ihrer Entstehung nach anderen Teilen hingeführt wird, so daß auch diese in ihrer Temperatur ansteigen. Ich möchte aber noch auf einen zweiten Faktor hinweisen, der bisher nicht berücksichtigt wurde. Wie die plethysmographischen Versuche von Schittenhelm ergaben, zeigen die Hautgefäße schon $\frac{1}{2}$ —2 Minuten nach Beginn der Durchwärmung eine Erweiterung. Das Blut aus dem Körperinnern verschiebt sich an die Oberfläche und es kann meiner Ansicht nach kein Zweifel darüber sein, daß dadurch allein schon eine Erhöhung der Hauttemperatur zustande kommt. Zeigen doch die grundlegenden Versuche von Rubner und die neueren Tiefenmessungen von Zondek, daß die Temperatur der Haut wesentlich tiefer liegt als die des Körperinneren und daß diese ihr Maximum in der Nähe der großen Gefäße erreicht. Wird also das Blut aus der Tiefe gegen die Körperoberfläche verschoben, so muß das eine Erhöhung der gesamten Oberflächentemperatur zur Folge haben. Es wäre natürlich ein grober Fehlschluß, anzunehmen, daß die Temperatur der gesamten Körpermasse um den eben gefundenen Betrag gestiegen sei. Diese reflektorische Hauthyperämie ist es auch meiner Überzeugung nach, welche das allgemeine Wärmegefühl auslöst, das manche Kranke schon nach der lokalen Durchwärmung eines Gelenkes oder anderen Körperteiles empfinden.

Die Erhöhung der Bluttemperatur. Beobachten wir schon bei einer lokalen Diathermie einen Anstieg der allgemeinen Körperwärme, so ist dieser um so ausgesprochener bei der allgemeinen Diathermie. Diese erzeugt eine universelle Hyperthermie, verbunden mit einem intensiven Wärmegefühl, einer Beschleunigung des Pulses und der Respiration und schließlich einem mehr oder weniger starken Schweißausbruch. Einige Zahlen, welche ich bei der Behandlung von Kranken mit verschiedenen Methoden der Durchwärmung, wobei Stromstärke und Stromdauer wechselten, gewonnen habe, werden den Temperaturanstieg am besten kennzeichnen.

Allgemeindiathermie nach Methode I.

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

J. F., 59 Jahre alt, Polyarthrits chronica progressiva ¹⁾.

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

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 Polyarthrits sehr zufrieden war.

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.

Schott und Schlumm fanden bei einer allgemeinen Diathermie nach Methode I, wenn sie eine Stromstärke von 3 Ampere 30 Minuten lang anwendeten, eine durchschnittliche Erhöhung der Temperatur in der Mundhöhle um 0,8° C.

Allgemeindiathermie nach Methode II.

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

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

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	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

Der Temperaturanstieg ist, wie man aus der Tabelle entnimmt, bei dieser Methode ein geringerer als bei der Methode I, was auch von Schott und Schlumm bestätigt wird, die bei einer Stromstärke von 3 Ampere in der Zeitdauer von 30 Minuten eine durchschnittliche Erhöhung der Mundhöhlentemperatur um 0,4° C feststellen konnten.

Lahmeyer hat bei der Allgemeindiathermie nach Methode II die rektale Temperatur mit Hilfe eines Registrierapparates von Siemens & Halske gemessen. Er fand als durchschnittliches Ergebnis aus 400 Messungen bei Verwendung eines Stromes von 2,5 Ampere einen Temperaturanstieg von 0,7° C in 20 Minuten. Wurde die Erwärmung fortgesetzt, so erreichte die Steigerung nach weiteren 20 Minuten 1° C. Dieselbe Temperaturerhöhung konnte auch erzielt werden, wenn man einen Strom von 3 Ampere nur 20 Minuten zur Anwendung brachte. Der Temperaturanstieg setzte bereits wenige Sekunden nach Einschaltung des Stromes ein und verlief weiterhin gleichmäßig und kontinuierlich, solange die Durchströmung dauerte, mit dem Moment des Ausschaltens fiel die Temperaturkurve ab, verlief aber durchschnittlich erst nach 2 Stunden wieder horizontal, und zwar in einem Niveau, das im Vergleich zur Anfangstemperatur etwas erhöht war.

Kowallek suchte zu ermitteln, wie sich der tatsächlich gemessene Temperaturanstieg zu der Menge der zugeführten elektrischen Energie verhält, mit anderen Worten, wie viel von der zugeführten Energie im Körper als Wärme aufgespeichert wird und wieviel davon wieder ausgeschieden wird. Kennt man die verwendete Stromstärke, den Widerstand der durchströmten Körperpartie und die Dauer der Durchströmung, so kann man nach dem Jouleschen Gesetz ($W = 0,24 \cdot i^2 \cdot w \cdot t$) die zugeführte Energie leicht in Kalorien berechnen. Diese Wärmemenge auf eine bestimmte Körpermasse verteilt, müßte eine bestimmte Temperatur ergeben, falls der Körper sich wie ein totes Medium verhielte.

In dieser Erwägung hat nun Kowallek eine Versuchsperson einer Diathermie unterzogen. Es wurden an beiden Unterarmen Stanniolektroden ringförmig angelegt und so dem Körper in 10 Minuten 27,5 kg-Kalorien zugeführt. Bei einem Körpergewicht von 60 kg und der Annahme einer spezifischen Wärme von 0,9 hätte die Körpertemperatur dadurch um $0,51^{\circ}\text{C}$ steigen müssen, vorausgesetzt, daß die sonstige Wärmebildung und Wärmeabfuhr ungeändert bleiben. Tatsächlich wurde aber nur eine Temperaturerhöhung von $0,2^{\circ}\text{C}$ erzielt. Da die Wärmebildung nach den Untersuchungen von Durig und Grau nicht ein geschränkt ist, so folgt aus der Beobachtung, daß die Versuchsperson mehr Wärme als gewöhnlich ausgegeben hat. Das war, wie die gerötete und feuchte Haut zeigte, auch allem Anschein nach der Fall. Durch den zentral ausgelösten Mechanismus der Wärmeregulierung wurden nicht weniger als $\frac{3}{4}$ der zugeführten Energie sofort weggeschafft (entsprechend einer Temperaturerhöhung von $0,2^{\circ}$ statt $0,5^{\circ}\text{C}$).

Setzu konnte nachweisen, daß die Wärmeregulierung durch die Chloroformnarkose wesentlich beeinflußt wird. Ein Hund, den er diathermierte, zeigte einen Temperaturanstieg von $0,2^{\circ}\text{C}$. Wenn er das Tier aber chloroformierte, nachdem er es vorher chloroformiert hatte, war der Temperaturanstieg beträchtlich höher, er betrug $0,5^{\circ}\text{C}$. Die automatische Wärmeregulierung ist durch die Narkose also geschädigt worden.

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 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.

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
nach 22 Minuten	38,9° C
nach 32 Minuten	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
nach 20 Minuten	40,8° C
nach 22 Minuten	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—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° C). Der Hund starb infolge der Überhitzung unter allgemeinen klonischen Zuckungen.

Die Verwendung der gleichen Stromstärke auf dem Kondensatorbett hatte einen ungleich geringeren Effekt. Die Wärmeregulierung des Tieres reichte vollkommen aus, um die ihm zugeführte Wärmemenge wieder auszuscheiden. 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 Wärmegrad steigern kann.

IV. 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 schmerzhaft 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 nichtbehandelte.

Kowallek konnte experimentell zeigen, daß ein Unterarm, der sich in einem Plethysmographen befand und der gleichzeitig durchwärmt wurde, eine Volumvergrößerung, also eine stärkere Durchblutung aufwies, eine Beobachtung, die wir übrigens in der Praxis in viel primitiverer Weise machen. Nach einer Diathermie des Fußes ist dieser häufig so angeschwollen, daß es Mühe macht, ihn wieder in den Schuh zu bringen, falls dieser etwas eng ist.

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 Vinas 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 entweder ganz unverändert oder höchstens leicht gerötet. 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 Blutverteilung. Mit der Hyperämisierung der durchwärmten Teile ist gleichzeitig eine Veränderung der Blutverteilung im ganzen Körper verbunden. Wie Brown-Séguard zuerst nachwies, tritt bei einem thermischen Reiz, der einen peripheren Körperteil, sagen wir einen Arm trifft, nicht nur eine Erweiterung der Blutgefäße in diesem Arm, sondern auch in dem der anderen Seite auf (konsensuelle Reaktion). Ottfried Müller konnte diese Beobachtung zu dem Gesetz erweitern, daß die gesamte Peripherie des menschlichen Körpers auf thermische Reize in gleichem Sinn reagiert, das will sagen, daß die Erwärmung einer Hand, eines Armes, eines Fußes eine Hyperämie der ganzen Hautdecke auslöst.

Schittenhelm wies die periphere Hyperämie auch bei der Diathermie auf dem Kondensatorbett nach. Es ergab sich eine „sukzessiv zunehmende Verschiebung des Blutes nach der Oberfläche“. 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 (Abb. 74). 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 Volumzunahme 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 des Körpers entgegenzuwirken. Eine über die Norm vermehrte Wärmebildung oder Zufuhr setzt auf dem Wege des Reflexes alle jene Funktionen in Tätigkeit, welche die Wärmeausscheidung begünstigen.

Die Wirkung auf den Blutdruck. Schittenhelm studierte das Verhalten des Blutdruckes bei der allgemeinen Durchwärmung auf dem 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.

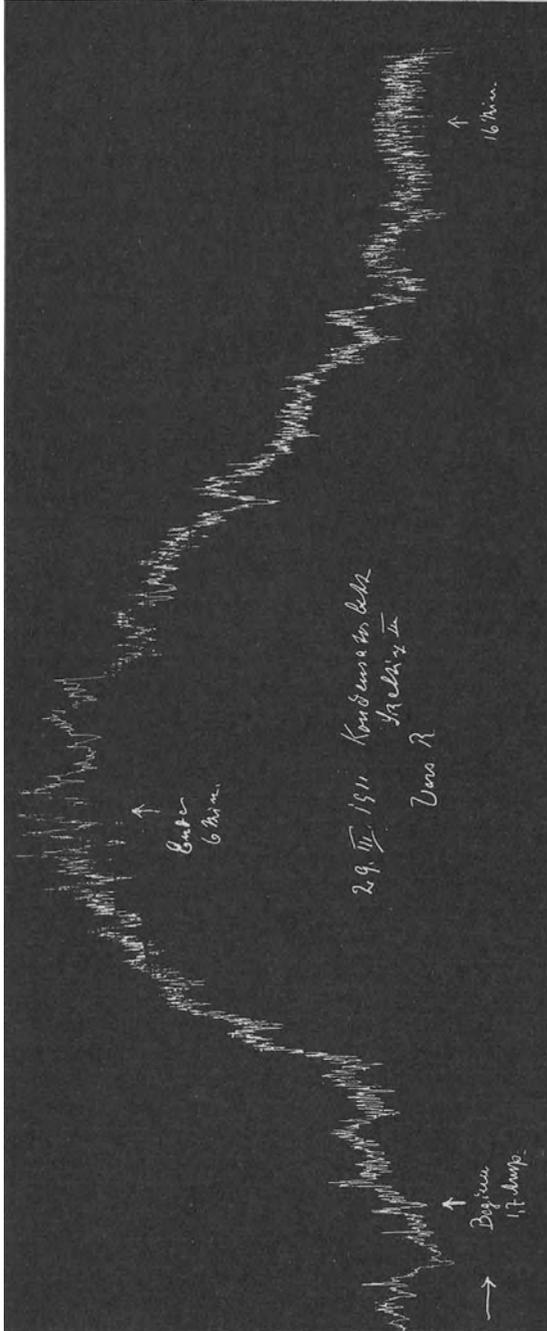


Abb. 74. Plethysmogramm bei der Diathermie auf dem Kondensatorbett (nach Schittenhelm).

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 feststellen, wenn sie den Patienten etwa 10 Minuten von Hand zu Hand mit 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 Herzranke oder Arteriosklerotiker mit erhöhtem Blutdruck.

Lahmeyer sah bei 25 Versuchspersonen, die teils gesund waren, teils an chronischer Arthritis, Ischias, Neurasthenie u. dgl. litten, bei der allgemeinen Diathermie nach Methode II nur zweimal, und zwar bei Leuten, die im übrigen gesunde Kreislauforgane hatten, einen geringen Anstieg des Blutdruckes. In allen anderen Fällen, also in 90%, konnte er ein Sinken desselben um durchschnittlich 8 mm Quecksilber feststellen. Nach dem Ausschalten des Stromes stieg der Blutdruck allmählich wieder an und erreichte im allgemeinen nach Verlauf einer halben Stunde die frühere Höhe. Eine Ausnahmsstellung nahmen nur die Kranken mit erhöhtem Blutdruck (Arteriosklerose, Hypertension) ein, bei denen der Abfall wesentlich größer war, 20—40 mm Quecksilber betrug und bei denen dieser Abfall noch 2 Stunden nach der Behandlung nachweisbar war.

Schott und Schlumm konnten einen Abfall des Blutdruckes nur in 57% der Fälle feststellen, in 14% zeigte sich sogar ein Anstieg. Es sei jedoch bemerkt, daß die genannten Autoren mit sehr starken Erwärmungen arbeiteten (Allgemeindiathermie nach Methode I, 2,5 bis 3,0 Ampere, 30 Minuten). Ich habe auch an anderer Stelle darauf hingewiesen, daß man auf ein regelmäßiges Absinken des Blutdruckes nur rechnen darf, wenn die Erwärmung eine mäßige ist.

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 Hypotension 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 S. 96 angeführten Versuchen gewonnen worden sind, ergaben folgendes Verhalten des Blutdruckes, der nach Riva-Rocci 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, Polyarthritis chronica progressiva.

Stromstärke Ampere	Dauer Minuten	Blutdruck ¹⁾			Pulszahl			Respirationszahl		
		vor	nach	Unter- schied	vor	nach	Unter- schied	vor	nach	Unter- schied
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, Polyarthritis tuberculosa Poncet.

Stromstärke Ampere	Dauer Minuten	Blutdruck			Pulszahl			Respirationszahl		
		vor	nach	Unter- schied	vor	nach	Unter- schied	vor	nach	Unter- schied
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.

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

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

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.

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 Respirationszahl 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. Lahmeyer sah bei der allgemeinen Diathermie (Dreiplattenmethode nach Kowarschik) bei einem rektalen Temperaturanstieg von $0,5^{\circ}\text{C}$ eine Erhöhung der Pulsfrequenz um 4—6 in der Minute, was im Vergleich zu den Verhältnissen im Licht-, Heißluft- oder Sandbad oder im heißen Wasserbad, wo man Steigerungen bis zu 40 in der Minute beobachtet, sehr gering ist.

Die Wirkung auf die Blutzusammensetzung. Gleichzeitig mit der Bewegung des Blutes wird auch dessen Zusammensetzung durch die Diathermie beeinflusst. Ullmann konnte bei der Diathermie im Erwärmungsbezirk eine lokale Hyperleukozytose feststellen; dieselbe ist jedoch nicht so bedeutend wie die, welche durch anderweitige thermische Reize hervorgerufen wird. Im Gegensatz dazu beobachtete Aresu an der behandelten Stelle eine Verminderung der Leukozyten. Gleichzeitig konnte er durch Hämatokritmessung eine Volumabnahme der roten Blutkörperchen nachweisen. Wiederholte Diathermie vermehrte die Zahl der Erythrozyten um ein geringes, die der Leukozyten ließ sie unverändert. 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. Dagegen fand Lahmeyer bei der allgemeinen Diathermie nach Methode II eine Leukozytose nur in 20% der untersuchten Fälle, in 50% ergab sich eine deutliche Verminderung der weißen Blutkörperchen, während in den übrigen Fällen die Zahl derselben die gleiche blieb. Vinaj beobachtete bei der Diathermie der Extremitäten eine starke Leukopenie mit Anisozytose.

Der gleiche Autor untersuchte ferner den Einfluß einer Diathermie der Milz auf das Blutbild, wobei er eine aktive Elektrode auf die Milzgegend, eine inaktive unter das Gesäß legte. Es ergab sich eine leichte Vermehrung der roten Blutkörperchen und ihres Hämoglobingehaltes. Dabei sank gleichzeitig der Blutdruck. Die Zahl der polynukleären Neutrophilen verminderte sich, dagegen stieg die Zahl der großen Mononukleären und der Übergangsformen. Nach Vinaj ist die Diathermie ein die Blutbildung anregendes Mittel.

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.

Berliner untersuchte, wie durch eine Diathermie der Leber die Leukozyten beeinflußt werden. Er legte zu dem Zweck eine Bleielektrode von 150 cm² auf die vordere Bauchwand entsprechend der Leberdämpfung auf, eine zweite ihr gegenüber auf den Rücken, wobei ein Strom von 1,5 Ampere 15 Minuten lang zur Anwendung kam. Dann zählte er die Leukozyten der nüchtern gebliebenen Versuchspersonen vor der Behandlung wie nach derselben und weiterhin in Abständen von etwa 20 Minuten. Bei Gesunden konnte er auf diese Weise schon kurz nach der Durchwärmung eine deutliche Zunahme der Leukozyten feststellen, die zwischen 15—45% betrug und im Verlaufe von 2 Stunden langsam zur Ausgangszahl zurückkehrte. Anders verhielt sich die Sache bei Kranken. In jenen Fällen, die an katarrhalischem Ikterus, Cholelithiasis, Lebermetastasen litten, bei denen man also eine Schädigung der Leberfunktion annehmen konnte, zeigte sich eine anfängliche Leukozytenabnahme in gleicher Weise, wie das von Widal nach Milchgenuß festgestellt wurde (hämoklasische Krise Widals). Eine solche Leukopenie war (im Gegensatz zum Leuko-Widal) auch in einigen, jedoch nicht in allen Fällen von perniziöser Anämie nachzuweisen. Der Leukozytenabfall war stets begleitet von einem Anstieg des Index de fragilité leucocytaire (Mauriac und Moureau).

V. Die Wirkung auf den Magen und Darm.

Die Wirkung auf die Magensekretion. Wie bereits auf S. 93 ausgeführt, läßt sich die Temperatur im Innern des Magens durch die Diathermie nicht unbeträchtlich erhöhen. So konnte Lüdin bei einstündiger Anwendung des Stromes Temperatursteigerungen bis zu 2,1° C erreichen. Der gleiche Autor studierte auch die Frage, wie sich unter dem Einfluß der Diathermie die Magensekretion verhält. Es wurden zunächst an einer Reihe von Kranken mit Gastralgien, Ulkus, Gastropse, Neurasthenie usw. durch wiederholte Magensaftbestimmungen

die jeweiligen Säurewerte festgelegt. Dann wurde an den gleichen Personen unmittelbar nach einem Probefrühstück eine Diathermie in der Dauer von 30—45 Minuten vorgenommen, wobei eine Platte über dem Magen, eine zweite gegenüber auf dem Rücken angelegt wurde. Die an 23 Kranken ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß die Zusammensetzung des Magensaftes durch die lokale Diathermie des Magens in keiner Weise verändert wird. Weder die Menge der freien Salzsäure noch die Gesamtazidität, noch auch der Gehalt an Labferment wurde durch die Diathermie irgendwie beeinflußt. Auch wenn die Durchwärmung einige Wochen hindurch täglich wiederholt wurde, war der Einfluß auf die Magensekretion ein negativer.

Das Ergebnis dieser Versuche steht in Übereinstimmung mit einem älteren Versuch von Dreesen, welcher bei Männern mit gesunden Verdauungsorganen nach einem Ewaldschen Probefrühstück die Magensaftsekretion unter dem Einfluß der Diathermie prüfte, ohne dabei eine Veränderung der freien Salzsäure oder der Gesamtazidität nachweisen zu können. Es steht aber im Widerspruch mit einer Mitteilung von Setzu (S. 160), welcher bei mangelhafter Salzsäuresekretion eine Vermehrung, bei übermäßiger Salzsäureausscheidung eine Verminderung unter der Behandlung mit Diathermie gesehen haben will.

Die Wirkung auf die Magen- und Darmbewegung wurde von Lüdin gleichfalls untersucht, und zwar einerseits am Menschen unter Kontrolle der Röntgenstrahlen, andererseits am Tier mit Hilfe des Experimentes. Sprechen wir zunächst von den röntgenologischen Untersuchungen. Kranke mit verschiedenen Leiden wie Gastropiose, Enteroptose, Ulkus, Neurasthenie, Tuberkulose des Peritoneums wurden zunächst einer Untersuchung des Magen-Darmkanals unterzogen. Nach 2—4 Tagen wurde die Röntgenuntersuchung in genau der gleichen Weise wiederholt nur mit dem Unterschied, daß die Kranken vor der Einnahme des Bariumbreies eine Diathermie der Magengegend erhielten, die solange fortgesetzt wurde, bis der Magen vollständig entleert war. Diese vergleichenden Untersuchungen ergaben: Durch die Diathermie des Magens wird die Peristaltik desselben verstärkt. Die peristaltischen Wellen sind deutlich tiefer und kräftiger als im Kontrollversuch ohne Wärmeanwendung. Dies war besonders deutlich zu erkennen an den Magen, welche bei der ersten Untersuchung eine mangelhafte, flache Peristaltik gezeigt hatten. Ferner war auffallend, daß bei der Durchwärmung die Peristaltik höher oben an der Magensilhouette einsetzte. Auch dies muß als ein Zeichen der durch die Wärme erzielten Verbesserung der Peristaltik aufgefaßt werden. Eine wesentliche Beschleunigung der Magenbewegungen unter dem Einfluß der Diathermie konnte nicht festgestellt werden. Dagegen war als ein Ausdruck der verstärkten Peristaltik die Entleerung des Magens eine raschere. Die Austreibungszeit war unter dem Einfluß der Diathermie um eine halbe bis 2 Stunden kürzer als im Kontrollversuch.

Diese röntgenologisch erhobenen Befunde konnten auch durch das Tierexperiment bestätigt werden. Bei einem Kaninchen wurde durch einen kleinen in Lokalanästhesie ausgeführten Fensterschnitt der Bauchhaut die präpylorische Magenpartie bloßgelegt. So konnte die Magen-

peristaltik unmittelbar beobachtet werden. Durch eine geeignete Versuchsanordnung war es möglich, die Peristaltik auch graphisch darzustellen. Die Abb. 75 und 76 zeigen zwei auf diese Weise gewonnene Kurven. Abb. 75 gibt die normalen Verhältnisse wieder. Die großen

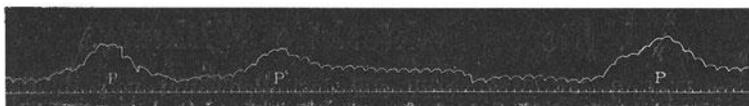


Abb. 75. Normale Magenperistaltik beim Kaninchen (nach Lüd.in).

Wellen sind durch die Peristaltik bedingt (die in diesem Falle nicht ganz regelmäßig ist), die kleinen Erhebungen durch die dem Magen mitgeteilten respiratorischen Zwerchfellbewegungen. Läßt man nun einen

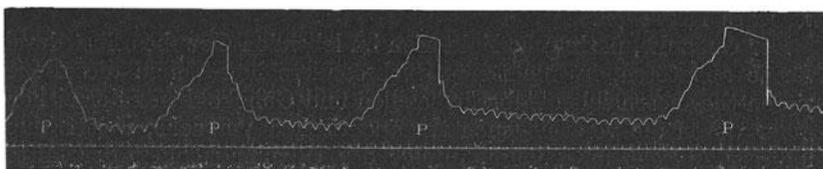


Abb. 76. Verstärkte Peristaltik bei der Diathermie (nach Lüd.in).

Diathermiestrom auf den Magen einwirken, so werden die peristaltischen Wellen viel höher und kräftiger, wie dies in Abb. 76 deutlich zum Ausdruck kommt.

Lüd.in studierte weiterhin die Frage: Wie wirkt die Diathermie auf die künstlich geschwächte Magenperistaltik ein? Bekanntlich läßt sich durch Urethannarkose (Schütz) oder durch Ausschaltung des Vagus (Vagotomie oder Atropinwirkung) die Magenperistaltik hemmen. Es zeigte sich nun, daß auch in jenen Fällen, wo die Magenbewegung durch Urethan, Atropin oder Vagusdurchschneidung künstlich gelähmt worden war, die Diathermie peristaltikfördernd wirkt. Das legte die Vermutung nahe, daß die Diathermiewärme unmittelbar erregend auf die Ganglien des Auerbachschen Plexus einwirkt, die zwischen den Muskelschichten des Magens gelegen sind. Diese Vermutung konnte durch einen Versuch am überlebenden Magen bestätigt werden.

Es ist nach den grundlegenden und einwandfreien röntgenologischen wie experimentellen Versuchen Lüdins wohl außer Zweifel, daß die Diathermie — und das gleiche wurde auch für andere lokale Wärmanwendungen erwiesen — die Magenperistaltik anregt. Wenn diese Tatsache in Widerspruch steht mit der bisher allgemein geltenden Anschauung von dem beruhigenden Einfluß der Wärme auf die Magenbewegung, so bedarf diese Anschauung eben einer Korrektur. Der Widerspruch ist vielleicht nicht ganz so schlimm, wie es im ersten Augenblick scheinen möchte, denn Lüd.in konnte in weiterer Verfolgung seiner Versuche nachweisen, daß die Wärme und vor allem die Diathermie-

wärme bei krankhaft erregter Muskeltätigkeit wie z. B. beim Pylorospasmus diesen Spasmus zu beseitigen vermag, also unter Umständen in der Tat beruhigend wirkt. Über das Ergebnis dieser Versuche wollen wir auf S. 159 berichten.

VI. 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 durchwärmte 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 betrug. 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 Röhren überimpft. Am zweiten Tag 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.

Choleravibrionen. 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, Choleravibrionen 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 eingepfropften 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 Urethralgonorrhöe 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 Kolkulturen 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.

Die bakterizide Wirkung der Diathermie ist teilweise eine direkte, teilweise eine indirekte. 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 keimschädigend 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.

VII. 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 Wärmenerven 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 hyperämisierender 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. Sie 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 erregbarkeitssteigernd wirken. Sie ist die einzige elektrotherapeutische Methode, die eine physiologische Berechtigung bei der Behandlung von Muskelhypertonien hat.

VIII. 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 weiblichen Brustdrüse eine Steigerung der Milchsekretion, 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 sog. nutritive Reize unserer Beobachtung nicht unmittelbar zugänglich sind, jedoch aus den verschiedenen physiologischen und therapeutischen Wirkungen erschlossen werden müssen. So konnte Vina j durch ergographische Untersuchungen am Menschen feststellen, daß durch Diathermie die Arbeitsleistung der Muskeln wesentlich gefördert wird.

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. 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. Wir sind aus diesem Grunde wohl berechtigt, auch von der Diathermiewärme eine unmittelbare Anregung des Zellstoffwechsels zu erwarten. Die vitale Tätigkeit der Zelle, die innere Sekretion und, wo es sich um Drüsenzellen im gewöhnlichen Sinne handelt, auch die äußere Sekretion derselben wird durch die Wärme unmittelbar vermehrt.

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 Chemosmus 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 Sinne 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. Ein Wechselstrom wirkt also nur dann nicht elektrolytisch, wenn die von einer Halbwelle in Bewegung gesetzte Elektrizitätsmenge nicht mehr ausreicht, einen elektrolytischen Effekt zu erzielen.

Niederfrequente Wechselströme haben daher meist eine elektrolytische Wirkung, die sich unter Umständen recht unangenehm bemerkbar macht (Widerstandsmessung mit dem Telephon). Ayrton und Perry, Manoevriert 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. Diese Beispiele mögen erweisen, daß es vollkommen falsch wäre, wenn man den Wechselströmen eine elektrolytische oder besser gesagt 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 Leduc'sche 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.

IX. Die Wirkung auf den allgemeinen Stoffwechsel.

Die ersten diesbezüglichen Untersuchungen stammen von Bergonié und Réchou. Diese Autoren untersuchten 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 Übererwärmung steht. Seit den grundlegenden Untersuchungen Pflügers ist es ja bekannt und durch zahlreiche Untersuchungen immer wieder von neuem bestätigt worden, daß jede Steige-

rung 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 ausgenützt, 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, über den Bergonié berichtet, handelte es sich um ein marastisches Individuum, das bei einer Körperlänge von 176 cm nicht mehr als 49,5 kg wog und andauernd eine Untertemperatur von 36° C in der Achselhöhle aufwies. Allgemeine Körperschwäche, Unfähigkeit zu jeder körperlichen oder geistigen Leistung. Trotz bester und reichlicher Ernährung, Injektionen u. dgl. konnte der Kräftezustand des Patienten nicht gebessert werden. Bergonié unterzog ihn deshalb einer Allgemeindiathermie in der Dauer von 40 Minuten zweimal täglich, 3 bis 4 Stunden nach der Mahlzeit, wobei er eine Stromstärke von 1,5 Ampere anwendete. Nach 35 Tagen war das Körpergewicht von 49,5 auf 63,2 kg, also um 12,7 kg gestiegen. Die Temperatur war normal geworden. Der Behandelte fühlte sich wohl und kräftig. Seine Leistungsfähigkeit war trotz verminderter Nahrungsaufnahme eine wesentlich größere.

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—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 stark erschüttert worden ist, so besteht die Tatsache doch zu Recht, daß man durch die allgemeine Diathermie bei Unterernährung aus den verschiedensten Ursachen, bei einem Daniederliegen des allgemeinen Kräftezustandes eine Besserung des Stoffwechsels und damit des Allgemeinbefindens herbeiführen kann. Aus eigener langjähriger Erfahrung muß ich das bestätigen. Allerdings glaube ich nicht, daß die dem Körper durch die Diathermie zugeführte Wärme einfach dazu dient, einen Teil der sonst durch den Stoffwechsel erzeugten Wärme zu ersetzen. Ich glaube nicht, daß die Diathermiewärme nur eine Zusatzration (ration d'appoint) zum Wärmehaushalt darstellt, die es dem Körper ermöglichen soll, eigene Wärme zu sparen. So einfach ist die Sache

sicher nicht. Im Gegenteil, die Diathermie erhöht, wie uns Durig und Grau zeigten, den Stoffwechsel. Aber mit dieser Erhöhung ist gleichzeitig eine Anregung der gesamten Zelltätigkeit, eine unspezifische Leistungssteigerung, eine Protoplasmaaktivierung der Körperzellen verbunden, wie man das heute mit einem modernen Schlagwort bezeichnet. Ob diese Wirkung eine unmittelbare Zellwirkung ist, ob sie durch die Besserung der Zirkulation, durch den Einfluß auf das sympathische bzw. parasympathische Nervensystem, ob sie schließlich durch die Anregung der inneren Sekretion zustande kommt, wage ich nicht zu entscheiden. Wahrscheinlich handelt es sich hier um einen Komplex von Wirkungen, den wir bisher nicht zu analysieren imstande sind. Den Endeffekt, die Besserung der Ernährung bei marastischen, unterernährten Kranken möchte ich aber als sichergestellt betrachten.

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 alters her 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 unbedeutsamer: es ist das eine spezifische Wirkungsart der Hochfrequenz-

wärme. 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 S. 116 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 drei Gruppen teilen, entsprechend den drei wichtigsten physiologischen Wirkungen, welche der Durchwärmung zukommen. Es sind dies:

1. Die schmerzstillende Wirkung.
2. Die krampflösende Wirkung.
3. Die hyperämisierende oder zirkulationsfördernde Wirkung. Im Zusammenhang damit steht ihre entzündungswidrige und resorptionsfördernde Wirkung.

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

haften 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 eine leichte allgemeine Durchwärmung recht günstig einwirken.

2. Die krampflösende Wirkung. Ebenso beruhigend wie auf die sensiblen wirkt die diathermische Wärme auch auf die hypertonisch erregten 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 hyper-tonischer 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⁾.

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 alters her 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.

¹⁾ Wenn man in der Elektrotherapie die Anode des galvanischen Stromes bei Kramp fzuständen 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.

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 verschiedene Beobachtungen vor.

Eine ausgedehnte und erfolgreiche Anwendung hat die Diathermie auf dem Gebiete der Frauenkrankheiten gewonnen, wo sie als konservative Methode bei der Behandlung chronisch entzündlicher Veränderungen des Uterus und seiner Adnexe eine bedeutende Rolle spielt. So bilden Endometritis, Perimetritis, Parametritis und Adnextumoren für die Durchwärmung dankbare Behandlungsobjekte.

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.

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 hyperämischer 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. Ebenso gilt es als Grundsatz, die Diathermie bei Erkrankungen des weiblichen Genitales 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, 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 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 chronischen und subakuten, 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. 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 Durch-

wärmung keine Reaktion mehr erzeugt, da es ja bekannt ist, daß bei einer im Ablauf begriffenen rheumatischen Arthritis nichts leichter eine Rezidive auszulösen vermag als eine energische Wärmebehandlung.

Arthritis chronica progressiva. Wir verstehen darunter 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 Knorpelchwund.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß man auf diese Form der Arthritis 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) oder auch die Wirbelsäule allein. In der Regel bleibt sie auf ein oder wenige Gelenke zeitlich beschränkt. Am häufigsten sah ich sie bei Frauen jenseits des 40. Lebensjahres in Form einer 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 Gelenkkomponenten 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 gonorrhoeische 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 gonorrhoeische Gelenkentzündung einen Einfluß ausübt, den man im Vergleich mit demjenigen anderer Behandlungsmethoden als spezifisch bezeichnen könnte. Bei der Mannigfaltigkeit der gonorrhoeischen 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 gonorrhoeischen Achillodynien 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 Polyarthrititis haben.

Bei der gonorrhoeischen Arthritis wird es sich empfehlen, auch dem primären Infektionsherd die nötige Aufmerksamkeit zu schenken. Bei länger dauernder oder rezidivierender Erkrankung sind nicht selten die Samenblasen oder die Prostata der Ausgangspunkt der immer wiederkehrenden Nachschübe. Es wird deshalb, falls ein solcher Verdacht berechtigt ist, gut sein, auch diese Organe diathermisch zu behandeln (Cumberbatch).

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 Gelenkgicht 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 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 wundernehmen darf, daß die Durchwärmung bei der Hartnäckigkeit des Leidens nicht selten versagt.

Die Metatarsalgie. Es ist dies ein Sammelname für verschiedene Schmerzzustände im Bereich des Metatarsus bzw. der Metatarsophalangealgelenke, deren Ätiologie keine einheitliche ist. Zum Teil handelt es sich um eine statische Deformität im Sinne eines Pes transversoplanus, wobei das Quergewölbe des Fußes eingesunken ist. In anderen Fällen liegt eine Arthritis osteodeformans des zweiten, vielleicht auch des dritten oder vierten Metatarsophalangealgelenkes (Köhlersche

Erkrankung) vor, in wieder anderen Fällen haben wir es mit einer Mortonschen Neuralgie zu tun, wobei sich die Schmerzen vorwiegend auf das 3.—5. Metatarsophalangealgelenk lokalisieren. Auch die sog. Fußgeschwulst (Deutschländersche Erkrankung) des Mittelfußes gehört hierher, wobei man im Röntgenbild meist eine traumatische (entzündliche?) Veränderung an den Mittelfußknochen beobachtet. Ich möchte nicht verfehlen, auf die günstige Wirkung der Diathermie bei diesen verschiedenen Krankheitszuständen hinzuweisen. Ich habe in manchen Fällen von Metatarsalgie von der Diathermie ganz erhebliche Erfolge gesehen, einerseits bestehend in einer Beseitigung der Schmerzen, die hauptsächlich bei Belastung des Fußes auftreten, andererseits in einer Rückbildung bestehender Schwellungen.

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 vermindert, 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 (Bucky, Folkmar, Hirsh), was für die Behandlung von Pseudarthrosen nicht ohne Bedeutung ist. Hirsh sah bei osteomyelitischen Prozessen infolge von Knochenverletzungen eine günstige Wirkung von der Durchwärmung. 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 (Abb. 77). 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 Abb. 78.

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

Man kann auch die Längsdurchwärmung mit einer Querdurchwärmung kombinieren, indem man mit Hilfe eines der auf S. 48 beschriebenen Kreuzfeuerapparate den Strom einmal in der Längsrichtung, einmal in der Querrichtung durch das Gelenk schickt. Der Gedanke, auf diese

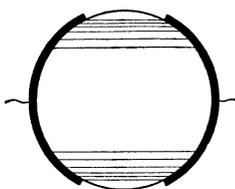


Abb. 77.
Falsche

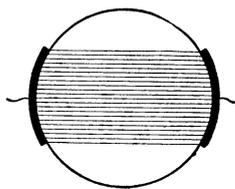


Abb. 78.
Richtige

Diathermie eines Gelenkes.

Weise eine intensive und gleichmäßige Durchwärmung der Gelenksteile zu erhalten, ist sicherlich nicht schlecht, es ist nur die Technik eine etwas komplizierte.

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 Fingergelenke werden selten einzeln für sich, meist zu mehreren gleichzeitig behandelt. Man läßt die Spitzen der Finger auf eine Blei-

platte aufsetzen, die man in eine Instrumentenschale legt und die man des besseren Kontaktes wegen etwa 1 cm hoch mit Wasser überschichtet (Abb. 79). Befestigt man dann eine zweite Bleielektrode (100—200 cm²) an der Streckseite des Unterarmes, so zieht der Strom der Länge nach

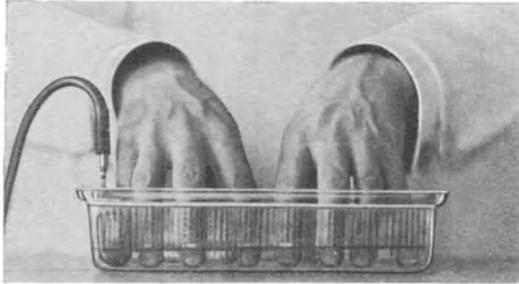


Abb. 79. Diathermie der Fingergelenke.

durch die Finger und ihre Gelenke. Eine Stromstärke von 0,3—0,5 Ampere ist für eine Hand ausreichend.

Man kann aber auch gleichzeitig beide Hände behandeln. In diesem Fall läßt man die Fingerspitzen beider Hände gemeinsam in die Schale tauchen und legt an beiden Unterarmen je eine Bleielektrode an. Diese

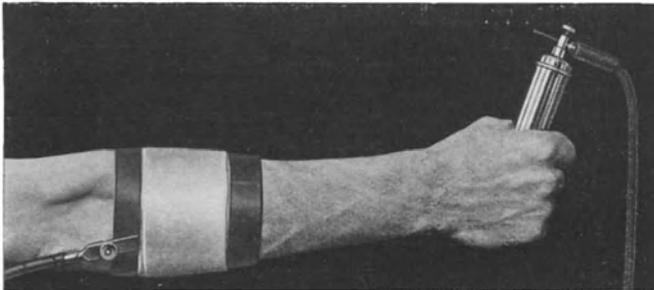


Abb. 80. Diathermie des Handgelenkes.

werden zusammen an denselben Pol des Apparates angeschaltet. Da sich nunmehr der vom Apparat kommende Strom teilt und durch jede Hand nur die Hälfte des Stromes fließt (Parallelschaltung), so muß die von dem Amperemeter angezeigte Stromstärke jetzt doppelt so groß sein, also etwa 0,6—0,8 Ampere betragen.

