

J. KOWARSIK

---

KURZWELLENTHERAPIE

# KURZWELLENTHERAPIE

VON

**DR. JOSEF KOWARSCHIK**

PRIMARARZT UND VORSTAND DES INSTITUTES FÜR PHYSIKALISCHE THERAPIE  
IM KRANKENHAUS DER STADT WIEN

MIT 147 TEXTABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG WIEN GMBH 1936

ISBN 978-3-662-27035-6      ISBN 978-3-662-28514-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-28514-5

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

COPYRIGHT 1936 BY SPRINGER-VERLAG WIEN  
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER IN VIENNA 1936  
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1936

DEM ANDENKEN AN MEINE  
TREUE LANGJÄHRIGE MITARBEITERIN  
FRAU GEMMA MARIA KALENDA  
GEWIDMET

## Geleitwort.

Wenn eine neue Heilmethode in die Medizin Eingang findet, so wird sie begreiflicherweise anfangs überschätzt. Es dauert einige Zeit, bis ihr eine objektive richtige Bewertung zuteil wird. Daß die ersten Mitteilungen nur über Erfolge zu berichten wissen, ist verständlich. Man beeilt sich geradezu, solche Erfolge mitzuteilen, wenn sie auch nur durch einen einzigen Krankheitsfall belegt werden können. In dieser Zeit des publizistischen Wettrennens ist es einigermaßen gewagt, einen Mißerfolg bekanntzugeben, da man sicher sein kann, von den Verfechtern der neuen Methode den Vorwurf zu erhalten, man verfüge nicht über die nötige Erfahrung, dagegen über eine mangelhafte Technik.

Ich habe mich darum erst jetzt nach mehr als vierjähriger Beschäftigung mit der Kurzwellentherapie entschlossen, etwas über meine therapeutischen Erfahrungen zu veröffentlichen. Das, was ich hier mitteile, wird vielleicht nicht den ungeteilten Beifall der Kurzwellenenthusiasten finden. Darauf kann ich jedoch verzichten. Ich wende mich mit diesem Buch auch nicht an die Kurzwellenspezialisten, sondern ich wende mich an die Ärzte. Wenn man selbst einmal praktischer Arzt gewesen ist und wenn man dann mehr als 20 Jahre ein großes, mit allen Behelfen der physikalischen Therapie ausgestattetes Institut geleitet hat, dann ist man nicht imstande, eine Methode für sich allein, losgelöst von allen anderen, beziehungslos zu betrachten. Vergleiche mit anderen Heilverfahren ergeben sich von selbst, ja drängen sich geradezu auf. Ich habe darum im folgenden die Kurzwellentherapie nicht als Ding an sich, sondern als eine Methode im Rahmen der physikalischen Therapie behandelt.

Das Buch soll einen Überblick über die physikalischen und technischen Grundlagen, die biologischen Wirkungen und die therapeutische Anwendung der Kurzwellen geben. Seinem Umfang entsprechend konnte es nur Wichtiges, Grundlegendes bringen, das geeignet ist, dem Leser eine Verständnisbasis für die an sich nicht ganz einfache Materie zu vermitteln. Bezüglich aller physikalischer, technischer und biologischer Details muß auf die heute schon ziemlich umfangreiche Literatur verwiesen werden. Ein Verzeichnis der wichtigsten Arbeiten, auf die in dem Buch Bezug genommen wurde, soll das Auffinden der betreffenden Quellen erleichtern.

Die Einleitung des Buches bildet ein physikalischer Abschnitt. Ein Verständnis der Kurzwellentherapie ist ohne Erfassung seiner physikalischen Grundlagen nicht möglich. Das beweisen uns am besten

die Arbeiten mancher medizinischer Autoren, die durch phantasievolle Behauptungen das zu ergänzen suchen, was ihnen an physikalischem Wissen fehlt. Phantasie ist zweifellos eine schöpferische Eigenschaft, sie wird aber zum Übel, wenn sie Theorien und Methoden schafft, die, jeder physikalischen Grundlage entbehrend, frei im Raume schweben.

Es ist mir hinreichend bekannt, daß alles Physikalische und Technische den meisten Ärzten in hohem Grade unsympathisch ist, besonders wenn seine Darstellung mit mathematischen Auseinandersetzungen, Formeln u. dgl. verbunden ist. Ich habe mich darum bemüht, die physikalischen und technischen Grundlagen der Kurzwellentherapie auf die allereinfachste, ich möchte fast sagen naivste Art darzulegen. Ich habe mich nicht gescheut, so primitiv als möglich zu sein. Da sich dieses Buch in erster Linie an Ärzte wendet, so mögen mir die Physiker und Techniker das zugute halten.

Die therapeutische Technik, d. h. die Angaben über Art, Größe, Abstand der Elektroden, Dosierung usw. sind ziemlich eingehend erörtert. Diese Angaben scheinen mir in den bisher erschienenen Büchern etwas vernachlässigt worden zu sein. Aus der Literatur, gar nicht zu reden von den Reklameschriften der Firmen, bekomme man den Eindruck, daß die Technik der Kurzwellenbehandlung so ungeheuer einfach ist, daß es sich gar nicht lohnt, darüber zu reden. Daß man nur bei Einhaltung ganz bestimmter Regeln eine größere Tiefenwirkung bekommt als bei der Diathermie, daß es nicht gleichgültig ist, ob man einen Körperteil der Länge oder der Quere nach durchwärmt, ihn mit großen oder kleinen Elektroden behandelt und vieles andere, sind Dinge, die meist gar nicht beachtet werden. Es genügt vielen Ärzten, daß sie mit einem Kurzwellenapparat arbeiten, die Art seiner Anwendung scheint ihnen Nebensache. Das mag in geschäftlicher Hinsicht vielleicht gleichgültig sein, muß aber vom wissenschaftlichen Standpunkt aus auf das schärfste bekämpft werden, weil dadurch das Verfahren in schwerster Weise diskreditiert wird.

Im therapeutischen Teil habe ich, abgesehen von eigenen Erfahrungen, nicht nur das deutsche, sondern auch das ausländische Schrifttum eingehend berücksichtigt. Das schien mir darum geboten, weil die Mitteilungen führender deutscher Autoren vielfach die Vorstellung erwecken, als ob die akut infektiösen Prozesse das bedeutsamste und wichtigste Anwendungsgebiet der Kurzwellentherapie wären. Dieser Standpunkt wird von den ausländischen, besonders amerikanischen und französischen Autoren nicht geteilt und bedarf einer Korrektur. Auf die ausführliche Mitteilung von Krankengeschichten habe ich aus Raumangel verzichtet, weil ich glaube, daß man das, was eine Krankengeschichte lehrt, wenn sie überhaupt gelesen wird, auch mit weniger Worten sagen kann.

Möge das Buch dem Praktiker, für den es geschrieben ist, ein Führer und Berater sein!

Wien, im Dezember 1935.

**J. Kowarschik.**

# Inhaltsverzeichnis.

| <b>I. Die Physik der Kurzwellen.</b>                                |  | Seite |
|---|--|-------|
| Grundbegriffe aus der Schwingungslehre .....                        |  | 1     |
| Das elektrische Feld .....  |  | 3     |
| Das magnetische Feld .....  |  | 6     |
| Die Verknüpfung von elektrischen und magnetischen Feldern .....     |  | 9     |
| Die elektromagnetische Schwingung .....                             |  | 11    |
| Der Leitungsstrom .....   |  | 16    |
| Der Verschiebungsstrom .....  |  | 21    |
| <b>II. Die Kurzwellenapparate.</b>                                  |  |       |
| Die Funkenstreckenapparate .....                                    |  | 25    |
| Die Röhrenapparate .....  |  | 28    |
| Die Funktion eines Röhrenapparates .....                            |  | 28    |
| Der Bau eines Röhrenapparates .....                                 |  | 31    |
| Die Charakteristik eines Kurzwellenapparates .....                  |  | 34    |
| Die Elektroden .....  |  | 38    |
| <b>III. Die Technik der Kurzwellenbehandlung.</b>                   |  |       |
| Einleitung .....  |  | 39    |
| Die Behandlung im Kondensatorfeld .....                             |  | 41    |
| Allgemeines .....   |  | 41    |
| Die Behandlung in kleinen Kondensatorfeldern .....                  |  | 42    |
| Die Behandlung in großen Kondensatorfeldern .....                   |  | 45    |
| Der Abstand der Elektroden vom Körper .....                         |  | 49    |
| Die Stromstärke, Behandlungszeit und Wellenlänge .....              |  | 55    |
| Die Ausführung der Behandlung .....                                 |  | 57    |
| Die Behandlung im Spulenfeld .....                                  |  | 60    |
| <b>IV. Die biologischen Wirkungen der Kurzwellen.</b>               |  |       |
| Die Wärmewirkung .....  |  | 64    |
| Die Erwärmung von Elektrolyten und Geweben .....                    |  | 64    |
| Der Unterschied der Erwärmung durch Kurzwellen und Diathermie ..... |  | 71    |
| Die selektive Erwärmung kleinster Teilchen .....                    |  | 73    |
| Die spezifisch-elektrischen Wirkungen .....                         |  | 78    |
| Die Allgemeinwirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen .....       |  | 81    |
| Die Wirkung auf die Blutgefäße und das Blut .....                   |  | 83    |
| Die Wirkung auf das Nervensystem .....                              |  | 85    |
| Die Wirkung auf Bakterien .....                                     |  | 87    |
| Die Wirkung auf maligne Tumoren .....                               |  | 91    |
| Die Schädigungen durch Kurzwellen .....                             |  | 92    |
| <b>V. Die therapeutische Anwendung der Kurzwellen.</b>              |  |       |
| Allgemeines .....   |  | 94    |
| Die Erkrankungen der peripheren Nerven .....                        |  | 97    |
| Die Erkrankungen des Gehirns und Rückenmarks .....                  |  | 100   |
| Die Erkrankungen der Gelenke, Knochen und Muskeln .....             |  | 104   |

|   | Seite |
|---|-------|
| Die Erkrankungen des Herzens .....                              | 110   |
| Die Erkrankungen der Blutgefäße .....                           | 111   |
| Die Erkrankungen der oberen Luftwege .....                      | 116   |
| Die Erkrankungen der Lunge und des Rippenfells .....            | 118   |
| Die Erkrankungen der Verdauungsorgane.....                      | 120   |
| Die Erkrankungen der Niere und der Harnwege .....               | 124   |
| Die Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane .....         | 125   |
| Die Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane.....          | 126   |
| Die Erkrankungen der Blutdrüsen .....                           | 128   |
| Die pyogenen Erkrankungen der Haut und des Unterhautzellgewebes | 129   |
| Die Erkrankungen der Zähne und der Mundhöhle.....               | 133   |
| Literaturverzeichnis.....                                       | 135   |
| Sachverzeichnis .....   | 138   |



# I. Die Physik der Kurzwellen.

## Grundbegriffe aus der Schwingungslehre.

**Elektrische und mechanische Schwingungen.** Wir unterscheiden zwei Formen des elektrischen Stromes, den Gleichstrom und den Wechselstrom. Beim Gleichstrom bewegt sich die Elektrizität, deren Träger die Elektronen sind, andauernd in der gleichen Richtung, beim Wechselstrom dagegen wechselt die Richtung der Elektronenbewegung, d. h. die Elektronen führen keine stetig fortschreitende, sondern eine hin- und hergehende, wir können auch sagen, schwingende Bewegung aus. Wir nennen daher die Wechselströme auch Schwingungsströme und sprechen häufig kurzweg von elektrischen Schwingungen.