Das Handgelenk läßt sich sehr einfach durchwärmen, wenn man eine zylindrische Griffelektrode in die Hand nimmt und eine Bleiplatte (200 cm²) auf die Streckseite des Unterarmes legt (Abb. 80). 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 durchschnitt-

liche Stromstärke von 0,3—0,5 Ampere. Da sich bei Mittelstellung des Handgelenkes stets die Beugeseite desselben stärker erwärmt als die Streckseite (s. S. 92), so empfiehlt es sich, das Gelenk etwas dorsal flektieren zu lassen. Es werden dann die Stromlinien mehr auf die Streckseite verlegt und so eine mehr gleichmäßige Durchwärmung erzielt. Sollte man eine Handelektrode, wie sie in Abb. 80 dargestellt

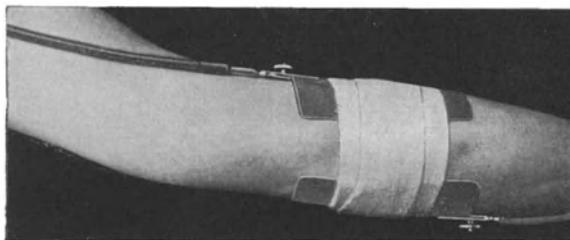


Abb. 81. Diathermie des Ellbogengelenkes (quer).

ist, nicht vorrätig haben, so kann man sich diese leicht behelfsmäßig herstellen, wenn man eine Bleiplatte zylindrisch zusammenrollt.

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 Palmarseite auf eine Bleiplatte legen und befestigt eine zweite Elektrode um den Unterarm. Man kann in

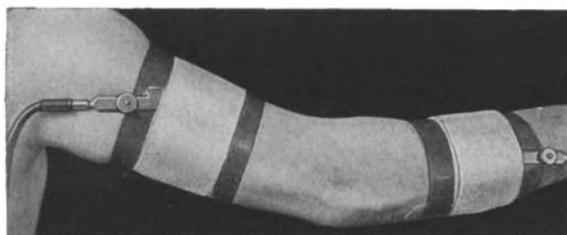


Abb. 82. Diathermie des Ellbogengelenkes (längs).

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 von vorne nach rückwärts. Man bringt beuge- und streckseits auf das Gelenk eine Blei- oder Stanniolektrode (100 cm²), die man durch Binden befestigt (Abb. 81). 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) anlegt, wobei die Stromstärke 0,5—1,0 Ampere beträgt (Abb. 82). Dabei hat man auf zwei Dinge zu achten. Die Elektroden müssen auf der Streckseite und nicht auf der Beugeseite des Armes angelegt werden, weil der Strom bei jeder

Längsdurchwärmung einer Extremität die Neigung bekundet, vorwiegend auf der Beugeseite entlang den großen Gefäßen zu verlaufen. Dieser Weg muß ihm erschwert werden. Es kommt sonst leicht zu einer Überhitzung in der Ellbogenbeuge. Aus diesem Grund halte ich auch die zirkulär angelegten Stanniolbinden nicht für zweckmäßig. Der zweite Punkt, auf den geachtet werden muß, aber ist der, daß die Elektroden voneinander einen hinreichend großen Abstand haben. Liegen sie einander zu nahe, so kommt es nicht zu einem genügenden Tiefgang des Stromes, sondern bloß zu einer unerwünschten Erwärmung des zwischen den Elektroden liegenden Hautstückes, zu einer Kanten-

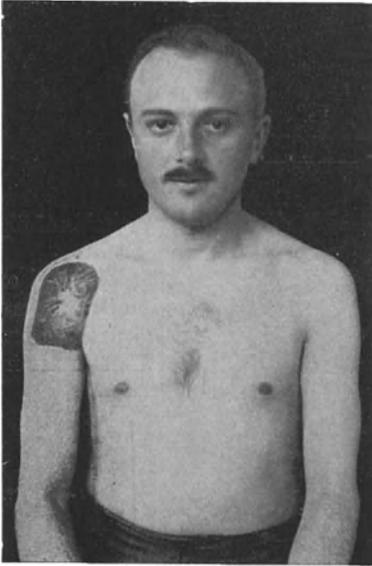


Abb. 83. Diathermie des Schultergelenkes mit zwei aktiven Elektroden.

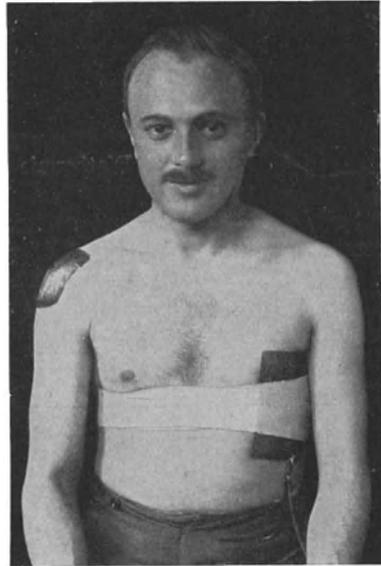


Abb. 84. Diathermie des Schultergelenkes mit einer aktiven Elektrode.

wirkung, die sich in einem Brennen längs der einander zugekehrten Elektrodenränder äußert.

Das Schultergelenk. Die Diathermie des Schultergelenkes kann in verschiedener Weise ausgeführt werden. Will man das Gelenk im sagittalen Durchmesser durchwärmen, dann legt man eine oval geschnittene Bleiplatte (100 cm²) auf die Vorderseite und eine ganz gleiche auf die Rückseite des Gelenkes (Abb. 83). Man verwendet hier ovale und nicht rechtwinkelig geschnittene Platten, weil bei dieser Art der Durchwärmung die Elektroden eine gewisse Winkelstellung gegeneinander einnehmen und infolgedessen die Ecken derselben einander sehr nahe kämen. Dadurch würde an diesen unfehlbar eine Überhitzung auftreten. An Stelle der Bleiplatten kann man aber auch gleichgeformte Stanniolblätter verwenden. Die Elektroden werden mit einer Binde, die man in Form einer Spica humeri anlegt, an der Schulter befestigt. Stromstärke etwa 1 Ampere.

Nicht unzweckmäßig ist auch eine andere Art der Durchwärmung. Man klebt auf die Höhe des Gelenkes ein ovales Stanniolblatt (Abb. 84), 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.

Ebenso leicht wie die Diathermie eines einzelnen Schultergelenkes 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.

Die Zehengelenke können in verschiedener Weise durchwärmt werden. Häufig benütze ich folgende Methode. Die Zehen werden in eine Stanniolfolie eingeschlagen, nachdem man sie vorher gut mit Wasser angefeuchtet hat. Die Stanniolkappe muß geradlinig mit den Zehenspalten abschließen und darf keine gegen den Fußrücken gerichtete Zacken aufweisen. An diesen würde es sonst sehr bald zu einem unerträglichen Brennen kommen. Dann stellt man den vordersten Teil des Fußes auf eine Bleiplatte, etwa so weit, daß noch die Köpfehen der Metatarsusknochen auf dieser ruhen (Abb. 85). Diese Platte wird durch ein Kabel mit dem einen Pol des Apparates verbunden und hat einzig und allein den Zweck, den Strom der Stanniolelektrode zuzuführen. Durch einen Sandsack, den man auf die Zehen legt, kann man überdies den Fuß etwas fixieren und das gute Anliegen der Stanniolkappe sichern. Als zweite Elektrode nimmt man eine Bleiplatte (200 cm²), die man an der Außenseite des Unterschenkels befestigt. Die auf diese Weise anwendbare Stromstärke beträgt 0,4—0,6 Ampere und darüber.

Öfters verwende ich für die Zehen auch eine Wasserelektrode. Ich stelle den Fuß in eine geneigte Glastasse, über deren vorderen Rand eine Bleiplatte derart eingebogen ist, daß gerade noch die Zehen auf sie zu stehen kommen (Abb. 86). Dann wird die Tasse so weit mit Wasser gefüllt, daß die Zehen von diesem bedeckt sind. Das Wasser sichert eine gleichmäßige Stromüberleitung von der Elektrodenplatte zu den Zehen.

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 (Abb. 87). 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

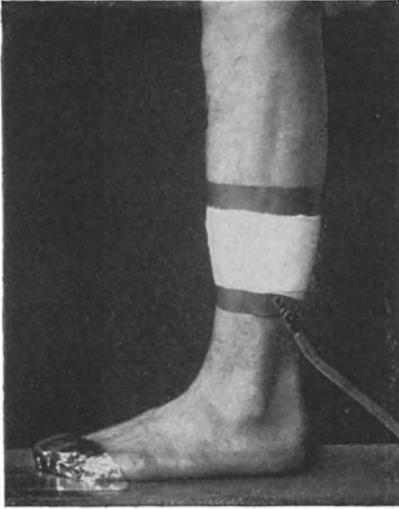


Abb. 85. Diathermie der Zehngelenke.



Abb. 86. Diathermie der Zehngelenke.



Abb. 87. Diathermie des Sprunggelenkes.

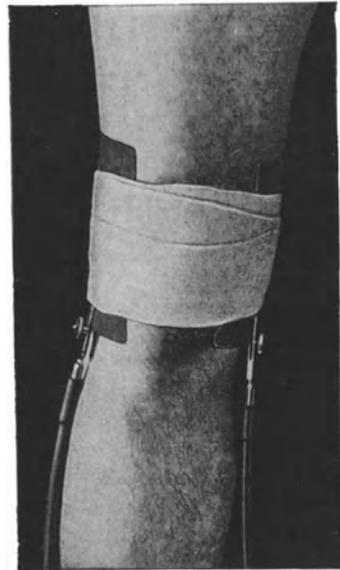


Abb. 88. Diathermie des Kniegelenkes.

zustande kommen, auf welche sich der Strom verteilt, so ist die Stärke dieses auch doppelt so groß wie bei der Behandlung eines 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 (Abb. 88), wobei man darauf zu achten hat, daß die Ränder der Elektroden an der Vorder- wie an der Rückseite voneinander gleichweit abstehen. Andernfalls kommt es dort, wo die Elektroden einander zu nahe sind, sehr bald zu einer Überhitzung der zwischen ihnen liegenden Hautbrücke, was sich in einem unangenehmen Brennen längs der Elektrodenränder kundgibt. Die Stromstärke beträgt durchschnittlich 1 Ampere.

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 sie ungleiche Polarität, dann kommt es bei

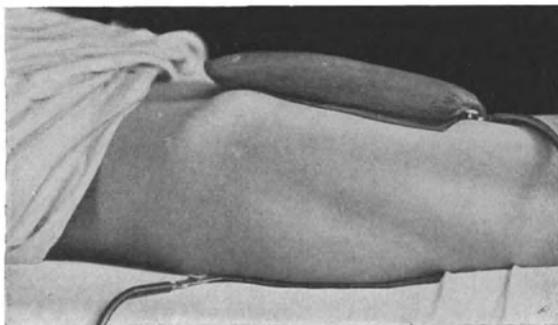


Abb. 89. Diathermie des Hüftgelenkes.

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 (200—300 cm²), während man eine zweite gleichgroße Platte auf die Leistenbeuge bringt und hier durch Auflegen eines Sandsackes festhält (Abb. 89). 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.

Das Kniegelenk diathermiert man, indem man auf dasselbe eine kleine runde Bleielektrode (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 gegenübergestellt.

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.



Abb. 90. Diathermie der Wirbelsäule.

Erstreckt sich die Erkrankung auf die ganze Wirbelsäule, so wird diese ihrer ganzen Länge nach mit einem schmiegsamen Metallstreifen bedeckt (Abb. 90). 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 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.

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.

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 (400 bis 500 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 benutzen, 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.

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.

Die Erkrankungen der Sehnenscheiden und Schleimbeutel.

Auch hier sind es gleich wie bei der Arthritis nicht die akuten, sondern nur die subakuten und chronischen Erkrankungen, die ein geringes Heilungsbestreben zeigen, welche für die Diathermie in Betracht kommen. Bei frisch entzündlichen, stark schmerzhaften Ergüssen in Sehnenscheiden oder Schleimbeutel ist die Diathermie entweder überflüssig, weil die Entzündung unter Ruhigstellung und feuchten Umschlägen von selbst zurückgeht, oder sie ist sogar nachteilig, weil sie durch die Hyperämisierung den Reizzustand überflüssigerweise vergrößert. Darum warte man, bis die akut entzündlichen Erscheinungen geschwunden sind.

Ich habe in einigen Fällen von chronischer Tendovaginitis, von welchen mehrere Klavierspielerinnen betrafen, einen recht guten Einfluß von der Diathermie gesehen, indem es mir gelang, die lange bestehenden Erkrankungen zur Heilung zu bringen. Auch hier halte ich die Kombination der Diathermie mit einer Massage, welche der Durchwärmung unmittelbar folgen soll, für sehr zweckmäßig. Shelly berichtet über eine Reihe von Sehnenscheidenentzündungen in der Hohlhand, die er bei Soldaten im Felde beobachtete, welche mit Schaufel und Picke angestrengt gearbeitet hatten. Unter der elektrischen Durchwärmung verschwanden die Knötchen und Schwielen, die man in der Hohlhand tasten konnte, und gleichzeitig erhielten die Finger wieder ihre volle Streckfähigkeit.

Von den Erkrankungen der Schleimbeutel waren es vorwiegend Entzündungen der Bursa subdeltoidea und subacromialis (Periarthritis humero-scapularis), die ich mit Diathermie behandelte. Auch hier war der Erfolg der Durchwärmung ein recht günstiger, indem die Schmerzen rasch schwanden und die Beweglichkeit des Armes wieder hergestellt wurde.

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 unfafßbar 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 Antineuralgia 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. Bei älteren, hartnäckigen Fällen scheinen prolongierte Sitzungen in der Dauer bis zu 50 Minuten, wie sie Delherm und Grunspan in Vorschlag gebracht haben, besonders wirksam zu sein.

Bei der Behandlung soll möglichst das ganze Ausbreitungsgebiet des erkrankten Nerven durchwärmt werden, der Strom soll nicht allein den Stamm des Nerven, sondern auch seine sämtlichen Verzweigungen treffen. Nur so darf man hoffen, eine hinreichende Wirkung zu erzielen. Die in der Elektrotherapie so beliebte Behandlung einzelner Nervenpunkte halte ich für ganz unzulänglich. Gewöhnlich sind es die Punkte, wo der Nerv dem äußeren Druck besonders zugänglich ist, die von den Elektrotherapeuten vorzugsweise oder ausschließlich behandelt werden. Es ist klar, daß diese Punkte mit dem eigentlichen Sitz der Erkrankung gar nichts zu tun haben. Ist die Ursache der Neuralgie überhaupt eine

lokalisierte, so werden wir um so eher den wirklichen Sitz der Erkrankung erreichen, je vollkommener wir den Nerven in seiner ganzen Ausbreitung durchwärmen. Ist die Erkrankung aber eine diffuse, erstreckt sie sich auf den ganzen Verlauf des Nerven, so ist von vornherein eine breite, flächenhafte Durchströmung des gesamten Nervengebietes geboten. Haben wir ein Mittel in der Hand wie den elektrischen Strom, der alle Gewebsschichten zu durchdringen, alle, auch die tiefsten Verzweigungen des Nerven zu treffen vermag, so ist gar nicht einzusehen, weshalb wir unsere Einwirkung auf ein kleines, oberflächlich gelegenes Nervestückchen beschränken wollen. Derjenige, der einmal die von einer alten Gedankenträgheit gestützte Behandlung der einzelnen Nervpunkte verlassen und sich der neuen von mir befürworteten Methode zugewendet hat, wird die Überlegenheit derselben in kürzester Zeit erkennen.

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 vornherein nie zu sagen, wie dieser auf die

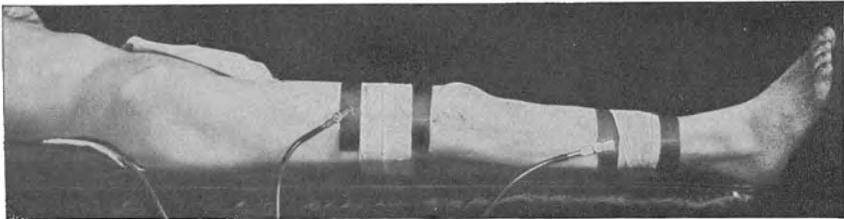


Abb. 91. Diathermie des Beines bei Ischias.

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 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 an die Außenseite des Unterschenkels, 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 (Abb. 91).

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 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.

Sind die Schmerzen, wie das nicht-selten ist, vorwiegend oder ausschließlich auf das Gesäß und die Rückseite des Oberschenkels lokalisiert, so möchte ich die nachfolgende Methode der eben beschriebenen vorziehen. Der Patient legt sich auf einen Bleistreifen, der vom oberen Darmbeinrand über das Gesäß bis zur Kniekehle reicht und der eine Breite von etwa 8—10 cm hat. Durch eine entsprechende Unterpolsterung wird man dafür sorgen, daß diese Elektrode der Rückseite des Beines gut anliegt. Ihr gegenüber auf die Leistengegend und die Streckseite des Oberschenkels legt man zwei große Bleiplatten von je 300 cm², die zusammen an denselben Pol angeschlossen werden und die inaktive Elektrode darstellen. Entsprechend der kleineren Oberfläche der rückwärtigen Elektrode wird sich die Wärme vorwiegend auf die Hinterseite des Beines entsprechend dem Verlauf des Ischiadikus konzentrieren. Die Größe dieser Elektrode gestattet es leicht, einen Strom von 2 Ampere und darüber zu verwenden.

Dort, wo eine Myalgia glutea vorliegt und sich die Schmerzen auf die Gesäßmuskulatur beschränken, durchwärme ich diese allein, indem ich den Kranken auf eine Bleiplatte (200 cm²) lege und dieselbe mit dem einen Pol des Apparates verbinde. An den zweiten Pol schließe ich mit Hilfe eines geteilten Kabels zwei Platten von je 200 cm², von denen die eine über, die andere unterhalb der Leistenbeuge aufgelegt wird. Die Stromlinien und damit die Wärme konzentrieren sich auch hier unter der rückwärtigen Elektrode.

Die Neuralgia brachialis kann therapeutisch in ähnlichem Sinn bewertet werden wie die Ischias. Doch will es mir scheinen, daß die Armneuralgie 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. Man gewöhne sich daran, die Elektroden stets auf die Streckseite und nicht auf die Beugeseite der Extremität zu legen, weil der Strom sonst vorwiegend den großen Gefäßen folgt

und es dadurch leicht zu einer Überhitzung in der Ellbogen- oder Achselbeuge kommt. Um dies zu verhindern, ist es auch zweckmäßig, den Arm bei der Durchwärmung möglichst gestreckt zu halten.

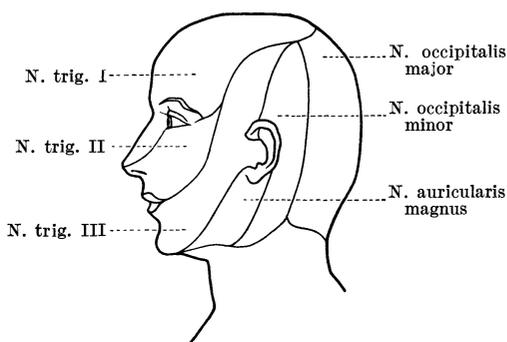


Abb. 92. Hautnerven des Kopfes.

Für die Behandlung schneidet man sich ein Stanniolpapier zurecht, das in seiner Größe und Form dem Ausbreitungsgebiet des Schmerzes entspricht (Abb. 92) und klebt dieses auf die angefeuchtete Haut. Darauf bringt man die Hilfelektrode 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 legt. Die Stromstärke beträgt je nach der Größe der Gesichtselektrode 0,2—0,5 Ampere. Der Strom darf nie ein Hitzegefühl, sondern nur eine leichte angenehme Wärmeempfindung auslösen.

Die Aussichten, welche die Diathermie bei der Trigeminalneuralgie eröffnet, hängen wesentlich von der Schwere der Erkrankung ab. Bei akuten, nicht allzu lange bestehenden Neuralgien scheint die Diathermie die Heilungsdauer abzukürzen, bei den typischen schweren Fällen von chronischer Neuralgie, wie wir sie ja alle zur Gefüge kennen, habe ich wohl vorübergehende Besserungen, aber kaum jemals einen entscheidenden Einfluß der Diathermie auf das Leiden beobachten können. Hier ist die Alkoholinjektion in die Nervenäste oder in das Ganglion Gasseri die Methode der Wahl.

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.

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 Kopffrolle, 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 Stanniolelektrode (50—100 cm²) legen wir als aktiven Pol auf die Gegend, welche dem erkrankten Ganglion entspricht, eine etwas größere Bleiplatte als inaktiven Pol ihr gegenüber auf die vordere Brustwand. Ein paar umlaufende Bidentouren halten beide Elektroden fest.

Ist vorzugsweise 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.

Periphere Lähmungen.

Auch zur Behandlung von peripheren Lähmungen wurde die Diathermie von manchen Autoren wie Labbé und Blanche, Tobias, Bordier u. a. herangezogen. Da den Hochfrequenzströmen ein erregender Einfluß auf die Muskeln nicht zukommt, so dürfte ihre Wirkung bei Lähmungen

wohl nur in einer Besserung der Zirkulation und in einer Förderung der Muskelnernährung bestehen. Es wäre die Diathermie also ihrem Endeffekt nach einer Massage gleichzusetzen, deren Zweck ja ebenfalls darin liegt, durch Anregung der Durchblutung den Verfall der Muskelfasern hintanzuhalten und die regenerativen Vorgänge zu unterstützen. In diesem Sinn kann die Diathermie sicherlich empfohlen werden. Eine Verbindung der Durchwärmung mit einer nachfolgenden Galvanisation oder Faradisation, wie sie Tobias vorgeschlagen hat, scheint mir recht zweckmäßig zu sein. Auch Bordier lobt diese Art der Behandlung insbesondere bei der peripheren Fazialislähmung. Er berichtet über Fälle, bei denen er nach längerer vergeblicher Galvanisation eine Heilung erst dann erzielen konnte, als er die galvanische Behandlung mit einer diathermischen kombinierte.

Poliomyelitis acuta anterior.

Bordier empfiehlt nachdrücklich die elektrische Durchwärmung zur Behandlung der spinalen Kinderlähmung, und zwar nicht so sehr in der Absicht, die nach Ablauf des akuten Stadiums zurückbleibenden Muskellähmungen zu heilen als vielmehr um die in den befallenen Gliedern bestehenden Gefäßlähmungen zu bekämpfen. Er sieht in der Diathermie das wirksamste Mittel, um die lokale Hypothermie und Unterernährung, die vorhandene Zyanose und das damit verbundene unangenehme Kältegefühl zu beseitigen oder wenigstens zu bessern. Auch dem Zurückbleiben im Wachstum wie dem späteren Auftreten von Erfrierungen an den gelähmten Teilen dürfte in dieser Weise am wirksamsten vorgebeugt werden können. Wie ich aus eigener Erfahrung glauben möchte, ist die Diathermie zur Bekämpfung aller dieser Zustände in vorzüglicher Weise geeignet. Nach jeder Durchwärmung ist die früher kalte und zyanotische Extremität intensiv arteriell durchblutet, hellrot und warm, eine Wirkung, die in dieser Weise kaum durch eine andere Behandlung zu erreichen ist. Aufgefallen ist mir bei solchen Durchwärmungen immer der große Widerstand, den die gelähmten Teile dem elektrischen Strom entgegensetzen und der darin seinen Ausdruck findet, daß man ausnehmend hohe Spannungen, ja oft die Höchstspannung des Apparates verwenden muß, um verhältnismäßig geringe Stromstärken zu erzielen. Die Ursache des großen Widerstandes ist offenbar die stark verminderte Durchblutung.

An dieser Stelle möchte ich auch eines Vorschlages von Picard gedenken, der die Diathermie zur Frühbehandlung der Poliomyelitis empfiehlt. Nachdem Untersuchungen von Wickmann, Peiser u. a. gezeigt haben, daß bei der Poliomyelitis acuta auch die Rückenmarkshäute in Form einer entzündlichen Schwellung an der Erkrankung beteiligt sind und daß diese Schwellung einen Druck auf das Rückenmark ausübt, hat man vielfach versucht, durch Lumbalpunktion, selbst durch Laminektomie das Rückenmark von diesem schädigenden Druck zu entlasten. Die gleiche Absicht veranlaßte Picard, schon im akuten Stadium der Erkrankung die mutmaßlich ergriffenen Abschnitte des Rückenmarks diathermisch zu behandeln, um so das meningitische Exsudat möglichst rasch zur Resorption zu bringen und auf diese Weise das Rückenmark, vor allem die Vorderhornzellen von dem auf ihnen lastenden Druck zu befreien. Picard berichtet über eine Reihe derartig behandelter Kranker und die bei ihnen erzielten Erfolge. Daß die Dia-

thermie eine Heilwirkung bei der Poliomyelitis ausübt, scheint mir durch die Mitteilungen Picards bisher nicht erwiesen, da wir ja alle wissen, wie weitgehend sich bei dieser Erkrankung die Lähmungserscheinungen im Verlaufe der ersten Wochen spontan bessern können. Zweifellos aber ist die theoretische Voraussetzung dieser Behandlungsmethode, daß die Diathermie des Rückenmarks eine Druckentlastung desselben herbeiführt, ganz und gar unwahrscheinlich. Jedes diathermierte Organ nimmt infolge der Hyperämie und der damit verbundenen serösen Durchtränkung an Volumen zu. Das zeigt die plethysmographische Untersuchung und das zeigt die tägliche praktische Erfahrung (s. S. 100). Wenn nun ein solches Organ, wie das beim Rückenmark mit seinen Häuten der Fall ist, in einen starren Knochenkanal eingeschlossen ist, wie soll es da zu einer Druckentlastung kommen? Die unmittelbare Folge der Durchwärmung kann, so weit unsere heutige Erkenntnis reicht, nur eine Druckvermehrung sein. Daß dieser dann eine um so gesteigerte Resorption folgt, müßte erst erwiesen werden.

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 erwiesenermaßen 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 Erfolg:

Jedoch möchte ich nicht unerwähnt lassen, daß es ebenso wie andere auch tabische Neuralgien gibt, die auf die Diathermie nicht reagieren. In vielen Fällen ist der Erfolg auch nur ein ganz vorübergehender. 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 Tabeskranken extreme Temperaturanwendungen 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 Technik der Durchwärmung wird je nach dem Sitz der Schmerzen eine verschiedene sein. Es kommen hier die gleichen Methoden, wie wir sie für die einzelnen Neuralgien beschrieben haben, zur Anwendung. So wird man lanzinierende Schmerzen der Beine wie eine Ischias behandeln, solche an den Armen wie eine Armneuralgie. Bei Gürtelgefühl kommt die gleiche Elektrodenanordnung wie bei einer Interkostalneuralgie in Betracht usw. Die anzuwendende Technik ist bei den betreffenden Neuralgien nachzulesen. Es mag vielleicht unlogisch erscheinen, wenn man bei dem zentralen Sitz des Leidens und bei den

vermutlich auch zentral ausgelösten Schmerzen periphere Nervengebiete behandelt. Aber wie so häufig wird auch hier die theoretische Überlegung durch die praktische Erfahrung widerlegt, die uns zeigt, daß wir in Fällen von tabischen Schmerzen durch die angeführten Behandlungsmethoden einen vollen Erfolg erzielen können.

Man könnte bei lokalisierten tabischen Schmerzen wohl 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 Magenkrise bedeckt man die Magengegend mit einer Bleiplatte (200 cm²) und legt eine etwas größere Platte (300 cm²) ihr gegenüber auf den Rücken. Eine Stromstärke von 1,0—1,5 Ampere dürfte genügen.

Bei wandernden Schmerzen, die bald hier, bald dort im Körper aufschließen, 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 20 Fälle mit allgemeiner Durchwärmung teils nach Methode I, teils nach Methode II behandelt und konnte bei 14 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.

Hoffnungsreicher sind die Berichte von Cumberbatch und Bordier. Cumberbatch erzählt von einer 55jährigen Frau, die seit 2 Jahren an Paralysis agitans litt und die in verschiedener Weise vergeblich behandelt worden war. Eine längere, zweimal in der Woche wiederholte, allgemeine Diathermie von ziemlicher Stärke brachte eine wesentliche Besserung des Zitterns und des Gehens. Bordier berichtet von zwei Fällen, die er ebenfalls mit Diathermie, aber gleichzeitig auch mit großen Arsendosen (Arrhenal) behandelt hatte. Die Durchwärmung in Form einer allgemeinen Diathermie war eine so starke, daß es jedesmal zu einem Schweißausbruch kam. Nach fünf derartigen Sitzungen wurde eine Pause von 2—4 Wochen gemacht und die Behandlung dann in gleicher Weise wiederholt. Ein paar solcher Serien genügten, um in beiden Fällen eine ausgesprochene Besserung zu erzielen. Wieviel die Diathermie, wieviel die gleichzeitige Arsenkur an dem Erfolg beteiligt war, möchte ich dabei unentschieden lassen.

Die Neurasthenie.

Jeder, der sich eine Zeitlang mit Diathermie beschäftigt, wird die Beobachtung machen, daß viele Patienten nach der Behandlung etwas ermüdet sind, daß sie das Bedürfnis haben, sich ein wenig auszuruhen, ja sogar den Wunsch, zu schlafen. Nicht selten sieht man auch, daß die Kranken schon während der Behandlung selbst einschlafen. Derartige Beobachtungen kann man bereits bei örtlichen Durchwärmungen eines Gelenkes oder anderen Körperteiles machen, noch viel häufiger aber bei allgemeinen Durchwärmungen.

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, daneben dürfte auch ein unmittelbarer Einfluß auf das Zentralnervensystem in Betracht kommen. Es scheinen leichte Allgemeindurchwärmungen in ähnlicher Weise beruhigend zu wirken wie ein laues Bad, während stärkere in ihrer Wirkung einem heißen Bad gleichkommen, das bei längerer Dauer ermüdend wirkt.

Diese eigentümlichen Wirkungen der Diathermie therapeutisch auszunützen, lag sehr nahe. Am geeignetsten schienen für diesen Zweck die verschiedenen Zustände nervöser Übererregbarkeit zu sein, wie sie unter dem Begriff der Neurasthenie zusammengefaßt werden. Und in der Tat bildet die Diathermie hier ein ausgezeichnetes Heilmittel.

Handelt es sich um eine allgemeine psychische Übererregbarkeit, gepaart mit verschiedenen neurasthenischen Symptomen, so halte ich die allgemeine Diathermie für die zweckmäßigste Anwendungsform. Sie kann nach der I. oder II. Methode ausgeführt werden, wobei die Erwärmung aber in jedem Fall nur so stark sein soll, daß sie eine angenehme, wohlige Hauthyperämie, keinesfalls aber einen Schweißausbruch zur Folge hat. Besondere Vorsicht ist bei Vasoneurotikern geboten, die oft in abnorm starker Weise schon auf geringe Durchwärmungen reagieren. In der Regel wird bei der I. Methode eine Stromstärke von 1,5 Ampere, bei der II. Methode eine solche von 2,0 Ampere die obere Grenze darstellen.

Der Einfluß der Diathermiebehandlung auf die psychische Stimmung des Kranken und sein körperliches Wohlbefinden ist oft ein ganz ausgezeichneter. Die nervöse Reizbarkeit, die Schlaflosigkeit und ähnliche Erscheinungen schwinden in überraschend kurzer Zeit. Die Arbeitslust der Kranken wird gesteigert, ihre Lebensfreude vermehrt und ihr nicht selten herabgesetzter Ernährungszustand gebessert. Ich kenne seit Jahren eine Reihe von Kranken, welche immer wieder zur Diathermie ihre Zuflucht nehmen, wenn ihre Nervenkraft erlahmt.

Sehr geeignet für die allgemeine Diathermie scheinen mir auch jene Neurastheniker — sie sind in der Regel weiblichen Geschlechts — zu sein, deren Beschwerden in wandernden Schmerzen in verschiedenen Muskel- und Nervengebieten bestehen, welche Beschwerden meist irrtümlich als harnsaure Diathese oder als Muskelrheumatismus angesprochen werden. Es handelt sich aber um nichts anderes als um eine neurasthenische Muskel- und Nervenhyperästhesie, die durch eine

außerordentliche Druckempfindlichkeit gekennzeichnet ist und die sich bald hier, bald dort zu spontanen Schmerzen verdichtet. Unter einer mehrmaligen allgemeinen Diathermie pflegen diese Hyperästhesien in der Regel rasch zu verschwinden.

Aber auch jene Formen der Neurasthenie, bei denen die Beschwerden auf einzelne Organe lokalisiert sind, werden durch die Diathermie günstig beeinflusst. Die örtliche Übererregbarkeit ist entweder eine sensible und äußert sich dann in Schmerzen, die bald im Herzen, bald im Magen, in der Harnblase oder in anderen Organen auftreten, oder sie ist eine motorische und kommt in Krämpfen der glatten Muskulatur zum Ausdruck, wie wir sie als Kardiospasmus, Pylorospasmus oder als spastische Obstipation kennen. Die Anwendung der Diathermie bei diesen verschiedenen Störungen wollen wir bei den Erkrankungen der betreffenden Organe behandeln.

Die Beschäftigungsneurosen.

Sie erwachsen gewöhnlich auf einer neuropathischen Grundlage und stehen daher zur Neurasthenie in engster Beziehung. Sie äußern sich entweder in Krämpfen, die bei Ausübung einer bestimmten Beschäftigung störend auftreten, wie das für den Schreibkrampf, den Klavier- oder Violinspielerkrampf gilt, oder sie bestehen in einer Schwäche, in einem Ermüdungs- oder auch Schmerzgefühl, das durch eine bestimmte Muskelbetätigung ausgelöst wird. Alle diese Beschwerden sind in der Regel nur als Symptom einer allgemeinen nervösen Veranlagung zu werten. Dementsprechend darf sich die Behandlung nicht nur für dieses einzelne Symptom interessieren, sie muß vielmehr eine doppelte sein: Einerseits eine lokale, die sich gegen die von dem Kranken geklagten Beschwerden richtet, andererseits aber auch eine allgemeine, welche die nervöse Konstitution ins Auge faßt und zu bessern sucht. Nur so ist ein Erfolg zu erhoffen.

Neben dem eindringlichen Gebot, die die Störung auslösende Beschäftigung zu unterlassen, und einem allgemeinen beruhigenden Regime, ist die Diathermie wegen ihrer antispasmodischen Wirkung hier mehr als jede andere elektrotherapeutische Behandlung geeignet. Leider ist ihr praktischer Erfolg, wie das auch für die meisten anderen Behandlungsmethoden gilt, häufig ein recht bescheidener. Bisweilen erzielt man eine leichte Besserung, nicht selten läßt uns die Diathermie bei den Beschäftigungsneurosen aber auch gänzlich im Stich, was wohl darin seinen Grund hat, daß wir die eigentliche Grundlage des Leidens nicht zu beheben vermögen.

Die Technik der Durchwärmung. Da die Beschäftigungsneurosen fast stets nur an den oberen Extremitäten ihren Sitz haben, so wird eine Längsdurchwärmung dieser in Betracht kommen. Man läßt die Finger auf eine Bleiplatte stellen, die in einer Glastasse liegt und mit etwas Wasser überschiedet ist, wie dies die Abb. 79 auf S. 128 zeigt. Die zweite Elektrode legt man über dem Schulterblatt an. Die Stromstärke ist durch den Querschnitt des Handgelenkes begrenzt und kann bis 0,3—0,4 Ampere betragen.

Der Morbus Basedowi.

Nachdem bereits Feiler (1913) auf die günstige Wirkung der Diathermie bei Morbus Basedowi aufmerksam gemacht hat, wurde diese Behandlung neuerdings von Bordier empfohlen. Bordier läßt den Kranken auf einer großen Metallplatte, welche den einen Pol bildet, Platz nehmen, während eine zweite kleinere Platte (150 cm²) am Hals über der Struma befestigt wird. Die Stromstärke beträgt 1,0–1,2 Ampere, die Dauer der Sitzung $\frac{1}{2}$ Stunde. Einer Serie von 10 solchen Sitzungen folgt eine Pause von 12–15 Tagen. Der Erfolg soll ein sehr guter sein, am raschesten bessert sich die Tachykardie, der Umfang des Kropfes nimmt ab, der Exophthalmus geht zurück, nur das Zittern scheint einer Beeinflussung unzugänglich zu sein.

Auch Nuvoli und La Banca berichten über günstige Wirkungen der Diathermie bei Morbus Basedowi. Sie nehmen an, daß die Durchwärmung der Schilddrüse eine hemmende Wirkung auf die Thyreoidinsekretion ausübt analog den Versuchen bei Nierendurchwärmung und Phloridzindiabetes (S. 164).

Ich gestehe, daß ich über die Behandlung des Morbus Basedowi mit Diathermie keine Erfahrung besitze. Ich habe nur ein einziges Mal eine Patientin, die an einem Basedowoid litt, mit einer allgemeinen Diathermie behandelt. Der Erfolg war ein ausgesprochen schlechter. Nach vier, und zwar ganz leichten Durchwärmungen war die allgemeine Erregbarkeit hochgradig gesteigert, das Herzklopfen und die Hyperhidrosis so vermehrt, daß ich die Behandlung schleunigst abbrach und durch diese Erfahrung belehrt, begreiflicherweise keine Lust mehr hatte, ähnliche Kranke mit Diathermie zu behandeln. Auch Grünsfeld berichtet über einen Fall von Basedow mit Mitralfehler, bei dem die Diathermie trotz Anwendung ganz schwacher Ströme nicht vertragen und aufgegeben werden mußte.

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 neuralgiforme 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 ein-

stellen. 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 Inkompensation, 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.

Auf Reizleitungsstörungen scheint die Diathermie des Herzens keinen Einfluß zu haben. Grünsfeld berichtet über einen Fall von Sinusblock, bei dem das Elektrokardiogramm, das vor und nach der Behandlung aufgenommen worden war, durch die Diathermie nicht beeinflußt wurde. Auch Wenckebach sah einen Kranken mit einer Überleitungsstörung, bei dem die Diathermie vergeblich angewendet worden war. Überdies haben bereits 1914 Müller-Deham und F. Freund in Versuchen an Gesunden eine Beeinflussung des Elektro-

kardiogramms durch die örtliche Diathermie des Herzens nicht feststellen können.

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 (Abb. 93). 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—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

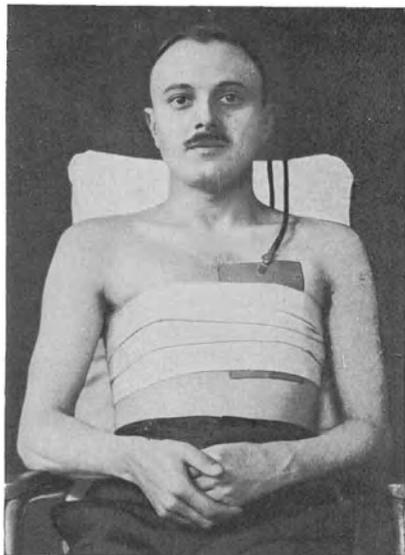


Abb. 93. Diathermie des Herzens.

einer Ermüdung, Abgeschlagenheit oder eines sonstigen Unbehagens hinterlassen, was darauf hinweisen würde, daß die angewendete Durchwärmung zu stark war. Treten während der Behandlung Herzklopfen oder Schwindelerscheinungen auf, so muß dringend geraten werden, die Behandlung abubrechen. Man vergesse nicht, daß insbesondere bei Stenokardie eine plötzliche Herzlähmung keine Seltenheit ist, und es wäre ein böser Zufall, wenn eine solche während der Behandlung eintreten sollte. Ich selbst habe einen Patienten, dem ich wegen der zunehmenden Häufigkeit seiner Anfälle riet, die Behandlung für einige Zeit auszusetzen, schon am nächsten Tag durch den Tod verloren und Grünsfeld erzählt von zwei ähnlichen Erlebnissen.

Die Arteriosklerose.

Die allgemeine Arteriosklerose. Bei der Arteriosklerose ist die Elastizität der Gefäßwandungen, die normalerweise nach Art eines Wind-

kessels den peripheren Kreislauf unterstützen soll, 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. Hierzu ist die Diathermie in ausgezeichneter Weise geeignet.

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. 102). 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 arteriellen 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 ausgezeichneter. 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 Technik der Durchwärmung. Die Behandlung besteht in einer allgemeinen Diathermie. Diese kann nach Methode I oder II vorgenommen werden, doch sei in jedem Fall die Durchwärmung eine ganz leichte. Niemals darf sie das Gefühl einer Ermüdung zurücklassen. Eine Stromstärke von 1,3—1,5 Ampere bei der I. Methode, eine solche von 1,5—2,0 Ampere bei der II. Methode in einer Dauer von 20 Minuten dürfte genügen.

Vorwiegend amerikanische, aber auch einzelne französische Autoren wie Laquerrière verwenden an Stelle der allgemeinen Diathermie die lokale Diathermie des Herzens. Da die gesamte Blutmenge in wenigen Minuten immer wieder das Herz durchheilt, glauben sie auf diese Weise am wirksamsten allgemeine Zirkulationsstörungen beeinflussen zu können. Sie übersehen dabei, daß in den wenigen Sekunden, in denen das Blut bei seinem Durchgang durch das Herz den Hochfrequenzströmen ausgesetzt ist, eine nennenswerte Erwärmung desselben gar nicht stattfinden kann. Erwärmt wird einzig und allein der Herzmuskel mit seinem Nervenapparat. Was soll das für einen Zweck haben, wenn die peripheren Arterien erkrankt sind? Ist es da nicht logischer und wirksamer, diese selbst zum Angriffspunkt der Behandlung zu machen?

Die örtliche Arteriosklerose. Die Kreislaufstörung kann sich auch auf einzelne Gefäßbezirke beschränken oder in diesen mit besonderer Stärke 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 typisches Beispiel einer solchen örtlichen Gefäßinsuffizienz mag die *Dysbasia angiosclerotica* (*Claudicatio intermittens*) dienen. Im weiteren Verlaufe der Erkrankung kann es zu einem Verschlusse der Gefäße (*Endarteriitis obliterans*) und schließlich zur Gangrän kommen.

Ich habe eine beträchtliche Zahl derartiger Erkrankungen, teils Fälle von *Claudicatio intermittens*, teils solche mit obliterierender *Endarteriitis* behandelt und dabei die Überzeugung gewonnen, daß wir in der physikalischen Therapie kein wirksameres Mittel besitzen, um eine örtliche gestörte Zirkulation wieder herzustellen, als die Diathermie. Mag auch die unmittelbar sichtbare Hyperämie, die ein galvanisches oder ein Heißluftbad erzeugt, eine größere sein, nachhaltiger und durchgreifender ist zweifellos die Wirkung, welche die elektrische Durchwärmung auf den Kreislauf des Blutes ausübt. Unter verschiedenen Erfolgen, die ich mit der Diathermie erzielte, sind mir insbesondere zwei Fälle von *Endarteriitis obliterans* in Erinnerung, bei denen es mir gelang, den Kranken die von den Ärzten als unvermeidlich angesehene Amputation des Beines zu ersparen.

Der eine dieser Fälle sei hier kurz wiedergegeben. Er liegt derzeit mehr als 4 Jahre zurück und sein Erfolg ist ein bis heute bleibender. Es handelte sich um einen Arzt, der bereits seit mehreren Monaten an heftigen arteriosklerotischen Schmerzen zuerst in der Wade, dann auch im Fuß litt. Nach vergeblicher Anwendung von Wärme in verschiedener Form, wechselwarmen Fußbädern u. dgl. zeigten sich im Frühling 1921 die ersten Erscheinungen einer beginnenden Gangrän an zwei Zehen des linken Fußes. Die behandelnden Ärzte, darunter Prof. Eiselsberg, hielten die Abtragung des Beines am Oberschenkel für indiziert. Der Zufall wollte es, daß einer der Kollegen zwei Fälle von Raynaudscher Erkrankung gesehen hatte, die ich mit Diathermie behandelt und kurz vorher in einer wissenschaftlichen Gesellschaft vorgestellt hatte. Auf seinen Vorschlag wurde dem Kranken noch eine Frist von 14 Tagen gewährt, um einen letzten Versuch mit Diathermie zu machen. Nach 12 Sitzungen waren die Erscheinungen der drohenden Gangrän zurückgegangen, die Schmerzen waren wesentlich gebessert. Nach 25 Sitzungen ging der Patient geheilt nach Hause, ohne daß er auch nur eine Zehe verloren hätte. Er geht heute nach wie vor seinem ärztlichen Berufe nach.

Die Wirkung der Diathermie in diesen und in ähnlichen Fällen mag im ersten Augenblick vielleicht wunderbar erscheinen, sie verliert aber viel von diesem Wunderbaren, wenn man überlegt, wie sie überhaupt zustande kommt. Es ist kaum anzunehmen, daß die Diathermie schwer veränderte Gefäße wieder normal oder bereits verschlossene Gefäße wieder durchgängig macht. Sie fördert aber sicherlich die Zirkulation, soweit sie überhaupt noch vorhanden ist; sie fördert damit auch die Ausbildung eines kollateralen Kreislaufes und kommt dadurch der Natur in ihren Heilbestrebungen zu Hilfe. Gelingt es uns, durch Anregung der Zirkulation die Blutversorgung in den bedrohten Teilen nur so lange aufrecht zu erhalten, bis sich die auxiliären Blutbahnen genügend ausgebildet haben, so haben wir damit auch die Gangrän verhindert, den Arm oder das Bein gerettet.

Die Technik der Durchwärmung. Haben wir eine *Claudicatio intermittens* vor uns, dann wird es zweckmäßig sein, nicht allein die Waden, die gewöhnlich den Hauptsitz des Schmerzes darstellen, sondern möglichst das ganze Bein zu durchwärmen, um so die Blutbewegung nicht

nur in den kleinen, sondern auch in den größeren Gefäßen zu bessern. Man verwendet hierzu vielleicht am besten jene Methode, die ich zur Behandlung der Ischias angegeben habe, wobei eine Elektrode (200 cm²) auf die Wade, eine zweite (300 cm²) auf die Streckseite des Oberschenkels und eine dritte (200 cm²) unter das Gesäß zu liegen kommt (s. S. 138). Verbindet man dann die Oberschenkelelektrode mit dem einen Pol, die Gesäß- und Wadenelektrode zusammen mit dem anderen Pol des Apparates, so findet eine Stromteilung innerhalb des Beines statt. Schaltet man noch in jeden der beiden Stromzweige den Widerstand eines Stromverteilers ein, so kann man die Wärme am Ober- und Unterschenkel nach Belieben abstimmen.

Einfacher, wenn auch weniger zweckmäßig ist es, wenn man den Fuß auf eine Bleiplatte stellen läßt und eine zweite Platte (300 cm²) auf der Streckseite des Oberschenkels befestigt oder diese Platte unter das Gesäß legt. Hier wird in jedem Fall die stärkste Erwärmung nicht in der Wade, sondern im Sprunggelenk und im distalen Teil des Unterschenkels fühlbar werden. In gleicher Weise wie ein Bein können natürlich auch beide gleichzeitig behandelt werden, wenn man sie, mit den entsprechenden Elektroden ausgerüstet, parallel in den Stromkreis schaltet.

Liegt eine Endarteriitis obliterans mit lokaler Asphyxie oder bereits beginnender Gangrän an den Zehen vor, so wird man begreiflicherweise den Wunsch hegen, auch die peripheren Teile in den Stromkreis einzubeziehen. Ich möchte aber ausdrücklich darauf aufmerksam machen, daß von den meisten derartigen Kranken eine örtliche Durchwärmung der Zehen schlecht vertragen wird. Diese sind hochgradig empfindlich und reagieren auf einen Wärmereiz meist ebenso mit einem Schmerz-anfall, wie sie dies auf einen Kältereiz tun. Schon ein gewöhnlicher Thermophor löst nicht selten unerträgliche Schmerzen aus und das gleiche habe ich bei Anwendung mäßiger, durchaus nicht starker Diathermieströme beobachtet. Ich sehe deshalb in solchen Fällen in der Regel von einer direkten Durchwärmung der Zehen ab und begnüge mich damit, die Blutversorgung dieser Teile indirekt zu heben, indem ich das ganze Bein nach einer der eben angeführten Methoden durchwärme. Eine Erweiterung und stärkere Durchblutung der größeren Arterien hat auch eine Besserung des Blutumlaufes in den peripheren Teilen zur Folge.

Die Gefäßneurosen und die Gefäßlähmung.

Von den sonstigen örtlichen Erkrankungen der Gefäße seien hier noch zwei im besonderen besprochen:

Die Gefäßneurosen. Bei diesen ist der Tonus der Gefäße entweder im Sinne einer Über- oder Untererregung, also im Sinne einer Hypertonie oder Hypotonie geändert. Im ersten Fall haben wir es mit einem Gefäßkrampf, einem Angiospasmus zu tun, der meist anfallsweise auftritt und am häufigsten an den Fingern und Händen lokalisiert ist. Er gibt sich kund durch ein Erblässen der Haut, das an den Fingerspitzen einsetzt und proximal fortschreitet, entweder nur einzelne Finger

oder auch die ganze Hand ergreift und von Kältegefühl, Parästhesien, ja selbst Schmerzen begleitet ist.

Bei der Gefäßschwäche, der Angioparese dagegen handelt es sich um einen mehr dauernden Zustand, der gleichfalls durch Kältegefühl und Parästhesien, aber im Gegensatz zum Gefäßkrampf durch eine bläuliche Verfärbung der Haut gekennzeichnet ist. Die angiospastischen Gefäße sowohl wie die angioparetischen sind gegen Kälteeinflüsse ungewein empfindlich. Die Beschwerden sind in der kälteren Jahreszeit, also im Winter, in der Regel viel schlechter, im Sommer, in der Wärme wesentlich besser oder auch vollkommen fehlend. Es lag darum nichts näher, als diese Erfahrung ausnützend, bei den Angioneurosen die Diathermiewärme zu versuchen. In der Tat hat sie sich sowohl bei dem Gefäßkrampf wie bei der Gefäßschwäche äußerst nützlich erwiesen. Die Hochfrequenzströme setzen durch ihren beruhigenden Einfluß die gesteigerte Reflexerregbarkeit herab, sie wirken also krampflösend, andererseits erweisen sie sich aber auch durch die arterielle Hyperämie, welche sie erzeugen, gegen die venöse Stauung bei der Gefäßparese wirksam.

Zu den Angioneurosen rechnet man im weiteren Sinn auch den Morbus Raynaud, die symmetrische Gangrän, die von den meisten Autoren heute als ein zentral bedingtes Leiden angesehen wird. Wenn man bei dieser Erkrankung rechtzeitig eingreift, das will sagen, nicht erst dann, wenn sich die Gangrän dokumentiert, so kann man auch hier mit der Diathermie manches erzielen. Im Stadium der Gangrän allerdings habe ich kaum jemals einen Erfolg gesehen.

Die Gefäßlähmung als Begleiterscheinung einer motorischen Lähmung. Wir sehen sie sowohl bei Lähmungen peripherer Nerven wie des Nervus radialis oder des N. peroneus, also auch bei zentralem Sitz der Lähmung wie bei der Poliomyelitis anterior. Die Lähmung kennzeichnet sich objektiv durch die Hypothermie und die Zyanose der von der Lähmung befallenen Teile, subjektiv durch Kältegefühl und Parästhesien. Die letzteren Beschwerden sind oft so stark, daß der Wunsch der Kranken verständlich wird, dagegen etwas zu tun. Auch hier erweist sich die Diathermie sehr vorteilhaft. Wie wir bereits bei der Poliomyelitis anterior acuta ausgeführt haben, ist die Diathermie das geeignetste Mittel, die mangelnde Durchblutung und die sich aus ihr ergebenden Beschwerden zu bekämpfen. Sie erzeugt eine arterielle Hyperämie und beseitigt damit die venöse Stauung, was sich deutlich in einer Veränderung der bläulichen Färbung ins Hellrote kundgibt. Damit schwinden auch die subjektiven Begleiterscheinungen, vor allem das Kältegefühl. Durch fortgesetzte Behandlung kann man die Blutversorgung dauernd bessern.

Die Technik der Durchwärmung. Bei den Gefäßneurosen wie bei der Gefäßlähmung wird es sich empfehlen, auch wenn die Erkrankung in den peripheren Teilen, den Fingern und Zehen lokalisiert ist, die Extremität möglichst der ganzen Länge nach zu durchwärmen, um so die Zirkulation möglichst ausgiebig zu beeinflussen. Man wird also bei einer Erkrankung der Hand die Finger in eine Schale tauchen lassen, wie dies in Abb. 79 auf S. 128 dargestellt ist und die zweite Elektrode

in Form einer Bleiplatte (200—300 cm²) am Rücken befestigen. Bei einer Erkrankung an den unteren Extremitäten wird man ein Zellenbad für die Füße mit einer Rückenelektrode bzw. Gesäßelektrode kombinieren.

Die Erfrierung.

Allgemeines. Die Erfrierung ist in den leichteren Graden durch eine Gefäßschwäche oder Lähmung gekennzeichnet, in schwereren Fällen gesellen sich entzündlich exsudative Veränderungen hierzu, die unter dem Namen Frostbeulen bekannt sind. Bei weiterem Verlauf kann es auch zu einem Zerfall des geschädigten Gewebes, zu einer Geschwürsbildung kommen. Am häufigsten finden sich Erfrierungen an den Fingern und Zehen, sie kommen aber auch an der Ferse, den Unterschenkeln, der Nase und anderen Orts vor. Die im vorigen Abschnitt behandelten Erkrankungen der Gefäße, die Angioneurosen, die Gefäßschwäche und die Gefäßlähmung schaffen eine besondere Eignung zur Erfrierung und nicht selten bildet eine Kombination dieser Zustände mit der Erfrierung den Gegenstand der Behandlung.

Die günstige Wirkung der Diathermie bei Erfrierungen wurde von verschiedenen Seiten betont (Bucky, Laqueur, Grünbaum u. a.). Auch meine Erfahrungen bestätigen das gleiche. Am augenscheinlichsten ist der Erfolg dort, wo chronische Infiltrationen in Form von Frostbeulen bestehen oder wo die Haut bereits oberflächlich nekrotisiert ist. Nicht selten vereinige ich bei Erfrierungen die elektrische Durchwärmung mit einer Quarzlichtbestrahlung, weil diese auch für sich allein erfahrungsgemäß recht günstig wirkt.

Die Technik der Durchwärmung. Da die Erfrierungen meist die gleiche Lokalisation aufweisen wie die Angioneurosen und die Gefäßlähmungen, also vorwiegend an den Extremitätenenden lokalisiert sind, so ist auch die Technik der Durchwärmung bei ihnen die gleiche wie bei den erwähnten Erkrankungen. Um Wiederholungen zu vermeiden, sei daher auf das im vorigen Abschnitt Gesagte verwiesen.

Erfrierungen der Nase behandle ich mit einer Stanniolektrode, der ich die Form einer Nasenkappe gebe. Ein kleiner Bleistreifen, der an ein Kabel angelötet ist (Abb. 55, S. 57), wird in das Stanniolpapier eingewickelt, um die Elektrode an den Apparat anschließen zu können. Als zweite Elektrode dient eine Bleiplatte, die auf den Rücken gelegt wird. Auch eine doppelpolige Elektrode, ähnlich der, die Knapp zur Galvanisation angegeben hat, kann für die Diathermie der Nase Verwendung finden.

Die arterielle Hypertension.

Allgemeines. Der arterielle Hochdruck ist, wie seit langem bekannt, am häufigsten die Folge einer Schrumpfniere oder Arteriosklerose. Wir sprechen dann von einer sekundären Hypertension. Es kann aber ein arterieller Hochdruck auch ohne nachweisbare andere Erkrankungen, also anscheinend primär vorkommen. In diesen Fällen handelt es sich wahrscheinlich um eine neurogen bedingte funktionelle Übererregbarkeit

der Arterienmuskulatur. Eine solche Hypertonie kann eine vorübergehende sein (Gefäßkrisen), sie kann sich aber auch dauernd etablieren. Daß es unter dem bleibenden Hochdruck schließlich zu einer Schädigung der Gefäßwände selbst kommt, ist begreiflich. Hier haben wir die Brücke zu den eigentlichen Gefäßkrankungen, zur Arteriosklerose. Nicht selten finden wir Kranke, bei denen die neurogene wie die arteriosklerotische Komponente an dem bestehenden Hochdruck in einer kaum zu trennenden Weise beteiligt sind.

Seitdem Moutier zuerst die Mitteilung machte, daß die Hochfrequenzströme bei der Arteriosklerose den Blutdruck herabsetzen, ist die Diskussion über diese Frage nie mehr zur Ruhe gekommen. Die von den Franzosen zuerst empfohlene Autokonduktion im Käfig erwies sich als nicht sehr zuverlässig, wie aus den widersprechenden Urteilen der verschiedenen Forscher hervorging, von denen die einen die Erfolge dieser Methode überschwänglich priesen, die anderen vollkommen leugneten. Mehr Anerkennung wußte sich die Behandlung auf dem Kondensatorbett zu verschaffen, weshalb sie heute von den meisten Elektrotherapeuten der Behandlung im Käfig vorgezogen wird. Einen weiteren und entscheidenden Fortschritt stellt aber die Diathermie dar. Waren früher die Ansichten über die Wirkung der Hochfrequenzströme auf den Blutdruck geteilt, so sind jetzt so gut wie alle Untersucher darüber einig, daß die Hochfrequenzströme in Form der allgemeinen Diathermie den arteriellen Blutdruck herabsetzen.

Wir haben in dem Abschnitt über die physiologischen Wirkungen der Diathermie auf S. 102 bereits eingehend über den Einfluß der Diathermie auf den Blutdruck gesprochen und es würde eine Wiederholung bedeuten, wollten wir das dort Gesagte hier nochmals ausführlich wiedergeben. Es sei nur kurz zusammengefaßt: Eine allgemeine Durchwärmung setzt den arteriellen Druck herab, indem sie die peripheren Gefäße erweitert und damit die Kreislaufwiderstände vermindert (Braunwarth und Fischer, Nagelschmidt, Laqueur, Lahmeyer, Bordier, Cumberbatch u. a.). Eine solche Herabsetzung des Blutdrucks ist schon bei den meisten gesunden Menschen nachweisbar, ist aber noch viel ausgesprochener bei Kranken mit Hypertension. Wesentlich erscheint mir die Beobachtung Lahmeyers, daß das Absinken des Blutdrucks bei solchen Kranken nicht nur stärker, sondern auch anhaltender ist als bei Gesunden. Während bei diesen die durch die Diathermie erzeugte Blutdrucksenkung meist schon nach einer halben Stunde ihren Ausgleich findet, ist sie bei Kranken mit Hypertension noch nach 2 Stunden nachweisbar. Steigt der Blutdruck auch bei ihnen ganz allmählich wieder an, so bleibt doch nach jeder Durchwärmung eine kleine Blutdruckverminderung zurück, die sich bei fortgesetzter Behandlung durch Summation zu einer bleibenden Blutdrucksenkung vergrößert. Der Erfolg scheint dort am ausgesprochensten zu sein, wo der arterielle Hochdruck neurogenen Ursprungs ist, also auf einer hypertensischen Erregung der Arterienmuskulatur beruht. Der beruhigende Einfluß der Diathermie auf das gesamte Nervensystem, insbesondere auf die Reflexerregbarkeit, macht ihre Einwirkung auf die Hypertonie durchaus verständlich. Aber selbst dort, wo ein deutliches Absinken

des Blutdrucks nicht zu erzielen ist, kann man häufig eine Besserung der subjektiven Beschwerden beobachten. Der Kopfdruck, das Schwindelgefühl verringern sich, die Kranken fühlen sich wesentlich wohler, ihre geistige und körperliche Leistungsfähigkeit nimmt zu.

Wir haben wohl heute in der physikalischen Therapie kein einziges Mittel, das nur annähernd so zuverlässig einen pathologisch erhöhten Blutdruck zu vermindern imstande wäre wie die Diathermie. Ihr gegenüber müssen auch die älteren Methoden der Hochfrequenztherapie, vor allem die Arsonvalisation im Käfig vollkommen zurücktreten, eine Ansicht, die ich schon lange vertrete und die heute auch von Bordier, Duhem, Delherm und Laquerrière, Cumberbatch und anderen Forschern geteilt wird.

Die Technik der Durchwärmung. Als Behandlungsmethode kann nur die allgemeine Diathermie in Frage kommen, die man entweder nach Methode I oder Methode II ausführt, wobei im ersten Fall eine Stromstärke von 1,5, im zweiten Fall eine solche von 2,0 Ampere als oberste Grenze anzusetzen wäre. Die Erwärmung darf nur eine mäßige sein, es soll zu einem allgemeinen angenehmen Wärmegefühl, nie aber zu einer Überhitzung oder zu einem Schweißausbruch kommen. Bei Verwendung einer zu großen Stromstärke oder bei allzu langer Behandlungsdauer bleibt der Erfolg nicht selten aus, ja er kann sich geradezu in das Gegenteil verkehren, das heißt es kann zu einer Blutdruckerhöhung kommen. Darauf möchte ich nachdrücklich hinweisen. Nach der Behandlung ist eine $\frac{1}{2}$ —1stündige Ruhe geboten.

Hat sich nach etwa 20 Sitzungen der Blutdruck auf ein niedrigeres Niveau eingestellt, so wird die Behandlung ausgesetzt. Nach 3 Monaten ist die Kur in gleicher Weise zu wiederholen, eventuell nach Ablauf einer gleichen Pause noch ein drittes Mal, um den Erfolg zu befestigen. In einigen Fällen, wo der Blutdruck ein besonders hoher oder die Beschwerden besonders starke waren, habe ich der Diathermie eine Venaesectio vorausgeschickt und ich glaube, daß dies den Erfolg der Behandlung nicht unwesentlich unterstützt hat.

VI. Die Erkrankungen der Lunge und des Rippenfelles.

Anzeigen. Von den Erkrankungen der Lunge ist es in erster Linie die chronische Bronchitis, welche für die elektrische Durchwärmung in Betracht kommt. Sie 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, Grünfeld u. a.).

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 vorauszusehen. Neben überraschenden Erfolgen stehen vollkommene Versager.

Von sonstigen Erkrankungen der Lunge möchte ich die krupöse Pneumonie erwähnen, die unter Umständen Gegenstand einer Diathermiebehandlung werden kann. Ich habe in zwei Fällen, bei denen sich die Lösung des Exsudates stark verzögerte und bei denen trotz Abfall des Fiebers die Dämpfung und das Bronchialatmen, begleitet von Zyanose, Atemnot und Husten weiter bestanden, durch die Diathermie eine rasche Besserung erzielt. Die Dämpfung hellte sich von Tag zu Tag auf, die subjektiven Beschwerden nahmen in dem gleichen Maße ab, so daß ich die eine Kranke nach 15, die andere nach 22 Sitzungen geheilt entlassen konnte. Stewart empfiehlt die Diathermie im akuten Stadium der Pneumonie. Er glaubt bei einer großen Zahl von Fällen, die er auf diese Weise behandelte, eine Verminderung der Sterblichkeit feststellen zu können. In ähnlich günstigem Sinn äußert sich auch Sampson.

Ebstein und Kleinschmidt berichten auch über Erfolge, die sie bei der Behandlung des Keuchhustens mit der Diathermie erzielten.

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, Adnextumoren, 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 den meisten Fällen tuberkulöser Natur ist. Bei frischen, insbesondere von Fieber begleiteten Erkrankungen möchte ich die Diathermie für unzweckmäßig halten. Nach Abklingen des akuten Stadiums 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. Hirsh sah eine gute Wirkung der Diathermie auch bei Empyemen und berichtet ausführlich über einen Fall, der nach wiederholtem und erfolglosem chirurgischen Eingriff durch die Diathermie geheilt wurde. Bei chronischem Empyem mit Osteomyelitis der Rippen und Fistelbildung schlägt er vor, die eine Elektrode direkt über der Fisteleröffnung anzulegen.

Adam, Grünbaum, Grünsfeld und Laqueur u. a. empfehlen die Diathermie auch zur Behandlung der Adhäsionsschmerzen. Gleichwie bei den akut entzündlichen kann man auch bei den durch Adhäsion bedingten Schmerzen des Rippenfells dem Kranken durch die Diathermie eine wesentliche Erleichterung verschaffen.

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.

VII. Die Erkrankungen der Verdauungsorgane.

Die Erkrankungen des Magens.

Magenschmerzen (Gastralgie). Die Wärme wirkt schmerzstillend und beruhigend auf die sensiblen Nerven, eine Erfahrung, die wir uns therapeutisch seit langem zu Nutze machen, indem wir warme Umschläge, Thermophore u. dgl. bei Magenschmerzen 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 Magenerven.

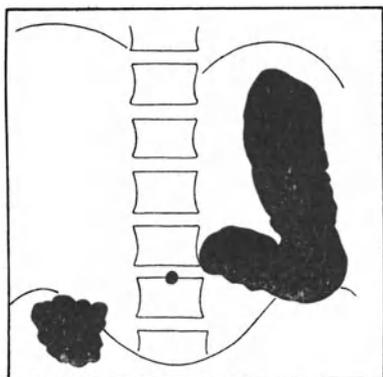


Abb. 94. Aufnahme (liegend) 8 Stunden nach Einnahme des Bariumbreies ohne Diathermie.



Abb. 95. Aufnahme (liegend) 4 Stunden nach Einnahme des Bariumbreies nach Diathermie.

Motorische Störungen (Atonie, Pylorospasmus, Kardiospasmus). Wie Lüdin sowohl durch Röntgenuntersuchungen als durch das Tierexperiment nachweisen konnte (S. 108), wirkt die Diathermie fördernd auf die Peristaltik des Magens. Die peristaltischen Wellen werden kräftiger und tiefer und die Entleerungszeit des Magens wird durch die Diathermie deutlich abgekürzt. Diese Förderung der Peristaltik war im Tierexperiment auch dann nachweisbar, wenn die physiologische Magenbewegung durch Vagusdurchschneidung, Atropin- oder Urethanwirkung gehemmt worden war. Wir dürfen aus diesen Versuchsergebnissen wohl die Berechtigung ableiten, die Diathermie bei atonischen Zuständen des Magens therapeutisch anzuwenden. Das ist wohl bisher noch nicht in entsprechendem Maße geschehen.

Viel häufiger verwenden wir die Wärme bei hypertotonischer Erregung der Magenmuskulatur, besonders beim Pylorospasmus und Kardiospasmus, und wie die Erfahrung lehrt mit gutem Erfolg. Der Widerspruch, der in diesen gegensätzlichen Indikationen zu liegen scheint, fand durch die Untersuchungen Lüdins seine Aufklärung. Dieser Autor diathermierte eine Reihe von Kranken, bei denen klinisch und rönt-

genologisch die Erscheinungen eines Pylorospasmus (Pylorusstenose) nachweisbar waren, um den Einfluß der Wärme auf die Magenentleerung zu beobachten. Die Beobachtung geschah mit Hilfe der Röntgenstrahlen. Dabei handelte es sich ausschließlich um Kranke, bei denen später entweder durch Operation oder Sektion die Richtigkeit der klinischen Diagnose sichergestellt werden konnte. Es zeigte sich nun, daß unter dem Einfluß der Diathermie die Magenentleerung wesentlich beschleunigt wurde, was wohl in erster Linie der krampflösenden Wirkung der Wärme zuzuschreiben ist. Der bei allen Untersuchten röntgenologisch festgestellte „Sechs-Stunden-Rest“ war unter dem Einfluß der Wärme ausnahmslos verschwunden. Ein ganz besonders in die Augen springendes Beispiel dieser Art zeigen die Abb. 94 und 95, die ich der Arbeit Lüdins entnehme. Es besteht also kein Zweifel, daß wir in der Diathermie ein ausgezeichnetes Mittel besitzen, um spastische Zustände der Magenmuskulatur erfolgreich zu bekämpfen. Ich selbst habe die Diathermie bei solchen Zuständen mit Erfolg angewendet. So habe ich einmal einen Kardiospasmus bei einem jungen Mädchen in 15 Sitzungen geheilt. Die Behandelte konnte wieder Fleisch und Gemüse essen, was sie seit 4 Jahren nicht mehr vermochte. Auch Tobler berichtet über die günstige Wirkung der Diathermie beim Pylorospasmus der Säuglinge.

Sekretorische Störungen. Lüdins konnte bei seinen Untersuchungen an 23 Magenkranken einen Einfluß der Diathermie auf die Magensekretion nicht nachweisen. Weder die Gesamtazidität, noch auch der Gehalt an freier Salzsäure oder Labferment wurde durch eine lokale Durchwärmung des Magens in deutlicher oder regelmäßiger Weise beeinflusst.

Im Gegensatz dazu stehen die Mitteilungen von Bordier und Setzu. Bordier lobt vor allem den Einfluß der Diathermie bei sekretorischen Magenstörungen (Gastropathies). Sowohl bei Hyper- wie bei Hypoazidität erweist sich nach ihm die elektrische Durchwärmung gleich wirksam. Auch Setzu teilt eine Reihe ausführlicher Krankengeschichten mit, welche die günstige Wirkung der Diathermie auf die gestörte Sekretion des Magens dartun. Fortlaufende chemische Untersuchungen des Magensaftes zeigten, daß sich unter der Diathermiebehandlung die mangelhafte Salzsäuresekretion zunehmend besserte oder daß eine übermäßige Salzsäureausscheidung abnahm. Gleichzeitig hob sich auch die motorische Funktion des Magens. Hand in Hand damit verschwanden die subjektiven Beschwerden dieser Kranken, bestehend in Schmerzen nach dem Essen, Blähungen, Aufstoßen oder Erbrechen. Die Diathermiebehandlung, welche sowohl Bordier als Setzu vorschlagen, ist eine sehr energische.

Das Ulcus ventriculi (duodeni). Wie bekannt, hat schon vor vielen Jahren Leube die systematische Wärmebehandlung mittels Kataplasmen beim Ulcus ventriculi empfohlen und diese Therapie hat sich, wie die Erfahrung zeigte, auch ausgezeichnet bewährt. Es liegt nun der Gedanke nahe, an Stelle der Kataplasmen die tiefer und gleichmäßiger wirkende Diathermie zur Anwendung zu bringen. Dagegen könnte man nun einwenden, daß die Diathermie durch die aktive Hyperämisierung der Schleimhaut die Gefahr einer Blutung erhöht, und

dieser Einwand wurde in der Tat von verschiedenen Autoren und mir selbst erhoben. Wie steht es nun mit der Gefahr einer solchen Blutung? Zunächst muß festgestellt werden, daß auch bei der Anwendung von Kataplasmen eine Hyperämisierung der Magen-Darmschleimhaut zustande kommt, die auch im Tierexperiment nachgewiesen wurde, und daß Leube und mit ihm viele andere gerade in dieser Hyperämisierung die Heilwirkung der Kataplasmen beim Ulkus erblicken. Nun hat die Praxis gelehrt, daß durch die Leubesche Behandlung die Gefahr der Blutung eher vermindert als erhöht wird. Das liegt wohl darin, daß die Wärme, wie Lüdín in seinen schönen Untersuchungen zeigte, den Pylorospasmus und damit die Stagnation des Mageninhaltes rasch und prompt beseitigt. Damit aber entfällt gleichzeitig eine der Hauptquellen für die Blutung, die mechanische Reizung der Geschwürsfläche, die zweifellos viel gefährlicher ist als die durch die Wärme bedingte Hyperämie. Ich glaube daher, daß die früher aus theoretischen Erwägungen abgeleiteten Bedenken bezüglich der Blutungsgefahr nicht mehr aufrecht erhalten werden können und daß die Diathermiebehandlung des Magen- und Duodenalgeschwürs, wie sie von Rubens und Nemours empfohlen wurde, ihre Berechtigung hat.

Die Technik der Magendiathermie ist einfach. Man legt eine Bleiplatte (200 cm²) auf die Magengegend, eine etwas größere ihr gegenüber auf den Rücken. Die Stromstärke sei eine mäßige, etwa 1,0—1,5 Ampere, die Einwirkung dafür aber eine möglichst lange dauernde. Will man im besonderen auf die Kardia oder den Pylorus einwirken, so wird man die Platten in der Höhe dieser einstellen.

Im Gegensatz zu dieser bisher von mir geübten milden Durchwärmung empfehlen Bordier und Setzu Durchwärmungen mit großer Stromstärke und langer Dauer. Auf das Epigastrium kommt eine Elektrode von 200 cm², ihr gegenüber auf dem Rücken eine etwas größere von 300 cm². Die Stromstärke schwankt von 1,0—2,5 Ampere (!?). Der Kranke, der so $\frac{1}{2}$ —1 Stunde durchwärmt wird, gerät dabei in heftigen Schweiß. Die Sitzungen werden am besten jeden Morgen oder 3 bis 4 Stunden nach dem Mittagessen vorgenommen.

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 ver-

wendet. Ihre günstige Wirkung bei der Stuhlverstopfung wurde vornehmlich von Theilhaber, Tobias und Laqueur betont.

Ähnliches gilt auch für die Appendizitis im subakuten und chronischen Stadium. Die akute Appendizitis möchte ich trotz der Empfehlung von King gleich anderen akuten infektiösen Prozessen (s. S. 121) als Gegenanzeige betrachten mit Rücksicht darauf, daß die reaktiv gesteigerte Blut- und Lymphbewegung leicht zu einer Verschleppung der Eiterungserreger und damit zu einer Ausbreitung der Entzündung führen kann. In chronischen Fällen mag die Durchwärmung am Platze sein. Natürlich immer unter der Voraussetzung, daß kein Eiterherd vorhanden ist, der einen chirurgischen Eingriff angezeigt erscheinen läßt. Die wichtigste Aufgabe fällt der Diathermie meiner Ansicht nach dort zu, wo nach einer bereits vollzogenen Appendektomie immer noch Schmerzen bestehen, die teils durch chronisch entzündliche Vorgänge am Peritoneum, teils durch narbige Verwachsungen desselben bedingt sein können. Hier vermag die Diathermiewärme oft besser als irgendein anderes Mittel die Beschwerden zu lindern. Ich möchte die Diathermie daher weniger zur Behandlung als zur Nachbehandlung der Appendizitis für geeignet halten, vor allem in jenen Fällen, wo der chirurgische Eingriff die Beschwerden nicht vollkommen zu beseitigen vermochte. In diesem Sinn wird die Durchwärmung auch von Durand und Nemours gelobt.

Die gleich günstige Wirkung, welche die Diathermie bei pleuritischen Adhäsionen entfaltet, können wir auch bei Verwachsungen des Bauchfelles feststellen, welche als die Folge der verschiedensten entzündlichen Vorgänge des Magens, des Darms, der Gallenblase und anderer Bauchorgane zurückbleiben. Werden durch die Diathermie auch die narbigen Verklebungen nicht gelöst, so werden durch sie doch die subjektiven Beschwerden der Kranken, die Schmerzen und Verdauungsstörungen in auffallender Weise gebessert.

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

Die Erkrankungen der Gallenwege.

Anzeigen. Wir wollen unter den Erkrankungen der Gallenwege vornehmlich die Cholangitis, die Cholezystitis und die Cholelithiasis verstehen, die ja alle untereinander in enger ätiologischer Beziehung stehen. Die Cholangitis führt häufig zu einer Cholezystitis, diese wieder zur Cholelithiasis. Umgekehrt kann die Steinbildung die Ursache einer Cholezystitis und Cholangitis sein. Wie für alle Anwendungen der Diathermie gelten auch hier akut entzündliche Erkrankungen der Gallenwege, besonders wenn sie von Fieber begleitet sind, als Gegenanzeigen, da bei ihnen die Durchwärmung nicht allein die Beschwerden steigert, sondern auch zur Verschleppung der Entzündungserreger Veranlassung

geben kann. Bei allen subakuten und chronischen Prozessen der Gallenwege, wenn sie fieberlos verlaufen, wie chronischer Cholezystitis, Cholangitis und ihren Folgezuständen, peritonealen Adhäsionen und Steinbildung ist die Diathermie ein ganz ausgezeichnetes Heilmittel. Hier kommt uns einerseits ihre spezifisch schmerzstillende Wirkung zugute, andererseits ihr hyperämisierender resorptionsfördernder Einfluß auf entzündliche Prozesse. Nicht an letzter Stelle möchte ich ihre antispasmodische Komponente stellen, die sie befähigt, auf die glatte Muskulatur der Gallenblase und Gallengänge beruhigend und krampflösend zu wirken. Kaum ein anderes Mittel vereinigt alle diese Eigenschaften in so vollkommener Weise in sich.

Grube war es, der die Diathermie zuerst bei chronischer Gallenblasenentzündung und Steinbildung empfahl, welcher Empfehlung sich dann Laqueur u. a. anschlossen. Neuerdings treten unter den französischen Autoren besonders Aimard und Rouzard für die Anwendung der Diathermie bei Erkrankungen der Gallenwege ein. Sie haben die elektrische Durchwärmung in Vichy teils mit, teils ohne gleichzeitige Trinkkur an mehreren hundert Kranken erprobt und waren mit den Erfolgen derselben sehr zufrieden. Insbesondere dort, wo die Gallenblase sehr empfindlich war und das Trinken des Wassers schmerzhaft Reaktionen auslöste, erwies sich die Diathermie infolge ihrer schmerzstillenden Wirkung als wertvolles Unterstützungsmittel der Kur. Nur in jenen Fällen, bei denen es wegen eines lang bestehenden Steinleidens bereits zur Sklerosierung der Gallenblase gekommen war, blieb die Diathermie unwirksam.

Die Technik der Durchwärmung. Man legt auf die Lebergegend quer über den Rippenbogen eine Bleiplatte von 200 cm², ihr gegenüber auf den Rücken eine etwas größere Platte von 300 cm². Eine Stromstärke von 1,2—1,5 Ampere erzeugt ein leichtes angenehmes Wärmegefühl. Die Behandlung wird am besten im Liegen vorgenommen, wobei die rückwärtige Platte durch das Körpergewicht, die vordere durch einen leichten Sandsack festgehalten wird.

VIII. Die Erkrankungen der Harnorgane.

Die Erkrankungen der Niere.

Anzeigen. Ob die Diathermie bei der akuten Nephritis angezeigt ist, erscheint zweifelhaft, obwohl auch hier über Erfolge berichtet wird. Alkewicz gibt an, eine günstige Wirkung der Diathermie auf die Albuminurie und Zylindrurie bei Kriegsnephritis gesehen zu haben. Auch bei einem 11jährigen Kinde mit schwerer subakuter parenchymatöser Nephritis, bei dem innere Diuretika versagt hatten, beobachtete er unter der Diathermiebehandlung ein Ansteigen der täglichen Harnmenge bis auf 2 Liter, Schwinden des Aszites und der Ödeme. 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

des Harns soll mit fortschreitender Besserung eine Abnahme erfahren. Alle 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).

Nuvoli und La Banca berichten über die Wirkung der Diathermie beim Phloridzindiabetes nach Versuchen, die sie an acht Kranken anstellten. Nach einer einstündigen Diathermie der Nierengegend und unmittelbar darauffolgender intravenöser Injektion von 0,015—0,025 g Phloridzin konnten sie stets nur Spuren von Zucker im Harn nachweisen, die nach wenigen Stunden verschwanden. Wurde an denselben Kranken jedoch statt einer Nierendiathermie eine allgemeine Diathermie vorgenommen, so traten nach der Injektion jedesmal große Zuckermengen auf, die nie vor 24 Stunden verschwanden. Die Diathermie der Niere scheint also eine hemmende Wirkung auf die Zuckerausscheidung zu besitzen.