Der Begriff der Schwingung ist aus der Mechanik übernommen. Das bekannteste Beispiel eines solchen Schwingungsvorganges sind die Schwingungen, wie sie ein Pendel vollzieht. Genau so wie ein Pendel um seine Ruhelage hin- und herpendelt oder hin- und herschwingt, müssen wir uns auch die Bewegung der Elektronen in einem Leiter beim Wechselstrom vorstellen.

Die mechanischen wie die elektrischen Schwingungen lassen sich demzufolge auch durch die gleichen Mittel graphisch darstellen. Wir wollen annehmen, daß ein Uhrpendel, das schwingt, an seiner Spitze einen Schreibstift trägt. Lassen wir nun senkrecht zur Schwingungsebene des Pendels einen Papierstreifen abrollen, der von der Spitze des Schreibstiftes berührt wird, so wird dieser auf dem Papier eine Wellenlinie zeichnen, welche den Bewegungsausschlag (Amplitude) wie die Bewegungsrichtung des Pendels in jedem Zeitmoment wiedergibt (Abb. 1). Man kann so den Bewegungsvorgang zeichnerisch festhalten. Eine ganz ähnliche Kurve würden wir erhalten, wenn wir den Schwingungsvorgang der Elektronen im Leiter aufzeichnen wollten.

**Schwingungszeit und Schwingungszahl (Frequenz).** Betrachten wir diese Kurve (Abb. 2) näher, so sehen wir zuerst den Ausschlag des Pendels nach der einen Seite, seine Rückkehr zur Ruhelage, den Ausschlag nach der anderen Seite und wieder die Rückkehr zur Ruhelage. Diesen Vorgang, der aus zwei Halbwellen, einem Wellenberg und einem Wellental, besteht, nennen wir eine Schwingung oder eine

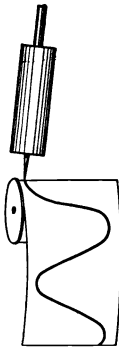


Abb. 1. Schwingendes Pendel mit Schreibvorrichtung.

Periode. Die Zeit, welche zum Ablauf einer solchen Schwingung notwendig ist, nennen wir Schwingungszeit oder Periodenzeit ( $T$ ). Diese Zeit kann natürlich sehr verschieden lang sein, denn die Schwingungen können langsam, sie können aber auch sehr rasch erfolgen. Ein langes Pendel wird langsam, ein kurzes rascher schwingen. Ähnliches gilt für die Schwingungszeit der Elektronen. Die Zahl der Schwingungen, die ein Pendel oder ein elektrischer Strom in 1 Sekunde aufweisen, nennen wir seine Schwingungszahl oder Frequenz ( $\nu$ ). Es ist aus dieser Definition ohneweiters klar, daß wir die Schwingungszeit  $T$  erhalten, wenn wir 1, d. h. 1 Sekunde, durch die Frequenz dividieren.  $T = \frac{1}{\nu}$ . Schwingungszeit und Frequenz sind daher reziproke

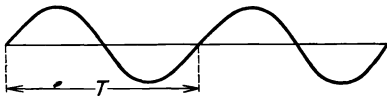


Abb. 2. Schwingungskurve eines Pendels.

Werte. Je größer die Schwingungszeit, desto kleiner die Frequenz und umgekehrt. Dem Zahlenwert für die Frequenz eines Wechselstroms fügt man in Erinnerung an den großen Physiker H. Hertz meist das Wort Hertz (Hz) bei. 1 Mill. Hz heißen auch 1 Mega-Hz.

**Nieder- und hochfrequente Wechselströme.** Die Frequenz der Wechselströme, wie sie zur Beleuchtung und anderen technischen Zwecken dienen, beträgt meistens 50 Hz. Die Frequenz der Wechselströme, wie sie der Rundfunk benützt, geht in die Millionen Hz. Es gibt also Wechselströme mit kleiner oder niedriger und Wechselströme mit großer oder hoher Frequenz. Die letzten nennt man kurzweg Hochfrequenzströme. Da es eine natürliche Grenze zwischen nieder- und hochfrequenten Strömen nicht gibt, so war man gezwungen, eine solche künstlich festzulegen. Wir Mediziner nehmen diese Grenze gewöhnlich mit 100 000 Hz an und nennen alle Ströme, die eine kleinere Frequenz haben, niederfrequente, alle, deren Frequenz darüber hinausgeht, hochfrequente Ströme.

Hochfrequente Ströme wurden bekanntlich zuerst von Arsonval therapeutisch verwendet, weshalb man ihre Verwendung in der Heilkunde ihm zu Ehren als Arsonvalisation bezeichnet. Arsonval verwendete Ströme mit einer Frequenz von etwa  $\frac{1}{2}$ —1 Mill. Hz. Ihre Stärke (gemessen in Ampere) war verhältnismäßig gering, ihre Spannung dagegen (gemessen in Volt) sehr groß. Später verminderte man die Spannung dieser Ströme, erhöhte aber dafür ihre Stromstärke. So wurde eine neue wertvolle Methode der Hochfrequenztherapie, die Diathermie, möglich. In den letzten Jahren ist man nun darangegangen, die Frequenz der Ströme zu erhöhen und kam dadurch zu einer dritten Entwicklungsstufe der Hochfrequenztherapie, der Kurzwellenbehandlung. Während Arsonvalisation und Diathermie Wechselströme verwenden, deren Frequenz 1 Mill. Hz nicht überschreitet, steigt diese bei der Kurzwellentherapie auf 10—100 Mill. Hz. Man könnte diese Ströme daher auch als über- oder ultrafrequente Ströme bezeichnen. Warum man sie Kurzwellenströme oder einfach Kurzwellen nennt, werden wir später erörtern.

Wir haben in diesem Abschnitt den Begriff der elektrischen Schwingung kennengelernt. Bevor wir auf das Wesen dieses Vorganges näher eingehen, ist es notwendig, uns mit zwei wichtigen Wirkungen der Elektrizität, dem elektrischen und magnetischen Feld, vertraut zu machen.

## Das elektrische Feld.

**Das elektrische Feld.** Wenn man eine Metallkugel elektrisch aufladet und auf einem Glasfuß gut isoliert aufstellt, so äußert sie auf leichte Körperchen, die sich in ihrer Nähe befinden, wie Baumwollflöckchen, Papierschnitzel u. dgl., gewisse Anziehungs- und Abstoßungskräfte. Der Raum um die Kugel ist durch die Ladung in irgendeiner Weise verändert worden, er ist von einer Kraft erfüllt worden, die vor der Ladung nicht vorhanden war. Diese Kraft, die wir aus ihren Wirkungen erschließen, nennen wir elektrische und den Raum, in dem sich diese Kraft äußert, nennen wir das elektrische Feld der Kugel. Ist kein anderer Gegenstand in der Nähe, so erfolgt die elektrische Anziehung und Abstoßung, die von der Kugel ausgeht, stets in radiärer Richtung, d. h. geradlinig gegen den Mittelpunkt der Kugel oder von diesem weg. Wir können diese Wege durch Linien darstellen, die wir Kraftlinien nennen (Abb. 3).

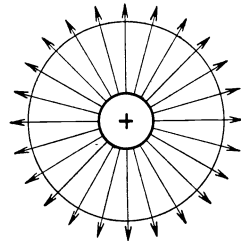


Abb. 3. Das elektrische Feld einer Kugel.

Ganz anders sind die Verhältnisse, wenn die Kugel nicht allein im Raume ist, sondern sich in ihrer Nähe ein anderer Körper, sagen wir eine zweite Kugel, befindet. Dann wird die erste Kugel die zweite durch Influenz beeinflussen (Abb. 4). Nehmen wir an, die erste Kugel sei elektrisch positiv geladen, so wird diese Ladung in der zweiten Kugel eine Scheidung der Elektrizität bewirken, und zwar in dem Sinn, daß die der ersten Kugel zugewendete Hälfte negativ, die abgewendete dagegen positiv elektrisch wird. Nehmen wir an Stelle von zwei Kugeln zwei Metallplatten, so sind die elektrischen Erscheinungen natürlich genau die gleichen (Abb. 5).

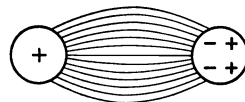


Abb. 4. Das elektrische Feld zwischen zwei Kugeln.

Untersuchen wir nunmehr mit unseren Testkörperchen das elektrische Feld, so finden wir, daß es aus der Umgebung der ersten positiv geladenen Kugel oder Platte fast völlig verschwunden ist. Die elektrischen Anziehungs- und Abstoßungskräfte äußern sich jetzt merklich nur mehr in dem Raum zwischen den beiden Kugeln oder Platten. Aus dem freien Raumfeld ist ein zwischen die beiden Platten eingeschlossenes Plattenfeld geworden. Prüfen wir dieses genauer, so können wir feststellen, daß die

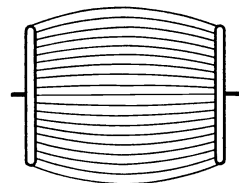


Abb. 5. Das elektrische Feld zwischen zwei Platten.

Kraftlinien im wesentlichen parallel von einer Platte zur anderen ziehen und nur an den Rändern eine Ausbiegung zeigen (Abb. 5).

Da die Kraftlinien zwischen positiven und negativen Elektrizitätsteilchen verlaufen, so müssen wir ihnen auch eine bestimmte Richtung zuweisen, und zwar in dem Sinn, daß wir sie auf der einen Seite beginnen und auf der anderen Seite enden lassen. Unter Feldrichtung verstehen wir jene, in der sich ein positiv geladenes Teilchen im Feld bewegen würde. Da dies stets in der Richtung gegen den negativen Pol hin geschieht, so nehmen wir an, daß die Kraftlinien vom positiven zum negativen Pol verlaufen und nennen dies die Richtung des Feldes.

**Der Kondensator.** Ein Gebilde, wie wir es eben beschrieben haben, bestehend aus zwei Platten oder, ganz allgemein ausgedrückt, aus zwei leitenden Körpern, zwischen denen ein elektrisches Feld besteht oder erzeugt werden kann, nennen wir einen Kondensator. Das elektrische Feld zwischen den beiden Platten heißt das Kondensatorfeld.

Der Name Kondensator wird durch folgende Beobachtung verständlich. Haben wir eine Platte, die positiv geladen ist, frei im Raum aufgestellt und verbinden wir sie mit einem Elektrometer, so wird dieses durch den Ausschlag seiner Plättchen eine gewisse Spannung angeben. Bringen wir nun eine zweite ungeladene Platte an die erste heran, so verkleinert sich der Ausschlag des Elektrometers, d. h. die Spannung der Platte sinkt. Das wird dadurch bedingt, daß ein Teil der positiven Ladung durch die in der zweiten Platte induzierte negative Ladung gebunden wird. Wir müssen der ersten Platte neue positive Elektrizität zuführen, um die frühere Spannung zu erreichen. Durch die Annäherung der zweiten Platte ist die Elektrizität auf der ersten Platte gleichsam verdichtet oder kondensiert worden, so daß Raum für eine weitere Ladung geschaffen wurde.

**Die Kapazität eines Kondensators.** Zwischen den entgegengesetzt geladenen Platten eines Kondensators besteht eine Potentialdifferenz oder Spannung. Je größer die Elektrizitätsmenge ist, die ein Kondensator aufzunehmen vermag, um eine bestimmte Spannung zu erreichen, um so größer ist sein elektrisches Fassungsvermögen oder seine Kapazität. Die Kapazität ( $C$ ) stellt also das Verhältnis zwischen der aufgenommenen Elektrizitätsmenge ( $Q$ ) und der dadurch erreichten Spannung ( $V$ ) dar.  $C = \frac{Q}{V}$ .

Wovon hängt nun die Kapazität eines Kondensators ab? Zunächst von der Größe der Platten. Je größer diese, um so mehr Elektrizität kann er fassen, genau so wie ein großes Gefäß mehr Flüssigkeit aufnehmen kann als ein kleines. Zweitens von der Entfernung der Platten. Je kleiner die Entfernung, um so stärker ist die Bindung der entgegengesetzten Elektrizitäten, um so mehr Elektrizität kann also nachgefüllt werden, um eine bestimmte Spannung zu erreichen. Drittens von dem Medium, das sich zwischen den beiden Platten befindet. Dieses muß begreiflicherweise ein Isolator sein, denn wäre es

ein Leiter, so würden sich die entgegengesetzten Ladungen sofort ausgleichen. Dieses isolierende Medium heißt Dielektrikum. Wir haben bisher angenommen, daß dieses Dielektrikum Luft sei. Es hat sich zeigen lassen, daß sich an den beschriebenen Versuchen nichts Wesentliches ändert, wenn man sie statt in Luft in einem luftleeren Raum, also im Vakuum, vornimmt. Anders wird die Sache, wenn man zwischen die beiden Platten an Stelle der Luft eine Glasscheibe bringt (Abb. 6). Jetzt sinkt die Spannung der Platten auf etwa den fünften Teil ihres früheren Wertes herab, mit anderen Worten, die Kapazität des Kondensators ist um das Fünffache vergrößert worden. Nimmt man an Stelle von Glas eine Scheibe von Paraffin, so vermindert sich die Spannung nur auf die Hälfte, die Kapazität steigt somit auf das Doppelte.

Die Kapazität eines Kondensators wird also ersichtlich von der stofflichen Eigenart des Dielektrikums beeinflusst. Für jeden Stoff gibt es eine bestimmte Zahl, welche angibt, um wieviel größer die Kapazität eines Kondensators wird, wenn man an Stelle von Luft diesen Stoff als Dielektrikum verwendet. Diese Zahl heißt Dielektrizitätskonstante. Da wir sie auf Luft beziehen, so setzen wir die Dielektrizitätskonstante der Luft gleich 1. Die folgende Tabelle gibt die Dielektrizitätskonstanten einer Reihe wichtiger Stoffe an.

|                    |         |               |         |           |     |
|--------------------|---------|---------------|---------|-----------|-----|
| Luft .....         | 1       | Hartgummi     | 2,3—3,5 | Gläser .. | 5—8 |
| Lufthaltiger Gummi | <1,3    | Weichgummi    | 3,5     | Pertinax  | 4,8 |
| Filz .....         | 1,5     | Zelluloid ... | 4,1     | Glimmer   | 6—8 |
| Paraffin .....     | 2,0—2,5 | Porzellan ... | 4,5     | Wasser    | 81  |

Wegen des hohen Wassergehaltes, den die meisten tierischen Gewebe, mit Ausnahme von Knochen und Fettgewebe, aufweisen, können wir die Dielektrizitätskonstante dieser gleich der des Wassers annehmen.

Die Dielektrizitätskonstante ist ein Maß für die Durchlässigkeit des betreffenden Körpers dem elektrischen Feld gegenüber. Wenn wir sagen, die tierischen Gewebe haben die Dielektrizitätskonstante 81, so heißt das, sie sind für das elektrische Feld 81mal leichter durchgängig als die Luft.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so hängt die Kapazität eines Kondensators ab: 1. von der Größe seiner Belegungen ( $F$ ); 2. von deren Abstand ( $d$ ); 3. von der Art des Dielektrikums, die durch die Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon$ ) gekennzeichnet ist. Formelmäßig ausgedrückt

$$C = \frac{F \epsilon}{4 \pi d}.$$

Weiters ist es wichtig zu wissen, daß die Kapazität eines Körpers durch seine Umgebung beeinflusst wird. Darauf beruht auch die Erscheinung, die wir bei der Kurzwellenbehandlung unter Umständen beobachten können, daß die Resonanz des Behandlungskreises sofort

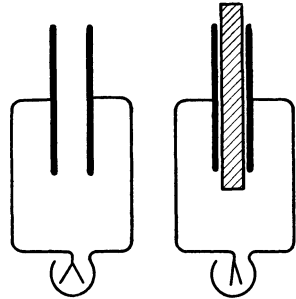


Abb. 6. Die Luft zwischen den Kondensatorplatten wird durch eine Glasscheibe ersetzt. Die Spannung sinkt.

verlorengeht, wenn wir mit unserem Körper oder auch nur mit unserer Hand zu nahe an ihn herankommen. Wir ändern dadurch die Kapazität des Kreises.

**Das elektrische Wechselfeld.** Wir haben bisher die Annahme gemacht, daß die Ladung des Kondensators unverändert konstant bleibt. In diesem Fall ist auch sein elektrisches Feld konstant. Wir nennen es ein elektrostatisches Feld. Wenn wir nun den Kondensator in irgend einer Weise entladen, so nimmt damit auch die Stärke seines Feldes ab und sinkt schließlich auf Null. Laden wir den Kondensator neuerlich auf, aber nunmehr in entgegengesetztem Sinn, so bekommen wir ein neues Feld, bei dem die Kraftlinien aber in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Dieses Spiel können wir beliebig oft wiederholen, wenn wir die Belegungen des Kondensators mit einer Wechselstromquelle in Verbindung setzen. Es wird dann die Stärke des Feldes sich andauernd ändern, desgleichen seine Richtung periodisch wechseln. Ein solches Feld heißt ein elektrisches Wechselfeld. Der Wechsel erfolgt genau in der Periode des Wechselstromes, so daß wir auch hier zwischen nieder- und hochfrequenten Wechselfeldern unterscheiden können. Erfolgt der Wechsel mit der Frequenz eines Kurzwellenstromes, so sprechen wir von einem Kurzwellenfeld.

## Das magnetische Feld.

**Das magnetische Feld.** Wenn wir einen Körper elektrisch laden, so kommt die Elektrizität auf ihm sehr bald in einen Gleichgewichtszustand und verharrt in Ruhe. Wir sprechen daher von einer elektrostatischen Ladung. Ändert sich nun der Ruhezustand der Elektrizität z. B. dadurch, daß wir eine Entladung herbeiführen, wodurch die Elektrizität in Bewegung gerät, so tritt neben der uns bereits bekannten elektrischen Kraft noch eine zweite andersartige Kraft auf, die zuerst von Oerstedt (1821) beobachtet wurde. Oerstedt sah eines Tages ganz zufällig in seinem Laboratorium, wie eine Magnetnadel, die sich in der Nähe eines stromführenden Leiters befand, aus ihrer Nord-Süd-Richtung abgelenkt wurde. Da eine solche Ablenkung nur durch magnetische Kräfte möglich ist, schloß er daraus, daß der elektrische Strom magnetische Kräfte zu erzeugen vermag. Diese Annahme erwies sich als richtig. Jeder stromführende Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben.

Um von vornherein keine Unklarheit aufkommen zu lassen, sei festgestellt, daß elektrische und magnetische Kräfte, somit auch elektrische und magnetische Felder, zwei grundsätzlich verschiedene Dinge sind, obwohl sie in ihren Kraftäußerungen, besonders was Anziehung und Abstoßung betrifft, gewisse Ähnlichkeit miteinander haben.

Untersuchen wir nun das Magnetfeld eines geradlinigen Leiters, der von einem Gleichstrom durchflossen wird, indem wir z. B. eine nach jeder Richtung frei bewegliche Magnetnadel im Kreis um den Leiter herumführen, so stellt sich die Magnetnadel überall tangential zu diesem Kreis ein. Wir folgern daraus, daß der stromführende Leiter

von kreisförmig ihn umgebenden Magnetlinien umschlossen wird (Abb. 7). Hat der Leiter eine ringförmige Gestalt, so verdichten sich die Magnetlinien im Innern des Ringes (Abb. 8). Haben wir nicht einen, sondern drei nebeneinander liegende Ringe oder Kreise, von denen jeder für sich von einer Stromquelle gespeist wird, so wird das Magnetfeld eines Kreises durch das des benachbarten Kreises nicht nur verstärkt, sondern gewissermaßen aufgenommen und weitergeführt (Abb. 9). Liegt eine größere Anzahl von Ringen nahe aneinander, so verlaufen die Magnetlinien im Innern der Ringe fast parallel. Es entsteht ein sogenanntes homogenes Magnetfeld. Schließen wir die Ringe zu einer Spirale zusammen und legen die Enden dieser an eine Stromquelle, so ist der Erfolg der gleiche (Abb. 10).