Von sonstigen Anwendungen der Diathermie bei Nierenerkrankungen sei noch ein Bericht von Grünbaum erwähnt, der eine reflektorische Anurie durch eine einmalige Erwärmung heilte. Ein 54jähriger Mann, der seit mehr als 20 Stunden keinen Harn mehr gelassen hatte, klagte über Schmerzen in der linken Lendengegend. Die Harnblase war leer. In der Annahme, daß es sich um einen reflektorischen Krampf der Nierengefäße handle, diathermierte Grünbaum die linke Niere 30 Minuten lang. 2 $\frac{1}{2}$ Stunden später erfolgte der erste Harnabgang, mit dem auch eine Menge Harngrieß entleert wurde.

Stone Chester Tilton hat einen Kranken mit linksseitiger Nierentuberkulose mit Diathermie behandelt. Nach 3monatlicher Behandlung waren die früher massenhaft vorhandenen Tuberkelbazillen vollkommen verschwunden und der Urin klar. Der Kranke hatte an Gewicht zugenommen und war wieder arbeitsfähig geworden.

Die Technik der Nierendiathermie. 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 (400—500 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, was ich daraus entnehmen möchte, daß ich häufig schon nach der ersten oder zweiten Sitzung, wenn ich die entsprechende psychische Beeinflussung nicht außer acht ließ, einen vollen Erfolg erzielte und daß ich den gleichen Erfolg auch mit anderen elektrotherapeutischen Methoden zu erreichen vermochte. Auch Büben betont die günstige Wirkung der Diathermie bei Enuresis nocturna.

Eine weitere Anzeige findet die Diathermie in der Cystitis chronica. Ich sah in einigen Fällen ganz wesentliche Besserungen und das gleiche konnte auch Theilhaber feststellen. Büben berichtet über eine größere Zahl von Blasenkrankungen, bei denen er durch die Diathermie Besserung oder Heilung erzielte. Am raschesten verschwanden die Schmerzen beim Urinlassen, länger dauerte es, bis eine bestehende Inkontinenz zur Heilung gebracht werden konnte, erfolglos war die Behandlung in zwei Fällen von Blasentuberkulose.

Dourmaschkin hat die Diathermie auch bei eingeklemmten Harnsteinen erfolgreich zur Anwendung gebracht. Zweimal saß der Stein im unteren Abschnitt des Ureters, einmal im hinteren Abschnitt der Harnröhre. Die Durchwärmung führte zur spontanen Ausstoßung bzw. ermöglichte es, den Stein zu extrahieren.

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 Elektrode, wie man sie z. B. zur Prostata-diathermie verwendet (s. S. 170), in den Mastdarm einführt und eine zweite in Form einer Bleiplatte auf den Bauch oberhalb der Symphyse legt. Bei Frauen verwendet man an Stelle der rektalen eine vaginale Elektrode (s. S. 176). Auf diese Weise kann die Harnblase direkt zwischen die Elektroden gefaßt werden.

Lindemann und Büben verwenden auch eine intravesikale Methode, wobei sie eine Elektrode in die Harnblase selbst einführen. Die Elektrode von Büben besteht aus einem Metallkatheter, dessen vorderes 2 cm langes Endstück abschraubbar und metallisch blank ist, während die übrige Länge von einem aus Gummi und Seide bestehendem Isoliergewebe umspinnen ist. Durch diesen Elektrodenkatheter wird die Harnblase mit 100—300 cm³ steriler Kochsalzlösung gefüllt, dann wird durch Absperrn eines Hahnes das Ausfließen der Lösung verhindert und an die an der Elektrode befindliche Klemmschraube ein Kabel angeschlossen. Legt man nun als zweite Elektrode eine Bleiplatte über die Symphyse, so fließt

der Strom von der metallischen Spitze des Katheters zur vorderen oberen Blasenwand. Eine gleichmäßige Durchwärmung der ganzen Blasenschleimhaut, wie sie Büben annimmt, kommt auf diese Weise natürlich nicht zustande. Auch halte ich die in dieser Weise ausgeführte intravesikale Behandlung durchaus nicht für ungefährlich. Wenn durch irgendeinen Zufall das metallische Ende des Katheters mit der Blasenwand in unmittelbare Berührung kommt, statt von ihr durch eine Flüssigkeitsschicht getrennt zu sein, dann kann es bei einer Stromstärke von 0,5–1,0 Ampere, wie sie Büben anwendet, leicht zu einer Verbrennung kommen.

IX. 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 begrifflicher Weise den Gedanken nahe, die akute Urethritis durch Wärme zu kupieren. Es wurden zahlreiche Verfahren eronnen, um die in der Urethral Schleimhaut nistenden Gonokokken unmittelbar durch die Wärme zu töten. Leider mit wenig Erfolg. Versuche mit einfachen Heißwasserspülungen, mit Hohlsonden, die von heißem Wasser durchströmt wurden, mit elektrischen Heizbougies, die stundenlang zur Anwendung gebracht wurden, ergaben ein negatives Resultat. Wir wissen heute auch warum: Weil die Gonokokken sich im lebenden Körper eben anders verhalten als im Reagenzglas. Auf der Schleimhaut, ihrem natürlichen Nährboden, zeigen sie eine wesentlich größere Widerstandskraft im allgemeinen wie gegen Wärme im besonderen und während sie in Kultur bei 40° C in wenigen Stunden absterben, vertragen sie im menschlichen Körper auch höhere Temperaturgrade, ohne zugrunde zu gehen. Nichtsdestoweniger gab man den Gedanken, eine akute Gonorrhöe durch Hitze zu kupieren, nicht so leicht auf und als durch die Einführung der Diathermie die Möglichkeit gegeben war, Wärme in beliebiger Gewebstiefe zu erzeugen, wurde das Problem von neuem aufgenommen. Man hoffte, daß die Diathermie sich infolge ihrer Tiefenwirkung den älteren Methoden überlegen zeigen würde, indem sie es ermöglichte, auch jenen Gonokokken beizukommen, die in der Tiefe der Schleimhaut, in den Drüsen sich verborgen hielten. Trotz der Bemühungen verschiedener Autoren und trotz der Anwendung der kompliziertesten Methoden gelang es aber auch diesmal nicht, das erstrebte Ziel, die infizierte Schleimhaut thermisch zu sterilisieren, in die Wirklichkeit umzusetzen. Es sei dies gleich vorausgeschickt, ehe wir im folgenden einen kurzen Überblick über die bisherigen therapeutischen Versuche geben.

Eitner war der erste, der die Diathermie bei der Gonorrhöe der Harnröhre versuchte (1909). Er verwendete eine gekrümmte Metallsonde, die er in die Harnröhre einführte, und eine feuchte Außenelektrode, die den Penis rings umschloß. Durch die von der Sonde strahlenförmig ausgehenden Stromlinien konnte die Schleimhaut, allerdings nur in ihrem vorderen Anteil, ihrer ganzen Tiefe nach durchwärmert werden.

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.

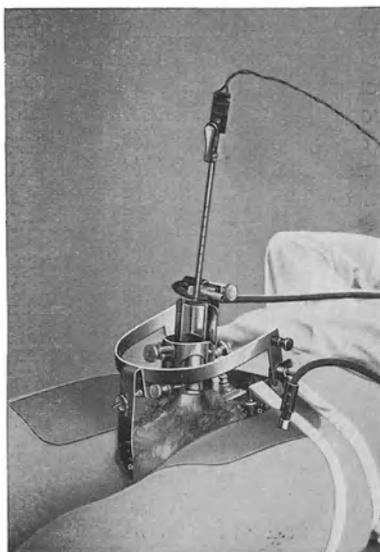


Abb. 96. Diathermie der Harnröhre nach Boerner und Santos.

Die Technik der Harnröhrendiathermie nach Boerner und Santos. Das hierzu notwendige Instrumentarium, von der Firma Siemens & Halske hergestellt, ist sehr kompliziert (Abb. 96). 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 $\frac{1}{2}$ Stunde vorgenommen. Um die Heilung rascher herbeizuführen, ist es zweckmäßig, die Diathermie noch mit einer medikamentösen Therapie zu verbinden.

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 1—2 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 Gonorrhöbehandlung nach Boerner und Santos, die ich schon 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. Es ist interessant, daß die Behandlung von Boerner und Santos, die bei uns in Deutschland fast schon in Vergessenheit geraten ist, in jüngster Zeit in Paris eine Wiederauferstehung gefeiert hat und als „Methode Roucayrols“ von Serés u. a. empfohlen wird.

Den Anregungen ihres Landsmannes Santos folgend haben eine Reihe von spanischen Forschern wie Bertoloty, Corredor, Perez, Grande, Bernal, Baquera, Castano die Wirkung der Diathermie bei Gonorrhö geprüft. Sie kamen im wesentlichen zu demselben Resultat. Eine Kupierung oder restlose Heilung einer gonorrhöischen Urethritis durch die elektrische Behandlung allein ist kaum möglich, doch leistet die Diathermie immerhin als Unterstützungsmittel bei der Behandlung der Gonorrhö recht gute Dienste. Ausgezeichnet hat sie sich bei den chronischen Folgezuständen der Gonorrhö wie Prostatitis, Vesiculitis, Epididymitis bewährt. Das ist der Hauptsache nach auch der Inhalt des Referates, das Keve auf dem 5. Urologenkongreß 1921 in Wien auf Grund von 100 behandelten Fällen erstattete.

Die Technik der Durchwärmung. Die Durchwärmung der männlichen Harnröhre läßt sich auch ohne den umständlichen Apparat, wie ihn Boerner und Santos angegeben haben, in einfacher und gefahrloser Weise ausführen. Ist der vordere Anteil der Urethra erkrankt, dann empfiehlt es sich, als aktive Elektrode eine Metallsonde zu verwenden, die man in die Harnröhre einführt, während man eine Bleiplatte zylindrisch um den Penis legt. Handelt es sich um den rückwärtigen Abschnitt der Harnröhre, so verwendet man jene Technik, die zur Behandlung der Prostata auf S. 170 näher beschrieben ist. Durch die im Rektum liegende Elektrode, deren Krümmung dem Verlauf der hinteren Harnröhre entspricht, wird diese gleichzeitig mit der Prostata hinreichend durchwärmt. Die Stromstärke schwankt in beiden Fällen zwischen 0,5—1,0 Ampere.

Die Strikturen der Harnröhre.

Allgemeines. Es war zuerst H. E. Schmidt, der die Diathermie zur Behandlung von Strikturen der Harnröhre empfahl. Unabhängig

davon machte M. Grunspan in Frankreich denselben Vorschlag. Neuerdings wird von H. Picard auf die günstige Wirkung der elektrischen Durchwärmung bei Verengerungen der Harnröhre hingewiesen. Nicht daß die Diathermie für sich allein eine Harnröhrenstriktur zu heilen vermöchte, das wäre ja kaum verständlich, aber sie erweicht, sie lockert infolge ihrer hyperämisierenden Wirkung das Narbengewebe und macht es dadurch leichter einer mechanischen Dehnung zugänglich. Die Diathermie ist also ein wesentliches Unterstützungsmittel der Sondenbehandlung und kann in diesem Sinn bestens empfohlen werden.

Die Technik der Durchwärmung ist verschieden je nach dem Sitz der Striktur. Handelt es sich um eine solche im vorderen Anteil der Harnröhre, dann werden wir nach dem Vorschlag von M. Grunspan eine Metallsonde, welche die verengte Stelle eben noch passiert, in die Urethra einführen und sie in geeigneter Weise mit dem einen Pol des Apparates verbinden. Als zweite Elektrode dient uns ein 1—2 cm breiter Bleistreifen, den wir entsprechend dem Sitz der Verengerring um das Glied legen. Da der elektrische Strom stets die kürzeste, das ist die geradlinige Verbindung von einer Elektrode zur anderen geht, so werden die Stromlinien von der Innenelektrode auch nur an jener Stelle abzweigen, die der äußeren Elektrode unmittelbar gegenübersteht. Es wird daher eine Erwärmung auch nur an der Strikturstelle selbst auftreten.

Anders ist die Technik, wenn die Striktur ihren Sitz im hinteren Harnröhrenabschnitt hat. Wir können uns dann jener Methode bedienen, die wir im vorigen Absatz für die Behandlung der hinteren Harnröhre empfohlen haben. Wir können aber auch dem Vorschlag Picards folgen. Wir führen eine Metallsonde oder, wenn es angeht, einen Metallkatheter, und zwar diesmal bis zum Blasenhalss in die Harnröhre ein. Diese Urethralelektrode wird mit dem einen Pol des Apparates verbunden. Den anderen Pol bilden zwei gemeinsam an ein Kabel angeschlossene Bleiplatten, von denen die eine unter das Kreuzbein, die andere oberhalb der Symphyse zu liegen kommt. Sie konzentrieren die von der Metallsonde ausgehenden Stromlinien in den hinteren Teil der Harnröhre, der auf diese Weise intensiv durchwärmt wird.

Die Prostatitis und Vesiculitis.

Allgemeines. Die Prostatitis, und wir sprechen hier nur von der chronischen Form derselben, hat sich bisher der Therapie nur in geringem Maße zugänglich gezeigt. Die systematische Massage der Vorsteherdrüse und die fortgesetzte Wärmebehandlung mit Hilfe des Arzberger'schen Apparates waren so ziemlich alles, was wir von wirksamen Mitteln gegen dieses Leiden bisher besaßen. Leider führten auch sie in vielen Fällen nicht zu dem gewünschten Ziel. Es ist darum mit Freude zu begrüßen, daß wir in der Diathermie eine Methode gefunden haben, die der bis jetzt angewendeten Wärmeapplikation nach Arzberger weit überlegen ist. Wenn ich auch nicht der Anschauung Kyaws zustimmen möchte, daß jede Prostatitis durch Diathermie bedingungslos geheilt werden könnte, so haben wir durch sie doch einen wesentlichen

Fortschritt in der Behandlung des Leidens erzielt. Man sieht nicht selten schon nach wenigen Sitzungen eine Verminderung des Harn-dranges, ein Nachlassen der lästigen in das Rektum, den Damm und anderwärts ausstrahlenden Schmerzen, man kann sehr bald auch ein

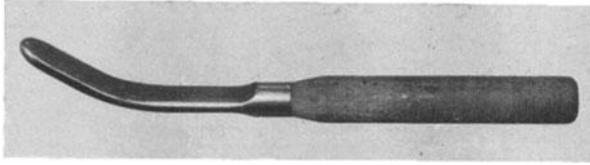


Abb. 97. Prostataelektrode.

Abnehmen der Schwellung und der Druckschmerzhaftigkeit der Drüse nachweisen und in vielen Fällen gelingt es, die subjektiven wie die objektiven Symptome vollkommen zum Verschwinden zu bringen und eine Heilung zu erreichen. Ähnlich günstig sind die Erfolge bei der chronischen Entzündung der Samenblasen. Roucayrol berichtet über eine größere Zahl solcher Erkrankungen, die er mit Hilfe der Diathermie zur Heilung bringen konnte, nachdem sie früher mit verschiedenen Methoden vergeblich behandelt worden waren.

Die Technik der Durchwärmung. Zur Durchwärmung der Prostata eignet sich am besten eine Elektrode, wie sie in Abb. 97 wiedergegeben ist. Der zur Einführung in das Rektum bestimmte Teil ist flach spatelförmig und leicht gebogen. Er ist an einem Handgriff befestigt, der aus Holz besteht und der an seinem freien Ende ein vertieftes Schraubengewinde zum Anschluß eines Kabels besitzt. Diese Elektrode wird, nachdem man ihren metallischen Anteil durch Eintauchen in warmes Wasser etwas vorgewärmt und dann gut eingefettet hat, vorsichtig in das Rektum eingeführt, und zwar so weit, daß sie die Prostata an



Abb. 98. Prostataelektrode von Serés. Oben geschlossen, unten geöffnet.

ihrer Rückseite vollkommen umgreift. Damit die Elektrode in ihrer richtigen Lage verbleibt, sich nicht etwa dreht oder herausgleitet, wird der Handgriff durch einen vorgelegten Sandsack gestützt. Ist dies geschehen, so feuchtet man die Haut über der Symphyse der Haare wegen etwas an und legt hier eine Bleiplatte von etwa 200 cm² auf. Durch Beschweren mit einem leichten Sandsack gibt man ihr den nötigen Kontakt.

Die von der Rektalelektrode ausgehenden Stromlinien müssen auf ihrem Weg zur Bauelektrode die Prostata in voller Konzentration durchsetzen. Eine Stromstärke von 0,5—1,0 Ampere wird dabei eine genügende Erwärmung erzeugen. Die Behandlung pflege ich auf 20 bis 30 Minuten auszudehnen und anfangs täglich, später jeden zweiten Tag zu wiederholen.

Will man vorzugsweise die Samenblasen in den Bereich der Stromlinien bringen, dann wird es sich empfehlen, statt einer medial über der Symphyse liegenden Bleiplatte deren zwei zu verwenden, von denen man die eine links, die andere rechts in die seitliche Unterbauchgegend legt. Sie werden an denselben Pol angeschlossen. Auf diese Weise wird der Strom von der Rektalelektrode seitwärts durch die Samenblasen abgelenkt. Serés hat zur Behandlung der Samenblasen eine Rektalelektrode angegeben, welche nach ihrer Einführung in das Rektum sich fächerförmig ausspannen läßt (Abb. 98).

Die Epididymitis und andere Erkrankungen.

Anzeigen. In Analogie mit anderen akuten Erkrankungen hielt man bis vor kurzem auch die Diathermie bei der akuten Epididymitis für kontraindiziert. Eine Reihe von Erfahrungen in der letzten Zeit haben mich jedoch von der Unrichtigkeit dieser Annahme überzeugt. Ich habe eine größere Zahl von akuten Entzündungen des Nebenhodens bereits 6—7 Tage nach dem Auftreten der ersten Erscheinungen mit bestem Erfolg diathermisch behandelt. Die Schmerzen nahmen bald ab, die Schwellung ging rasch zurück, so daß ich heute die Diathermie auch zur Behandlung der akuten Epididymitis empfehlen möchte.

Daß sie bei der chronischen Epididymitis recht günstig wirkt, ist seit langem bekannt. Die derben Infiltrate, welche nach einer Gonorrhoe des Nebenhodens oft lange Zeit bestehen bleiben, reagieren auf die Wärme sehr gut. Das gleiche gilt auch für periurethrale Infiltrate.

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 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. Die Durchwärmung des Hodens bzw. des Nebenhodens nehme ich in der Weise vor, daß ich zunächst unter das Kreuzbein des Kranken, der auf einem Behandlungsbett liegt, eine Bleiplatte in der Größe von 300 cm² schiebe. Dann wird der Hoden auf eine etwas kleinere Bleiplatte (150—200 cm²) gelagert und diese dann entsprechend umgebogen, so daß sie auch der Vorder-

seite des Skrotums anliegt. Würde man nun die beiden Elektroden an den Apparat anschließen und ohne weiteres einen Strom einschalten, so würde dieser nicht den Hoden durchsetzen, sondern er würde von der vorderen Elektrode direkt durch die Oberschenkel, auf welchen diese Elektrode aufrucht, zur Kreuzbeinelektrode gehen. Um dies zu verhindern, muß zwischen Oberschenkel und Skrotum eine isolierende Zwischenlage, bestehend aus einem Gummistoff und einer Kompresse, eingeschoben werden, die es verhindert, daß der Strom den kürzesten Weg von einer Elektrode zur anderen nimmt, und die ihn zwingt, durch das Skrotum zu gehen. Bei dieser Elektrodenanlage wird durchschnittlich eine Stromstärke von 1 Ampere vertragen.

Corbus und Budd haben zur Behandlung der Epididymitis auch eine Spezialelektrode angegeben, bestehend aus zwei flachen Metallschalen, die an einem zangenförmigen Instrument, das aus Isoliermaterial besteht, befestigt sind. Man kann sich eine schalenförmige Elektrode auch in der Weise improvisieren, daß man ein mit Watte ausgepolstertes Suspensorium mit Stanniolpapier auskleidet, dann den Hoden hineinbettet und nun die Riemen des Suspensoriums straff anzieht, um einen guten Kontakt zu erhalten.

Periurethrale Infiltrate werden in der gleichen Weise behandelt wie Strikturen (s. S. 168). Sitzt das Infiltrat in der Pars pendula der Urethra, dann kann man die Durchwärmung auch in der Weise vornehmen, daß man den Penis zwischen zwei starre Metallelektroden klemmt. Analoges gilt für die Behandlung der Induratio plastica.

X. Die Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane.

Die Thermotheapie spielt als konservative Methode bei der Behandlung von Frauenkrankheiten bekanntlich eine bedeutende Rolle. Sie wird in Form von heißen Sitzbädern, Heißluft-, Schlamm- und Moorbädern, Thermophoren, elektrischen Heizkörpern u. dgl. seit langem und mit Erfolg angewendet. Alle diese Methoden gehen darauf aus, den Geschlechtsorganen der Frau Wärme zu Heilzwecken zuzuführen, eine Aufgabe, die mit Rücksicht auf die tiefe Lage dieser Organe im Innern des kleinen Beckens technisch nicht ganz einfach ist. Als die Diathermie mit ihrer unbeschränkten Tiefenwirkung bekannt wurde, war es daher vorauszusehen, daß sie den bisher geübten und vielfach unzulänglichen Methoden der Wärmebehandlung erfolgreich Konkurrenz machen würde. Und in der Tat hat sie sich auch, wie die Mitteilungen zahlreicher Gynäkologen bezeugen, auf dem Gebiet der Frauenheilkunde außerordentlich wirksam erwiesen. Die elektrische Durchwärmung stellt heute eine wertvolle und bleibende Bereicherung der gynäkologischen Heilmethoden dar.

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. Insbesondere leistete sie in alten Fällen von peri- und parametrischen Adhäsionen ausgezeichnete Dienste. Brühl rühmt in erster Linie die lang nachwirkende Schmerzstillung.

Der ersten Mitteilung Brühls folgte dann im Jahre 1914 eine Arbeit von Kowarschik und Keitler, die über 50 mit Diathermie behandelte Fälle berichtete und die Grundlinien der Indikationsstellung und Technik, wie sie auch heute noch Geltung haben, festlegte. Die große Zahl der weiterhin und insbesondere in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten zeigen zur Genüge, welche Bedeutung die Diathermie für die Gynäkologie gewonnen hat.

Parametritis (Adnextumoren).

Anzeigen und Gegenanzeigen. Das wichtigste Anwendungsgebiet findet die Diathermie bei der Behandlung der Adnexerkrankungen, seien dieselben nun gonorrhöischer oder nichtgonorrhöischer Natur. 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 objektiv wirksam, indem sie durch Beschleunigung der Blut- und Lymphbewegung die Resorption vorhandener Exsudate fördert. Es ist nach der Ansicht namhafter Frauenärzte kein Zweifel, daß die elektrische Behandlung nicht selten einen chirurgischen Eingriff erübrigt. Aber selbst in jenen Fällen, die durch die Behandlung nicht vollkommen geheilt werden, sondern einer späteren Operation zugeführt werden müssen, ist 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. Wie bei der Appendizitis schon betont wurde, möchte ich die Diathermie aber auch dort für angezeigt halten, wo es gilt, die nach einer Operation nicht selten zurückbleibenden Beschwerden, seien sie durch noch bestehende entzündliche Vorgänge, seien sie durch narbige Adhäsionen bedingt, zu bekämpfen. Die Durchwärmung wirkt hier nicht selten außerordentlich wohlthuend.

Die Indikation zur diathermischen Behandlung tritt nach übereinstimmender Ansicht aller Autoren bei der Parametritis bzw. den Adnextumoren erst nach Ablauf des akut entzündlichen Stadiums ein. Die Durchwärmung ist also vornehmlich 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. Tritt nach einer Durchwärmung eine solche Steigerung der Schmerzen, begleitet von einer Fieberreaktion ein, so kann man daraus mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß sich im Körper ein noch nicht zur Ruhe gekommener Infektionsherd befindet. Man wird auf jeden Fall gut daran tun, einstweilen von einer Behandlung mit Diathermie abzusehen, es sei denn, daß man die Absicht hat, einen solchen Herd zur raschen eitrigen Einschmelzung zu bringen.

Eine weitere Gegenanzeige bilden Blutungen, die unter dem Einfluß der Wärme fast ausnahmslos verstärkt werden. Auch beobachtet man, daß Blutungen, die eben erst zum Stillstand gekommen waren, durch die Diathermie neuerlich angeregt werden. Diese Beobachtungen zeigen, welch bedeutenden Einfluß die Diathermie auf die Blutversorgung der Beckenorgane ausübt. Im Hinblick darauf ist die Diathermie auch in der Zeit der Menses auszusetzen.

Die Technik der Durchwärmung. Diese kann in dreifach verschiedener Weise vorgenommen werden:

1. Indem man eine Plattenelektrode oberhalb der Symphyse, eine zweite über dem Kreuzbein auflegt und auf diese Weise den gesamten Inhalt des kleinen Beckens in sagittaler Richtung durchströmt. Wir wollen diese Methode als äußere oder perkutane Diathermie bezeichnen.

2. Indem man eine Elektrode geeigneter Form in die Scheide einführt und diese mit einer oder mehreren Elektroden, welche außen auf der Haut liegen, kombiniert. Mit Rücksicht darauf, daß die innere Elektrode die aktive ist, sprechen wir hier von einer vaginalen Diathermie.

3. Indem man an Stelle der vaginalen eine rektale Elektrode benützt und dieser wie bei der vaginalen Diathermie eine oder mehrere Außen- elektroden gegenüberstellt. Wir können diese Technik als rektale Diathermie bezeichnen.

Die äußere oder perkutane Diathermie führe ich seit Jahren in folgender Weise aus. Die Patientin legt sich mit dem Kreuzbein auf eine Bleiplatte (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, nachdem man die Haare des besseren Kontaktes wegen gut angefeuchtet hat. Diese Platte wird durch Auflegen eines Sandsackes festgehalten. Ungleich große Elektroden wählt man der Erfahrung gemäß, daß bei gleicher Größe stets die rückwärtige wärmer empfunden wird. Diesen Unterschied in der Wärmeempfindung kann man dadurch ausgleichen, daß man die rückwärtige Elektrode etwas größer nimmt. Bei den ersten Durchwärmungen wird eine Stromstärke von etwa 1,0 Ampere genügen, später kann man bis auf 1,5 Ampere steigen.

Der Anfänger macht in der Regel den Fehler, daß er die rückwärtige Elektrode zu hoch anlegt. Der untere Rand dieser Platte soll bis zur Spitze des Steißbeines reichen, denn diese Elektrode hat die Aufgabe, die von der vorderen Platte ausgehenden Stromlinien über den Rand der Symphyse in das kleine Becken gleichsam hineinzuziehen. Nur so wird auch der Uterus mit seinen Adnexen wirklich vom Strom getroffen (Abb. 99). Liegt die hintere Elektrode nicht unter dem Kreuzbein,

sondern höher, so werden die Stromlinien nicht das kleine Becken durchsetzen, sondern im besten Fall den oberen Eingang desselben schneiden (Abb. 100).

Die perkutane Methode vermag den Uterus und seine Adnexe nur in verhältnismäßig geringem Grade zu durchwärmen. Der Umstand, daß die beiden Elektrodenplatten einander nicht direkt gegenüberstehen, sondern parallel zueinander verschoben sind, bedingt eine gewisse Kantenwirkung, die sich besonders am unteren Rand der vorderen Elektrode fühlbar macht und die Anwendung größerer Stromstärken verbietet. Auch dadurch, daß den Elektroden beiderseits eine Haut-Fett- bzw. Knorpelschicht vorgeschaltet ist, die sich stark erhitzt, wird die anwendbare Stromstärke eingeschränkt. Schließlich wird durch die gute Blutversorgung im kleinen Becken die daselbst erzeugte Wärme sehr rasch verschleppt, alles Umstände, welche einer genügenden Durchwärmung der Geschlechtsorgane hindernd im Wege stehen. Die

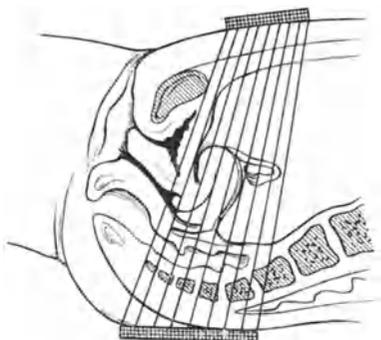


Abb. 99. Stromlinien bei richtiger Lage der Elektroden.

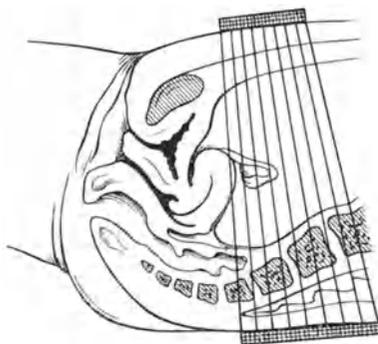


Abb. 100. Stromlinien bei falscher Lage der Elektroden.

perkutane Methode kann daher nur als eine unvollkommene Form der gynäkologischen Diathermie angesehen werden. Sie kommt nur dort in Betracht, wo aus äußeren Gründen eine Durchwärmung von der Vagina oder vom Rektum aus nicht zulässig ist, oder wo besondere Vorsicht geboten erscheint. In diesem Sinn kann sie auch als Vorbereitung für eine innere Diathermie dienen.

Die vaginale Diathermie. Die zur Durchwärmung von der Scheide aus verwendeten Elektroden lassen sich im allgemeinen auf zwei Typen zurückführen. Die einen sind zylindrisch oder walzenförmig und haben im wesentlichen eine Form, wie sie in Abb. 101 dargestellt ist, die anderen haben die Gestalt von kugel- oder eiförmigen Metallkörpern, die an einem Stiel befestigt werden (Abb. 102). Alle diese Elektroden werden in Serien von verschiedener Größe hergestellt. Die von mir angegebenen Vaginal-elektroden haben einen Querdurchmesser von 20, 25 und 30 Millimetern. Es ist zweckmäßig, die jeweils größtmögliche Elektrode zu verwenden.

Man hat auch Elektroden konstruiert, die aus mehreren Metallsegmenten bestehen und nach Art der selbthaltenden Spekula in der Scheide gespannt werden können (Eymer, Kayser), eine Konstruktion,

die einer theoretischen Überlegung entsprungen, überflüssig kompliziert ist, ohne dabei einen praktischen Vorteil zu bieten. Bedingung ist, daß die Elektrode, welche man wählt, habe sie nun diese oder jene Form, möglichst einfach und glatt sei, damit sie leicht gereinigt und sterilisiert, wenn möglich ausgekocht werden kann.

Manche Therapeuten verwenden auch Elektroden, in die ein Thermometer eingebaut ist, eine Einrichtung, die, wie ich glaube, wenig prak-

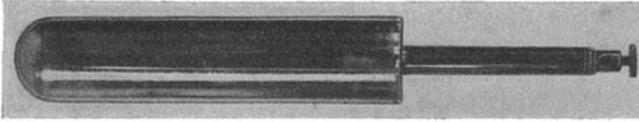


Abb. 101. Vaginalelektrode von Kowarschik.

tischen Wert hat. Denn das Thermometer zeigt entweder nur die Temperatur der Elektrode selbst an, die natürlich mit der des Gewebes in gar keiner Weise identisch ist oder es macht uns die Temperatur eines kleinen Schleimhautstückchens ersichtlich, mit dem es zufällig in Berührung ist. Die Erwärmung an einer anderen Stelle kann je nach dem Verlauf der Stromlinien natürlich eine ganz andere, vielleicht schon eine bedenklich hohe sein, ohne daß uns das Thermometer auf diese Gefahr aufmerksam macht.



Abb. 102. Vaginalelektroden von Theilhaber.

Die vaginale Elektrode wird vor ihrer Verwendung am besten durch Eintauchen in warmes Wasser etwas vorgewärmt und dann mit Vaseline oder einem anderen Gleitmittel bestrichen. Sie soll so tief, als es ohne Schmerz möglich ist, in die Scheide eingeführt werden. Um ihr Herausgleiten zu verhindern, ist es am besten, den Elektrodenstiel durch einen Sandsack zu stützen, der zwischen die ausgestreckten Beine gelagert wird.

Als Außenelektrode verwendet man ein oder mehrere Bleiplatten, die auf jene Körperseite gelegt werden, nach der man die Stromlinien dirigieren will. Eine über der Symphyse angelegte Platte zieht die Stromlinien nach vorne, wobei

vorzugsweise die Blase, eventuell der über die Blase geneigte Uterus durchwärmt werden. Eine über dem Kreuzbein liegende Elektrode bewirkt eine Durchwärmung des Douglasschen Raumes und des Rektums. Legt man je eine Bleiplatte, die zusammen an denselben Pol angeschlossen sind, links und rechts über die Trochantergegend, so wird der Strom vorwiegend durch die Adnexe geleitet. Um eine gleichmäßige Erwärmung aller im Becken liegenden Teile zu bekommen, verwende ich seit Jahren eine gürtelförmige Elektrode, welche das Becken rings umschließt. Dieselbe besteht aus einem Bleistreifen, der eine Breite von 8 cm und eine Länge von 100—120 cm

besitzt. Dieser wird, ehe die Patientin sich noch niederlegt, quer über das Behandlungsbett gebreitet und dann, nachdem die vaginale Elektrode eingeführt worden ist, vorne über der Symphyse geschlossen, am besten in der Weise, daß man die beiden sich überdeckenden Enden des Gürtels zusammen mit einer Elektrodenklammer faßt. Bei dem Anlegen des Gürtels achte man darauf, daß derselbe genügend tief liegt, das will heißen, daß er rückwärts über das Kreuzbein, seitlich über die Trochantergegend verläuft.

Bei der Verwendung einer vaginalen Elektrode in Verbindung mit einem Beckengürtel erzielt man eine allseits gleichmäßige Verteilung der Stromlinien, welche von der inneren Elektrode strahlenförmig ausgehen. Die Erwärmung ist naturgemäß rings um diese am stärksten. Ihre Oberfläche, welche für die Dosierung maßgebend ist, verträgt eine Belastung von 1,0—1,5 Ampere und darüber. Die Dauer der Behandlung ist 20—30 Minuten.

Die rektale Diathermie. Die Durchwärmung von der Scheide aus ist zweifellos der perkutanen Methode überlegen. Während bei dieser die größte Wärme in den Hautdecken entwickelt wird, verlegt die vaginale



Abb. 103. Rektalelektrode von Lindemann.

Diathermie die maximale Erwärmung in die Tiefe des kleinen Beckens. Trotzdem gibt es Fälle, bei denen auch diese Methode zweckmäßiger durch eine andere, die rektale Diathermie ersetzt wird. Das trifft insbesondere dann zu, wenn es sich um ein im Douglasschen Raum liegendes Exsudat handelt oder um ein solches, das das kleine Becken fast völlig ausfüllt und vielleicht noch die Scheide vorwölbt, so daß es schwer fällt, eine vaginale Elektrode genügend tief einzuführen.

Hier werden wir die rektale Diathermie nach Lindemann in folgender Weise ausführen. Eine spatelförmige, leicht gebogene Elektrode, die an einem Holzgriff befestigt ist (Abb. 103), wird gut eingefettet und so weit in das Rektum vorgeschoben, daß sie das im Douglas liegende Exsudat möglichst umgreift. Wie bei der vaginalen Diathermie wird man auch hier durch Vorlagerung eines Sandsackes die Elektrode in ihrer Lage stützen. Wichtig ist, daß das Rektum vorher entleert wurde. Als zweite Elektrode dient eine Bleiplatte (200—300 cm²), die man auf die Unterbauchgegend, je nach der Lage des Exsudates entweder in der Mitte oder mehr seitlich auflegt. Durchschnittliche Stromstärke 1,0 Ampere, Behandlungsdauer 20—30 Minuten. Ein Nachteil der rektalen Methode ist zweifellos, daß das Einführen der Elektrode in den Mastdarm öfters mit Schmerzen verbunden ist oder von den Patientinnen wenigstens sehr unangenehm empfunden wird.

Cervicitis und Endometritis.

Auch entzündliche Erkrankungen der Uterusschleimhaut, seien sie nun gonorrhöischer oder anderweitiger Natur, sind ein dankbares Objekt für die Diathermiebehandlung. Auszuscheiden sind nach Lindemann nur jene Fälle, bei denen es sich nicht um eine Infektion, sondern um eine reine Hypersekretion der Cervix etwa auf Grund einer Sekretionsneurose oder einer Stauung in den Beckenvenen handelt. Hier könnte die Diathermie mit Rücksicht auf ihre sekretionsanregende Wirkung sogar Schaden stiften und das Übel verschlimmern. Dagegen ist bei allen infektiösen Katarrhen die Wärme, wie schon die Erfolge der Heißwasserspülungen nach Zweifel bei Gonorrhöe gezeigt haben, ein ausgezeichnetes Heilmittel. Daß die Diathermie hier jeder anderen Wärmeanwendung überlegen ist, steht außer Frage. Wenn es auch nicht gelingt, wie man anfangs erhoffte, eine gonorrhöische Infektion in ein oder

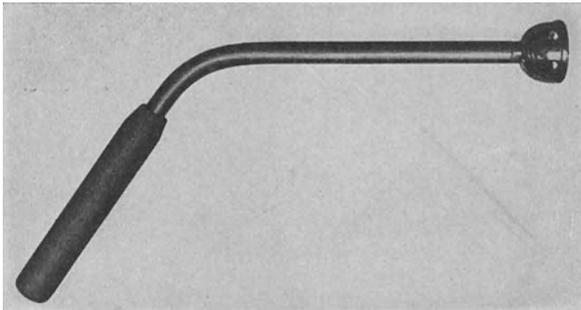


Abb. 104. Uteruselektrode von Lindemann.

zwei Sitzungen zu kupieren, so schädigt doch die wiederholte Durchwärmung die Lebenskraft der Keime, um sie schließlich zu zerstören. Es ist zum mindesten auffallend, in wie kurzer Zeit zuweilen ein rein eitrig-bakterienhaltiger Fluor einer schleimigen Sekretion Platz macht (Lindemann). Die Diathermie ist bei Cervicitis und Endometritis zweifellos ein neuer wertvoller Behelf, der in der Behandlung dieser Krankheiten einen wesentlichen Fortschritt bedeutet.

Die Technik der Durchwärmung. Zur Durchwärmung des Uterus hat Lindemann eine schalenförmige Elektrode angegeben, die an einem Stiel befestigt ist (Abb. 104). Sie wird in die Scheide derart eingeführt, daß die Portio in die Schale zu liegen kommt. Als Gegen-elektrode dient eine Bleiplatte (200 cm²), die über der Symphyse aufgelegt wird. Stromstärke etwa 1,0 Ampere. Man erreicht so leicht in der Vagina eine Temperatur von 40—41° C, die Temperatur in der Cervix dürfte also noch höher sein. Eine Durchwärmung des Uterus bei dieser Elektrodenanordnung kommt jedoch nur dann zustande, wenn derselbe mit seinem Körper nach vorne liegt. Denn nur dann fällt dieser in den Bereich des von der Portio ausgehenden Strahlenkegels. Haben wir eine Retroflexio vor uns, so ist der Uteruskörper

auf diese Weise den Stromlinien nicht mehr erreichbar. Bei einer Retroflexio oder einer Retroversioflexio bringt man die aktive Elektrode an die Portio, während man die inaktive auf den Rücken legt. Auch kann man in diesem Fall, dem Vorschlag Lindemanns folgend, eine Rektalelektrode verwenden, der man eine Bleiplatte, die auf den Unterbauch zu liegen kommt, gegenüberstellt.