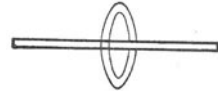


Abb. 7. Ein stromführender Leiter ist von kreisförmig ihn umschließenden Magnetlinien umgeben.

Eine solche Spirale, auch Solenoid genannt, verhält sich im übrigen genau so wie ein Stabmagnet. Sie hat einen Nord- und einen Südpol, stellt sich, wenn sie frei beweglich ist, in die Nord-Süd-Richtung ein usw. Welches der Nord- und welches der Südpol ist, hängt davon ab, in welcher Richtung der Strom die Spule durchfließt. Ist der durchfließende Strom ein konstanter Gleichstrom, also von andauernd gleicher Richtung und Stärke, so ist auch sein Magnetfeld ein konstantes. Ändert der Strom dagegen seine Richtung und Stärke, wie das beim Wechselstrom der Fall ist, so ändert sich auch die Richtung und Stärke des Magnetfeldes. Wir haben es mit einem magnetischen Wechselfeld zu tun.

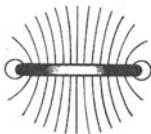


Abb. 8. Das Magnetfeld eines ringförmigen Leiters.

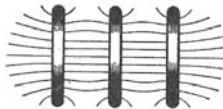


Abb. 9. Das Magnetfeld dreier ringförmiger Leiter.

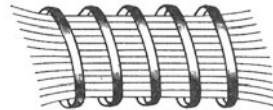


Abb. 10. Das Magnetfeld einer Spirale (Solenoid).

Das magnetische Feld einer Spule können wir wesentlich verstärken, wenn wir in ihr Inneres einen Eisenkern bringen. Das Eisen ist für Magnetlinien mehr als tausendmal leichter durchlässig als Luft, setzt also den Magnetlinien einen geringeren Widerstand entgegen. Solche von einem Eisenkern erfüllte Spulen nennen wir Elektromagnete.

Wenn uns ein Plattenkondensator die Möglichkeit bietet, ein geschlossenes elektrisches Feld zu erzeugen, so haben wir in dem Solenoid ein Mittel gefunden, ein geschlossenes Magnetfeld herzustellen.

**Die Induktion.** Nachdem Oerstedt gefunden hatte, daß ein stromführender Leiter magnetische Kräfte ausübt, daß man also mit Hilfe eines elektrischen Stromes Magnetismus erzeugen kann, war es nahelegend, das Problem umzukehren und zu versuchen, mit Hilfe eines Magneten einen elektrischen Strom zu erzeugen. Die Lösung dieses Problems gelang dem berühmten englischen Physiker Faraday.

Faraday konnte zeigen, daß man in einer Spule, deren Enden zu einem Kreis geschlossen waren, einen elektrischen Strom hervorrufen kann, wenn man dieser Spule einen Stabmagneten nähert (Abb. 11). In dem Augenblick, wo man mit dem Magnet an die Spule herankommt, gibt ein in den Spulenkreis eingeschlossener Stromanzeiger einen kurzen Ausschlag. Das gleiche ist der Fall, wenn man den Magnet wieder entfernt. Nur erfolgt diesmal der Ausschlag in entgegengesetzter Richtung.

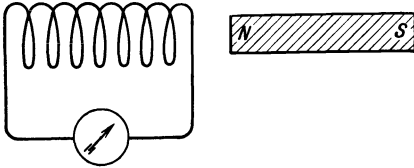


Abb. 11. Induktion durch einen Stabmagneten.

Das will sagen, durch die Annäherung und die Entfernung eines Magneten können in einer Spule Strombewegungen in wechselnder Richtung, mit anderen Worten, ein Wechselstrom erzeugt werden.

Wie kommt dieser Wechselstrom zustande? Zweifellos durch das Kraftfeld unseres Magneten. Wenn die Spule von den Kraftlinien des Magneten getroffen wird, entsteht ein elektrischer Strom, aber auch ebenso, wenn die Kraftlinien wieder verschwinden. Ganz allgemein können wir sagen: Jedes Entstehen und Vergehen eines magnetischen Kraftfeldes löst in Leitern, welche im Bereiche dieses Kraftfeldes liegen, elektrische Kräfte aus. Diese Erscheinung bezeichnet man als Induktion und den so erzeugten Strom als Induktionsstrom.

An Stelle eines Stabmagneten kann man auch einen Elektromagneten verwenden (Abb. 12). Schließe ich den Stromkreis dieses Magneten,

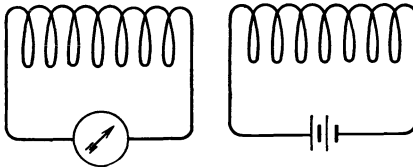


Abb. 12. Induktion durch einen Elektromagneten.

so wird durch das entstehende Magnetfeld in der benachbarten Spule ein Strom induziert. Die Richtung dieses Stromes ist der des induzierenden Stromes entgegengesetzt. Öffne ich den Stromkreis des Elektromagneten, so wird das nunmehr verschwindende Kraftfeld neuerlich einen Stromstoß in der Spule erzeugen. Dieser hat jetzt die gleiche Richtung wie der Strom des Magneten. Eine solche Einrichtung ist uns allen als faradischer Induktionsapparat bekannt.

Wesentlich ist es, zu merken, daß ein elektrischer Strom in der zweiten Spule nur dann induziert wird, wenn das Magnetfeld der ersten Spule sich ändert, d. h. zu oder abnimmt, nicht aber dann, wenn es konstant bleibt. Daher kann ein konstanter Gleichstrom keine Induktion bewirken. Nur seine Öffnung oder Schließung wirken induzierend. Anders der Wechselstrom, bei dem sich die Stärke des Magnetfeldes dauernd ändert, der also auch andauernd induzierend wirkt.

**Die Selbstinduktion.** So wie ein Strom durch sein wechselndes Magnetfeld auf benachbarte Stromkreise induzierend wirkt, so erzeugt er auch Induktionsströme auf seiner eigenen Bahn. Diese heißen Selbstinduktionsströme. Schließen wir einen Stromkreis, so ist der dabei



entstehende Selbstinduktionsstrom dem primären Strom entgegen gerichtet. Er wird daher die Kraft des ihn erzeugenden Stromes schwächen und bewirken, daß dieser seine volle Stärke nicht plötzlich, sondern nur allmählich erreicht. Umgekehrt ist bei der Öffnung eines Stromkreises der Selbstinduktionsstrom dem unterbrochenen Strom gleichgerichtet. Er wird dadurch das plötzliche Verschwinden dieses verhindern und ihn so verlängern. Die Selbstinduktion kommt damit der Trägheit gleich, indem sie der jeweiligen Bewegungsänderung entgegenwirkt.

Die Stärke des Selbstinduktionsstromes wird wesentlich durch die Form des Leiters beeinflußt. Hat der Leiter die Form einer Spirale (Solenoid), so liegen besonders günstige Verhältnisse für die Selbstinduktion vor. Der in eine Windung der Spirale eintretende Strom induziert in den benachbarten Windungen entgegenlaufende Ströme. Handelt es sich um einen Wechselstrom, so wiederholt sich dieser Vorgang andauernd, und die Stärke des Stromes wird dadurch meßbar vermindert. Das erweckt den Eindruck, als ob der Strom auf seinem Weg durch die Spule einem Widerstand begegnen würde. Diesen allerdings nur scheinbaren Widerstand nennen wir induktiven Widerstand oder Induktanz. Wir werden über ihn noch ausführlicher zu sprechen haben (s. S. 17).

## Die Verknüpfung von elektrischen und magnetischen Feldern.

**Das elektromagnetische Feld.** Wir haben bisher das elektrische und magnetische Feld für sich allein betrachtet, in Wirklichkeit sind diese beiden fast immer miteinander verknüpft, denn ein elektrisches Feld für sich allein kommt nur einer elektrostatischen Ladung, ein magnetisches Feld für sich allein nur einem Magneten zu. Jede Veränderung oder Verschiebung einer elektrischen Ladung, wie das beim elektrischen Strom geschieht, läßt sofort ein Magnetfeld entstehen.

Eine elektrisch geladene Kugel hat wohl ein elektrostatisches, aber kein magnetisches Feld, wirkt daher nicht auf eine Magnetnadel. Wenn man diese Kugel aber im Kreis rasch um die Magnetnadel herum bewegt, so bekommt sie auch ein magnetisches Feld und lenkt die Nadel aus ihrer Nord-Süd-Richtung ab. Andererseits löst jede Veränderung eines magnetischen Feldes elektrische Kräfte aus, wie wir im vorigen Abschnitt auseinandergesetzt haben. Wir haben es fast immer mit der Kombination von einem elektrischen und magnetischen Feld, einem sogenannten elektromagnetischen Feld, zu tun. Nichtsdestoweniger kann in einem bestimmten Feld die elektrische Energie, in einem anderen die magnetische Energie weit vorherrschen. Ersteres ist im Kondensatorfeld, letzteres im Spulenfeld der Fall.

Der Träger des elektrischen wie des magnetischen Feldes ist der Äther. Wir nehmen an, daß dieser gleichzeitig zwei Zustandsänderungen erleiden kann, eine, welche die elektrischen, und eine zweite, welche die magnetischen Erscheinungen bewirkt.

Jedes elektromagnetische Feld hat seinen Ausgangspunkt von einer elektrischen Ladung bzw. von dem Träger dieser Ladung, dem stromführenden Leiter. Dementsprechend geht auch jede Änderung des Feldes von dem Leiter aus. Die Feldänderung pflanzt sich von diesem aus nach allen Richtungen in den Raum fort, und zwar mit der Geschwindigkeit des Lichtes, d. i. 300 000 km in der Sekunde. Wir nennen diese fortschreitende Zustandsänderung, die im Äther abläuft, eine elektromagnetische Welle. Es liegt hier der Vergleich mit einer Wasserwelle nahe, die entsteht, wenn wir auf einen ruhenden Wasserspiegel einen Stein werfen. Von dem Störungspunkt ausgehend, pflanzt sich eine Welle kreisförmig nach allen Richtungen fort.