Es ist vorteilhaft, die Wirkung der Diathermie durch medikamentöse Spülungen oder durch Vorlegen von Tampons, die mit *Argentum nitricum*, Protargol oder einem anderen Silbersalz durchtränkt sind, zu unterstützen. Besonders betonen möchte ich die günstige Wirkung, welche die Diathermie kombiniert mit einer Vakzinetherapie entfaltet. Die Erfolge der Diathermie können dadurch ebenso verbessert werden wie die der Vakzinetherapie. Es ist zweifellos, daß die Durchwärmung der erkrankten Organe diese für die Vakzine sensibilisiert, vermutlich infolge der Hyperämie und Hyperlymphie, welche sie in diesen Teilen auslöst. Die klinische Beobachtung zeigt, daß die Herdreaktion wesentlich stärker ausfällt, wenn man der Vakzineinjektion eine Diathermie unmittelbar vorausschickt. Sie zeigt ferner, daß auch dort, wo starke Vakzinedosen keine Reaktion mehr auszulösen imstande sind, eine solche bisweilen wieder erscheint, wenn der Krankheitsherd durchwärmt wurde. Diese Beobachtungen, die nur im Sinn einer Sensibilisierung gedeutet werden können, finden ihre Analogie in der klinisch wie experimentell festgelegten Tatsache, daß die elektrische Durchwärmung das Gewebe auch für Röntgenstrahlen sensibilisiert. Wir werden darüber noch ausführlich zu sprechen haben.

Amenorrhoe, Dysmenorrhoe und funktionelle Störungen.

Anzeigen. Es wurde schon früher erwähnt, daß die Diathermie überall dort kontraindiziert ist, wo Blutungen oder auch nur die Neigung zu solchen besteht, weil diese unter dem Einfluß der Erwärmung verstärkt bzw. ausgelöst werden. Die Diathermie ist infolgedessen auch in der Zeit der Menses verboten. Ich selbst habe bisweilen gesehen, daß im Verlaufe einer Diathermiebehandlung die sonst regelmäßigen Menses verfrüht eintreten. Alle diese Beobachtungen erweisen zur Genüge, daß die Diathermie eine ausgesprochen hyperämisierende Wirkung auf die Geschlechtsorgane ausübt und legen den Gedanken nahe, sie dort in Anwendung zu bringen, wo die Absicht besteht, eine genitale Blutung hervorzurufen. Das ist der Fall bei der Amenorrhoe. Kowarschik und Keitler, Lindemann, Theilhaber, Turell u. a. empfehlen sie in diesem Sinn.

Der gleiche Gedankengang veranlaßt Castano und Gomez, die Diathermie bei Sterilität zu versuchen, und zwar in jenen Fällen, wo als Ursache dieser eine ungenügende Entwicklung des Genitales angenommen werden mußte. Die genannten Autoren hofften durch die Hyperämisierung die Funktion der Ovarien anzuregen, die Geschlechtsorgane zur weiteren Entwicklung zu bringen und damit für eine Konzeption geeignet zu machen. Castano und Gomez berichten über

günstige Erfahrungen, die sie in verschiedenen Fällen machten. Neuerdings wird die Diathermie des weiblichen Genitales bzw. die der Ovarien als „Verjüngungsmethode nach Steinach“ in reklamehafter Weise angepriesen. Ich habe bei den vielen Tausenden genitaler Durchwärmungen, die ich im Verlaufe von mehr als 10 Jahren machte, nie irgendwelche Erscheinungen beobachtet, die als Verjüngung hätten gedeutet werden können.

Auch dysmenorrhische Beschwerden hat man erfolgreich mit Diathermie behandelt. Dabei kommt uns in gleicher Weise die schmerzstillende wie die krampflösende Wirkung der Wärme zugute. Nicht unzweckmäßig dürfte es sein, die Behandlung schon ein oder mehrere Tage vor dem Eintritt der Menses zu beginnen.

Bei ovariellen Ausfallserscheinungen konnte Szenes bei verschiedenen Kranken durch die Diathermie der Hypophysengegend eine Besserung der Beschwerden insbesondere des Kopfschmerzes erzielen.

Bei funktionell neurasthenischen Klagen ist der Einfluß der Diathermie ein schwankender. Hier spielt allzu sehr die Psyche der Patientin wie die suggestive Macht des Arztes eine entscheidende Rolle. Daher berichten die einen über Erfolge, die anderen über Mißerfolge.

Die Technik der Durchwärmung. Bei der Amenorrhoe, Dysmenorrhoe und den funktionellen Störungen werden wir das gesamte Genitale möglichst gleichmäßig zu durchwärmen suchen, was am besten auf vaginalem Wege geschieht. Es kommt dann jene Methode der vaginalen Diathermie zur Anwendung, die wir bei der Parametritis (Adnextumoren) eingehend beschrieben haben. Nur dort, wo die Einführung einer Elektrode in die Scheide nicht möglich ist, werden wir uns mit der perkutanen Durchwärmung begnügen.

Nachbehandlung nach 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.

Diese Anschauung Theilhabsers steht im Widerspruch mit der bisher allgemein verbreiteten Ansicht, daß die Durchwärmung eines malignen Tumors und die dadurch bewirkte Hyperämisierung desselben einen Reiz auf das Wachstum der Tumorzellen ausübt und daher unter allen Umständen vermieden werden müsse. Schon Bernd hat bezüglich der Diathermie diese Ansicht geäußert und Lenz glaubte sie durch klinische Beobachtungen bestätigen zu können.

Die Angaben Theilhabsers veranlaßten Liebesny die Wirkung der Diathermie auf das Karzinomgewebe im Tierversuch nachzuprüfen.

Er impfte weiße Mäuse intramuskulär mit Karzinom, diathermierte dieselben vom 6.—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 Wachstums hemmung 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. Ganz ähnliche Untersuchungen machten auch Rohdenburg und Prime an Rattentumoren. Sie konnten gleichfalls als Folge der Durchwärmung eine Zellzerstörung feststellen.

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, 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 Krebsoperationen 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.

Geburtshilfe.

Anzeigen. Die blutungsanregende Wirkung der Diathermie war die Veranlassung, dieselbe auch zur Einleitung eines künstlichen Abortus

zu versuchen. In den wenigen bisher mitgeteilten Fällen allerdings ohne Erfolg. Auch in der Geburtshilfe selbst hat man die Diathermie angewendet. So berichtet Henkel 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.

Seitz und Vey haben ausgehend von der Tatsache, daß die Sekretion einer Drüse durch Hyperämie gesteigert werden kann, die Diathermie auch bei mangelhafter Milchsekretion, bei Hypogalaktie, versucht. Sie konnten die Wahrnehmung machen, daß die systematische Durchwärmung der Brust von Schwangeren nach Eintritt der Geburt den Milcheinschuß wesentlich erhöht und so das Stillen erleichtert. Bei Schwangeren, die in dieser Weise behandelt wurden, zeigte sich oft stundenlang nach der Durchwärmung ein vermehrtes Spannungsgefühl in der Brust, was wohl als Ausdruck einer länger dauernden Hyperämie anzusehen ist. Bei fortgesetzter Behandlung war eine deutliche Größenzunahme der Drüse festzustellen, die insbesondere bei infantilen Brüsten ausgesprochen war. Auch wenn die Behandlung erst nach der Geburt einsetzte, brachte sie noch Erfolg, indem die früher vermißte Milchsekretion öfters noch am 7., 8. oder 9. Wochenbetttag eintrat.

Die Technik der Durchwärmung. Für geburtshilfliche Zwecke, wie z. B. bei Wehenschwäche, wird sich die Durchwärmung des Uterus mittels je einer auf den Bauch und auf den Rücken aufgelegter Bleiplatten empfehlen. Zur Diathermie der weiblichen Brust verwenden Seitz und Vey Bleielektroden in der Größe von 40—50 cm², zwischen welche sie das Organ fassen. Damit die Erwärmung eine gleichmäßige sei, müssen diese Platten planparallel zueinander stehen. Um dies zu erreichen und um sich gleichzeitig die Mühe des Haltens zu ersparen, haben die genannten Autoren einen eigenen selbsttätigen Elektrodenhalter konstruiert.

XI. 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 Menschaugen 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 Glaskammerelektrode (s. S. 186) 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 Qurin (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 Hitzegeföhle die Temperatur im Bindehautsack noch immer nicht jene Grenze (45° C) erreicht, welche von Zahn, Krückmann und Telemann als Schädigungsgrenze gefunden wurde.

Qurin 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 lauwärmer 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 eingeeengt 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. Qurin 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 (Koeppé).

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 (Koeppé). 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. Quirin erzielte bei einem Patienten mit doppelseitiger Optikusatrophie infolge herdförmiger Myelitis eine bedeutende Besserung der Sehschärfe (von Fingerzählen in 5 Metern auf $\frac{4}{24}$) und eine wesentliche Erweiterung des Gesichtsfeldes. Koeppé 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 eitrigen 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 geöffnete Auge aufgesetzt. In letzterem Fall verwendet man eine sog. 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 (Abb. 105). Die

inaktive Elektrode besteht aus einer Bleiplatte (100 cm²), die man im Nacken möglichst hoch an der Haargrenze befestigt. Qurin hat einen Elektrodenhalter angegeben, der das Halten der Elektroden durch besondere Bügel besorgt (Abb. 106).



Abb. 105. Diathermie des Auges.



Abb. 106. Elektrodenhalter von Qurin.

Die anzuwendende Stromstärke schwankt je nach der Größe der Augenelektrode zwischen 200—500 Milliampere. Zur Regulierung dieser kleinen Ströme bedient man sich zweckmäßig eines Spannungsteilers (s. S. 39).

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.

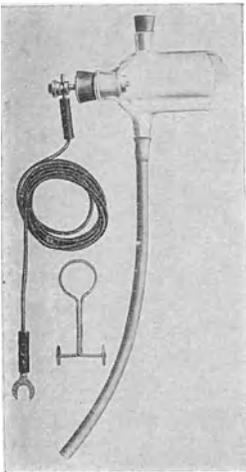


Abb. 107. Augenelektrode von Bucky.

Die Diathermie bei offenen Lidern. Hierbei verwendet man die von Bucky angegebene Glaskammerelektrode (Abb. 107). 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. Ist das geschehen, so öffnet der Patient das Auge wieder. Die mit der Buckyschen Augenelektrode anwendbare Stromstärke beträgt 200—400 Milliampere.

XII. 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 Gehörorganes, 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 Kochsalzlösung 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.

Nach Bucky kann man die Durchwärmung des mittleren und inneren Ohres auch in folgender Weise machen. Man verwendet eine der von ihm angegebenen Ohrelektroden. Es sind dies kugel-, eiförmige oder auch mehr zylindrische Metallkörper, die mit Hilfe eines rechtwinkelig gebogenen Zwischenstückes an einem Elektrodenträger befestigt werden (Abb. 108). An diesem hält der Patient die Elektrode während der Behandlung, wobei er das metallische Ansatzstück in die Öffnung des äußeren Gehörganges drückt. Als zweite Elektrode verwendet Bucky eine kleine Metallscheibe, die er am Hals, und zwar an jener Stelle anlegt, wo die Karotis den vorderen Rand des Musculus sternocleidomastoideus



Abb. 108. Ohrelektroden von Bucky.

kreuzt. Er tut dies in der Annahme, daß die von der Ohrelektrode ausgehenden Stromlinien zunächst in das mittlere Ohr ziehen und von da im rechten Winkel nach abwärts (?) entlang der Karotis verlaufen.

XIII. Die Erkrankungen der Haut.

Anzeigen. Wir haben schon früher (s. S. 154) ausführlich davon gesprochen, welche hervorragend günstige Wirkung die Diathermie bei Erfrierungen der Haut, seien es einfache Gefäßpareesen, seien es Frostbeulen oder auch Geschwürsprozesse, entfaltet. Durch die Besserung der Zirkulation, durch die Hebung des lokalen Stoffwechsels, welche die Durchwärmung zur Folge hat, werden derartige Zustände rasch gebessert und geheilt.

Diese Erfolge ermutigen dazu, auch andere Erkrankungen der Haut, die vorwiegend auf lokalen Zirkulations- und Ernährungsstörungen beruhen, diathermisch zu behandeln. Hierher gehört in erster Linie das *Ulcus cruris varicosum*. Auch bei diesem ist es die venöse Stauung und die dadurch bedingte Unterernährung der Haut, die einerseits die Grundlage für die Geschwürsbildung abgibt, andererseits die Heilung eines bereits bestehenden Geschwürs verhindert. Alle unsere Maßnahmen müssen demnach darauf hinzielen, die lokalen Zirkulationsverhältnisse zu bessern, die arterielle Durchblutung zu heben, um so den natürlichen Heilungstrieb zu unterstützen. Hier bietet sich uns in der Diathermie ein ausgezeichnetes Hilfsmittel. Ihre ausgesprochene hyperämisierende Wirkung regt die Granulation der Wundfläche und ihre Epithelisierung in bedeutendem Maße an. Die klinischen Beobachtungen von Grunspan, Bordier, Vignal u. a. beweisen dies in überzeugender Form.

Neben den varikösen Geschwüren werden von Bordier auch Röntgenulcerationen, besonders solche, welche bereits längere Zeit bestehen, ohne eine Neigung zur Heilung zu zeigen, für die Diathermiebehandlung empfohlen. Die geringe Heilungstendenz derartiger Geschwüre wird von Bordier auf die Schädigung der Hautgefäße infolge der Röntgenstrahlen zurückgeführt und dieser Autor erblickt in der Zirkulationsförderung durch die Diathermie das wirksamste Mittel dagegen. Eine Reihe von Fällen, deren ausführliche Krankengeschichten er mitteilt, scheinen dies zu bestätigen.

Theilhaber und Lindemann haben ferner auf die günstige Wirkung aufmerksam gemacht, welche die Diathermie auf Hautnarben ausübt. So werden z. B. Operationsnarben, die mit dem darunter liegenden Gewebe fest verlötet sind, sehr bald weicher, zarter und beweglicher. Die Infiltrationen, welche solche Narben aufweisen, verschwinden rasch und gleichzeitig damit auch die Schmerzen, welche teils durch die Infiltration, teils durch die Adhäsion mit der Umgebung bedingt werden.

Die Technik der Durchwärmung. Die Durchwärmung einer erkrankten Hautpartie kann technisch in zweifacher Art ausgeführt werden. Einmal so, daß man auf die betreffende Hautstelle eine kleinere aktive Elektrode auflegt und ihr womöglich parallel und direkt gegenüber eine zweite

größere Elektrode anbringt, so daß die Stromlinien die Haut senkrecht durchsetzen. Als aktive Elektrode verwendet man in diesem Fall am besten ein entsprechend großes Stanniolblatt, das man früher, wenn nötig, durch Auskochen oder Einlegen in Alkohol sterilisiert hat. Als zweite Elektrode dient eine größere Bleiplatte.

Dort, wo man es vermeiden will, eine Elektrode unmittelbar auf die erkrankte Hautstelle, weil diese vielleicht geschwürig zerfallen ist, aufzulegen, kann man die Haut auch der Länge nach durchwärmen. So kann man ein Unterschenkelgeschwür z. B. in der Weise behandeln, daß man den Fuß auf eine Bleiplatte stellen läßt und eine zweite Platte auf die Streckseite des Oberschenkels auflegt. Es wird so bei einer Stromstärke von 0,5—0,7 Ampere der distale Teil des Unterschenkels, an dem ja gewöhnlich das Geschwür sitzt, infolge seines kleinen Querschnittes hinreichend durchwärmt.

Anhang.

XIV. 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 Röntgendegeneration 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 Theilhavers, die auch von Christoph Müller vertreten wird, fand eine Stütze in den Untersuchungen von Liebesny (s. S. 180).

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 zerstören, 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 Gewebszerstörung 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 zu sensibilisieren, 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. Allgemeines über 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. Die Elektrokaustik ist ihrer Wirkung nach einer Verbrennung dritten Grades gleichzuhalten, die man mit Hilfe eines Diathermiestromes in therapeutischer Absicht setzt. Man erreicht dieses Ziel einfach in der Weise, daß man bei Benützung kleiner Elektroden eine verhältnismäßig große Stromstärke anwendet. Die Stromdichte, die durch das Verhältnis von Stromstärke zum Querschnitt der Elektrode gegeben ist, wird dadurch so groß, daß das mit der Elektrode in Berührung befindliche Gewebe in wenigen Sekunden koaguliert und zerstört wird.

So wie für die medizinische sind auch für die chirurgische Diathermie stets zwei Elektroden erforderlich, die auf den Körper aufgelegt werden, denn nur in einem geschlossenen Kreis kann ein Diathermiestrom fließen und thermische Wirkungen erzeugen. Von den zwei verwendeten Elektroden ist aber in der Regel nur die eine wirksam oder aktiv, das soll heißen für die Koagulation bestimmt, die andere ist thermisch unwirksam oder inaktiv und hat einzig und allein den Zweck, den Stromkreis durch den Körper zu schließen. Die zur Koagulation dienende Elektrode wollen wir kurzweg als Operationselektrode bezeichnen. Ihre Oberfläche, mit der sie in Kontakt mit dem Körper tritt, ist im Verhältnis zur Oberfläche der anderen Elektrode so außerordentlich klein, daß unter ihr sehr leicht die zur Verbrennung notwendige Konzentration der Stromlinien erreicht wird.

Da die Operationselektrode stets aus Metall ist und infolgedessen auch einen sehr geringen elektrischen Widerstand besitzt, erwärmt sie sich während des Stromdurchganges gar nicht, sie bleibt kalt. Das ist die Veranlassung, sie als „kalten Kauter“ zu bezeichnen, im Gegensatz zum Glüh- oder Thermokauter. Diese Bezeichnung wäre, wenn sie auch etwas paradox klingt, immerhin zulässig, weil man mit einem

Instrument, trotzdem es kalt ist, kaustische Wirkungen erzielt. Unzulässig aber ist es, den Vorgang der Operation, die Elektrokaustik selbst, als „kalte Kaustik“ zu bezeichnen. Eine Kaustik ist, ob sie mit diesem oder jenem Instrument erzeugt wird, auf jeden Fall eine Verbrennung und diese kalt zu nennen, ist natürlich ein glatter Unsinn.

Die Elektroden und Apparate für die chirurgische Diathermie.

Je nach der Größe und Form des zu zerstörenden Gewebes sind die Elektroden, welche man dazu verwendet, verschieden. Für kleinere Eingriffe wie für die Zerstörung von Warzen, Naevi, Teleangiektasien an der Haut eignen sich am besten Elektroden, wie sie in Abb. 109 wiedergegeben sind. Es sind Nadeln, die zum Teil gerade, zum Teil winkelig geknickt, dazu bestimmt sind, in das pathologische Gewebe eingestochen zu werden. Für bestimmte Zwecke eignen sich Nadeln mit geknöpfter Spitze. Daneben sehen wir in der Abbildung Elektroden in Form gerader oder leicht gekrümmter stumpfer Messerchen (couteau diathermique

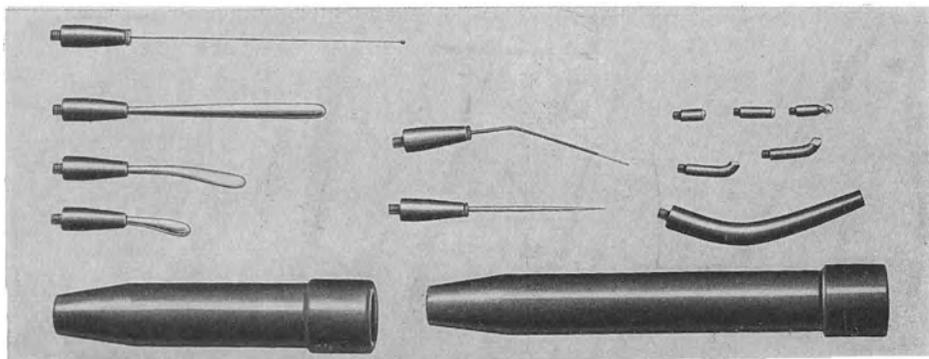


Abb. 109. Elektroden für kleinere Operationen (Siemens & Halske).

Bordiers), die bei geeigneter Führung eine Art Schneidewirkung ermöglichen. Rechts in der gleichen Abbildung ist eine Reihe von Ansätzen zusammengestellt, die eine kleine metallische scheiben- oder kugelförmige Kontaktfläche tragen, welche bei der Operation der Haut oder Schleimhaut angedrückt wird, wodurch ein kleiner runder Koagulationsherd entsteht. Alle diese verschiedenen Elektroden können nach Bedarf an einem Elektrodenhalter aus Hartgummi befestigt werden, wovon zwei, ein längerer und kürzerer, in der Abbildung wiedergegeben sind. Bisweilen erleichtert ein knieförmiges Zwischenstück, das man zwischen Elektrode und Halter einschaltet (in der Abbildung über dem größeren Elektrodenhalter), die Ausführung der Operation. Recht zweckmäßig ist es, eine Sammlung solcher Elektroden, wie sie eben beschrieben wurden, in Form eines chirurgischen Bestecks zu vereinigen (Abb. 110).

Für die Operation in Höhlen wie in der Nase, im Rachen, im Kehlkopf, in der Vagina oder im Rektum ist es notwendig, die Elektroden an einem längeren geraden oder gebogenen Stiel anzubringen (Abb. 111).



Abb. 110. Chirurgische Elektroden in Etui (Siemens & Halske).

Dieser muß isoliert sein, damit beim Einführen der Elektrode nicht ein zufälliger Kontakt zwischen Stiel und Schleimhaut eine Verbrennung an unerwünschter Stelle erzeugt. Auch hat man besonders für laryngologische Zwecke Elektrodenhalter eigener Form gebaut, die nach Art eines Pistolengriffes ein ruhiges und sicheres Halten der Elektrode in der geschlossenen Hand ermöglichen (Abb. 112). Hier möchte ich auch auf die eigen-

tümliche Elektrodenform aufmerksam machen, welche in derselben Abbildung wiedergegeben ist. Eine kleine Metallplatte, die mehrere Nadeln trägt. Diese werden in die kranke Schleimhaut eingestochen,

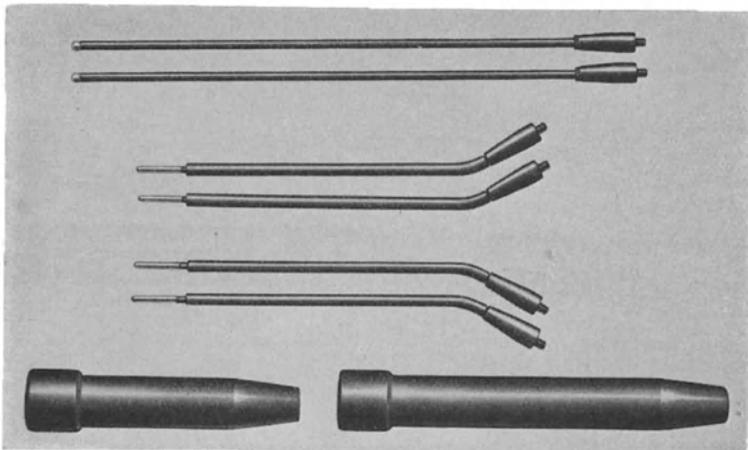


Abb. 111. Elektroden zur Operation in Körperhöhlen.

wodurch eine tiefgehende Verkochung erreicht wird. Diese Elektrodenform wird insbesondere von Cumberbatch überall dort empfohlen, wo ein größerer Tietgang der Koagulation erwünscht ist.

Zur Abtragung gestielter Geschwülste in der Nasen-Rachenhöhle hat Bordier eine schlingenartige Elektrode (anse diathermique) angegeben, die nach Art einer galvanokaustischen Schlinge gebaut ist (Abb. 113). Der Metalldraht dieser Elektrode, der in einer isolierten Führung läuft und mit dem einen Pol des Apparates in Verbindung

steht, wird um den Stiel der Geschwulst herumgelegt und dann unter Einschaltung des Stromes leicht angezogen, wobei er das Gewebe durchdringt und eine koagulierte, nicht blutende Schnittfläche erzeugt.

Zur Koagulation größerer Tumormassen reichen die bisher beschriebenen Elektroden mit ihrer verhältnismäßig kleinen Kontaktfläche

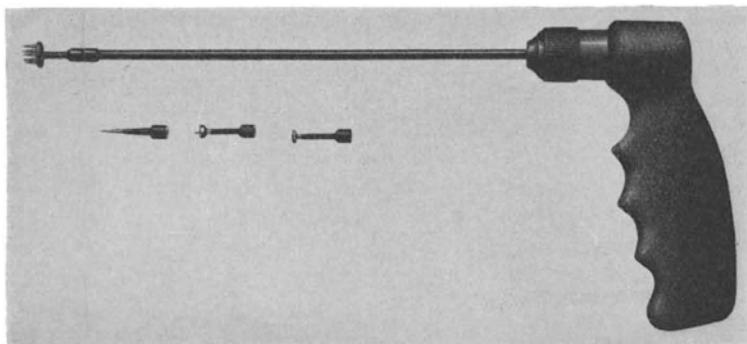


Abb. 112. Elektroden für laryngologische Operationen von Dr. Spieß.

nicht aus, hierzu sind Elektroden mit größerem Oberflächenquerschnitt erforderlich. Durch sie wird die Anwendung größerer Stromstärken und damit die Verkochung größerer Gewebspartien ermöglicht. Eine Zusammenstellung solcher Elektroden gibt die Abb. 114. Sie bestehen aus runden, vernickelten Metallscheiben, welche einen Durchmesser

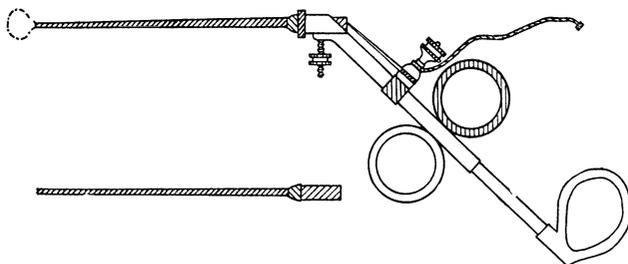


Abb. 113. Schlingenelektrode (anse diathermique) von Bordier.

von 1—2 cm haben. Diese Scheiben sind an einem geraden oder leicht gekrümmten Hartgummistiel befestigt, mit dem sie an einem geeigneten Elektrodenhalter angeschraubt werden können. Der in Abb. 114 dargestellte Halter weist eine besondere Unterbrechervorrichtung auf, durch welche der Strom mit derselben Hand, welche die Elektrode hält, ein- und ausgeschaltet werden kann. Über den Zweck dieser Einrichtung und ihre Vorteile werden wir an späterer Stelle sprechen, doch sei gleich hier, wo wir das Instrumentarium der chirurgischen Diathermie beschreiben, erwähnt, daß an Stelle solcher Handunterbrecher auch vielfach Unterbrecher Verwendung finden, die mit dem Fuß betätigt werden (Abb. 115).

Die Zahl der zur Elektrokoagulation angegebenen Elektroden ist ungeheuer groß. In den Preislisten der in- und ausländischen Firmen finden sich die allerverschiedensten, mehr oder wenig zweckmäßigen Konstruktionen. Im wesentlichen lassen sich alle diese Elektroden auf die hier beschriebenen Typen zurückführen, ja vielfach unterscheiden sie sich voneinander überhaupt nur durch den Namen ihres Erfinders.

Neben der Operationselektrode wird zur Ausführung einer chirurgischen Diathermie auf jeden Fall eine inaktive Elektrode benötigt. Als solche dient in der Regel eine größere Bleiplatte, die an den zweiten Pol des Apparates angeschlossen wird.

Die Apparate, wie sie für die Durchwärmung gebraucht werden, sind so gut wie alle auch für chirurgische Zwecke verwertbar. Ihre Leistung ist hinreichend, um auch größere Tumoren zu verkochen,



Abb. 114. Scheibenförmige Elektroden für größere Operationen.



Abb. 115. Fußunterbrecher.

wozu nicht selten eine Stromstärke von 1—2 Ampere erforderlich ist. Für kleinere chirurgische Eingriffe, wie sie die Beseitigung von Warzen, Lupusknötchen, Blasenpapillomen u. dgl. darstellen, werden von manchen Fabriken eigene kleine Apparate erzeugt. Solche sind der Mikrotherm der Firma Reiniger, Gebbert & Schall, der Urodiatherm der Agema A.G., der kleine Apparat des Hauses Gaiffe, Gallot & Pilon usw.

Die Technik der chirurgischen Diathermie.

Die Vorbereitungen zur Operation. Das erste ist die Wahl einer geeigneten Elektrode. Entscheidend hierfür ist die Art und die Größe des zu zerstörenden Gebildes. Je größer dieses, desto größer muß die metallische Kontaktfläche der Elektrode sein. Es ist dringend zu raten, ehe man an eine Operation am Lebenden herangeht, sich zunächst durch Versuche an einem Stück rohen Fleisches darüber zu unterrichten, wie

die Koagulation bei Verwendung verschiedener Elektroden ausfällt. So wird man am leichtesten erlernen, die für den jeweiligen Fall geeignetste Elektrode zu wählen. Ist das geschehen, so schließt man diese Elektrode an den einen Pol des Apparates an, während man eine große Bleiplatte als inaktive Elektrode mit dem zweiten Pol verbindet. Bei größeren Operationen wie der Zerstörung eines Karzinoms oder der Entfernung von Hämorrhoiden, wobei der Kranke gewöhnlich auf einem Operationstisch liegt, ist es am besten, die Platte unter das Gesäß oder den Rücken zu legen. Findet die Operation in Narkose statt, ist der Kranke also bewußtlos, dann wähle man eine möglichst große Platte, achte sorgfältig auf ein gutes Anliegen derselben, desgleichen auf den sicheren Sitz der Kabelklemme, damit man nicht etwa nach Beendigung der Operation die Überraschung erlebt, daß die Haut unter der Elektrode verbrannt wurde. Bei kleineren Eingriffen, die in sitzender Stellung vorgenommen werden, also bei den meisten kosmetischen Operationen, ist es einfacher, die Bleiplatte, die als inaktive Elektrode dient, um den Vorderarm mit einer Binde zu befestigen. Bisweilen genügt es auch, wenn der Kranke eine zylindrische Metallelektrode in der Hand hält.

Was die Asepsis der Elektroden betrifft, so kommt eine solche nur für die Operationselektrode in Betracht, doch braucht dieselbe keine so strenge und sorgfältige zu sein, wie sie sonst für jedes chirurgische Instrument, das mit einer Wunde in Berührung kommt, Bedingung ist. Wohl wird man auch alle der Elektrokaustik dienenden Elektroden peinlich sauber, wenn möglich aseptisch halten, doch ist eine Infektion mit diesen Instrumenten kaum zu befürchten, da das von ihnen berührte Gewebe unter der Stromeinwirkung alsbald verkocht, also selbst sterilisiert wird, wodurch etwaige Infektionserreger mitvernichtet werden.

Eine Anästhesie, sei es eine allgemeine oder lokale, wird in allen jenen Fällen notwendig sein, wo es sich um die Verkochung größerer Tumoren, größerer Haut- oder Schleimhautflächen handelt. Jede Kaustik ist ja eine Verbrennung und jede ausgedehntere Verbrennung ist naturgemäß schmerzhaft, besonders im Augenblick ihrer Entstehung. Über die Art der Anästhesie, die im einzelnen Fall zur Anwendung kommen soll, entscheidet die persönliche Erfahrung und Gewohnheit des Chirurgen. Zur Ausführung kleinerer kosmetischer Operationen, zur Entfernung von Warzen, Teleangiektasien und ähnlichen ist eine besondere Schmerzstillung nicht notwendig.

Die Ausführung der Operation. Sind die Vorbereitungen zur Operation soweit getroffen, dann kann man an ihre Ausführung schreiten. Die Operationselektrode wird auf das zu zerstörende Gebilde aufgesetzt, der Strom eingeschaltet und nun ganz langsam so weit verstärkt, bis das Gewebe unter der Elektrode sich weiß zu färben beginnt. Diese Weißfärbung ist das Zeichen der eintretenden Eiweißgerinnung, mit der das Leben der Zelle erlischt, das Gewebe abstirbt. Damit ist auch das Ziel der chirurgischen Diathermie erreicht. Würde man den Strom noch weiter durchleiten, die Erhitzung also noch höher treiben, so würde das koagulierte Gewebe schließlich verkohlen, die Weißfärbung würde sich in eine Braun- und Schwarzfärbung verwandeln. Das ist aber

nicht nur überflüssig, sondern auch durchaus unzweckmäßig, wie wir noch weiter unten ausführen wollen.

Für die Tiefe und die Ausdehnung der erzielten Koagulation sind vornehmlich zwei Faktoren entscheidend, einerseits die Berührungsfläche der verwendeten Elektrode, andererseits die Zeit, in der der Strom durch das Gewebe fließt. Je größer die Elektrode und je länger die Dauer des Stromdurchganges ist, um so tiefer wird die Verkochung gehen, um so weiter wird sie aber auch nach den Seiten hin über die unmittelbare Berührungsfläche der Elektrode hinausgreifen. Man kann annehmen, daß durchschnittlich die Koagulationswirkung der Elektrode etwas tiefer reicht, als die Länge ihres Querdurchmessers beträgt.

Die zur Koagulation notwendige Stromstärke hängt wesentlich von der Größe der Elektrode ab, da ja nicht die Stärke des Stromes als solche, sondern nur ihr Verhältnis zum Elektrodenquerschnitt, also die sog. Stromdichte, den thermischen Effekt bestimmt. Während bei Benützung kleiner nadelförmiger Elektroden eine Koagulation schon zustande kommt, ohne daß das Amperemeter überhaupt einen Ausschlag gibt, brauchen wir bei großen Elektroden für die gleiche Wirkung Ströme von 1 Ampere und darüber. Wenn auch die Stärke des Stromes für den Koagulationseffekt eine ausschlaggebende Rolle spielt, so werden wir doch bei der chirurgischen Diathermie nie nach der Stromstärke dosieren. Entscheidend ist ausschließlich der unmittelbar ersichtliche Erfolg, das ist die Weißfärbung des Gewebes.

Hat man einmal die einer bestimmten Elektrode entsprechende Stromstärke gefunden, dann ist es zweckmäßig, an der Einstellung des Apparates nichts mehr zu ändern. Die weitere Koagulation wird in der Weise ausgeführt, daß man die Elektrode, während der Strom eingeschaltet bleibt, abhebt, um sie an einer anderen Stelle wieder aufzusetzen. Das ist allerdings nur bei kleineren Operationen zulässig. Bei Verwendung großer Elektroden bzw. großer Stromstärken ist ein solches Vorgehen nicht angezeigt, weil bei dem Abheben und bei dem Wiederaufsetzen der Elektrode infolge der hohen Spannung jedesmal ein prasselnder Funkenregen auf den Körper übergeht. Hier empfiehlt es sich, so wie es bei der medizinischen Diathermie als Regel gilt, die Elektrode erst dann abzuheben, wenn der Stromkreis vorher unterbrochen wurde, und umgekehrt den Stromkreis erst dann zu schließen, wenn die Elektrode mit dem Körper bereits Kontakt hat. Das wird am raschesten und bequemsten durch einen an der Elektrode selbst angebrachten Handunterbrecher ermöglicht oder einen in den Primärkreis eingeschalteten Fußunterbrecher, der von dem Operateur selbst ohne fremde Hilfe betätigt werden kann (s. die Abb. 114 und 115).

Der zur chirurgischen Diathermie benützte Strom muß so stark sein, daß er in wenigen Sekunden eine Verkochung des von der Elektrode berührten Gewebes herbeiführt, womit die beabsichtigte Zerstörung desselben erreicht ist. Nie darf die Stromstärke jedoch eine Höhe erreichen oder die Stromdauer eine so lange sein, daß es zu einer Verkohlung kommt. Das bedingt verschiedene Nachteile. Einerseits haftet ein verkohltes Gewebe gewöhnlich so fest an der Elektrode, daß beim Ab-

Koagulation beginnt dann unter beiden Elektroden gleichzeitig, um in der Mitte des Tumors zusammenzufließen (Abb. 117).

Handelt es sich um eine gestielte Geschwulst, etwa ein Papillom, so kann man die Zerstörung desselben auch in der Weise vornehmen, daß man seinen Stiel koaguliert. Dadurch kommt es zu einer Gerinnung des Blutes in den zuführenden Gefäßen, womit die Geschwulst zum Absterben verurteilt ist. Sie schrumpft, trocknet ein und fällt schließlich ab, wenn man es nicht vorzieht, die abgestorbenen Reste mit dem Messer oder der Schere abzutragen. Man kann die Koagulation gestielter Geschwülste aber gleichzeitig mit der Abtragung vereinen, wenn man sich der Diathermieschlinge von Bordier (s. S. 195) bedient.

Beim Arbeiten in Körperhöhlen bedient man sich besonders langgestielter Elektroden, wie sie auf S. 194 abgebildet und beschrieben wurden. Zur Diathermie des Wundbettes, die man anwendet, um möglicherweise zurückgebliebene Tumorreste zu vernichten, benützt man eine scheibenförmige Elektrode, die man, etappenweise fortschreitend,

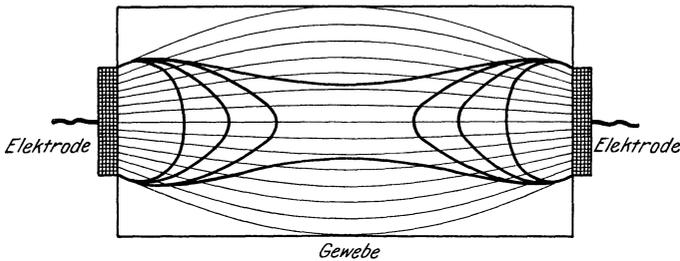


Abb. 117.

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 des Schorfes 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.

Die Nachbehandlung. Das durch den Hochfrequenzstrom koagulierte Gewebe wird entweder der spontanen Abstoßung überlassen oder es wird auf chirurgischem Weg entfernt. Die spontane Lösung wird man jedoch nur bei ganz kleinen Gebilden wie Papillomen, Lupusknotenchen u. dgl. abwarten können. Die natürliche Demarkation größerer Tumoren oder größerer Koagulationsflächen erfolgt nur sehr langsam, weil das verkochte Gewebe an der Unterlage fest haftet und nur ganz allmählich durch die aufsprühenden Granulationen abgehoben wird. Auch kann

es dabei, wenn die koagulierten Teile größeren Gefäßen aufsaßen, zu Nachblutungen kommen. Das ist jedoch verhältnismäßig selten der Fall, weil in der Regel schon früher eine Thrombosierung der Gefäße eingetreten ist. Um den Wundverlauf zu beschleunigen und die Gefahr einer Infektion durch abgestorbene Gewebsreste zu vermindern, wird man an einen größeren Eingriff in der Regel die Abtragung der koagulierten Teile mit dem Messer oder der Schere anschließen.

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 nach der Abtragung zurückbleibende Wundfläche wird nach den Regeln der Asepsis versorgt.

Die Vorteile der chirurgischen Diathermie.

Die Elektrokoagulation stellt nicht nur eine Vermehrung, sondern auch eine Bereicherung unserer Operationsmethoden dar. Sie hat eine Reihe von Vorteilen gegenüber den älteren Methoden der Kaustik, wie sie bisher mit dem Paquelinschen Brenner oder dem Galvanokauter ausgeübt wurden.

Handelt es sich um kleine minutiöse Eingriffe als da sind: die Zerstörung von kleinen Naevus, Epheliden, Teleangiectasien, Tätowierungen, so wird uns die außerordentlich subtile und genaue Lokalisationsmöglichkeit des kaustischen Effektes zugute kommen, die uns der kalte Kauter gestattet. Wir können mit ihm punkt- und linienförmige Koagulationen ausführen in einer Feinheit, wie sie mit keinem anderen Instrument, auch nicht mit dem Mikrobrenner möglich sind. Das rührt daher, daß der Hochfrequenzkauter einzig und allein nur jenes Gewebe zerstört, mit dem er in unmittelbare Berührung kommt. Jede ausstrahlende, die Umgebung sengende Hitzewirkung, wie sie einem glühenden Instrument unvermeidlich zukommt, fehlt ihm gänzlich. Der kalte Kauter ist daher das ideale Werkzeug für kosmetische Operationen. Dazu kommt noch ein kleines psychisches Moment, das insbesondere bei der Behandlung ängstlicher Personen eine Rolle spielt. Die unscheinbare nadel- oder lanzettförmige Elektrode in der Hand des Arztes beunruhigt den zu Operierenden ungleich weniger als der in Rotglut strahlende Kauter. Infolgedessen hält sich auch der Kranke bei der Ausführung dieser kleinen Operationen, die meist ohne jede Anästhesie vorgenommen werden, viel ruhiger. Das alles aber sind Dinge von untergeordneter Bedeutung gegenüber jenen Vorzügen, die uns die Elektrokoagulation bei der Ausführung größerer Operationen bietet.

Einer ihrer größten Vorzüge liegt wohl darin, daß die Zerstörung großer, auch sehr blutgefäßreicher Tumoren ohne jede Blutung aus-

geführt werden kann. Da bei der Berührung der Elektrode mit dem Gewebe das Blut in den Gefäßen alsogleich gerinnt und diese thrombosiert, wird es möglich, Neubildungen, deren Exstirpation nur mit großen Blutverlusten durchführbar wäre, blutungslos zu entfernen. Denken wir an ein Karzinom der Zunge oder an ein Hämangiom der Mundhöhle. Welch schwere Blutverluste muß ein Kranker erleiden, bei dem eine solche Geschwulst mit dem Messer entfernt wird, auch wenn die Kunst und die Geschicklichkeit des Operateurs eine noch so große ist. Koaguliert man jedoch einen solchen Tumor mit Hochfrequenzströmen und wartet die spontane Demarkation des koagulierten Gewebes ab, so erfolgt diese häufig ohne Verlust eines Tropfen Blutes.

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. Hofmann hat für diesen Zweck eine eigene Elektrode angegeben; bei einiger Geschicklichkeit wird man aber mit jeder Operationselektrode dieses Ziel erreichen können.

Die Diathermie hat ferner vor der Messeroperation den Vorteil, daß bei der Entfernung infektiösen Gewebes (Lupus) oder maligner Tumoren (Karzinom) keine Blut- und Lymphgefäße eröffnet werden. Die radikale Heilung solcher Neubildungen wird nicht selten dadurch verhindert, daß es trotz genauesten Vorgehens bei der Operation selbst zu einer Reinfektion kommt. Dadurch, daß bei der Elektrokoagulation alles Infektiöse abgetötet wird und daß es gleichzeitig zur Thrombosierung der Blut- und Lymphbahnen kommt, wird einerseits die Gefahr eines Impfezidives in der Wunde selbst vermieden, andererseits die Verschleppung von Keimen in die Umgebung unmöglich gemacht. Auch dort, wo wir nach der Koagulation zum Messer greifen, wird diese Gefahr gebannt, weil durch die Diathermie ja schon alles infektiöse Material vernichtet wurde.

Die Koagulation 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 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.

Ein weiterer Vorzug der Elektrokoagulation gegenüber anderen Formen der Kaustik ist die verhältnismäßig große Tiefe des von ihr gesetzten Schorfes, was wieder für die Zerstörung chronisch infektiösen oder neoplastischen Gewebes von Bedeutung ist. Die Ausläufer solchen Gewebes, welche nicht selten weit in das Gesunde hineinreichen, werden durch eine oberflächliche Kaustik nicht zerstört und dadurch später häufig zum Ausgangspunkt eines Rezidivs. Bei der Tiefenwirkung der Diathermie ist auch hier mit einer größeren Sicherheit auf eine völlige Vernichtung alles Kranken zu rechnen.

Schließlich wäre noch zu erwähnen, daß der Hochfrequenzkauter sich auch dadurch vorteilhaft auszeichnet, daß er bei dem Arbeiten in Körperhöhlen wie im Mund, in der Nasen-Rachenhöhle, in der Vagina keinen Rauch entwickelt, durch den der Überblick über das Operationsfeld und die Beurteilung des erzielten Erfolges erschwert wird. Das Gewebe kommt durch den kalten Kauter einfach zur Gerinnung, während es durch den Thermokauter unter Rauchentwicklung versengt und verkohlt wird.

Die chirurgische Diathermie dient aber nicht allein der Zerstörung maligner Neoplasmen, sie kann 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 der meisten 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 abundante 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 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 extirpieren. 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 ein lanzettförmiges Instrument (Abb. 109, S. 193) und gleitet mit diesem, statt es fest aufzusetzen, ganz leicht über die Oberfläche eines Gewebes, so bildet sich zwischen Elektrode und Körper ein Funkenübergang, ein sog. 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 versehrt, 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 Ausbreitungs- 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 bezichnet 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. Die Anzeigen der chirurgischen Diathermie. Erkrankungen der Haut.

Das Epitheliom. Dieses tritt am häufigsten im Gesicht und demnächst an den Genitalien auf, mit besonderer Vorliebe an jenen Stellen, wo die äußere Haut in die Schleimhaut übergeht. Also an den Lippen, an den Nasenflügeln, an der Glans penis, am Präputium und den entsprechenden Teilen des weiblichen Genitales. Die häufigste Form des Epithelioms ist das Ulcus rodens, das im Verlauf von Monaten und Jahren ganz langsam fortschreitet, ohne eine besondere Gefährlichkeit zu bekunden. Eine einzige gründliche Verschorfung eines solchen Ulkus genügt in der Regel, um dasselbe dauernd zum Verschwinden zu bringen.

Zur Gruppe der Epitheliome zählen auch jene Neubildungen, welche sich aus Röntgenschädigungen der Haut entwickeln. Bordier, der selbst an mehreren Röntgenepitheliomen der Finger litt, hat sich diese eigenhändig unter Assistenz von Professor Duroux elektrokoaguliert. Nach zwei Monaten trat vollständige Vernarbung und Heilung ein. Einen gleichen Erfolg erzielte er bei einem Physikprofessor, der in einem Kriegsspital beschäftigt, nicht weniger als 16 epitheliomatöse Plaques an den Händen und außerdem ein Epitheliom an der Unterlippe erworben hatte, und den er in gleicher Weise wie sich selbst operierte.

Ungleich gefährlicher als die flachen Hautkrebse in Form des Ulcus rodens sind die knotigen Formen, die bald auf die tiefer liegenden Teile, auch auf Knorpel und Knochen übergreifen und Metastasen in den Lymphdrüsen und inneren Organen setzen. Bei ihnen ist ein möglichst frühzeitiges und energisches Vorgehen am Platz, wenn man auf eine radikale Heilung hoffen will. Eine ausgedehnte Koagulation, die bis in das Gesunde reicht und nach der Abstoßung oder Entfernung des verkochten Gewebes eine Nachbehandlung mit Röntgenstrahlen ist hier dringend geboten.

Der Lupus vulgaris. 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 berechnete Stellung in der Lupustherapie einräumen. Von diesen Vorzügen ist zunächst 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 verrückten und hyperkeratotischen Lupusformen an Händen und Füßen zu sein. Auch der Schleimhautlupus ist nach Wichmann ein geeignetes Behandlungsobjekt für die Elektrokoagulation.

Auch andere Formen der Hauttuberkulose werden mittels der Elektrokoagulation oft rasch und sicher beseitigt. So berichtet Poelchau über einen Leichentuberkel an der eigenen Hand, der durch Monate bestand, auf eine Injektion mit dem Friedmannschen Mittel sich sogar verschlechterte und erst nach einer gründlichen Zerstörung mit dem Diathermiestrom dauernd verschwand.

Nagelschmidt empfiehlt als Operationselektrode ein spatelförmiges Instrument, Jacobi kreisrunde Metallscheiben mit scharfem Rand und einem Durchmesser von 2—4 Millimeter (Abb. 118). Die letzteren geben 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

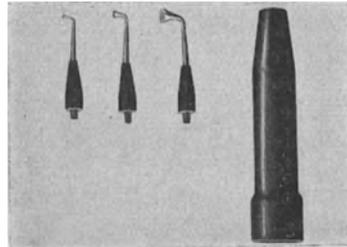


Abb. 118. Elektroden zur Lupusbehandlung nach Jacobi.

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—4 mm Durchmesser zu verwenden, denn eine überflüssige Zerstörung gesunden Gewebes läßt sich dann kaum vermeiden.

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.

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 geknöpften Nadel oder eines kleinen Metallscheibchens, wie sie Jacobi für die Lupusbehandlung angegeben hat, 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 Nävus 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. Neuerdings wird von Bordier die Epilation mit chirurgischer Diathermie wärmstens empfohlen. Die Koagulation der Papille erfolgt bei Stromschluß fast augenblicklich, so daß die Schmerzempfindung, die bei der Elektrolyse 20—30 Sekunden dauert, hier auf Bruchteile einer Sekunde abgekürzt wird. Die Prozedur ist dadurch nicht nur weniger unangenehm, sondern auch gleichzeitig weniger ermüdend für den Arzt wie für den Behandelten. Der kosmetische Effekt ist ein außerordentlich guter. Sichtbare Narben bleiben nur bei Verwendung eines zu starken Stromes. Um solche Narben zu verhüten, muß auch darauf geachtet werden, daß die Nadel wenigstens 3—4 mm in den Haarkanal eingeführt wird. Die Zahl der Rezidiven hängt natürlich in gleicher Weise wie bei der Elektrolyse von der Geschicklichkeit des Operateurs ab.

Erkrankungen der Mundhöhle, des Nasen- rachenraumes u. a.

Das Karzinom. Unter den Krebsen der Schleimhaut sind es vor allem diejenigen der Mund- und Rachenhöhle, welche für die elektrische Koagulation in Betracht kommen. Die häufigsten und darum auch wichtigsten derselben sind das Karzinom der Zunge und das der Tonsillen, beide durch ihre Bösartigkeit bekannt. Der Umstand, daß die diathermische Zerstörung solcher Neoplasmen ohne jeden Blutverlust vor sich geht, der weitere Umstand, daß dieselbe verhältnismäßig leicht und rasch ausgeführt werden kann, gibt ihr einen großen Vorzug vor der Messeroperation, die meist ebenso blutig wie schwierig ist. Auch der Umstand, daß bei der Elektrokoagulation keine Blut- und Lymphgefäße eröffnet werden, fällt entscheidend in das Gewicht. Frankling, Davies, Cottey, Patterson, Harrison und andere englische Chirurgen betrachten daher die Diathermie bei allen malignen Neoplasmen der Mund- und Rachenhöhle als die Methode der Wahl. Nicht nur die Technik ist rascher, einfacher und unblutiger, auch die Rezidivgefahr ist bei ihr eine geringere. Wurde die Elektrokoagulation nur genügend ausgedehnt und hinreichend tief gemacht, so ist ihr Erfolg in der Regel ein ausgezeichneter. Nach Abstoßung des Schorfes zeigt sich eine frisch granulierende Wunde, die verhältnismäßig rasch vernarbt. Um Nachblutungen bei Abstoßung des Schorfes zu verhüten, wird es sich empfehlen, die Arteria lingualis vor der Elektrokoagulation eines Zungenkarzinoms zu unterbinden. Die Überlegenheit der Diathermie zeigt sich insbesondere in jenen Fällen, die an der Grenze der Operationsfähigkeit stehen. Ja man kann die Elektrokoagulation von Schleimhautkarzinomen auch dort noch mit Erfolg ausführen, wo an einen blutigen Eingriff nicht mehr zu denken ist. So berichtet Krainz über eine Reihe inoperabler Karzinome des Pharynx und Larynx, bei denen die Nahrungsaufnahme bzw. die Atmung durch die Tumormassen stark behindert waren und bei denen die Zerstörung dieser durch den elektrischen Strom die Kranken

wenigstens von ihren schlimmsten Qualen befreite. Der Eingriff läßt sich in Lokalanästhesie durchführen, dauert nur wenige Minuten und erfolgt ohne jede Blutung. Er kann daher auch den schwächsten Patienten zugemutet werden.

Vor der Radiumbestrahlung, die für die Behandlung solcher Neoplasmen noch in Betracht käme, hat die Elektrokoagulation den Vorzug, daß ihr Effekt rascher eintritt und sich genauer lokalisieren läßt. Doch ist nichts dagegen einzuwenden, ja es wird des öfteren sogar empfehlenswert sein, beide Methoden miteinander zu kombinieren, in der Weise, daß man zunächst alles sichtbare Kranke durch den Hochfrequenzkauter zerstört und anschließend daran eine Radiumbestrahlung macht, um etwa zurückgebliebene Krankheitskeime zu vernichten.

Eine solche Vereinigung von Elektrokaustik und Strahlentherapie wird sich auch bei Karzinomen der Portio oder Cervix uteri empfehlen, insbesondere dann, wenn ein blutiger Eingriff nicht mehr gut ausgeführt werden kann. Ist eine Radikaloperation möglich, dann wird man an die Koagulation die Exstirpation des Tumors anschließen, um eventuell noch als dritten Akt eine Reihe von Bestrahlungen folgen zu lassen. Bei der Koagulation wird die Portio mit Hilfe eines Scheidenspekulums eingestellt und dann alles Krankhafte, soweit es sichtbar ist, in mehreren Ansätzen verschorft. Cumberbatch empfiehlt hierfür eine Elektrode in Gestalt einer kleinen Metallplatte, die mehrere spitze Metallzinken trägt, die in das neoplastische Gewebe eingestochen werden, um so eine möglichst tiefgehende Verkochung zu erreichen.

Schließlich wäre unter den Karzinomen, welche sich zur Koagulation eignen, noch der Krebs der Brustdrüse zu erwähnen, wobei besonders an die oberflächlich sitzenden und ulzerierten Formen gedacht ist. Womöglich wird man hier an die lokale Verkochung die Totalexstirpation der Drüse mit Ausräumung der betreffenden Achselhöhle anreihen.

Weiterhin lassen sich **Wucherungen der Nasenschleimhaut** in einfacher und bequemer Weise diathermisch zerstören. Sind sie mehr flächenhaft ausgebreitet, so werden sie mit einer spitzen Elektrode an mehreren Stellen punkt- oder strichförmig koaguliert und so zum Einschmelzen gebracht. Sind sie polypös gestielt, so bedient man sich zweckmäßig der Diathermieschlinge von Bordier. Diese wird in gleicher Weise wie die kalte oder galvanokaustische Schlinge um den Stiel des Polypen gelegt und dann unter Einschaltung des Stromes langsam zugezogen. Dabei koaguliert der berührende Draht den Stiel und durchschneidet ihn gleichzeitig. Dies geschieht alles ohne einen Tropfen Blutverlust, auch ist jede Gewaltanwendung, wie sie z. B. bei der kalten Schlinge notwendig ist, bei der Elektrokaustik völlig überflüssig. Die Abtragung der Wucherungen erfolgt durch sie ebenso einfach wie rasch.

Bourgeois und Poyet haben breite **narbige Verwachsungen zwischen Nasenmuschel, Septum und Nasenboden**, Verwachsungen zwischen dem Gaumensegel und der Pharynxwand, die mit anderen Methoden bereits vergeblich angegangen worden waren, mittels des Hochfrequenzkauters gelöst. Die Lösung erfolgt nicht in einer einzelnen Sitzung, sondern in einer Reihe von partiellen Eingriffen, die in Abständen von je 10 Tagen vorgenommen werden und bei denen jeweils nur ein kleines Stück der

Schleimhaut durchtrennt wird. Bei diesem langsamen Vorgehen sind isolierende Einlagen zwischen die durchtrennten Gewebe sowie eine Dilatationsbehandlung nicht notwendig. Fünf derartig behandelte und geheilte Fälle werden von den genannten Autoren beschrieben.

Dutheillet de La mothe empfiehlt die Elektrokoagulation auch zur Behandlung von Tubenstenosen. Mit Hilfe des Salpingoskops wird unter Leitung des Auges eine Elektrode bis an jene Stelle vorgeschoben, die zerstört werden soll. Dann wird der Strom so lange eingeschaltet, bis ein weißer Hof rings um die Berührungsstelle der Elektrode anzeigt, daß der gewünschte Effekt erreicht ist. Der Vorgang wird so oft als nötig wiederholt.

Bordier, Moore, Plank, Harrison u. a. behandeln die **Hyper-trophie der Tonsillen** in allen jenen Fällen, wo allgemeine oder lokale Gründe gegen die chirurgische Entfernung sprechen, mit Diathermie. Bordier sticht eine nadelförmige Elektrode an mehreren Stellen in die Tonsillen ein und bringt deren Gewebe so zur Koagulation. Nach 8 Tagen wird die andere Tonsille in gleicher Weise behandelt. Ohne Blutung, ohne wesentliche Schmerzen kommt es dadurch zu einer Einschmelzung des Gewebes und zu einer Verkleinerung des Organs.

Bei Larynx tuberkulose wird die Elektrokoagulation von Hofven-thal, Dutheillet de La mothe, Greene, Bourgeois und Poyet u. a. empfohlen. In Betracht kommen tuberkulöse Infiltrate oder Geschwüre von nicht allzugroßer Ausdehnung, die in ein oder zwei Sitzungen vollkommen zerstört werden können. Nicht angezeigt dagegen sind vorgeschrittene Fälle mit ausgedehnten Herden insbesondere dann, wenn nebenbei schwere Lungenveränderungen bestehen.

Ein weiteres wichtiges Betätigungsfeld findet die Diathermie in der Behandlung der **Hämorrhoiden**, zu deren Abtragung ja häufig der Thermokauter benützt wird. Dabei tritt stets die ausstrahlende Hitze-wirkung desselben sehr unangenehm in Erscheinung, sie macht es notwendig, durch geeignete Zangen, durch feuchte Gaze u. dgl. die Umgebung vor einer Verbrennung zu schützen. Dem kalten Kauter fehlt jede Hitzestrahlung, was die Operation wesentlich vereinfacht. Auch muß man sich beim Arbeiten mit dem Thermokauter in acht nehmen, daß er nicht in Weißglut gerät, weil es sonst leicht zu einer Verkohlung des Gewebes kommt, die häufig von Nachblutungen gefolgt ist. Die feste Eiweißgerinnung, wie sie der elektrische Kauter erzeugt, bedingt einen ungleich besseren Verschluß der Gefäße und vermindert so die Gefahr einer nachträglichen Blutung.

Der Vorgang bei der Elektrokoagulation der Hämorrhoiden ist im wesentlichen demjenigen bei der Operation mit dem Thermokauter gleich. Allgemeine oder lokale Anästhesie ist infolge der Schmerzhaftigkeit des Eingriffes unerläßlich. Dann wird an dem geeignet gelagerten Kranken jeder einzelne Knoten verkocht, wobei gewöhnlich ein kleines explosionsartiges Geräusch die genügende Tiefenwirkung der Gerinnung anzeigt. Sorge für leichten Stuhl, Sitzbäder, beruhigende Suppositorien werden dazu beitragen, die sich nach der Operation einstellenden Schmerzen auf ein Mindestmaß zu verringern.

wenigstens von ihren schlimmsten Qualen befreite. Der Eingriff läßt sich in Lokalanästhesie durchführen, dauert nur wenige Minuten und erfolgt ohne jede Blutung. Er kann daher auch den schwächsten Patienten zugemutet werden.

Vor der Radiumbestrahlung, die für die Behandlung solcher Neoplasmen noch in Betracht käme, hat die Elektrokoagulation den Vorzug, daß ihr Effekt rascher eintritt und sich genauer lokalisieren läßt. Doch ist nichts dagegen einzuwenden, ja es wird des öfteren sogar empfehlenswert sein, beide Methoden miteinander zu kombinieren, in der Weise, daß man zunächst alles sichtbare Kranke durch den Hochfrequenzkauter zerstört und anschließend daran eine Radiumbestrahlung macht, um etwa zurückgebliebene Krankheitskeime zu vernichten.

Eine solche Vereinigung von Elektrokaustik und Strahlentherapie wird sich auch bei Karzinomen der Portio oder Cervix uteri empfehlen, insbesondere dann, wenn ein blutiger Eingriff nicht mehr gut ausgeführt werden kann. Ist eine Radikaloperation möglich, dann wird man an die Koagulation die Exstirpation des Tumors anschließen, um eventuell noch als dritten Akt eine Reihe von Bestrahlungen folgen zu lassen. Bei der Koagulation wird die Portio mit Hilfe eines Scheidenspekulums eingestellt und dann alles Krankhafte, soweit es sichtbar ist, in mehreren Ansätzen verschorft. Cumberbatch empfiehlt hierfür eine Elektrode in Gestalt einer kleinen Metallplatte, die mehrere spitze Metallzinken trägt, die in das neoplastische Gewebe eingestochen werden, um so eine möglichst tiefgehende Verkochung zu erreichen.

Schließlich wäre unter den Karzinomen, welche sich zur Koagulation eignen, noch der Krebs der Brustdrüse zu erwähnen, wobei besonders an die oberflächlich sitzenden und ulzerierten Formen gedacht ist. Womöglich wird man hier an die lokale Verkochung die Totalexstirpation der Drüse mit Ausräumung der betreffenden Achselhöhle anreihen.

Weiterhin lassen sich **Wucherungen der Nasenschleimhaut** in einfacher und bequemer Weise diathermisch zerstören. Sind sie mehr flächenhaft ausgebreitet, so werden sie mit einer spitzen Elektrode an mehreren Stellen punkt- oder strichförmig koaguliert und so zum Einschmelzen gebracht. Sind sie polypös gestielt, so bedient man sich zweckmäßig der Diathermieschlinge von Bordier. Diese wird in gleicher Weise wie die kalte oder galvanokaustische Schlinge um den Stiel des Polypen gelegt und dann unter Einschaltung des Stromes langsam zugezogen. Dabei koaguliert der berührende Draht den Stiel und durchschneidet ihn gleichzeitig. Dies geschieht alles ohne einen Tropfen Blutverlust, auch ist jede Gewaltanwendung, wie sie z. B. bei der kalten Schlinge notwendig ist, bei der Elektrokaustik völlig überflüssig. Die Abtragung der Wucherungen erfolgt durch sie ebenso einfach wie rasch.

Bourgeois und Poyet haben breite **narbige Verwachsungen zwischen Nasenmuschel, Septum und Nasenboden**, Verwachsungen zwischen dem Gaumensegel und der Pharynxwand, die mit anderen Methoden bereits vergeblich angegangen worden waren, mittels des Hochfrequenzkauters gelöst. Die Lösung erfolgt nicht in einer einzelnen Sitzung, sondern in einer Reihe von partiellen Eingriffen, die in Abständen von je 10 Tagen vorgenommen werden und bei denen jeweils nur ein kleines Stück der

Bordier hat zur Behandlung innerer Hämorrhoiden, soweit man sie nicht durch Elektrokoagulation entfernt, auch die einfache Durchwärmung mittels rektaler Diathermie vorgeschlagen. Es ist bekannt, daß die Hochfrequenzströme in Form der Arsonvalisation schon von Doumier zur Behandlung dieses Leidens empfohlen und besonders von französischen Autoren mit Erfolg angewendet wurden. Gleich günstig, ja vielleicht noch besser scheinen hier die Diathermieströme zu wirken. Man führt nach Bordier eine Metallbougie nach Hegar als Elektrode in das Rektum ein und legt als zweite Elektrode eine größere Metallplatte auf den Oberschenkel. Dabei kann ein Strom von etwa 1 Ampere zur Anwendung kommen. Zweckmäßiger würde ich es halten, statt der inaktiven Oberschenkelelektrode einen Bleigürtel rings um das Becken zu legen, wie ich dies auf S. 176 bei der vaginalen Diathermie beschrieben habe. Es werden so die Stromlinien die Wände des Rektums nach allen Seiten gleichmäßig durchsetzen und erwärmen.

Erkrankungen der Harnwege.

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 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 Pollet berichtet über zwei Fälle von Ureterokele, die er durch Elektrokoagulation von der Blase aus eröffnete.

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 anwendete. Die Hochspannung des Stromes bedingte jedoch infolge der Funkenbildung manche Unannehmlichkeit, so daß heute das Verfahren Beers zugunsten

der zweipoligen Anwendung der niedergespannten Diathermieströme 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 Operations-elektrode, welche die Form einer feinen Sonde hat und durch das Ureterenzystoskop in die Blase eingeführt wird (Abb. 119). Diese Sonde ist, um gegen das Zystoskop isoliert zu sein, allezeit mit einer nichtleitenden Masse umspunnen bis



Abb. 119. Elektroden zur intravesikalen Elektrokoagulation samt Anschlußkabel.

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 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 ein-

gestellt, 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 zahlreichen Papillomen benötigt man oft viele Sitzungen, um sie vollkommen zu beseitigen.

Ist die ganze Blaseschleimhaut von Papillomen bedeckt, handelt es sich also um eine richtige Papillomatose, dann wird es vielleicht zweckmäßig sein, dem Vorschlag Legueus folgend, die Elektrokoagulation bei eröffneter Blase vorzunehmen. Auch Molony empfiehlt bei Hindernissen im Blasenhal, die durch die gewöhnlichen Untersuchungsmethoden nicht gut erkennbar sind, die Anlegung einer suprabubischen Fistel, durch welche ein Zystoskop in die Blase eingeführt werden kann.

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 Blaseschleimhaut 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.

Literaturverzeichnis.

Bücher.

- Bordier, H.: Diathermie et Diathermotherapie. Paris: J. B. Baillière et fils.
Bucky, G.: Anleitung zur Diathermiebehandlung. Wien und Leizig: Urban und Schwarzenberg 1921.
Cumberbatch, E. P.: Diatherm its productions and uses in medicine and surgery. London: W. Heinemann 1921.
Koeppel, L.: Die Diathermie und Lichtbehandlung des Auges. Leipzig: Vogel 1919.
Nagelschmidt, F.: Lehrbuch der Diathermie. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1921.
Saberton, Cl.: Diathermy in medical and surgical practice. London.
Schnée, A.: Kompendium der Hochfrequenz in ihren verschiedenen Anwendungsformen einschließlich der Diathermie. Leipzig: O. Nemnich 1920.
Zanelli, C. F.: Elementi di Diatermoterapia. Bologna: Licinio Capelli.

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. Göttingen, Math.-physik. Abteilung 1899. S. 101.
— Zur Geschichte der Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 3.
— Über Diathermie (Transtermie, 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, S. 432.

Physik, Instrumentarium und Technik.

- Arsonval: Nouvel appareil de diathermie intensive. Arch. d'électr. méd. Nr. 377 (März 1914).
Axmann: Ein kleiner Apparat für Hochfrequenzbehandlung. Med. Klinik 1922. S. 49.
Bangert, K.: Universalinstrumentarium für Diathermie, Röntgenzwecke und Arsonvalisation. 83. Vers. dtsh. Naturforsch. u. Ärzte in Karlsruhe 1911.
— Fortschritte der Diathermietechnik. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1916. Nr. 3.
— Physik der Diathermie- und Arsonvalisationsströme. Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verw. Geb. Jg. 7, H. 1—4.
— Zur Frage der Elektrodenapplikation beim Diathermieverfahren. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1916. H. 9.
— Einige Bemerkungen und Versuche zur Frage des Stromlinienverlaufes beim Diathermieverfahren. Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verw. Geb. 1919. H. 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. Bd. 13, H. 6. 1912.
- Belot, J.: A propos des dispositifs de diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 316.
- Berger, W.: Ein neuer Diathermieapparat. Arch. f. physikal. Med. u. med. Techn. 1912. H. 1.
- Bernd, E. v. und R. v. Preyß: Zur Thermopenetration. Wien. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 44.
- Bordier, H.: Electrodes pour diathermie chirurgicale. Journ. de radiol. et d'électrol. 1922. Nr. 12.
- Breiger: Penetrotherm, der neueste Apparat zur Diathermie. Elektrotechn. Anz. Jg. 29. 1912.
- Bucky, G.: Zur Applikationstechnik der Diathermieströme. Berlin. klin. Wochenschrift 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. Wochenschrift 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 Diathermielektroden. Berlin. 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. physikal. u. diätet. Therapie 1913. H. 2, S. 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. Elektrotechn. „Helios“ 1915. Nr. 52.
- Ein neuer Diathermieapparat. Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verw. Geb. 1918. Nr. 7 u. 8. Münch. med. Wochenschr. 1918. Nr. 29.
- Gaiffe: Fonctionnement de l'appareil de diathermie Gaiffe. Arch. d'électr. méd. Nr. 330.
- Görl: Über Wärmepentrations- und Forest-Apparat. Nürnberg. med. Ges. Ref.: Berlin. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 52.
- Hall, E.: Über einen durch Diathermie veranlaßten Unfall. Arch. of the Röntgenray 1913. Nr. 150.
- Hohlweg, R.: Technische Erfahrungen über Anwendung der Diathermie bei Kriegserkrankungen. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1917. H. 9.
- Jacobson, L.: Was ist der Diathermiestrom und wie ist seine Wirkung? Bemerkung zu dem gleichnamigen Aufsatz von R. Kuhn. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1923. Nr. 4.
- Kowarschik, J.: Methoden und Technik der Diathermie. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1911. H. 11.
- Eine neue einfache Methode der allgemeinen Diathermie. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1920. Nr. 4.
- Kuhn, R.: Was ist der Diathermiestrom und wie ist seine Wirkung? Eine elementare Einführung. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1923. Nr. 2.
- Laquerrière, A.: Les électrodes de thermopénétration. Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiologie. März 1923. p. 78.
- Laqueur, A.: L'application de la thermopénétration. Arch. d'électr. méd. Nr. 293.
- Lewin, H.: Diathermielektrode mit veränderlichem Flächeninhalt. Münch. med. Wochenschr. 1923. S. 433.
- Verbesserung der Wiensschen Funkenstrecke des Diathermieapparates durch neuartige Isolierringe und eine besondere Methode ihrer Anwendung. Strahlentherapie Bd. 16, H. 5. 1924.

- 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.
 Réchou, M.: Un éclateur simple pour diathermie. Arch. d'électr. méd. Nr. 354
 (März 1913).
 Rover, Fr.: Die physikalischen und biologischen Grundlagen der Diathermie.
 Strahlentherapie Bd. 12, H. 2.
 Schneé, A.: Hochfrequenz und Thermopenetration im Vierzellenbad. 82. Vers.
 dtsh. Naturforsch. u. Ärzte in Königsberg i. Pr. Münch. med. Wochenschr.
 1910. Nr. 45.
 — Die Anwendung der Diathermierung nach Bergonié und im Vierzellenbad.
 Therapeut. Monatsh. 1913. H. 9.
 Sengbusch, R. v.: Gleichzeitige Diathermiebehandlung in mehreren Strom-
 kreisen. 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. physikal. u. diätet.
 Therapie 1910. H. 1.
 — Physik und Technik der Thermopenetration. Leipzig: A. Barth 1912. 38 Seiten.
 Stein, A. E.: Zur Technik der Diathermiebehandlung der Gelenkkrankheiten.
 4. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Berlin 1913. Dtsch. med.
 Wochenschr. 1913. Nr. 27. Zeitschr. f. orthop. Chirurg. Bd. 22.
 — Kreuzfeuer-Diathermie. Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verw. Geb.
 1914. H. 9 u. 10.
 — Die Gelenkbehandlung mit Kreuzfeuerdiathermie. 2. Jahresversammlung der
 ärztlichen Gesellschaft für Mechanotherapie, Berlin 10. und 11. Januar 1920.
 Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1920. Nr. 6.
 Telemann, W.: Hochfrequenzströme in der Medizin. Dtsch. med. Wochenschr.
 1911. Nr. 18.
 Walter, A.: Appareil de diathermie et d'étincelage. Arch. d'électr. méd. 1924.
 Nr. 505.
 Walter, B.: Über die physikalischen Grundlagen der Diathermie (Transtermie,
 Thermopenetration). Münch. med. Wochenschr. 1910. Nr. 5.
 Weber, H.: Über Wesen und Bedeutung der Hochfrequenzströme, speziell der
 Diathermie. Schweiz. med. Wochenschr. 1920. Nr. 48.
 Weil, A.: Les électrodes pour la diathermie. Journ. de physiothérapie 1911.
 Nr. 102.
 Zimmermann: A propos de la forme diathermique de courants de haute fréquence.
 Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiologie. Juni 1922. p. 213.

Physiologie.

- Aresu, Mario: Azione locale della diatermia sul sangue. Folia med. 1921. p. 193.
 Bain, W., W. Edgecombe, Kidd W. Shirby and Miller Sinclair: An experi-
 mental investigation into the action of certain electrical treatments on the
 blood, bloodpressure and metabolism. Lancet 1921. p. 905.
 Bergonié, J.: Des applications de diathermie comme ration énergétique d'appoint.
 Cpt. rend. Tom. 1155, p. 1171. 2. Dezember 1912.
 — La diathermie ration d'appoint. Paris méd. 1913. Nr. 5.
 — La diathermie ration d'appoint. Société française d'électrothérapie et de radio-
 logie médicale. Ref.: Arch. d'électr. méd. Januar 1913. Nr. 349.
 — La diathermie ration d'appoint. Arch. d'électr. méd. Nr. 353. März 1913.
 — Die Anwendung der Diathermie als energetisches Ergänzungsmittel. Arch.
 f. physikal. Med. u. med. Technik Bd. 7, H. 4.
 Berliner, M.: Untersuchungen über das Wesen der hämoklasischen Krise Widals.
 Med. Klinik 1922. Nr. 41.
 Bordier, H.: Influence de la diathermie sur la cellule végétale. Consequences
 biologiques. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Tom. 178,
 Nr. 22, p. 1844. 1924.
 Cirera, Salse: La resistance du corps humain aux courants de haute fréquence
 dans leur modalité de thermopénétration ou diathermie. Bull. off. de la soc.
 d'électrothérapie et de radiologie. Juli 1922. p. 278.

- Delherm et Laquerrière: Action endothermique des courants de haute fréquence. *Gaz. des hôp. civ. et milit.* 1910. Nr. 84.
- Durig, A. und A. Grau: Der Energieumsatz bei der Diathermie. *Biochem. Zeitschr.* Bd. 48, S. 480. 1913.
- 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.
- Grunspan, 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.* Dezember 1913. Nr. 371.
- Essais de mensuration des températures réelles des tissus au cours des traitements par l'air chaud, la diathermie et l'électrocoagulation. *Rev. de chirurg.* 1913. Oktober.
- Gunzbourg: Action physiologique de la thermopénétration. *Ann. de méd. physique* (Antwerpen) 1911. März-April.
- Kolmer, W. und P. Liebesny: Experimentelle Untersuchungen über Diathermie. *Wien. klin. Wochenschr.* 1920. Nr. 43.
- Kowallek, A.: Plethysmographische Untersuchungen über die Wirkung der Hochfrequenzströme. *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1919. S. 263.
- Kowarschik, J.: Der Hautwiderstand bei der Diathermie. *Wien. klin. Wochenschrift* 1924. Nr. 11.
- Kraus, Fr.: Tiefenthermometrie bei der Diathermie. *Münch. med. Wochenschr.* 1923. Nr. 14.
- Thermometrische Untersuchungen bei Diathermie am Tiere und Menschen. *Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie* Bd. 27, H. 3/4. 1923.
- Liebesny, P.: Experimentelle Untersuchungen über Diathermie. *Wien. klin. Wochenschr.* 1921. Nr. 11.
- Lindemann, W.: Über die Entstehung von Verbrennungen bei Diathermie. *Zentralbl. f. Gynäkol.* 1924. Nr. 7a.
- Lüdin, M.: Klinische und experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung äußerer lokaler Wärmeapplikationen auf die Funktion des Magens. *Zeitschr. f. d. ges. exp. Med.* 1919. H. 1—2.
- Luisada, E.: I pericoli della diatermia. *Riv. di idrol., climatol. e terap. fisica.* 1924. Nr. 11.
- Mohr: Über die Beeinflussung des Blutgefäßapparates durch Diathermie. 30. dtsh. Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden 1913.
- Nesper: Wärmeinwirkung durch Hochfrequenzströme in organischen Geweben (Thermopenetration). *Physikal. Zeitschr.* Jg. 11, 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, Nimes, August 1912.* Ref.: *Arch. d'électr. méd.* Nr. 339, p. 126.
- Schittenhelm, A.: Experimentelle und klinische Untersuchungen über die Wirkung der Hochfrequenzströme. *Therap. Monatsh.* Jg. 25. Juni 1911.
- Schott, E. und F. Schlumm: Beobachtungen bei Anwendung der Allgemein-diathermie. *Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie* 1924. H. 5/6.
- Ullmann, K.: Experimentelle Beiträge zur Lehre von der Thermopenetration. *Zeitschr. f. med. Elektrol.* 1910. H. 5.
- Vinaj, A.: Veränderungen des Blutes und der Zirkulation durch die Diathermie. *Il Morgagni* Vol. 44, Nr. 8. 1921.
- L'influenza esercitata della diatermia sulla resistenza dei muscoli alla fatica. *Riv. di idrol. climatol. e terapia fisica* 1924. Nr. 9.
- 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. Bd. 22, H. 4. 1911.
- Zeynek, R. v.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Thermopenetration (Diathermie). 4. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Berlin, März 1913. Strahlentherapie Bd. 3.
- Sur la base scientifique de la thermopénétration ou diathermie. Arch. d'électr. méd. Mai 1913. Nr. 357.
- und E. v. Bernd: Zur Frage der Nervenerregung durch Wechselströme hoher Frequenz. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 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 pleuritische Verklebungen und Verwachsungen. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1917. H. 8.
- Aimard, J.: De l'emploi systématique de la diathermie dans les réactions douloureuses inflammatoires ou spasmodiques de la vésicule biliaire. Presse méd. 1921. p. 981.
- Indications et technique des applications de diathermie dans les réactions douloureuses de la vésicule biliaire. Journ. de radiol. et d'électrol. 1923. Nr. 5, p. 225.
- Quelques points de technique sur les applications de diathermie au niveau du carrefour sous-hépatique. Bull. méd. 1923. Nr. 16, S. 434.
- Baisch, B.: Diathermie und ihre Anwendung in der Orthopädie. Naturhistorisch-medizinischer Verein in Heidelberg, 16. Juli 1912. Ref.: Dtsch. med. Wochenschrift 1912. Nr. 15.
- Baud, H.: La diathermie. Dissertation Paris 1911.
- Bavelaer: Quelques applications intéressantes de la diathermie. Journ. des sciences méd. de Lille 5. Oktober 1924.
- Bergonié, J.: Les applications médicales de la diathermie. Arch. d'électr. méd. Mai 1913. Nr. 357. 4. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Berlin. März 1913.
- Über die medizinische Anwendung der Diathermie. Berlin. klin. Wochenschr. 1913. Nr. 39.
- Thermopenetration oder Diathermie. Handb. d. ges. med. Anwendungen der Elektrizität von Boruttau und Mann Bd. 2, S. 2.
- et G. Réchou: La Diathermie. Applications médicales et chirurgicales. Arch. d'électr. méd. Nr. 314.
- Bernd, E. v.: Über Thermopenetration. Gesellschaft der Ärzte in Wien am 26. Februar 1909.
- Über Thermopenetration. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1909. H. 3.
- Bertoloty, R.: Schmerzreaktionen bei Diathermie. La med. iberica 1922. Nr. 240.
- Bles, Ch.: Über Thermopenetration. Nederlandsch tijdschr. v. geneesk. Vol. 2. 1911.
- Bordier, H.: La diathermothérapie dans les affections de l'estomac. Paris méd 1921. S. 450.
- Nuovo vedute sul trattamento della paralisi infantile. Pediatria 1921. p. 433.
- Efficacité de l'arsonvalisation diathermique dans les plaies atones (ulcères variqueux, troubles trophiques cutanés etc.). Cpt. rend. Tom. 6, Nr. 1, p. 54. 1922.
- Influence de la d'arsonvalisation diathermique sur les glandes endocrines. Application au traitement de la maladie de Basedow. Cpt. rend. Tom. 176, Nr. 11, p. 790. 1923.
- La diathermie combinée à la radiothérapie dans la poliomyélite antérieure. Journ. de radiol. et d'électrol. 1923. Nr. 12.
- Diathermothérapie de la paralysie faciale périphérique. Paris méd. 1923. Nr. 50.
- Utilité de la diathermie dans la paralysie faciale grave. Arch. d'électr. méd. 1924. Nr. 505.
- Brahn, H.: Die kombinierte Behandlung chronisch-rheumatischer Erkrankungen mit Leukotropin und Diathermie. Münch. med. Wochenschr. 1923. Nr. 7.