Die Störung des elektromagnetischen Feldes kann eine einmalige, vorübergehende sein, wie das z. B. beim Öffnen oder Schließen eines Gleichstromes der Fall ist. Sie kann sich aber auch in einer bestimmten Periode wiederholen, wie das durch einen Wechselstrom geschieht. Mit der Frequenz des Wechselstromes eilen dann fortlaufend elektromagnetische Wellen durch den Raum. Wir haben es hier mit einem elektromagnetischen Wechselfeld zu tun, dessen Frequenz die gleiche ist wie die des Stromes. Eine solche periodische Wellenbewegung nennen wir auch elektromagnetische Strahlung.

Zusammenfassend wollen wir feststellen: Der Ausgangspunkt jeder elektromagnetischen Strahlung ist die Elektronenbewegung in einem Leiter. Diese erzeugt im umgebenden Äther Zustandsänderungen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Beide Vorgänge, Elektronenbewegung und elektromagnetische Strahlung, sind eng miteinander verknüpft. Trotzdem darf der Strom im Leiter mit den von ihm ausgelösten Vorgängen im Äther nicht identifiziert werden.

**Die Wellenlänge.** Unter Wellenlänge versteht man jene Wegstrecke, die eine einzelne elektromagnetische Welle während ihres Ablaufes zurücklegt, mit anderen Worten, die Länge einer elektromagnetischen Schwingung, bestehend aus Wellenberg und Wellental. Da alle elektromagnetischen Schwingungen in 1 Sekunde einen Weg von 300 Mill. m durchleiten und in derselben Zeit so viele Wellen ablaufen, als der Frequenz des sie erzeugenden Stromes entspricht, so erhalten wir die Länge einer einzelnen Welle ( $\lambda$ ) gemessen in Metern dadurch, daß wir 300 Mill. durch die Frequenz ( $\nu$ ) teilen.  $\lambda = \frac{300\,000\,000}{\nu}$ .

Daraus ergibt sich, daß das Produkt  $\lambda\nu = 300\,000\,000$ . Wellenlänge mal Frequenz ergeben stets die Lichtgeschwindigkeit, ausgedrückt in Metern. Demnach stehen Wellenlänge und Frequenz zueinander in einem umgekehrten Verhältnis, je größer die Frequenz, um so kleiner die Wellenlänge und umgekehrt. Aus der Formel ist leicht ersichtlich, daß den folgenden Frequenzen die nebenstehenden Wellenlängen entsprechen:

|          |            |             |       |
|----------|------------|-------------|-------|
| Frequenz | 1 Mill. Hz | Wellenlänge | 300 m |
| „        | 10 „       | „           | 30 „  |
| „        | 100 „      | „           | 3 „   |

Unter elektrischen Wellen versteht man alle elektromagnetischen Schwingungen, angefangen von der Wellenlänge  $\infty$ , die dem Gleichstrom entspricht, bis herab zur Wellenlänge von 1 mm, die einem Wechselstrom mit einer Frequenz von  $3 \cdot 10^{11}$  Hz zukommen würde. Wellen unter 100 m nennt man im Rundfunk Kurzwellen. Kurz sind sie wohl nur in bezug auf die bisher im Rundfunk gebräuchlichen Wellen, die eine Länge von einigen 100 m haben, nicht aber in bezug auf alle anderen elektromagnetischen Schwingungen, wie z. B. den Wärme-, Licht-, Röntgen- und Radiumstrahlen, deren Wellenlängen insgesamt viel kürzer sind.

Man spricht auch nicht selten von Ultrakurzwellen, ohne daß man sich bisher darüber einig geworden wäre, wo die Ultrakurzwellen eigentlich beginnen sollen. Die einen geben die Grenze mit 15 m, andere mit 10 m und andere wieder mit 8 m an. Mit Rücksicht auf diese Unklarheit und vor allem mit Rücksicht auf den Umstand, daß es ja noch elektrische Wellen in der Größenordnung von Zentimetern und Millimetern gibt, halte ich es für zweckmäßig, derzeit von dem Superlativ Ultrakurzwellen abzusehen. Die Bemühungen einzelner Autoren, zwischen Kurzwellen- und Ultrakurzwellentherapie eine scharfe Grenze zu ziehen, sind bisher erfolglos geblieben und werden es wohl auch bleiben, weil der Übergang zwischen beiden nicht nur physikalisch, sondern auch medizinisch ein durchaus fließender ist.

**Rundfunk und Kurzwellentherapie.** Der Rundfunk benützt bekanntlich die von einer Antenne ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen zur Übertragung von Nachrichten, Musik u. a. Wenn wir in der Therapie von kurzen und langen Wellen sprechen, so erweckt dies die Vorstellung, als ob wir uns in der Heilkunde der gleichen elektrischen Wellen bedienen würden, wie es der Rundfunk tut. Diese Vorstellung ist falsch, denn wir verwenden in der Kurzwellentherapie nicht die elektromagnetischen Wellen, die ein Hochfrequenzstrom ausstrahlt, sondern diesen Strom selbst. Der Strom ist es, den wir mit Hilfe von Elektroden durch den Körper leiten. Es ist daher physikalisch unrichtig, von einer Bestrahlung oder Besendung mit Kurzwellen zu sprechen.

Kurzwellen bedeutet in der Therapie nichts anderes, als die Abkürzung für Kurzwellenstrom. An Stelle dessen würden wir richtiger von sehr hochfrequenten oder überfrequenten Strömen sprechen. Wenn wir das nicht tun, so geschieht es nur darum, weil es einfacher und bequemer ist, zu sagen: ein Strom mit einer Wellenlänge von 3 m, als ein Strom mit einer Frequenz von 100 Mill. Hz. Da jeder Frequenz eine bestimmte Wellenlänge zugeordnet ist, so bleibt es sich schließlich gleich, ob wir einen Hochfrequenzstrom durch seine Frequenz oder durch seine Wellenlänge charakterisieren.

## Die elektromagnetische Schwingung.

**Der elektrische Schwingungskreis.** Nun sind wir soweit, das Wesen der elektrischen Schwingung verstehen zu können. Legen wir an die Platten eines Kondensators, der aufgeladen ist, die Enden einer In-

duktionsspule an, so wird sich der Kondensator durch die Spule entladen (Abb. 13). Das elektrische Feld des Kondensators zerfällt, und es entsteht an dessen Stelle ein elektrischer Strom, der nach unserer alten Vorstellung von der positiven zur negativen Belegung hin gerichtet ist. Dieser Strom baut sich im Innern der Spule, deren Windungen er durchfließt, ein magnetisches Feld auf (Abb. 14). Der Strom und sein magnetisches Feld haben ihre größte Stärke dann erreicht, wenn die Spannung des Kondensators auf Null gesunken ist, wenn der Kondensator also vollkommen entladen ist. Sein elektrisches Feld ist verschwunden, und an seiner Stelle ist ein magnetisches Feld aufgetreten. Dieser Zustand ist aber natürlich kein dauernder. Da die Kraft, welche den Strom erzeugte, zu wirken aufgehört hat, muß natürlich auch der Strom aufhören. Er hört aber nicht plötzlich auf, denn mit seinem Schwächerwerden erzeugt das schwindende Magnetfeld einen Selbstinduktionsstrom in der Spule, der die gleiche Richtung hat wie der

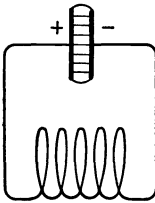


Abb. 13.

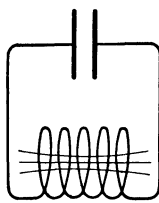


Abb. 14.

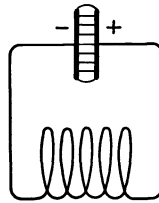


Abb. 15.

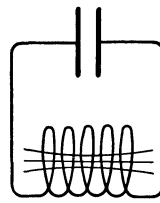


Abb. 16.

Das Zustandekommen elektrischer Schwingungen.

ursprüngliche Strom, diesen also fortsetzt. Die Trägheit des Stromes und seines Magnetfeldes bewirken es, daß der Strom in der gleichen Richtung weiterfließt und so den Kondensator neuerlich aufladet, aber nunmehr so, daß die frühere negative Bewegung jetzt positiv wird und umgekehrt. In dem Maß, als das magnetische Feld der Spule absinkt, wird das elektrische Feld des Kondensators wieder hergestellt (Abb. 15). Aber auch dieser Zustand ist nicht bleibend. Da die Platten des Kondensators durch die leitende Spule dauernd miteinander verbunden sind, setzt das Spiel von neuem, aber diesmal in entgegengesetzter Richtung, ein (Abb. 16).

Auf diese Weise verwandelt sich die elektrische Energie abwechselnd in magnetische Energie, die magnetische Energie wieder in elektrische. Diesen periodischen Vorgang bezeichnen wir als elektrische Schwingung. Der Kondensator und die Induktionsspule sind gleichsam zwei Energiespeicher, zwischen denen es zu einem andauernden Energieaustausch kommt. Dieser Austausch würde in alle Ewigkeit andauern, wenn bei diesem Wechsel der Kräfte nicht ein Teil der Energie hauptsächlich durch Wärmebildung auf dem Leitungsweg verlorenginge. Dadurch werden die Schwingungen immer schwächer, ihre Amplituden nehmen ab und der Schwingungsvorgang erlischt. Derartig verlaufende Schwingungen nennen wir gedämpfte (Abb. 17).

Um elektrische Schwingungen zu erzeugen, brauchen wir also einen Kondensator und eine Induktionsspule. Wenn wir für den konkreten Begriff den abstrakten setzen, können wir auch sagen, wir brauchen eine Kapazität und eine Selbstinduktion. Ein Kreis, der aus einer Kapazität und einer Selbstinduktion besteht, ist zu elektrischen Schwingungen befähigt. Wir nennen ihn einen elektrischen Schwingungskreis.