- Braun, H.: Die Diathermie im Kriege. Therapie d. Gegenw. 1917. April.
- Braunwarth und Fischer: Über den Einfluß der verschiedenen Arten der Hochfrequenzbehandlung auf das kardiovaskuläre System. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1912. H. 11.
- Bucky, G.: Die Diathermie in den Lazaretten. Dtsch. med. Wochenschr. 1915. Nr. 16.
- Die Diathermie. Kriegsärztliche Abende. Ref.: Berlin. klin. Wochenschr. 1915. Nr. 13, S. 335.
- Die Diathermiebehandlung von Kriegsverletzungen und Kriegserkrankungen. Strahlentherapie Bd. 7, S. 248. 1916.
- Über Diathermiebehandlung. Erwiderung auf H. E. Schmidt. Berlin. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 8. Dazu Schlußwort von H. E. Schmidt. Berlin. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 23.
- Diathermie oder Heißluft. Zeitschr. f. Krankenpflege 1920.
- Chlumsky, V.: Über die elektrische Durchwärmung (Diathermie). Wien. klin. Rundschau 1910. Nr. 45.
- Cluzet et Badin: Traitement de la gangrène diabetique par la diathermie. Lyon méd. 16. März 1924.
- Badin, Chevallier: Sur quatre nouveaux cas de gangrène diabetique humide traités avec succès par la diathermie. Lyon méd. 26. Oktober 1924.
- et Chevallier: Traitement des gangrènes diabetiques humides par la diathermie. Bull. de l'acad. de méd. 1924. Nr. 32.
- Cubbon, H. T.: Diathermie und medizinische Praxis. Brit. med. journ. 1923. Mai. p. 897.
- Cuddeback, F. E.: Diathermy as therapeutic agent, especially in the treatment of sprains, fractures, adhesions and chronic stiff and painful joints. Lancet Vol. 200, p. 143. 1921.
- 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'Electrobiologie et de Radiologie 1913. September.
- Delherm: La diathermie dans les séquelles douloureuses de l'arthrite blennorrhagique. Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiologie. März 1922. p. 128.
- et Mme. Grunspan de Brancas: Sciatique rebelle guérie par des seances prolongées de diathermie. Bull. off. de la soc. franc. de l'électrothérapie et de radiologie. Juni 1923. p. 143.
- — La diathermie. Son mode emploi et ses indications dans certaines affections de l'abdomen. Journ. de thérapeutique. Juli 1924.
- — Sciatique rebelle guérie par des seances prolongées de diathermie. Bull. off. de la soc. franc. de l'électrothérapie et de radiologie. Juni 1923.
- et Laquerrière: A propos de l'action thermique des courants de haute fréquence. Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiologie. Juni 1922 p. 216.
- Desternes et Laquerrière: Un cas de calcification de la bourse séreuse sous-acromiale guérie par la diathermie. Bull. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiol. méd. Januar 1914.
- Disqué: Elektrische Behandlung mit Metronomunterbrecher und lokale Diathermie bei Schußverletzungen und in der ärztlichen Praxis. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1916. H. 2.
- Dreesen, H.: Experimentelle und therapeutische Erfahrungen mit Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1913. Nr. 37.
- Duhem: Action de la diathermie sur hypertension artérielle. Bull. off. de la soc. franc. de l'électrothérapie et de radiologie. Oktober 1921. p. 212.
- Durand, G. et Aug. Nemours: Action de la diathermie sur certaines séquelles epiloiques de l'appendicite chronique opérée. Bull. off. de la soc. de thérapeutique. Mai 1921. p. 161.
- Eaton Stewart, H.: Die Diathermie bei der Lungenentzündung. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. Vol. 40, Nr. 10. 1922.
- Ebstein, E.: Eine neuartige Behandlung des Keuchhustens. Münch. med. Wochenschrift 1916. Nr. 2.

- Ehrlich: Der gegenwärtige Stand der Thermopenetration. Dtsch. militärärztl. Zeitschr. 1911. Nr. 15.
- Eitner, E.: Thermopenetration, eine neue Wärmetherapie. Ärztl. Reformzeit. 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. physikal. u. diätet. Therapie 1913. H. 2.
- Fesuglio: Über Diathermie. Il Morgagni Vol. 7, Nr. 24. 1913.
- 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. Therapie 1913. H. 11.
- Gara, S.: Über Diathermie. Arch. f. physikal. Med. u. med. Techn. Bd. 5, H. 3.
- Ghilarducci: Einfluß der Diathermie auf den experimentellen menschlichen Diabetes. 4. Internationaler Kongreß für medizinische Elektrologie und Radiologie in Prag 1912. Ref.: Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1913. H. 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.
- Zur Technik und Indikation der Diathermie. Wien. klin. Wochenschr. 1923. Nr. 2.
- Grünsfeld, M.: Zur Anwendung der Diathermie bei Erkrankungen der Respirationsorgane. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie Bd. 25, H. 7. 1921.
- Diathermie bei Erkrankungen des Zirkulationsapparates. Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie Bd. 27, H. 1/2. Mai 1923.
- Grunspan de Brancas: Les Applications médicales de diathermie. Journ. de radiol. et d'électrol. Tom. 6, Nr. 8. 1922.
- Gryzwa, N.: Zur Behandlung von chronisch traumatischen Kniegelenkentzündungen. Klin. Wochenschr. 1923. Nr. 5.
- Allgemeindiathermie am Operationstisch. Zentralbl. f. Chirurg. 1922. Nr. 34.
- Harris, J.: The treatment of calcified subdeltoid (subacromial) bursitis by diathermy. Journ. of the Americ. med. assoc. Vol. 81, Nr. 2. 1923.
- Herzer, G.: Die therapeutische Verwendung von Hochfrequenzströmen in Form der Diathermie. Korresp.-Blatt f. Schweiz. Ärzte 1912. Nr. 27.
- Diathermiebehandlung chronischer Herzschwächezustände. Schweiz. med. Wochenschr. 1925. Nr. 27.
- Heß: Lokale Diathermie. Kriegsärztlicher Abend in Koblenz-Ehrenbreitstein am 5. Juni 1915. Ref.: Med. Klinik 1915. Nr. 30.
- Hirsh, A. B.: Diathermy an aid in empyema. Med. rec. Vol. 98, p. 1015. 1920.
- Diathermy in aid empyema. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. Vol. 39, p. 51. 1921.
- Diathermie bei einigen Knochenverletzungen. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. 9. September 1921. p. 351.
- Diathermy in some bone lesions. Surg., gynecol. a. obstetr. Vol. 32, p. 74. 1921.
- Holmblad, E. C.: Treatment of injuries during the acute stage by diathermy. Journ. of the Americ. med. assoc. 1924. Nr. 23.
- 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.

- Humphris, F. H.: Diathermy in high bloodpressure and other conditions. Brit. med. journ. 1923. p. 314.
- Jackson, E. W.: Die Diathermie in der Medizin. Journ. of the Americ. med. assoc. 1924. Nr. 4.
- Jones, L.: Diathermie oder die elektrische Erwärmung der Körpergewebe. Lancet 1914. Nr. 6. Februar.
- Kakowsky: Die therapeutische Verwendung von Hochfrequenzströmen in Form der Diathermie. Praktisches 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. Berlin. 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 (Thermopénétration). Berlin. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 39.
- Kottmaier, J.: Die therapeutische Durchwärmung des Blutkreislaufes. Fortschr. d. Med. 1923. Nr. 7. Strahlentherapie Bd. 15, H. 5. 1923.
- Wärmetherapie bei Kreislaufstörungen. Zentralbl. f. Herz- u. Gefäßkrankh. 1924. Nr. 5.
- Kowarschik, J.: Anzeigen und Gegenanzeigen der Diathermie. Gesellschaft für innere Medizin und Gesellschaft für physikalische Medizin in Wien am 7. April 1921.
- Kraft, F.: Bericht des Comité's über Hochfrequenzströme. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. Vol. 40, p. 320. 1922.
- Bericht über Hochfrequenzströme. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. 1921. p. 486.
- Report of the committee on high frequency currents. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. 1923. Nr. 11.
- Kraus, F.: Zur Anwendung der Diathermie. Med. Klinik 1915. Nr. 20.
- Labbé, D. et M. Blanche: La diathermie. Presse méd. 1911. Nr. 33.
- Laquer, A.: Über den heutigen Stand der physikalischen Behandlung bei einigen funktionellen und organischen Nervenkrankheiten. Jahreskurse für ärztl. Fortbild. Bd. 12, S. 35. 1921.
- Laquerrière, A.: La thermopénétration (Nouvelles applications des courants de haute fréquence). Bull. méd. August 1910.
- Sur la thermopénétration de la région cardiaque. Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiologie. November 1922. p. 344.
- La thermopénétration de la région cardiaque dans les troubles circulatoires généraux. Bull. et mém. de la soc. de méd. de Paris. Februar 1923. p. 120.
- Trois observations de thermopénétration pour douleurs abdominales. Bull. off. de la soc. franc. de l'électrothérapie et de radiologie. Oktober 1923.
- Laqueur, A.: Beiträge zur Wirkung der Thermopénétration. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1909. H. 5.
- Technik und Anwendung der Thermopénétration. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1910. H. 1.
- Über Thermopénétration. 3. Internationaler Kongreß für Physiotherapie in Paris 1910. Ref.: Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1910. H. 6.
- Über die therapeutische Verwendung von Hochfrequenzströmen. Therapie d. Gegenw. 1911. H. 2.
- Die Behandlung mit Hochfrequenzströmen. Med. Klinik 1911. Nr. 49.
- Über Thermopénétration. Med. Klinik 1914. Nr. 9.
- Praktische Bemerkungen zur Diathermiebehandlung. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1918. Nr. 8.
- Die Diathermie in der Hand des praktischen Arztes. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1920. Nr. 14.
- Fortschritte des Diathermieverfahrens. Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie 1924. H. 1.
- Laqueur, W.: Zur Behandlung mit Diathermie. Med. Klinik 1914. Nr. 24.

- Lean Mc. und A. Bruce: Local medical diathermy. Glasgow med. journ. Vol. 18, Nr. 4. 1923.
- Lian, C. et P. Descoust: Des bons effets de la diathermie dans la claudication intermittente. Presse méd. 1924. Nr. 85.
- 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. Berlin. klin. Wochenschr. 1914. Nr. 17.
- Mendel: Über Diathermie und ihre Kombination mit Ultraviolettbestrahlung und anderen Heilmitteln. Therapie 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. H. 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. Bd. 22.
- Nagelschmidt, Fr.: Über Hochfrequenzströme. Berliner medizinische Gesellschaft am 24. Februar 1909. Ref.: Berlin. klin. Wochenschr. 1909. Nr. 10.
- Über Hochfrequenzströme, Fulguration und Transthermie. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1909. H. 3.
- Über Diathermie (Transthermie, Thermopenetration). Münch. med. Wochenschrift 1909. Nr. 50.
- Die Wärmewirkung durch Hochfrequenzströme (Diathermie). 3. Internationaler Kongreß in Paris 1910. Ref.: Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1910. H. 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 Bd. 2. 1912.
- Nemours, A.: De la thermopénétration dans les maladies du tube digestive. Bull. off. de la soc. franc. de l'électrothérapie et de radiologie. Juni 1923. p. 146.
- Applications médicales de la d'arsonvalisation thermopénétration. Presse méd. 1924. Nr. 65.
- Nuvoli, U. e C. La Banca: La diathermia nel morbo di Flajani-Basedow. Policlinico 1924. H. 12.
- Patterson, N.: Diathermy. Lancet 1919. Nr. 5023.
- Petit: Adénopathie cervicale chez une marastique. Traitement par la diathermie et la radiothérapie, augmentation considérable de poids. Guérison. Arch. d'électr. méd. Februar 1914. Nr. 376.
- Picard, H.: Die Hochfrequenztherapie bei Narbenstrikturen im Körperinnern. Klin. Wochenschr. 1923. S. 1796.
- Diathermiebehandlung in der Chirurgie. Dtsch. med. Wochenschr. 1923. Nr. 1.
- Über diathermische Behandlung der akuten spinalen Kinderlähmung. Monatschrift f. Kinderheilk., 1924. H. 3.
- Pribram, H.: Diathermie bei Gelenkserkrankungen. Zeitschr. f. physikal. u. diätet. Therapie 1911. H. 8.
- Rautenberg: Die künstliche Durchwärmung innerer Organe. 22. Deutscher Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden 1911. Verhandlungen des Kongresses S. 463.

- Reijnders, F. H. H.: Neue Wege der Diathermie. *Nederlandsch tijdschr. v. geneesk.* 1924. Nr. 13.
- Romano, A.: Valore terapeutico della diatermia elettrica endogena ed esogena ed importanza e significato ella ergoterapia organica. *Ann. di electricita medica e terapia fisica* 1913. Februar.
- Rouzaud, J. und J. Aimard: La diathermie: Sa valeur dans le traitement lithiasiques biliaries. *Presse méd.* 1923. Nr. 5.
- Rubens: Die Behandlung des Ulcus duodeni mit Diathermie. *Med. Klinik* 1915. Nr. 43.
- Salomon: Diathermie in der Chirurgie, bei Haut- und Geschlechtskrankheiten. *Kriegsärztlicher 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. physikal. u. diätet. Therapie* 1910. H. 6.
- Über Thermopenetration. 31. Balneologenkongreß in Berlin 1910. Ref.: *Zeitschrift f. physikal. u. diätet. Therapie* 1910. H. 5.
- Die Thermopenetrationsbehandlung. *Med. Klinik* 1910.
- Schnée, A., Scholtz und Schlesies: Über Thermopenetration. *Verhandl. d. Ges. dtsh. Naturf. u. Ärzte* Bd. 2, Jg. 82, S. 2. 1910.
- Schwalbach und Bucky: Über die Ergebnisse der Behandlung von Schußneuritiden mittels Diathermie. *Münch. med. Wochenschr.* 1920. Nr. 37.
- Semenca, C. e A. Tenconi: Considerazioni sulla diatermoterapia nelle affezioni dolorose degli organi interni. *Riv. di idrol. climatol. e terap. fisica* 1924. Nr. 1.
- Setzu, G.: Influenza della diatermia sul potere funzionale dello stomaco in alcune forme di gastropatia. *Rif. med.* Vol. 36, p. 125. 1920.
- Shelly, C. E.: A preliminary note of the treatment of contracted fingers and of some cases of cataract by mild high-frequency currents and violet rays. *Arch. of radiol. a. electrotherapy* Vol. 27, p. 177. 1922.
- Stein, A. E.: Die Diathermie bei der Behandlung der Knochen und Gelenkerkrankungen. *Berlin. klin. Wochenschr.* 1911. Nr. 23. *Verhandl. d. dtsh. Ges. f. orthop. Chirurg.* Bd. 10.
- Zur Diathermiebehandlung. *Münch. med. Wochenschr.* 1911. Nr. 24. 22. *Dtsch. Kongr. f. inn. Med. in Wiesbaden* 1911.
- Über Diathermie. *Verein der Ärzte Wiesbadens am 18. Oktober 1911.* *Berlin. klin. Wochenschr.* 1911. Nr. 50.
- Die Verwendung der Diathermie bei chirurgischen Erkrankungen. *Zeitschr. f. ärztl. Fortbild.* Jg. 10, Nr. 16.
- Die Anwendung der Diathermie bei Behandlung der Kriegsverletzungen und der Kriegserkrankungen. *Berlin. klin. Wochenschr.* 1915. Nr. 16.
- Diathermiebehandlung in der Chirurgie. *Dtsch. med. Wochenschr.* 1923. Nr. 11.
- Die Diathermie bei chirurgischen Erkrankungen. *Lehrbuch der Strahlentherapie* Bd. 2.
- Stewart, H. E.: The use of diathermy in pneumonia. *Internat. clin.* Vol. 3, p. 65. 1924.
- Titus, E. C. und Fr. Kraft: Employment of diathermy and galvanism in management of sequelae of occlusion, partial or complete, and rupture of cerebral arteries. *Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol.* Vol. 38, p. 381. 1920.
- Tobias, E.: Über Diathermie und die Grenzen ihrer Wirksamkeit. *Berlin klin. Wochenschr.* 1918. Nr. 34.
- Über einen Fall von Claudicatio intermittens des linken Armes und beider Beine. *Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie* Bd. 70, S. 309. 1921.
- Tobler, W.: Die Diathermie in der Behandlung des Pylorospasmus der Säuglinge. *Zeitschr. f. Kinderheilk.* 1924. H. 3.
- Unna, P.: Über Diathermiebehandlung bei Lepra. *Berlin. klin. Wochenschr.* 1913. Nr. 46.
- Vignal: La diathermie dans quelques affections articulaires douloureuses. *Bull. off. de la soc. franc. de l'électrothérapie et de radiologie.* April 1921. p. 101.
- Traitement physiothérapeutique des varices du membre inférieur et de quelques unes de leur complications. *Journ. des praticiens* 1923. Nr. 6.

- Vinaj, G. S.: Sulla termopenetrazione, osservazioni ed esperienze. *L'Idrologia, la Climatologia e la Terapia fisica* Vol. 21, Nr. 10. 1910. *Ann. d'électrobiologie et de radiologie*. März 1911.
- Wolf, H.: Diathermia in the treatment of trifacial neuralgia. *New York med. record* Vol. 27, p. 1152. 1916.
- 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 Harnorgane.

- Alkewicz, T.: Diathermie der Niere. *Nowiny lekarskie* Vol. 33, p. 167. 1921.
- Büben, J.: Thermopenetration in der Therapie der weiblichen Blasenkrankungen. *Dtsch. med. Wochenschr.* 1922. Nr. 49. *Zentralbl. f. Gynäkol.* 1922. Nr. 28.
- Behandlung der Enuresis nocturna mit Thermopenetration. *Dtsch. med. Wochenschr.* 1923. S. 586. *Zentralbl. f. Gynäkol.* 1923. Nr. 15.
- Dourmaskin, R.: The external use diathermy in cases of impacted urinary calculi. *Med. rec.* 1922. Nr. 9.
- Guiliani, A.: Dilatation kystique intravésicale de l'extrémité inférieure de l'uretère traitée par la diathermie. *Journ. d'urolog.* Tom. 12, p. 103. 1921.
- Grünbaum, R.: Behebung einer reflektorischen Anurie nach Diathermiebehandlung. *Wien. klin. Wochenschr.* 1923. Nr. 43.
- Stone Chester Tilton: Diathermy in the treatment of tuberculous kidneys. *Med. Rec.* Vol. 100, p. 765. 1921.

Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane.

- Antoni: Ein Beitrag zur Diathermiebehandlung der Gonorrhöe. *Dermatol. Wochenschr.* Bd. 66, S. 393. 1918.
- Baradulin, G.: Die Diathermie bei der Behandlung der Gonorrhöe und ihrer Komplikationen. *Wratschebnaja Gazeta* 1914. Nr. 12. Ref.: *Münch. med. Wochenschr.* 1914. Nr. 26, S. 1470.
- Bernal Baquera: Die Diathermie bei Gonorrhöe und ihren Komplikationen. *Rev. med. de Malaga* Vol. 1, p. 55. 1921.
- Bertoloty: Behandlung der Gonorrhöe mit Diathermie. *Actas dermo-sifilogr.* Vol. 13, p. 46. 1921.
- Boerner, R., und C. Santos: Über eine neue Art Elektroden zur Behandlung der Gonorrhöe mittels Diathermie. *Med. Klinik* 1914. Nr. 25. *Zeitschr. f. Urol.* Bd. 9. 1915.
- und H. E. Schmidt: Technik und Erfolge der Diathermie bei der männlichen Gonorrhöe und ihren Komplikationen. *Strahlentherapie* Bd. 7, S. 266. 1916.
- Corbus, Budd C. and Vincent J. O'Connor: Diathermy: A specific for gonorrheal epididymitis. *Journ. of urol.* 1924. Nr. 2.
- Corredor, M. F. y Chicote: Diathermie und Gonorrhöe. *Rev. espanola de urol. y de dermatol.* Vol. 23, p. 86. 1921.
- Cumberbatch, E. P. und C. A. Robinson: Treatment of gonococcal infection by diathermy. *Brit. med. journ.* 1923. p. 54.
- Ehrich, W. S.: Diathermy in the treatment of gonorrhoea. *Urol. a. cut. review* 1924. Nr. 11.
- Eitner, E.: Über Verwendung der Thermopenetration in der Gonorrhöetherapie. *Wien. klin. Wochenschr.* 1909. Nr. 34.
- Fournier, Ménard et Guénot: A propos de quelques applications de la diathermie. *Arch. d'électr. méd.* Nr. 305.
- Kever, Fr.: Zur Diathermiebehandlung bei urologischen Erkrankungen. 5. Kongreß der deutschen Gesellschaft für Urolog. Wien, September 1921.
- Kyaw: Neue Behandlungsweise der akuten und chronischen Gonorrhöe, Prostatitis und Urethritis mit Thermopenetration. *Med. Klinik* 1912. Nr. 45.

- Kyaw: Thermopenetration bei Gonorrhöe. Dtsch. med. Wochenschr. 1921. S. 962.
- Marsellos, V. I.: Cinq cas de déférentite gonococcique aigué traités. Grèce méd. 1924. Nr. 5.
- Müller, W.: Die Diathermiebehandlung der männlichen Gonorrhöe und ihrer Folgezustände. Dermatol. Wochenschr. Bd. 65. 1917.
- Perez Grande: Eigene Erfahrungen über Diathermiebehandlung der Gonorrhöe. Rev. espanola de urol. y de dermatol. Vol. 7, p. 71. 1921.
- Die Diathermie im allgemeinen und ihre Anwendung bei der Gonorrhöe. Rev. espanola de urol. y de dermatol. 1923. p. 617.
- Rosenthal, O.: Die Diathermiebehandlung der männlichen Gonorrhöe. Dermatol. Wochenschr. 1917. S. 817.
- Roucaayrol, M. E.: Traitement des vésiculites gonococciques par la diathermie. Journ. d'urol. 1924. Nr. 6.
- Santos, C.: Sur le traitement de a blennorrhagie par la diathermie. Arch. d'électr. méd. März 1913. Nr. 354.
- Resistance du gonococce aux temperatures de 40°—50°. Action directe des courants de diathermie. Arquivos do instituto bacteriologica Camora Pestana Vol. 4, p. 211. Ref.: Wien. klin. Wochenschr. 1915. Nr. 37, S. 1020.
- Schmidt, H. E.: Über Diathermiebehandlung der Gonorrhöe und anderer Erkrankungen. Berlin. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 8.
- Serés, M.: Die Diathermie bei der Behandlung der Gonorrhöe des Mannes. Rev. espanola de med. y cirurg. 1923. Nr. 63.
- Simmonds, O.: Thermopenetration bei Prostatitis gonorrhoeica chronica. Med. Klinik 1911. Nr. 45.

Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane.

- Amtschislowsky, M.: Neue Elektroden für die gefahrlose Anwendung starker, besonders diathermischer Ströme in der Gynäkologie. Berlin. klin. Wochenschr. 1914. Nr. 15.
- Aragon: Die Diathermie in der Gynäkologie. Arch. del hospital municipal de la Habana Vol. 2, Nr. 1, p. 5.
- Bässler: Die Erfolge der Diathermiebehandlung bei gynäkologischen Erkrankungen in den Jahren 1917 und 1918. Dissert. Kiel 1921.
- Blumreich, L.: Zur Hochfrequenz- und Diathermiebehandlung bei gynäkologisch-geburtshilflichen Leiden. Arch. f. Gynäkol. 1918. H. 1 u. 2.
- Brühl, N. W.: Die Thermopénétration in der Gynäkologie. Russki Wratsch 1910. Nr. 52.
- Büben, J.: Die Diathermie mit besonderer Berücksichtigung ihrer gynäkologischen Verwendung. Orvosképzés 1923. Nr. 2.
- Die Rolle der Thermopenetration in der Behandlung der weiblichen Gonorrhöe. Orvosi Hetilap Vol. 65, p. 67. 1921.
- Die Bedeutung der Resorptionswirkung der Diathermie bei gynäkologischen Erkrankungen. Zentralbl. f. Gynäkol. 1924. Nr. 36.
- Castano, C. A. und J. F. Merlo Gomez: Die Resultate der Diathermie im chirurgischen Institut. Semana méd. 1923. p. 893.
- Die Behandlung der Sterilität mit Diathermie. Semana méd. 1923. Nr. 13.
- Dittmer: Das Diathermieverfahren und seine Erfolge bei gynäkologischen Erkrankungen. Dissert. Kiel 1921.
- Gheorghiu, E.: Die Indikationen der Diathermie in der Gynäkologie. Gynecol. si obstetr. 1924. Nr. 3/4.
- Giesecke, A.: Die Anwendung der Diathermie bei gynäkologischen Erkrankungen. Zentralbl. f. Gynäkol. 1918. S. 496.
- Grunspan de Brancas: Périmérite utérine traitée et guérie par la diathermie. Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérapie et de radiologie. April 1922. p. 167.
- Henkel: Thermopenetration bei Missed labour und Wehenschwäche. Ref.: Münch. med. Wochenschr. 1912. S. 839.
- Jaegy: Le traitement de la blennorrhagie de la femme et de ses complications par la diathermie. Praxis 1923. Nr. 31.

- Kayser, K.: Vaginalelektrode für Diathermie. Münch. med. Wochenschr. 1920. Nr. 35.
- Kelen: Über die Bedeutung der Thermopenetration in der Gynäkologie. Orvosi Hetilap 1914.
- 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. H. 1.
 - Weitere Erfahrungen mit der Diathermie gynäkologischer Erkrankungen (Beckenperitonitis, Zervicitis, Neuralgien). Münch. med. Wochenschr. 1917. Nr. 21.
 - Über die Einschränkung der manuellen gynäkologischen Massage durch Diathermie und Diathermiewechseldusche. Zentralbl. f. Gynäkol. 1923. Nr. 12.
 - Über rationelle Anwendung der gynäkologischen Diathermie und ihre spezielle Verwendung bei Zervixgonorrhöe. Monatsschr. f. Geburtsh. u. Gynäkol. 1923. H. 5/6.
- Mansfeld, O.: Gynäkologische Diathermie. Orvosi Hetilap 1923. p. 142.
- Milner, A. E. und Mc. Lachlan: The diathermy treatment of gonorrhoea. Lancet 1923. Nr. 13.
- Recasens, S.: Die Diathermie als Behandlungsmittel bei annexialen Entzündungen. Monatsschr. f. Geburtsh. u. Gynäkol. 1915. H. 2.
- Robinson, A. C.: Diathermy for gonorrhoeal cervicitis. Lancet 1922. p. 179.
- Roucaurol, E.: La diathermie endo-urétrale et endo-vaginale. Paris méd. Tom. 12, p. 545. Arch. d'électr. méd. 1924. Nr. 500, p. 134.
- Schulz, K.: Über Erfolge der Behandlung gynäkologischer Erkrankungen mit Diathermie. Dissert. Breslau 1920.
- Seitz, A. und E. Vey: Die Diathermiebehandlung der weiblichen Brust. Zentralbl. f. Gynäkol. 1921. S. 1748.
- Sellheim, H.: Die elektrische Durchwärmung des Beckens als Heilmittel. Monatschrift f. Geburtsh. u. Gynäkol. 1910. Nr. 5.
- Smit, H. P. A.: Etwas über Diathermie und die Anwendung in der Gynäkologie. Nederlandsch maandschr. v. geneesk. 1925. Nr. 1.
- Sperling: Erfolge der Diathermie bei gynäkologischen Affektionen. Monatsschr. f. Geburtsh. u. Gynäkol. 1921. H. 5.
- Steinbrink: Die Erfolge der Diathermiebehandlung bei entzündlichen Erkrankungen der Adnexe und Parametrien an der Göttinger Frauenklinik. Dissert. Göttingen 1920.
- Szenes, A.: Die Diathermiebehandlung der Hypophysengegend bei ovariellen Ausfallserscheinungen. Wien. klin. Wochenschr. 1925. H. 12.
- Theilhaber, A.: Behandlung der Karzinomkranken nach der Operation. 6. Internationaler Kongreß für Geburtshilfe und Gynäkologie in Berlin 1912.
- Operationslose Behandlung des Karzinoms. Berlin. 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. Jahreskurse 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.
 - Der Einfluß der zellulären Immunität auf die Heilung der Karzinome (insbesondere der Mamma und des Uterus). Arch. f. Gynäkol. 1923. S. 237.
- Turell, W. J.: Treatment of amenorrhoea and dysmenorrhoea by diathermy. Lancet 1922. p. 180.
- Tutschek, L.: Über die Behandlung entzündlicher Unterleibs-erkrankungen der Frau mit hochgespannten Wechselströmen. Münch. med. Wochenschr. 1921. S. 1151.

Vey, E.: Die Diathermiebehandlung der weiblichen Brust. Zentralbl. f. Gynäkol. 1923. Nr. 12.

Erkrankungen des Auges.

- Best, F.: Die Diathermie in der Augenheilkunde. Ges. f. Naturheilk. in Dresden am 2. November 1912. 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. vergl. Ophth. Bd. 82. 1912.
- Kraft und Ten Doeschatte: Über die Behandlung der Augengonorrhöe. Nederlandsch tijdschr. v. geneesk. Vol. 2. 1917.
- Krückenmann und Telemann: Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Temperaturverhältnisse am Auge mit Hilfe der Thermopenetration. Arch. f. vergl. Ophth. Bd. 86, H. 3.
- Löwenstein, A. und J. Kubik: Refraktometrische Untersuchungen des Kammerwassers. Arch. f. vergl. Ophth. Bd. 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. Bd. 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. Bd. 76, H. 1 u. 2. 1914.
- Zahn: Über die Anwendung der Diathermie am Auge. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde Bd. 13, S. 371. 1912.

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.
- Ham m: 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. Wochenschrift 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.
- Kolischer, G.: Die kombinierte Behandlung maligner Tumoren mit chirurgischer Diathermie und Röntgentherapie. Journ. of radiol. 1924. Nr. 10.
- Kraus, Fr.: Die Kombination der Röntgentherapie mit Diathermie zur Behandlung der Ischias. Zeitschr. f. d. ges. physikal. Therapie 1924. H. 4, S. 80.
- Lenz, E.: Experimentelle Studien über die Kombination von Hochfrequenzströmen und Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 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 Bd. 2, H. 1. 1913.
- Die Röntgenbehandlung der malignen Tumoren und ihre Kombinationen. Strahlentherapie Bd. 3. 1913.
- Über Kombination von Hochfrequenzströmen und Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 18.
- Tiefenbestrahlung unter gleichzeitiger Sensibilisierung mit Diathermie in einer neuen Anwendungsform. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 21.
- Rohdenburg, G. L. und Fr. Prime: The effect of combined radiation and heat on neoplasms. Arch. of surg. 1921. p. 116.
- Schwarz, G.: Über Verminderung und Vermehrung der Strahlenempfindlichkeit tierischer Gewebe in ihrer Bedeutung für die Radiotherapie. Münch. med. Wochenschr. 1921. S. 766.

Chirurgische Diathermie (Elektrokoagulation).

- Abel: Die Elektrokoagulation bei der operativen Behandlung des Krebses, speziell des Gebärmutterkrebses. Berlin. med. Ges. am 29. Januar 1913.
- Adam, J.: Carcinoma of right tonsil and soft palate treated by diathermy. Journ. of laryngol. a. otol. 1923. Nr. 4.
- André: De l'électrocoagulation dans les tumeurs de la vessie. Presse méd. 1913. Nr. 87.
- Baal Girling: The treatment of simple papilloma of the bladder by fulguration. Brit. journ. of surg. 1924. Nr. 44.
- Bachrach, R.: Erfahrungen auf dem Gebiete der endovesikalen und endourethralen Behandlung mit Hochfrequenzströmen. Folia Urologica Vol. 7, Nr. 11.
- Beer, E.: Die Behandlung gutartiger Papillome der Harnblase mit dem durch ein Ureterenkystoskop eingeführten Oudinschen Hochfrequenzstrom. Zeitschr. f. Urol. Bd. 6, H. 12.
- Behdjet, H.: Le Traitement de boutons d'orient par la diathermie. Ann. de dermatol. et de syphiligr. 1923. Nr. 6. Dtsch. med. Wochenschr. 1923. Nr. 20.
- Bergonié, J.: Action de la diathermie sur les radiodermites chroniques. Association française pour l'avancement des sciences. Nimes, August 1912. Ref.: Arch. d'électr. méd. Nr. 339.
- Bianchini, A.: La diathermie in chirurgia. Policlinico 1923. H. 11.
- Blum, V.: Die Fulguration und Elektrokoagulation der Blasengeschwülste. Wien. med. Wochenschr. 1914. Nr. 13.
- Intra-vesikale Operationen. Urologische Operationslehre von Voelcker und Wossidlo. Leipzig: G. Thieme 1918.
- Bordier, H.: Traitement des hémorrhoides proclidentes par la diathermo-coagulation. Arch. d'électr. méd. et de physiothérap. 1921. p. 335.
- Epithéliomas roentgénéniens guéries par la diathermie. Presse méd. 1922. p. 1083.
- Traitement de l'hypertrophie des amygdales par la diathermo-coagulation. Arch. d'électr. méd. 1922. p. 75.
- Traitement de l'hypertrichose par la diathermie (epilation diathermique). Arch. d'électr. méd. 1923. p. 129.

- Bordier, H.: Traitement des lupus par la diathermie. *Le Monde médical*. 15. November 1924.
- Puissance de la diathermie dans le cancer. *Paris méd.* 1924. Nr. 21.
 - La puissance de la diathermie dans le cancer. *Paris méd.* 1924. Nr. 30.
 - Occlusion du rectum guérie par la diathermo-coagulation. *Arch. d'électr. méd.* 1924. Nr. 497.
 - et G. Bouchet: Sur un cas de cancer du col utérin traité par la diathermie. *Arch. d'électr. méd.* 1924. Nr. 502.
- Bourgeois, H. et G. Poyet: Traitement de certaines sténoses rebelles du nez et du pharynx par la diathermie. *Rev. de laryngol., d'otol. et de rhinol.* 1922. Nr. 22.
- L'électrocoagulation en oto-rhino-laryngologie. *Ann. des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx* 1923. Nr. 4.
- Bruni: La cura dei tumori benigni della vesicae con la diatermia. *Rif. med.* Vol. 37. p. 1082. 1921.
- 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.* Bd. 7, S. 700. 1913.
- Cathelin: Le mythe du fourage de la prostate. *Bull. et mém. de la soc. méd. des hôp. de Paris* 1921. Nr. 11.
- Cohn, M.: Die Anwendung der Forestschen Nadel zur Unterstützung von Krebsoperationen. *Berlin. klin. Wochenschr.* 1909. Nr. 18.
- Über die Anwendung der ungedämpften elektrischen Schwingungen (Forestsche Nadel) zu operativen Zwecken. *Berlin. klin. Wochenschr.* 1910. Nr. 16.
- Corbus Budd C.: Presentation of a case of prickle celled carcinoma of the penis treated by diathermy and radium. *Urol. and cut. rev.* 1921. p. 204.
- Die Behandlung der Blasen tumoren ohne lokale Exzision. *Chir. gynecol. a. obstetr.* Vol. 33, Nr. 5.
 - Diathermy in the treatment of tumors of the lower urinary tract. *Journ. of urol.* 1923. Nr. 3.
- Cougureux, R.: Sur un effet remarquable de la diathermie. *Arch. d'électr. méd.* 1923. Nr. 493.
- Courtade, D. und P. Cottenot: Emploi thérapeutique de courants de haute fréquence dans les affections vésicales d'origine organique. *Journ. de radiol. et d'électrol.* Tom. 5, p. 392. 1921.
- Cubbon, H. T.: Verwendung der Diathermie in der Chirurgie. *Lancet* 1923. Nr. 4.
- Cumberbatch, P. E.: Surgical diathermy. *Lancet* 1921. p. 394. *Brit. med. journ.* August 1921. p. 275.
- Czerny, V.: Über Operationen mit dem elektrischen Lichtbogen und Diathermie. *Dtsch. med. Wochenschr.* 1910. Nr. 11. *Verhandl. d. dtsh. Ges. f. Chirurg.* 1910.
- Über die nichtoperative Behandlung der Geschwülste. *Münch. med. Wochenschrift* 1912. Nr. 41.
- Davies, Colley R.: Periostal sarcoma of the temporal bone treated by diathermy. *Proc. of the royal. soc. of med.* Vol. 15, p. 265. 1922.
- Diathermy in surgical practice. *Lancet* 1922.
- Doyen: Sur la destruction des tumeurs cancéreuses accessibles par la méthode de la voltaïsation 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'Electrobiologie et de Radiologie*, Mai 1910.
 - Realisation de la transthermie sans alteration des tissus normaux par le bain thermo-électrique. *Cpt. rend.* 11. Juli 1910.
- Dutheillet de Lamothe: Traitement par la diathermie et sous le contrôle du salpingoscope des affections chroniques du bourrelet tubaire et de la portion fibro-cartilagineuse de la trompe. *Presse méd.* 1923. Nr. 43. *Ann. des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx* 1923. Nr. 9. *Bull. d'oto-rhino-laryngol.* 1923. Nr. 4.
- Trois cas de tuberculose laryngée traités par la diathermie, electrocoagulation. *Ann. des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx* 1923. Nr. 9. *Bull. d'oto-rhino-laryngol.* 1923. Nr. 4.