Die elektrischen Schwingungen haben eine weitgehende Ähnlichkeit mit mechanischen Schwingungen, wie sie z. B. ein Pendel ausführt. Heben wir ein Pendel aus seiner Ruhelage, so erteilen wir ihm damit eine gewisse Menge potentieller Energie (Energie der Lage). Lassen wir das Pendel los, so sucht es in seine Ruhelage zurückzukehren. Die potentielle Energie verwandelt sich in kinetische Energie (Energie der Bewegung). Diese hat in dem Augenblick ihren Höchstwert erlangt, wo das Pendel die Ruhelage erreicht hat. Dem Gesetz der Trägheit folgend, schwingt das Pendel über die Ruhelage hinaus, wobei sich die kinetische Energie wieder in potentielle Energie zurück-



Abb. 17. Gedämpfte Schwingungen.

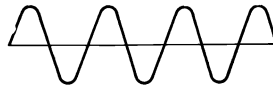


Abb. 18. Ungedämpfte Schwingungen.

verwandelt. Der Schwingungsvorgang wiederholt sich. Auch hier haben wir den wechselnden Austausch zwischen zwei verschiedenen Formen der Energie. Auch bei diesem Austausch geht ein Teil der schwingenden Energie durch Reibung am Aufhängepunkt und den Luftwiderstand verloren, so daß die Schwingungen allmählich erlöschen.

**Gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen.** Schwingungen, wie sie ein freischwingendes Pendel vollzieht, bei denen die Ausschläge stetig abnehmen, heißen wir gedämpfte (Abb. 17). Wollen wir, daß die Schwingungen dauernd die gleiche Amplitude haben, dann müssen wir die durch Reibung und Luftwiderstand verlorengegangene Energie fortlaufend ersetzen. Das geschieht beim Uhrpendel durch den Zug eines Gewichtes oder die Spannung einer Feder. Solche Schwingungen nennen wir ungedämpfte (Abb. 18).

Auch elektrische Schwingungen, wie sie durch die Entladung eines Kondensators zustande kommen, sind gedämpft, weil ein Teil der elektrischen, bzw. magnetischen Energie auf dem Leitungsweg sich in Wärme umsetzt oder durch Raumstrahlung verlorenght. Wenn wir durch eine geeignete Einrichtung (Elektronenröhre) diesen Energieverlust decken, so können wir auch hier ungedämpfte Schwingungen erzielen.

**Schwingungszeit und Schwingungszahl (Frequenz).** Wir haben über den Begriff der Schwingungszeit und Schwingungszahl bereits auf S. 2 gesprochen. Wovon hängen nun diese beiden Größen ab? Bei dem Pendel wird die Schwingungsdauer durch seine Länge bestimmt.

Ein langes Pendel schwingt langsamer, ein kurzes rascher. Die einem bestimmten Pendel zukommende Schwingungszeit ist so konstant, daß sie zur Zeitmessung benützt werden kann.

Für die Dauer einer elektrischen Schwingung ist in erster Linie die Menge der schwingenden Elektrizität entscheidend. Diese wird durch die Kapazität des Kondensators bestimmt. Je größer diese, um so mehr Elektrizität vermag er aufzunehmen, um so langsamer ist also die Schwingung. Weiterhin kommt für die Schwingungszeit die Größe der Selbstinduktion in Betracht. Diese wirkt gleich der Trägheit, sie verzögert also die Bewegung. Die elektrischen Schwingungen werden demnach um so langsamer erfolgen, je größer die Selbstinduktion des Schwingungskreises ist.

Kapazität und Selbstinduktion bestimmen somit die Schwingungszeit  $T$ . Nach der Formel von W. Thomson und Kirchhoff beträgt  $T = 2\pi\sqrt{CL}$ . Die Schwingungszeit wächst also mit zunehmender Kapazität und Selbstinduktion. Da sie durch das Produkt aus diesen beiden Größen gegeben wird, bleibt es sich gleich, ob man in einem Schwingungskreis eine größere Kapazität mit einer kleineren Selbstinduktion oder eine kleinere Kapazität mit einer größeren Selbstinduktion vereinigt. Durch die Wahl einer geeigneten Kapazität und Selbstinduktion kann man einen Schwingungskreis auf jede gewünschte Periode abstimmen.

Dieselbe Überlegung gilt auch für die Wellenlänge, da diese im gleichen Verhältnis mit der Schwingungszeit wächst. Wollen wir sehr kurze Wellen erhalten, so müssen wir die Kapazität und Induktivität des Schwingungskreises auf möglichst kleine Werte herabdrücken. So wird z. B. für eine Wellenlänge von 3—4 m schon eine einzige Drahtwindung als Selbstinduktion genügen.

Nach unseren Ausführungen auf S. 2 ist die Frequenz der reziproke Wert der Schwingungszeit.  $T = \frac{1}{\nu}$  oder  $\nu = \frac{1}{T}$ , die Frequenz eines Schwingungskreises errechnet sich daher aus der Formel  $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$ .

**Die Verbindung zweier Schwingungskreise.** Man kann die Schwingungen eines Kreises auch auf einen zweiten Kreis übertragen. Zu diesem Zweck müssen die beiden Kreise irgendwie miteinander in Verbindung stehen. Diese Verbindung, die wir Koppelung nennen, kann eine verschiedene sein. Gewöhnlich unterscheidet man drei Arten der Koppelung, die galvanische, induktive und kapazitive. Sind die beiden Kreise durch eine metallische Leitung miteinander verbunden, so daß die Schwingungen des einen Kreises unmittelbar auf den anderen übergeleitet werden, so heißt dies eine galvanische Koppelung (Abb. 19). Erfolgt die Übertragung der Schwingungen durch das Magnetfeld eines Kreises, wobei die Magnetlinien dieses Kreises den anderen schneiden und auf ihn induzierend wirken, so nennen wir das eine magnetische oder induktive Koppelung (Abb. 20). Geschieht dagegen die Übertragung durch das elektrische Feld eines Kondensators,

so ist das eine kapazitive Koppelung (Abb. 21). In der Praxis werden diese Koppelungsarten vielfach miteinander kombiniert. So gibt es z. B. eine induktiv-galvanische oder eine kapazitiv-galvanische Koppelung.

Von den beiden Kreisen, die in der einen oder anderen Art auf einander einwirken, nennen wir denjenigen, in welchem die Schwingungen erzeugt werden, den primären, auch den Erreger- oder Generatorkreis, den zweiten Kreis, auf welchen die Schwingungen übertragen werden, den sekundären oder Resonanzkreis.

Wenn wir die Stärke der Einwirkung des einen Kreises auf den anderen in Betracht ziehen, so kann man von einer festen und einer losen Koppelung sprechen. Dieser Begriff ist quantitativ nicht scharf zu fassen, wir wollen ihn aber durch zwei Beispiele erläutern. Zweifellos ist eine galvanische Koppelung eine feste Koppelung, denn wir können uns kaum eine festere Verbindung zwischen zwei Kreisen

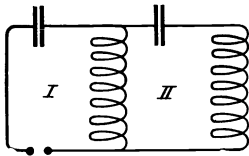


Abb. 19.  
Galvanische Koppelung.

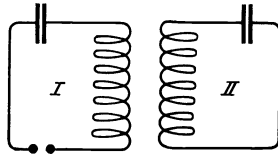


Abb. 20.  
Induktive Koppelung.

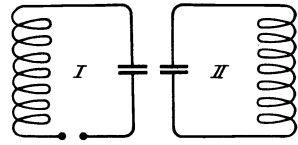


Abb. 21.  
Kapazitive Koppelung.

vorstellen. Sind die beiden Schwingungskreise getrennt und weit voneinander entfernt, wie das z. B. bei dem Schwingungskreis eines Rundfunksenders und dem Schwingungskreis eines Empfangsgerätes der Fall ist, so ist die Koppelung eine lose.

Bei der festen Koppelung beeinflusst nicht nur der Erregerkreis den Resonanzkreis, sondern vielfach auch der Resonanzkreis den Erregerkreis. Es kommt zu einer in den meisten Fällen unerwünschten Rückwirkung. Das sei erwähnt, weil die meisten Funkenstreckenapparate für Kurzwellenbehandlung eine galvanische Koppelung zwischen Generator- und Behandlungskreis aufweisen, was sich in der Praxis in ungünstiger Weise auswirkt (s. S. 37).

**Resonanz und Abstimmung.** Der sekundäre Kreis wird auf den primären dann am besten ansprechen, wenn die beiden Kreise die gleiche Eigenfrequenz, mit anderen Worten die gleiche Wellenlänge haben. Das trifft nach der Formel von W. Thomson und Kirchhoff dann zu, wenn das Produkt aus Kapazität ( $C$ ) und Selbstinduktion ( $L$ ) in beiden Kreisen das gleiche ist. In diesem Fall besteht zwischen beiden Kreisen Resonanz. Der Begriff der Resonanz ist aus der Akustik übernommen. Zwei Stimmgabeln stehen dann miteinander in Resonanz, wenn beide die gleiche Schwingungszahl (Frequenz) oder, wie man in der Akustik sagt, die gleiche Tonhöhe haben. Ist das der Fall, dann werden die Schwingungen der einen Gabel von der anderen mit der größten Lautstärke übernommen.

Haben wir einen Generatorkreis, der mit einer bestimmten Wellenlänge schwingt, so können wir einen anderen Kreis auf diesen in zweierlei Weise abstimmen. Entweder dadurch, daß wir seine Kapazität oder dadurch, daß wir seine Selbstinduktion so lange ändern, bis die Wellenlänge in beiden Kreisen die gleiche ist. Abb. 22 zeigt einen Resonanzkreis mit veränderbarer Selbstinduktion und Kapazität, wie er zu Versuchen mit sehr kurzen Wellen verwendet werden kann. Die Selbstinduktion besteht aus einem einfachen Drahtbügel, dessen oberer Teil in zwei Scharnieren umlegbar ist, wodurch die Größe der Induktivität geändert wird. Die Kapazität des Kondensators ist durch Annäherung und Entfernung der beiden Platten gleichfalls verstellbar.

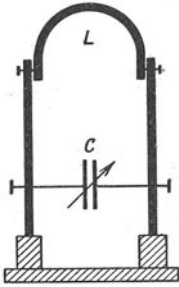


Abb. 22. Schwingungskreis für sehr kurze Wellen mit veränderbarer Selbstinduktion ( $L$ ) und veränderbarer Kapazität ( $C$ ).

Die Einstellung eines Kreises auf Resonanz mit einem anderen bezeichnet man als Abstimmung. Besteht zwischen zwei Kreisen Resonanz, dann erfolgt die Übertragung der Schwingungen von dem einen auf den anderen in vollkommenster Weise, mit dem geringsten Energieverlust.

Woran erkennt man nun die Resonanz? Man erkennt sie daran, daß in dem abgestimmten Kreis die Schwingungen ein Maximum der Spannung und Stromstärke erreichen. Ein guter Indikator für die vorhandene Spannung ist ein mit Neongas gefülltes Glasröhrchen. Es leuchtet in orangefarbigem Licht auf, und zwar um so stärker, je größer die Spannung ist. Einen Maßstab für die Stromstärke geben uns kleine Glühlämpchen, die um so mehr strahlen, je stärker der sie durchfließende Strom ist. Dem gleichen Zweck dienen auch Hitzdrahtampere-meter, deren Ausschlag bei Resonanz einen Höchstwert erreicht.



Abb. 23. Wellenmesser (Siemens-Reiniger-Werke).

Auf dem Prinzip der Resonanz beruhen die sogenannten Wellenmesser (Abb. 23). Sie bestehen im wesentlichen aus einem Resonanzkreis mit einem eingebauten Glühlämpchen oder Amperemeter. Durch Verstellen einer Kapazität (Drehkondensator) oder einer Selbstinduktionsspule wird dieser Kreis so abgestimmt, daß das Lämpchen zu stärkstem Glühen, bzw. das Amperemeter zu größtem Ausschlag kommt. An einer empirisch geeichten Skala kann dann die Wellenlänge unmittelbar abgelesen werden.

## Der Leitungsstrom.

Wir haben uns bisher fast ausschließlich mit dem elektrischen und magnetischen Feld, bzw. dem elektromagnetischen Feld, beschäftigt, also jenen Vorgängen, die ruhende oder bewegte elektrische Ladungen



im umgebenden Äther hervorrufen. Nun wollen wir uns mit dem elektrischen Strom selbst befassen, d. h. jenen Vorgängen, die sich auf dem Leitungsweg abspielen, wobei uns besonders die Verhältnisse beim hochfrequenten Wechselstrom interessieren.

Die Stärke eines Gleichstromes wird, eine bestimmte Spannung angenommen, ausschließlich durch den Leitungswiderstand oder Ohmschen Widerstand bestimmt. Nicht so beim Wechselstrom. Für diesen gibt es neben dem Leitungswiderstand noch zwei andere Arten von Widerständen, den induktiven und kapazitiven Widerstand.

**Der induktive Widerstand.** Dieser kommt, wie wir auf S. 9 ausgeführt haben, dadurch zustande, daß das fortwährend zu- und abnehmende Magnetfeld des Wechselstromes auf der eigenen Strombahn sogenannte Selbstinduktionsströme erzeugt, die zum Teil dem ursprünglichen Strom entgegenlaufen und so dessen Kraft schwächen. Der Strom erreicht dadurch nicht jene Stärke, die er seiner Spannung gemäß nach dem Ohmschen Gesetz haben sollte. Das erweckt den Anschein, als ob neben dem Ohmschen Widerstand noch ein anderer Widerstand vorhanden wäre. Diesen scheinbaren Widerstand bezeichnen wir als induktiven Widerstand oder Induktanz.

Die Selbstinduktion hängt wesentlich von der Form des Leiters ab und erreicht bei spulenförmigen Leitern einen ganz besonders hohen Wert, weil das Magnetfeld der einen Windung in seiner vollen Stärke auf die benachbarten Windungen einzuwirken vermag. Die Größe der Selbstinduktion ist durch den sogenannten Selbstinduktionskoeffizienten  $L$  gegeben.

$$L = \frac{4\pi^2 N^2 r^2}{l}$$
 wobei  $N$  die Anzahl der Windungen,  $r$  den Radius der Spule und  $l$  die Länge der Spule bedeuten. Aus dieser Formel ist ersichtlich, daß der induktive Widerstand mit der Anzahl der Windungen und dem Durchmesser der Spule wächst, dagegen mit der Länge der Spule abnimmt.

Der induktive Widerstand wird aber nicht nur durch die Selbstinduktion der Spule, sondern noch durch einen zweiten Faktor, und das ist die Frequenz des Stromes, beeinflußt. Er steigt mit der Frequenz in einem geraden Verhältnis. Wenn  $\nu$  die Frequenz des Stromes und  $L$  der Selbstinduktionskoeffizient einer Spule ist, so ist der induktive Widerstand  $R_i = 2\pi\nu L$ .

Der induktive Widerstand ist um so größer, je größer die Frequenz des Stromes und je größer die Selbstinduktion des Leitungsweges ist.

Das hat zur Folge, daß Wechselströme von sehr hoher Frequenz, wie es die Kurzwellenströme sind, schon in Spulen mit verhältnismäßig wenig Windungen einen so hohen Widerstand finden, daß sie durch diese unter Umständen gar nicht mehr hindurchkommen. Der Widerstand dieser Spule ist für sie unendlich groß. Sie sperren dem Strom den Weg und heißen in diesem Sinn auch Drosselspulen.

Die Selbstinduktion bewirkt es auch, daß sehr hochfrequente Ströme vorwiegend an der Oberfläche metallischer Leiter verlaufen und nur wenig in die Tiefe eindringen. Man bezeichnet dies als Skin- oder Hauteffekt, besser als Oberflächeneffekt. Will man den Wider-

stand metallischer Leiter für Kurzwellenströme möglichst klein machen, so muß der Leiter eine genügend große Oberfläche haben. Dabei kann er im Innern auch hohl sein, also Röhrenform haben, ohne daß dadurch der Widerstand vergrößert wird.

**Der kapazitive Widerstand.** Schalte ich in einen Gleichstromkreis einen Kondensator ein, so sperrt dieser dem Strom den Weg, weil das Dielektrikum des Kondensators für den Gleichstrom ein unüberwindliches Hindernis darstellt. Einzig und allein in der Zeit, die zur Aufladung des Kondensators notwendig ist, das sind aber nur Bruchteile einer Sekunde, ist eine Strombewegung wahrnehmbar. Ein in den Kreis eingeschlossener Stromanzeiger wird für einen Moment einen Ausschlag geben, dann hört der Stromfluß auf.

Anders sind die Verhältnisse, wenn ich einen Kondensator in einen Wechselstromkreis lege (Abb. 24). Befindet sich in diesem Kreis ein

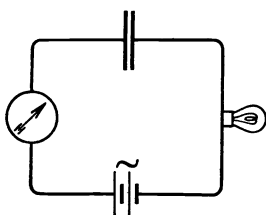


Abb. 24. Ein Kondensator in einem Wechselstromkreis bedeutet keine Unterbrechung, sondern nur einen Widerstand (kapazitiver Widerstand).

Strommesser, so wird er andauernd einen Strom anzeigen, ein kleines Glühlämpchen wird andauernd leuchten. Das ist zunächst auffallend und überraschend, ist aber im Grunde genommen, nicht schwer zu verstehen. Dadurch, daß der Wechselstrom fortwährend seine Richtung wechselt, kommt es zu einem abwechselnden Laden und Entladen des Kondensators, was natürlich mit einer Elektrizitäts- oder Strombewegung im Kreis verbunden ist. Es fließt somit trotz Vorhandensein des Kondensators im Kreis ein Wechselstrom. Allerdings ist der Strom kleiner, als

wenn der Kondensator nicht vorhanden wäre. Der Kondensator wirkt also wie ein Widerstand. Einen derartigen Widerstand, wie ihn ein Kondensator einem Wechselstrom bietet, nennen wir kapazitiven Widerstand oder Kondensanz.

Der kapazitive Widerstand hängt in erster Linie von dem Aufnahmevermögen des Kondensators für Elektrizität, d. h. von seiner Kapazität ab. Je größer diese, um so weniger wird die Elektrizitätsbewegung gehindert oder gehemmt werden, um so kleiner ist also der kapazitive Widerstand des Kondensators. Wir erinnern uns, daß die Kapazität eines Kondensators bestimmt wird durch die Größe seiner Belegungen ( $F$ ), den Abstand dieser ( $d$ ) und die Art des Dielektrikums

( $\epsilon$ ) nach der Formel  $C = \frac{F \epsilon}{4 \pi d}$  (s. S. 5). Der kapazitive Widerstand ist also um so kleiner, je größer die Kondensatorflächen (bei der Kurzwellentherapie die Elektroden), je kleiner ihr Abstand und je größer die Dielektrizitätskonstante ist. Luft bietet als Dielektrikum mit einer Konstante von 1 den größten Widerstand. Tritt aber bei der Behandlung im Kondensatorfeld an die Stelle von Luft menschliches Gewebe mit einer Dielektrizitätskonstante von etwa 80, so wird der Widerstand des Kreises beträchtlich vermindert.

Wie beim induktiven spielt auch beim kapazitiven Widerstand die

Frequenz des Wechselstromes eine entscheidende Rolle, nur diesmal in entgegengesetztem Sinn. Während der induktive Widerstand mit der Frequenz steigt, nimmt der kapazitive Widerstand mit der Frequenz ab. Wenn  $\nu$  die Frequenz des Stromes und  $C$  die Kapazität des Kondensators darstellen, so ist der kapazitive Widerstand  $R_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$ .

Der kapazitive Widerstand ist um so kleiner, mit anderen Worten die kapazitive Leitfähigkeit ist um so größer, je höher die Frequenz des Stromes und je größer die Kapazität des Kondensators ist.

Diathermieströme mit einer Frequenz von  $\frac{1}{2}$ —1 Mill. Hz vermögen kapazitive Widerstände nur dann zu überwinden, wenn sie nicht sehr groß sind, wie das z. B. bei der Behandlung am Kondensatorbett der Fall ist, wo wir es mit sehr großflächigen Elektroden zu tun haben. Anders die Kurzwellenströme. Für sie bedeuten Kondensatoranordnungen viel kleinere Widerstände. Solche Ströme vermögen dielektrische Schichten aus Luft, Glas, Gummi u. dgl. ohne besondere Schwierigkeit zu überbrücken. Daher ist es in der Kurzwellentherapie nicht mehr nötig, die Metallelektroden unmittelbar an den Körper anzulegen, sie können vielmehr durch einen Luftabstand, durch Gummi oder Filz von ihm getrennt sein.