- Eitner, E.: Über eine neue Art von Kaustik. Wien. klin. Wochenschr. 1910. Nr. 5.
- Falbing, N.: Blasenpapillombehandlung mit elektrischer Koagulation. Ugeskrift f. læger 1924. Nr. 4.
- Foveau de Courmelles: L'électrocoagulation. Gaz. des hôp. civ. et milit. 1911. Nr. 50.
- Fur, René: De la diathermie en urologie. Bull. méd. 1922. p. 5.
— Des lésions du veru-montanum et de leur traitement par les courants de haute fréquence. Presse méd. 1923. Nr. 86.
- Gayet, G.: Die modernen Behandlungsmethoden der Blasengeschwülste. Lyon méd. 1921. Nr. 3.
- Goldberg: Die neuen Behandlungsmethoden der Geschwülste der Harnblase und der Vorsteherdrüse. Dermatol. Zentralbl. 1913. Nr. 3.
- Greene, J. B.: The electrocautery in the treatment of laryngeal tuberculosis. Ann. of otol., rhinol. a. laryngol. 1924. Nr. 1.
- Grenouville und Lacaille: Behandlung der Blasen tumoren mittels Diathermie. Journ. d'urolog. 1921. p. 316.
- Harrison, W. J.: Diathermy in diseases of the throat and nose. Brit. med. journ. 1921. p. 220.
— Lupus erythematosus treated by diathermy. Brit. med. journ. 1922. p. 758.
- Heindl: Behandlung von Ösophagusstrikturen mittels Diathermie. Gesellschaft der Ärzte in Wien am 23. Juni 1916. Ref.: Wien. klin. Wochenschr. 1916. Nr. 27.
- Heitz-Boyer: Du traitement mixte de certaines tumeurs vésicales. Journ. d'urolog. méd. et chirurg. Tom. 4, p. 793. 1913.
— Technique intravesicale du traitement des tumeurs de la vessie par la haute fréquence. Journ. d'urolog. 1913. p. 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. Bd. 75, H. 3.
— Elektrokaustik. Dissert. Heidelberg 1911.
- Hofmann, M.: Blutstillung durch Hochfrequenzströme. Bruns' Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 72, H. 1.
- Hofventhal, A.: Diathermiefenstich bei Larynx tuberkulose. Dtsch. med. Wochenschr. 1922. Nr. 2.
- Humphris, H.: Die chirurgische Diathermie. Brit. med. journ. 1921. p. 279.
- Jacobi, E.: Die Behandlung des Lupus mittels Diathermie. Strahlentherapie Bd. 4, H. 1. 1914.
- Johnson, W. T.: Diathermy in the treatment of malignant growths. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. 1922. Nr. 11.
- Kolischer, G.: Surgical diathermy. Americ. journ. of surg. 1921. p. 177.
— und Katz: Die chirurgische Diathermie und ihre Verbindung mit der Radiotherapie. The journ. of radiol. of North-America-Omaha-Nebraska 1923. Nr. 3.
- Krainz, W.: Die chirurgische Diathermie bei der konservativen Behandlung inoperabler Larynx- und Pharynxkarzinome. Arch. f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilk. 1924. H. 3/4.
- Lanzi, G.: Trattamento della ipertricosi muliebre con la diatermo-coagulazione. Giorn. ital. d. malatt. vener. e d. pelle 1924. H. 5.
- Legueu: Traitement des tumeurs de la vessie par les courants de haute fréquence. Journ. des practic. 1913. Nr. 48.
— Les limites de l'électrocoagulation. Progr. méd. 1924. Nr. 17.
- 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.
- Lewy, A.: Surgical diathermy by the needle method. Ann. of otol., rhinol. a. laryngol. 1923. Nr. 4.
- Mackenzie, D.: Entfernung des weichen Gaumens. Royal soc. of med. London, Section of laryngol., rhinol. etc. Vol. 37, p. 144. 1921.

- Mac Whinnie, A. M.: Tonsillectomy, Electric coagulation and desiccation. New York med. journ. a. med. record 1923. Nr. 12.
- Mahar: Traitement des verrues par l'électrocoagulation. Bull. off. de la soc. franc. d'électrothérap. et de radiol. Februar 1922. p. 69.
- 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.
- Martin, M. J.: Les courants de haute fréquence. Leur emploi en chirurgie et particulièrement en urologie. Gaz. des hôp. civ. et milit. 1921. Nr. 99 u. 101.
- Masotti: Die Behandlung des Lupus erythematosus der Ohrmuschel durch Elektrokoagulation. Il radium e la diatermia. Dezember 1924.
- Matthaei: Die chirurgische Diathermie. Zentralbl. f. Gynäkol. 1921. S. 41.
- Meyer: Kaltkauter nach Dr. de Forest in der Kosmetik. Handbuch der Kosmetik von M. Joseph. Leipzig: Veit u. Co. 1912.
- Milligan, W.: Diathermy in inoperable pharyngeal and epilaryngeal malignancy; its objectives and limitations, with a review of cases. Journ. of laryngol. a. otol. 1921. p. 369.
- Milner: The treatment of lupus by the diathermy condenser Spark. Lancet 1922. p. 1316.
- Treatment of lupus by diathermy. Brit. med. journ. 1922. p. 1224.
- Molony, M.: Eine sichere und genaue Methode der Entfernung kleiner Hindernisse im Blasenmunde mittels der Koagulationselektrode unter Leitung des Auges. Urol. a. cut. review 1923. Nr. 10.
- Moore, I.: Nichtchirurgische Behandlung vergrößerter Tonsillen. Royal soc. of med. London, sect. of laryngol. 2. Mai 1921.
- Moulouguet, A. et Doniol: La diathermie dans le traitement de l'hypertrophie des amygdales et des mycoses pharyngées. Bull. d'oto-rhino-laryngol. 1923. Nr. 4. Ann. des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx 1923. Nr. 9.
- 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.
- Novak, Fr. J.: The treatment of malignant tumors of the pharynx and larynx by diathermy. Illinois med. journ. Vol. 41, p. 252. 1922.
- The electrocoagulation method of treating diseased tonsils. Journ. of the Americ. med. assoc. 1923. Nr. 25.
- Patterson, N.: Diathermy for malignant diseases of the mouth, pharynx and nose. With notes on seventeen successful cases. Brit. med. journ. 1923. p. 56.
- Epitheliom des Pharynx. Royal soc. of med. London, sect. of laryngol. 2. Mai 1919.
- La diathermie dans les cancers de la langue et du pharynx. Arch. d'électr. méd. 1924. Nr. 504.
- Phélip, L.: Les dangers possibles d'électrocoagulation. (Soc. nat. de méd. et des sciences méd. Lyon 29. November 1922.) Lyon méd. 1923. Nr. 5.
- Plank, T. Howard: The treatment of tonsils with high-frequency currents. Internat. journ. of med. a. surg. 1924. Nr. 2.
- Poelchen, G.: Heilung einer mit dem Friedmannschen Mittel erfolglos behandelten Tuberculosis cutis verrucosa durch Diathermie. Dtsch. med. Wochenschr. 1921. Nr. 19.
- Pollet: Zwei Fälle von Ureterocele vesicalis, behandelt mit Hochfrequenzströmen. Journ. d'urolog. Tom. 11, Nr. 1.
- Ravaut, P.: Lupus de la joue datant de 12 ans. Cicatrisation en une seance par l'électrocoagulation. Bull. de la soc. franc. de dermatol. et de syphiligr. 1921. Nr. 2.
- Renner: Behandlung der Blasen-tumoren mit Hochfrequenzströmen. Berlin. klin. Wochenschr. 1914. Nr. 37.
- Rose, Fr.: Demonstration eines Patienten nach Beseitigung eines Epithelioms der linken Tonsille durch Diathermie. Royal soc. of med. London, sect. of laryngol. 4. April 1919.

- Saberton Scott: Die chirurgische Diathermie. Brit. med. journ. 20. August 1921. p. 276.
- Salomon, O.: Diathermiebehandlung bei Lupus vulgaris. Med. Klinik 1914. Nr. 4.
- Schmidt, L. E. und G. Kollischer: Diathermy in malignant tumours of the bladder. Surg. gynecol. a. obstetr. Vol. 23. 1916.
- Schneider, C.: Ein Fall von starker Nachblutung nach Operation eines Blasenpapilloms mittels Hochfrequenzströmen. Zeitschr. f. Urol. Bd. 7. S. 638. 1913.
- Sibley: Diathermy in dermatology. Urologic and cut. rev. 1921. Therap. gazette 1922. p. 138.
- Sonne, C.: A thermo-needle with inset regulative heating apparatus, together with some measurements of cutaneous, subcutaneous and intramuscular heat endurance. Acta radiol. 1923. Nr. 2, p. 187.
- Stein, A. E.: Zur Anwendung der Diathermie bei Blasengeschwülsten. Verein der Ärzte Wiesbadens am 3. September 1913. Berlin. klin. Wochenschr. 1913. Nr. 40.
- Stephan, E.: Histologische Untersuchungen über die Wirkung der Thermo-penetration auf normale Gewebe und Karzinom. Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 77, H. 2. 1912.
- Steward, F. J.: Diathermy in the treatment of malignant disease. Practitioner Vol. 108, p. 328. 1922.
- Suter, Fr.: Über die Behandlung der Papillome der Harnblase mit endovesikaler Elektrokoagulation. Schweiz. med. Wochenschr. 1920. Nr. 25.
- Syme, W. S.: Surgical diathermy in the treatment of malignant disease of the throat. Glasgow med. journ. 1923. Nr. 4.
- Cases of malignant disease of the pharynx treated by surgical diathermy. Journ. of laryngol. a. otol. 1923. Nr. 4.
- Tyler, A. F.: Chirurgische Diathermie bei Neubildungen des Gesichtes und des Mundes. Journ. of radiol. 1924. Nr. 10.
- Uhlig: Lupusbehandlung mit Diathermie. Nomabehandlung mit Diathermie. Med. Verein in Greifswald am 1. Dezember 1916. Ref.: Med. Klinik 1917. Nr. 5.
- Walker und Kenneth: Diathermy in genito-urinary practice. Practitioner Vol. 108, p. 192. 1922.
- Walther, H. W. E. and C. L. Peacock: Diathermy in urology. Journ. of the Americ. med. assoc. 1924. Nr. 15.
- Weil, E.: L'électrocoagulation médicale. Journ. de physiothérapie. 15. September 1912.
- Werner, R.: Die Rolle der Strahlentherapie bei der Behandlung der malignen Tumoren. Strahlentherapie Bd. 1, H. 1 u. 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.
- Wyeth, G. A.: Die Diathermie bei der Behandlung maligner Tumoren. Americ. journ. of electrotherapeut. a. radiol. 1923. Nr. 5.
- Surgical endothermy in accessible malignancy. New York med. journ. 1921. p. 685.
- Endothermy in the treatment of accessible neoplastic diseases. Ann. of surg. 1924. Nr. 1.
- Endothermy, the news surgery, as applied to accessible epidermoid carcinoma. Boston med. a. surg. journ. 1924. Nr. 15.
- Young, H. Mc.: The use of the high frequency current in the treatment of lesions of the deep urethra. Journ. of urol. 1922. p. 221.

Namen- und Sachverzeichnis.

- Acne 207.
Adam 127, 158.
Adhäsionen. peritoneale 162.
— pleurale 158.
Adnextumoren 173.
Agema 41.
Aimard 163.
Alkewicz 163.
Allgemeindiathermie, I. Methode 72.
— II. Methode 73.
— nach Bergonié 74.
— nach Bordier 74.
— auf dem Kondensatorbett 75.
— im Solenoid 77.
— im Vierzellenbad 77.
Alternator von Bucky 48.
Amenorrhoe 179.
Amperemeter 35.
Amplitude 12.
Angina pectoris 147.
Angiom 207.
Angioneurosen 152.
Anschlußblech 57.
Anse diathermique 194.
Anzeigen, therapeutische, der Diathermie 118.
Apostoli, Kondensatorbett von 75.
Appendicitis 162.
Aresu 106.
Arsonval 2, 3, 83, 112.
Arsonvalisation 46.
Arsonvalstrom 27.
Arteriosklerose 149.
Arthralgie, tuberkulöse 125.
Arthritis, chronica-progressiva 123.
— deformans 123.
— gonorrhoeica 124.
— rheumatica 122.
— tuberculosa 122, 125.
— uratica 124.
Asthma bronchiale 156.
Atonie des Magens 159.
Atrophie, progressive, der Muskeln 135.
Auge, Erkrankungen des 182.
— Diathermie des 185.
Augenelektrode von Bucky 186.
Autokonduktion 76.
Ayrten 115.
Bakterien, Einfluß der Diathermie auf 110.
Baquera 168.
Basedowsche Krankheit 147.
Bauchfell, Verwachsungen des 162.
Beer 211.
Behandlungsdauer 71.
Belot 51.
Bergonié 74, 102, 116.
— Stanniolektroden von 56.
Bering 189.
Berliner 107.
Bernal 168.
Bernd 4, 28, 86, 189.
Bertoloty 168.
Beschäftigungsneurosen 146.
Best 184.
Bier 100, 112.
Bindehaut, Erkrankungen der 184.
Blanche 104, 141.
Blase, Erkrankungen der 164.
Bleielektroden von Kowarschik 54.
Blutbewegung, Einfluß der 94.
— Wirkung auf die 100.
Blutdruck, Wirkung auf den 102.
Blutgefäße, Erkrankungen der 147.
Blutgefäßsystem, Wirkung auf das 100.
Blutgerinnung, Verlangsamung der 107.
Blutstillung 202.
Bluttemperatur, Erhöhung der 96.
Blutungen als Gegenanzeige 121.
Blutverteilung, Wirkung auf die 101.
Blutzusammensetzung, Wirkung auf die 106.
Boerner 167.
Bordier 3, 74, 92, 141, 144, 147, 155, 160, 188, 194, 211.
Bourgeois 209.
Brachialneuralgie 139.
Braun 156.
Braunwarth 104, 155.
Broca 42.
Bronchialasthma 156.
Bronchitis 156.
Brown-Séguard 101.
Brühl 173.
Bucky 55, 81, 126, 154.
— Alternator von 48.

- Buckv, Augenelektrode von 186.
 — Ohrelektrode von 187.
 Budd 172.
 Büben 165.
- Caan 204.
 Carcinom, Elektrokoagulation des 208.
 — Nachbehandlung des 180.
 Caries der Knochen 125.
 Casper 213.
 Castano 168, 179.
 Cervicitis 178.
 Chapuis 115.
 Charrien 112.
 Cholecystitis 162.
 Chorioiditis 184.
 Christen 55.
 Claudicatio intermittens 151.
 Claußnitzner 184.
 Conjunctivitis 184.
 Corbus 172.
 Cornea, Erkrankungen der 184.
 Cornu 3.
 Corredor 168.
 Cottey 208.
 Couteau diathermique 193.
 Cumberbatch 124, 144, 155, 156, 194.
 Cystitis chronica 165.
 Czerny 204.
- Dämpfung der elektrischen Schwin-
 gungen 14.
 Darm, Erkrankungen des 161.
 — Diathermie des 162.
 — Wirkung auf den 107.
 Darmbewegung, Wirkung auf die 108.
 Davies 208.
 Delherm 3, 5, 156.
 Detrusor vesicae, Krampf des 165.
 Deutschländer, Erkrankung von 126.
 Diathermie, allgemeine 72.
 — Anzeigen und Gegenanzeigen der
 118.
 — chirurgische 192.
 — Instrumentarium der 31.
 — örtliche 59.
 — Technik der 58.
 — Verhältnis zu anderen Methoden 5.
 Diathermieapparat und seine Bestand-
 teile 31.
 — von Gaiffe, Gallot & Pilon 42.
 — von Koch & Sterzel 41.
 — von Reiniger, Gebbert & Schall 38.
 — von Siemens & Halske 36.
 — von Watson & Sons 45.
 Diathermieschädigungen 80.
 Diathermiestrom 27.
 Dielektricum 16.
 Doeschatte 184.
- Donald 2.
 Dosierung der Wärme 68.
 Dourmaschkin 165.
 Dowse und Iredell 87, 88, 90.
 Doyen 3.
 Dreesen 108.
 Dreiplattenmethode von Kowarschik 73.
 Druck, intraokulärer 184.
 Duddell 27.
 Duhem 156.
 Durand 162.
 Durig 98, 117.
 Dutheillet de Lamothe 210.
 Dysbasia angiosclerotica 151.
 Dysmenorrhoe 179.
 Dystrophia musculorum 135.
- Ebstein 157.
 Eigenfrequenz 19.
 Einankerumformer 32.
 Einthoven 83.
 Eiterung als Gegenanzeige 121.
 Eitner 166, 207.
 Elektroden für Diathermie 51.
 — Anlegen der 59.
 — besonderer Form 57.
 — von Bergonié 56.
 — von Kowarschik 54.
 — chirurgische 193.
 — für das Auge 186.
 — für die Harnröhre 167.
 — für das Ohr 187.
 — für die Prostata 170.
 — für die Vagina 176.
 Elektrodenhalter von Quirin 186.
 Elektrodenklemme von Kowarschik 55.
 Elektrokardiogramm 148.
 Elektrokaustik 192.
 Elektrokoagulation 192.
 Elektron 7, 29.
 Elektronenröhre 29.
 Elektronentheorie 7.
 Ellbogengelenk, Diathermie des 129.
 Empyem 158.
 Endarteriitis obliterans 151.
 Endometritis 178.
 Endothermie 5.
 Enuresis 164.
 Epididymitis 171.
 Epilation 207.
 Episkleritis 184.
 Epitheliom 204.
 Erfrierung 154.
 Erregerkreis 31.
 Extrastrom 16.
 Eymer 175.
- Farad 16.
 Feddersen 11.

- Feiler 147.
 Fessenden 10.
 Fieber, künstliches 98.
 Fingergelenke, Diathermie der 127.
 Fischer 104, 155.
 Folkmar 126.
 Forest 204.
 — Nadel von 204.
 Foucaultsche Ströme 77.
 Fournier 171.
 Fraktur der Knochen 126.
 Frankling 208.
 Frauenkrankheiten 172.
 Frequenz 18.
 Freund, E. 148.
 Frostbeulen 154.
 Frühjahrskatarrh 184.
 Fulguration 203.
 Funke, elektrischer 11.
 Funkenstrecke 17, 21.
 — der Arsonvalapparate 22.
 — der Diathermieapparate 24.
 — Kondensatorentladungen mittels 21.
 Fürstenberg 93.
 Fußunterbrecher 196.
- Gaiffe, Gallot & Pilon 42.
 Gallenwege, Erkrankungen der 162.
 Gastralgie 159.
 Gebote, die zehn, der Diathermie 81.
 Geburtshilfe 181.
 Gefäßblähmung 152.
 Gefäßneurosen 152.
 Gegenanzeigen der Diathermie 118.
 Geitler 12.
 Gelenke, Erkrankungen der 122.
 — Diathermie der 126.
 — s. auch Arthritis.
 Gerlach 187.
 Geschlechtsorgane, Erkrankungen der
 männlichen 166.
 — der weiblichen 172.
 Gesetz von Dastre-Morat 102.
 — von Joule 8.
 — von Pflüger 117.
 Gicht 124.
 Gildemeister 85, 87, 88.
 Glaskammerelektrode 186.
 Glaskörper, Erkrankungen des 185.
 Glaukom 185.
 Gleichstrom und Wechselstromwider-
 stand 86.
 Glühkathode 29.
 Goldscheider 112.
 Gomez 179.
 Gonarthrit 124.
 Gonorrhoe der Harnröhre 166.
 Grau 98, 117.
 Grube 163.
 Grünbaum 154, 158, 164.
- Grünsfeld 147, 148, 149, 156, 158.
 Grunspan 92, 169, 188.
 Guenot 171.
 Gunzbourg 104.
- Hämorrhoiden 210.
 Hall 80.
 Hamm 187.
 Handgelenk, Diathermie des 128.
 Harnblase, Erkrankungen der 164.
 — Diathermie der 165.
 — Geschwülste der 211.
 Harnorgane, Erkrankungen der 163.
 Harnröhre, Geschwülste der 211.
 — Gonorrhoe der 166.
 — Striktur der 168.
 Harnwege, Erkrankungen der 211.
 Harrison 208.
 Haut, Erkrankungen der 188, 204.
 Helmholtz 11.
 Henkel 182.
 Herz, Erkrankungen des 147.
 — Diathermie des 149.
 Heß 156.
 Hilfsapparate 46.
 Hilfselektrode 57.
 Hirschberg 99, 101.
 Hirsh 126, 158.
 Hitzdrahtamperemeter 35.
 Hochfrequenzströme 9.
 — Allgemeines über 9.
 — Erzeugung von 20.
 Hochfrequenzwiderstand 89.
 Hochspannungstransformator 27, 46.
 Hofmann 202.
 Hofenthal 210.
 Hornhaut, Erkrankungen der 184.
 Houston 82.
 Hüftgelenk, Diathermie des 133.
 Hyperacidität 160.
 Hyperämie 100.
 Hyperästhesie der Harnblase 164.
 Hyperlymphie 101.
 Hypersekretion 160.
 Hypertension, arterielle 154.
 Hypertonie der Muskeln 120.
 Hypertrophie der Tonsillen 210.
- Impulszahl 27.
 Incontinentia urinae 164.
 Induktion 16.
 Induktor von Ruhmkorff 32.
 Induratio penis plastica 171.
 Infiltrat, periurethrales 172.
 Intercostal neuralgie 141.
 Ionen 8.
 Iredell 87.
 Iridocyclitis 184.
 Iritis 184.

- Ischias 138.
 Iselin 6.

Jacobi 205.
 — Lupuselektroden von 205.
Joannovics 181.
Joule, Gesetz von 8.

Kalker 147, 148, 163.
Kallusbildung 126.
Kalorie 8.
Kammer, pneumatische 158.
Kammerwasser, Einfluß der Diathermie auf das 184.
Kantenwirkung 66.
Kapazität 16.
Kardiospasmus 159.
Kathodenstrahlen 29.
Kauter, kalter 192.
Kayser 175.
Keating-Hart 191.
Keitler 173.
Keratitis parenchymatosa 184.
Keuchhusten 157.
Keve 168.
Kiefergelenk, Diathermie des 133.
King 162.
Kirchhoff 18, 34, 67.
Kleinschmidt 157.
Knapp, Elektrode von 154.
Kniegelenk, Diathermie des 133.
Knochen, Erkrankungen der 122.
Koch und Sterzel 35, 41, 46.
Köhlersche Erkrankung 125.
Koeppe 184.
Kolmer 100, 181.
Kondensator 16.
Kondensatorbett 75.
Kondensatorentladung 21.
Koppelung, induktive oder magnetische 19.
 — direkte oder galvanische 20.
Korthals 82.
Kowallek 97, 100.
Kowarschik, allgemeine Diathermie nach 72.
 — Bleielektroden von 54.
 — Dreiplattenmethode von 73.
 — Elektrodenklemme von 55.
 — Vaginalelektrode von 175.
Kraft 184.
Krämpfe, Wirkung auf 112.
Krainz 208.
Krebs siehe Carcinom.
Kreuzfeuerdiathermie 48.
 — Apparate für 48.
Krisen der Tabiker 144.
Kroiss 211.
Krückmann 182, 183.

Kubik 184.
Kyaw 169.

La Banca 147, 164.
Labatut 115.
Labbé 104, 141.
Lahmeyer 97, 104, 106, 155.
Lähmung 141.
Laquerrière 3, 5, 150, 156.
Laqueur 104, 110, 115, 123, 126, 154, 155, 162.
Lecomte 3.
Legueu 213.
Leidenerflasche 16.
Lenz 190.
Leukocytose 106.
Leukopenie 106.
Levère 92.
Lichtbogen von Duddell 27.
 — von Poulsen 28.
Lichtbogenoperation 203.
Lichtenstein 124, 127.
Liebesny 100, 180.
Lindemann 165, 177, 178, 179, 188.
 — Rektalelektrode von 177.
Löschfunkenstrecke 24.
Löwenstein 184.
Lokalisierung der Wärme 61.
Lüdin 93, 107, 159.
Lumbago 135.
Lunge, Erkrankungen der 156.
 — Diathermie der 158.
Lungentuberkulose 157.
Lupus 205.
Lymphbewegung, Wirkung auf die 101.
Lymphome, tuberkulöse 191.

Magen, Erkrankungen des 159.
 — Diathermie des 161.
 — Krisen des 144.
Magenbewegung, Wirkung auf die 108.
Magensekretion, Wirkung auf die 107.
Maldutis 184.
Manoevriér 115.
Marey 3.
Mäusecarcinom 181.
Mayer 189.
Menard 171.
Mendel 187.
Metatarsalgie 125.
Meyer 207.
Mikrofarad 16.
Mikrofunken 26.
Mikrotherm 39.
Mittelohrentzündung 187.
Moeris 104, 147.
Molony 213.
Moore 210.
Morbus Basedowi 147.

- Morlet 147.
 Mortonsche Neuralgie 126.
 Moutier 155.
 Müller, Chr. 181.
 Müller-Deham 148.
 Müller, O. 101.
 Mundhöhle, Erkrankungen der 208.
 Muskelkrämpfe 146.
 Muskeln, Erkrankungen der 135.
 — Verletzungen der 135.
 Muskelrheumatismus 135.
 Muskelspasmen 146.
 Muskeltonus, Wirkung auf den 120.
 Myalgia 135.
 — lumbalis 135.
 Myositis ossificans 135.
- Nachbehandlung nach chirurgischer Diathermie 200.
 Naevus 207.
 Nagelschmidt 4, 86, 104, 147, 155, 156, 163, 205.
 Nasen-Rachenraum, Erkrankungen des 208.
 Nebenhodenentzündung 171.
 Nemours 161, 162.
 Neothermoflux 38.
 Nephritis 163.
 Nernst 3, 83.
 — Theorie von 83.
 Nerven, Erkrankungen der 136.
 Nervus opticus, Erkrankungen des 185.
 Neuralgia brachialis 139.
 — intercostalis 141.
 — ischiadica 138.
 — N. occipitalis 141.
 — N. trigemini 140.
 Neurasthenie 145.
 Neuritis siehe Neuralgie.
 Neurosen 146.
 Neurosis vesicae 164.
 Niere, Erkrankungen der 163.
 — Diathermie der 164.
 Noetzel 112.
 Nonnenbruch 107.
 Nuvoli 147, 164.
- Obstipation, spastische 161.
 Occipitalneuralgie 141.
 Opticusatrophie 185.
 Ohr, Erkrankungen des 187.
 — Diathermie des 187.
 Oscillation siehe Schwingung.
 Otitis media 187.
 Otosklerose 187.
 Oudin 27, 46.
- Panophthalmie 185.
 Papillome der Harnblase 211.
- Parallelschaltung von Widerständen 67.
 Paralysis agitans 144.
 Parametritis 173.
 Partialentladungen 26.
 Patterson 208.
 Pedersen 39.
 Peiser 142.
 Pendelschwingungen 12.
 Perez Grande 168.
 Periode der elektrischen Schwingungen 18.
 Peristaltik 108.
 Perry 115.
 Pertussis 157.
 Pflüger 116.
 Picard 142, 168.
 Plank 210.
 Plattenkondensator 16.
 Pleuritis 158.
 Pölbau 205.
 Poliomyelitis acuta anterior 142.
 Pollakisurie 164.
 Pollet 211.
 Polyarthritits 134.
 Polyneuritis 141.
 Poncet 125.
 Poulsen 4, 21, 28.
 — Lampe von 28.
 Poyet 209.
 Preiß 4, 86.
 Pribram 125.
 Primärkreis 31.
 Prime 181.
 Prostataelektrode 170.
 — von Serés 171.
 Prostatitis 169.
 Pseudarthrose 126.
 Pulsfrequenz, Wirkung der Diathermie auf die 106.
 Pylorospasmus 159.
- Q**urin 183, 184.
 — Elektrodenhalter von 186.
- Radiumemanation 123.
 Ration d'appoint 117.
 Rautenberg 100, 147, 148, 163.
 Rechou 116.
 Reguliereinrichtung 34.
 Reicher 190.
 Reihenschaltung von Widerständen 67.
 Reiniger, Gebbert & Schall 38.
 — Kondensatorbett von 75.
 Reizerscheinungen, sensible und motorische 7^c.
 Reizwirkung, fehlende 82.
 Rektalelektrode von Lindemann 177.
 Resonanz 20.

- Respirationsfrequenz, Wirkung der Diathermie auf die 106.
 Retina, Erkrankungen der 185.
 Rhumatisme tuberculeux 125.
 Rippenfellentzündung 156.
 Ritter 113.
 Röntgenbestrahlung, Kombination von Diathermie und 189.
 Röntgenulcus 188.
 Rohdenburg 181.
 Roucayrol 168, 170.
 Rouzard 163.
 Rubens 161.
 Rubner 96.
 Rückenmarksschwindsucht 143.
 Ruhmkorff-Induktor 32.

 Santos 111, 167.
 Sättigungsstrom 29.
 Sattler 100, 184.
 Schädigungen durch Diathermie 80.
 Schemel 93.
 Schittenhelm 99, 101, 102.
 Schlaflosigkeit 145.
 Schleimbeutel, Erkrankungen der 136.
 Schlumm 97, 104.
 Schmerzen, lanzinierende 143.
 Schmidt 135, 167.
 Schnee, Kreuzfeuerapparat von 48.
 Schneider 213.
 Schott 97, 104.
 Schreibkrampf 146.
 Schulmeister 25.
 — Diathermieapparat von 38.
 Schultergelenk, Diathermie des 130.
 Schwarz 189.
 Schwingungen, elektrische 9.
 — gedämpfte und ungedämpfte 13.
 Schwingungsdauer 18.
 Schwingungskreis, elektrischer 15, 18.
 — primärer und sekundärer 19.
 Schwingungszahl 18.
 Sehnenscheiden, Erkrankungen der 136.
 Seitz 182.
 Sekundärkreis 33.
 Selbstinduktion 16.
 Sellheim 100, 172.
 Sengbusch 39.
 Sensibilisierung für Röntgenstrahlen 189.
 Serés 168, 171.
 Setzu 98, 160.
 Shelly 136.
 Siemens & Halske 24, 35, 49, 167.
 — Diathermieapparat von 37.
 — Temperaturmeßeinrichtung von 50.
 Skineffekt 82.
 Skleritis 184.
 Sklerose, multiple 144.
 Slaby 26.

 Solenoid 77.
 Spannungsteiler 35.
 Spitzka 2.
 Sprunggelenk, Diathermie des 131.
 Stanniolektroden von Bergonié 56.
 Stein 124.
 — Kreuzfeuerapparat von 48.
 Stenokardie 147.
 Stewart 157.
 Stoffwechsel, Wirkung auf den örtlichen 114.
 — auf den allgemeinen 116.
 Störungen, motorische 159.
 — sekretorische 160.
 — technische 77.
 Stone Chester Tilton 164.
 Strahlung 14, 15.
 Striktur der Harnröhre 168.
 Stromdichte 69.
 Stromstärke 69.
 Stromverlauf 62.
 Stromverteiler 46.
 Stuhlverstopfung 161.
 Szenes 180.
 Szyskza 107.

 Tabes dorsalis 143.
 Tätowierung 207.
 Teilhaber 162, 165, 176, 179, 180, 188.
 Teleangiektasien 207.
 Telefunken 21.
 Telemann 183.
 Temperatur-Meßeinrichtung 50.
 Tesla 2, 10, 82.
 Therapiekreis 33.
 Thermopenetration 4, 5.
 Thermoradiotherapie 191.
 Thomson 11, 18, 34.
 Tobias 123, 124, 141, 162, 171.
 Tobler 160.
 Tonsillen, Hypertrophie 210.
 Trachom 184.
 Transformator, eisengeschlossener 32.
 — für Wechselstrom 31.
 Trigemimusneuralgie 140.
 Tuberkulose des Auges 184.
 — der Gelenke 125.
 — der Lunge 157.
 — der Lymphdrüsen 191.
 — der Niere 164.
 — des Rippenfells 158.
 Turchini 99.
 Turell 179.

 Überdruckatmung 158.
 Ulcus duodeni 160.
 — durum 171.
 — molle 171.
 — rodens 204.

- Ulcus varicosum 188.
 — ventriculi 160.
 Ullmann 106.
 Umformer, Gleichstrom-Wechselstrom 32.
 Unfälle bei Diathermie 77.
 Ureterencystoskop 211.
 Ureterenstein 165, 211.
 Urethritis gonorrhoeica 166.
 Urodiatherm 41.
- Vaginalelektroden 176.
 Verbrennungen 80.
 Verdauungsorgane, Erkrankungen der 159.
 Verletzungen der Gelenke und Knochen 126.
 Verteiler 46.
 Vesiculitis 169.
 Vey 182.
 Vignal 188.
 Vinaj 99, 101, 106.
- Waldmann 184.
 Walter 9.
 Wärme, Dosierung der 68.
 — Lokalisierung der 61.
 — spezifische 9.
 Wärmeleitung, Einfluß der 95.
 Wärmemenge und Erwärmung 8.
 Wärmewirkung, allgemeine 95.
 — örtliche 85.
 Warzen 206.
 Watson & Sons 45, 75.
- Wechselstrom niederer und hoher Frequenz 9.
 Wechselstromtransformator 31.
 Wechselstromwiderstand 86.
 Wenckebach 148.
 Werner 192, 204.
 Wichmann 205.
 Wickmann 142.
 Widal 107.
 Widerstand, elektrischer 86.
 — der einzelnen Gewebe 89.
 — Parallelschaltung 67.
 — Reihenschaltung 67.
 — spezifischer 87.
 Wien 23.
 Wildermuth 89.
 Wirbelgelenke, Diathermie der 134.
 Wirbelströme 77.
 Wirkung, antibakterielle 110.
 — chemische (elektrolytische) 115.
 — physiologische 82.
 — schmerz- und krampfstillende 112.
 Wossidlo 211.
 Wucherungen der Nase 209.
- Xanthelasma 207.
- Zahn 182.
 Zehengelenke, Diathermie der 131.
 Zeynek 3, 110, 111, 115, 122.
 Zimmern 51, 99.
 Zittern, nervöses 120.
 Zondek 96.
 Zusatzapparat zur Arsonvalisation 46.

Verzeichnis der Firmen, welche Druckstöcke für Abbildungen zur Verfügung stellten.

- Agema A. G. für elektromedizinische Apparate vormals Louis & H. Löwenstein, Berlin N, Ziegelstr. 28—29.
 Koch & Sterzel A. G., Dresden A 24, Zwickauerstr. 40—42.
 Reiniger, Gebbert & Schall A. G., Erlangen.
 Sanitas, Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin W 24, Friedrichstr. 131 d.
 Siemens & Halske A. G., Berlin-Siemensstadt, Wernerwerk.
 Veifa-Werke A. G., Frankfurt a. M., Mainzerlandstr. 148.

Elektrotherapie

Ein Lehrbuch

von

Dr. Josef Kowarschik

Primararzt und Vorstand des Instituts für Physikalische Therapie
im Kaiser-Jubiläums-Spital der Stadt Wien

Zweite, verbesserte Auflage

Mit 274 Abbildungen und 5 Tafeln. (322 S.) 1923

12 Reichsmark; gebunden 13.50 Reichsmark

Inhaltsübersicht:

Erster Teil: Physikalische Grundbegriffe. I. Das Elektron und der elektrische Strom. — II. Die elektrischen Maßeinheiten.

Zweiter Teil: Die Technik der Elektrotherapie. I. Die Behandlung mit Gleichstrom. Galvanisation. — II. Die Behandlung mit Wechselstrom niedriger Frequenz. Faradisation. — III. Die Behandlung mit Wechselstrom hoher Frequenz älterer Form. Arsonisation. — IV. Die Behandlung mit Wechselstrom hoher Frequenz neuerer Form. Diathermie. — V. Die Behandlung mit der Influenzmaschine. Franklisation. Übersicht über die gebräuchlichsten elektrotherapeutischen Apparate und ihre Betriebsmöglichkeiten.

Dritter Teil: Die physiologischen Grundlagen der Elektrotherapie. I. Der menschliche Körper als Leiter der Elektrizität. — II. Die chemisch-physikalischen Wirkungen des elektrischen Stromes. — III. Die

physiologischen Wirkungen am gesunden Menschen. — IV. Die physiologischen Wirkungen am kranken Menschen. Elektrodiagnose.

Vierter Teil: Die therapeutischen Anzeigen der Elektrotherapie. I. Die therapeutische Bedeutung der einzelnen Stromformen. — II. Die Erkrankungen der peripheren Nerven. Die Lähmung — III. Die Erkrankungen der peripheren Nerven. Der Schmerz (Neuralgie, Neuritis, Myalgie). — IV. Die Erkrankungen des Gehirns und Rückenmarks. — V. Funktionelle und andere Nervenkrankungen — VI. Die Erkrankungen der Gelenke. — VII. Die Erkrankungen des Herzens und der Blutgefäße. — VIII. Die Erkrankungen des Kehlkopfes und der Lunge. — IX. Die Erkrankungen der Verdauungsorgane. — X. Die Erkrankungen der Harn- und Geschlechtsorgane. — XI. Die Erkrankungen der Haut. — XII. Die Erkrankungen der Sinnesorgane — Namen- und Sachverzeichnis.

Lehrbuch der Diathermie für Ärzte und Studierende. Von Dr. Franz Nagelschmidt in Berlin. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit etwa 170 Textabbildungen. Erscheint Anfang 1926

Physikalische Therapie innerer Krankheiten. Von Dr. med. M. van Oordt, leitender Arzt des Sanatoriums Böhler 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.) (576 S.) 1920. 18 Reichsmark

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. (370 S.) 1922. Gebunden 10 Reichsmark

Zeitschrift für die gesamte physikalische Therapie.

Fortsetzung der Zeitschrift für Physikalische und Diätetische Therapie einschließlich Balneologie und Klimatologie. Organ des Berliner Ärztevereins für Strahlenkunde und der Mittelrheinischen Studiengesellschaft für Klimatologie und Balneologie. Herausgegeben unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter von A. Goldscheider-Berlin, A. Strasser-Wien, W. Alexander-Berlin.

Erscheint zwanglos, in einzeln berechneten Heften, die zu Bänden von 40—50 Bogen vereinigt werden.

Die Heliotherapie der Tuberkulose mit besonderer Berücksichtigung ihrer chirurgischen Formen. Von Dr. A. Rollier, Leysin. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 273 Abbildungen. (254 S.) 1924. 15 Reichsmark; gebunden 17.40 Reichsmark

Die Radium- und Mesothorium-Therapie der Hautkrankheiten. Ein Leitfaden. Von Professor Dr. G. Riehl, Vorstand der Universitätsklinik für Dermatologie und Syphilidologie in Wien und Dr. L. Kumer, Assistent der Universitätsklinik für Dermatologie und Syphilidologie in Wien. Mit 63 Abbildungen im Text. (90 S.) 1924. 4.80 Reichsmark

Röntgentherapie. Oberflächen- und Tiefenbestrahlung. Von Dr. H. E. Schmidt. Sechste, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Herausgegeben von Dr. A. Heßmann, dirigierendem Arzt der Röntgenabteilung des Krankenhauses am Urban-Berlin. Mit 103 Abbildungen. (306 S.) 1923. (Verlag von August Hirschwald, Berlin.) 8 Reichsmark; gebunden 9.50 Reichsmark

Röntgen-Hauttherapie. Ein Leitfaden für Ärzte und Studierende. Von Prof. Dr. L. Arzt und Dr. H. Fuhs, Assistenten der Klinik für Dermatologie und Syphilidologie in Wien (Vorstand: Prof. Dr. G. Riehl). Mit 57 zum Teil farbigen Abbildungen. (162 S.) 1925. 9.60 Reichsmark; gebunden 11 Reichsmark

Lehrbuch der Röntgendiagnostik. Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten. Herausgegeben von A. Schittenhelm, Kiel. Mit 1032 Abbildungen und 3 Tafeln im Text. Zwei Bände. (Aus: „Enzyklopädie der klinischen Medizin, Allgemeiner Teil“.) (1298 S.) 1924. 74 Reichsmark; gebunden 78 Reichsmark

Atlas von Körperdurchschnitten für die Anwendung in der Röntgentiefentherapie. Zusammengestellt von Dr. Hans Holfelder, Privatdozent für Chirurgie und Radiologie, Oberarzt an der Chirurgischen Universitätsklinik Frankfurt a. M. Mit einem Geleitwort von Dr. Victor Schmieden, o. ö. Professor für Chirurgie, Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Frankfurt a. M. Mit 38 durchsichtigen Tafeln und 32 Bestrahlungsplänen. Text deutsch (50 S.) und englisch (32 S.) 1924. In Mappe 60 Reichsmark

Taschenbuch der Röntgenologie für Ärzte. Von Dr. med. Henri Hirsch, Facharzt für Strahlentherapie in Hamburg, leitender Arzt der Röntgentherapeutischen Abteilung am Städtischen Krankenhaus in Altona und Dr. med. Rudolf Arnold, Facharzt für Röntgenologie in Hamburg, früher leitender Arzt der Staatlichen Untersuchungsstelle in Bad Ems. Mit 62 Textabbildungen. (115 S.) 1922. 2.50 Reichsmark

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 Holzknecht. Zweite, verbesserte Auflage. (80 S.) 1922. 2 Reichsmark

Die Röntgentherapie in der Gynäkologie. Von Privatdozent Dr. med. F. Kirstein, Assistenzarzt der Universitätsfrauenklinik zu Marburg a. L. (130 S.) 1913. 4.20 Reichsmark