Die kapazitive Leitfähigkeit tritt erst bei Strömen mit einer Wellenlänge unter 100 m deutlich in Erscheinung und nimmt in dem Maß zu, als die Wellenlänge abnimmt. Bei Wellenlänge von 3—15 m, wie wir sie in der Therapie benützen, ist sie schon sehr ausgesprochen. Für diese Ströme bieten vielfach die dielektrischen Schichten keinen größeren Widerstand als Schichten mit Ohmscher Leitfähigkeit. Wir sagen: Die kapazitive Leitfähigkeit des Körpers nähert sich gegenüber Kurzwellenströmen der Ohmschen Leitfähigkeit.

Das kapazitive Leitvermögen ist für die Kurzwellenströme charakteristisch und unterscheidet sie von den Diathermieströmen und allen anderen Stromformen, wie wir sie in der Medizin verwenden.

**Stromstärke und Spannung. Phasenverschiebung.** Beim Wechselstrom ändert sich die Stromstärke andauernd, sie steigt von Null auf einen Maximalwert, sinkt dann wieder auf Null ab usw. Wenn wir von der Stromstärke eines Wechselstromes kurzweg sprechen, so meinen wir damit die sogenannte effektive Stromstärke, das ist ein Mittelwert aus allen Werten einer Periode. Dieser Mittelwert ist es auch, den unsere gewöhnlichen Strommesser wie Hitzdrahtamperemeter angeben. Das für die Stromstärke Gesagte gilt in gleicher Weise auch für die Spannung.

Der Verlauf der Stromstärke und Spannung wird durch ganz ähnliche Kurven dargestellt, die meist Sinusform haben. Wenn in einem Wechselstromkreis Stromstärke und Spannung gleichzeitig ihren Null- und gleichzeitig ihren Höchstwert erreichen, so bezeichnen wir das als Phasengleichheit (Abb. 25). Das ist aber sehr häufig nicht der Fall, meist ist der Verlauf der Strom- und Spannungskurve zeitlich

gegeneinander verschoben. So kann z. B. die Spannung bereits einen höheren Wert erreicht haben, wenn der Strom erst einsetzt, also noch auf Null ist (Abb. 26). Wir nennen das eine Phasenverschiebung.

Erinnern wir uns der Auseinandersetzungen auf S. 12, über die Entladung eines Kondensators durch eine Induktionsspule. Dort haben wir gesagt: Der Strom in der Spule erreicht dann sein Maximum, wenn die Spannung im Kondensator Null ist. Hat die Spannung im Konden-

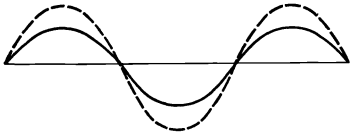


Abb. 25. Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung.

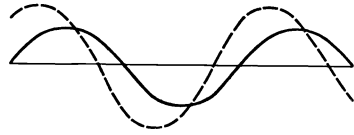


Abb. 26. Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Die Spannung eilt dem Strom voraus.

sator ihren Höchstwert erreicht, so ist der Strom in der Spule erloschen, sein Wert ist Null. Wollten wir diese Verhältnisse graphisch darstellen, so ergäbe sich Abb. 27. Wir sehen eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Wenn man, wie allgemein üblich, einer ganzen Periode den Winkelwert von  $360^\circ$  zuschreibt, so würde die Verschiebung  $\frac{1}{4}$  Periode oder  $90^\circ$  betragen. Eine solche Phasenverschiebung ist für die elektromagnetischen Schwingungsvorgänge charakteristisch.

**Die Verkettung von zwei Wechselströmen. Der Sperrkreis.** Auf einem Leitungsweg verläuft in der Regel nur ein einziger Strom. Es können

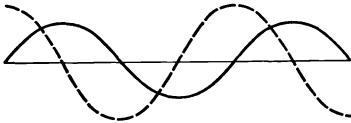


Abb. 27. Phasenverschiebung von  $90^\circ$  zwischen Strom und Spannung.

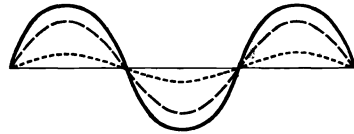


Abb. 28. Zwei phasengleiche Ströme verstärken sich.

aber auch zwei Ströme verlaufen, die z. B. von zwei verschiedenen Stromquellen in den Draht geschickt werden. Haben beide Wechselströme die gleiche Frequenz und denselben zeitlichen Ablauf, also Phasengleichheit, so erreichen sie beide in demselben Augenblick ihren positiven und negativen Maximalwert (Abb. 28). Sie summieren sich einfach und wirken nach außen hin wie ein einziger, entsprechend stärkerer Strom.

Das Umgekehrte ist der Fall; wenn zwischen beiden Strömen eine Phasenverschiebung von  $180^\circ$  besteht. Dann erreicht der eine Strom seinen positiven Höchstwert, wenn der andere im negativen Scheitelpunkt ist. Die Ströme wirken einander entgegen, sie schwächen sich; nach außen hin wird nur jene Stromstärke in Erscheinung treten, die wir durch Abzug des schwächeren vom stärkeren Strom erhalten

(Abb. 29). Sind beide Ströme aber gleich stark, dann heben sie sich gegenseitig überhaupt auf, ihre Stromstärke wird Null. Ein in den Kreis eingeschaltetes Meßinstrument wird keinerlei Strom anzeigen (Abb. 30).

Eine solche Phasenverschiebung zwischen zwei Strömen kommt z. B. zustande, wenn wir in eine Leitung einen Schwingungskreis, bestehend aus Kondensator und Selbstinduktion (Abb. 31), einschalten

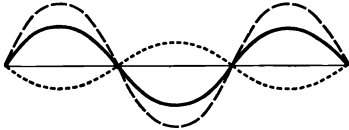


Abb. 29. Zwei um  $180^\circ$  phasenverschobene Ströme schwächen sich.

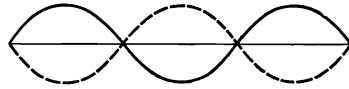


Abb. 30. Zwei um  $180^\circ$  phasenverschobene Ströme heben sich auf, wenn sie gleich stark sind.

und wenn dieser Schwingungskreis auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt ist wie der in der Leitung fließende Hochfrequenzstrom.

Eine aus der Leitung  $a$  kommende Schwingung nimmt zunächst ihren Weg über den Kondensator  $K$ , da die Selbstinduktion  $L$  einen sehr großen Widerstand darstellt. Da nun aber der Schwingungskreis  $KL$  auf den ankommenden Hochfrequenzstrom abgestimmt ist, so gerät er in Schwingungen, die im gleichen Takt mit den aus der Leitung  $a$  kommenden Schwingungen verlaufen. Weil der Schwingungskreis wenig Verluste besitzt, schaukelt er sich derart auf, daß schließlich zwischen den Enden der Spule  $L$  die Spannung den gleichen Wert erreicht wie die aus der Leitung  $a$  ankommende Kurzwellenspannung. Die beiden Spannungen sind jedoch um  $180^\circ$  phasenverschoben und heben sich infolgedessen an dem Verbindungspunkt der Leitung  $a$ , mit dem Schwingungskreis  $KL$  gegenseitig auf.

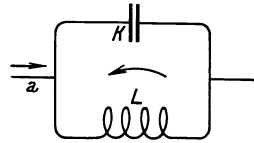


Abb. 31. Sperrkreis.

Die aus der Leitung  $a$  ankommende Welle wird sozusagen total reflektiert.

Der Strom kann durch eine solche Parallelschaltung von Kondensator und Induktionsspule nicht mehr hindurch. Wir nennen eine solche Kombination daher einen Sperrkreis. Die Wirkung eines solchen Kreises ist die gleiche wie die einer Drosselspule. Beide werden in der Technik dazu verwendet, hochfrequenten Strömen den Übertritt in andere Leitungskreise zu sperren, während sie gleichzeitig niederfrequente Ströme hindurchlassen. Wir werden von dieser praktischen Anwendung bei der Konstruktion der Kurzwellenapparate noch sprechen.

## Der Verschiebungsstrom.

**Der Verschiebungsstrom in Luft und Vakuum.** Wir wissen, daß zwischen den beiden Platten eines Luftkondensators ein elektrisches Feld besteht. Stehen die beiden Platten mit einer Wechselstromquelle in Verbindung, so wird das Feld andauernd seine Stärke und Rich-

tung wechseln. Wir sprechen dann von einem elektrischen Wechsel-  
feld. Der Träger dieses Feldes ist der Äther. Die Spannungen des Äthers  
sind es, welche den Energietransport von einer zur anderen Kondensator-  
platte vermitteln. Wir bezeichnen diese im Äther auftretenden Wechsel-  
spannungen nach Cl. Maxwell als Verschiebungsstrom (displace-  
ment current). Diese Bezeichnung ist für jeden, der sie zum ersten  
Male hört, etwas befremdlich. Wir haben uns unter Strom bisher stets  
das Wandern oder ganz allgemein die Bewegung irgendwelcher elek-  
trischer Ladungen vorgestellt. Nunmehr sollen wechselnde Äther-  
spannungen auch einen Strom darstellen. Das ist eine sprachliche  
Härte, die gewiß nicht leicht zu überwinden ist. Die Bezeichnung  
Verschiebungsstrom vermittelt uns aber eine sehr wichtige und er-  
kenntnistheoretisch ungemein fruchtbare Vorstellung, es ist die: Alle  
Ströme fließen in geschlossenen Kreisen, denn überall,  
wo der Leitungsstrom aufhört,  
setzt ihn der Verschiebungs-  
strom fort, und wo dieser en-  
det, beginnt wieder der Lei-  
tungsstrom.

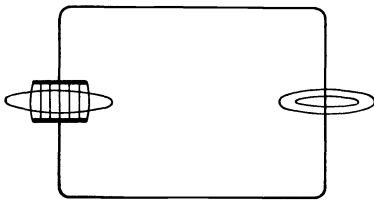


Abb. 32. Das Magnetfeld des Verschie-  
bungsstromes. Die magnetischen Kraft-  
linien umschließen das elektrische Feld  
des Kondensators ebenso konzentrisch  
wie den Leiter.

Im übrigen haben wir es beim  
Verschiebungsstrom mit einem Vor-  
gang zu tun, der mit dem gewöhn-  
lichen Strom nicht allein den Namen,  
sondern auch verschiedene andere  
Merkmale gemeinsam hat. So ist der  
Verschiebungsstrom zwischen den Plat-  
ten eines Kondensators genau so wie

jeder andere Strom von magnetischen Kraftlinien umschlossen  
(Abb. 32), er wird wie jeder andere Strom in Ampere gemessen usw.

**Der Verschiebungsstrom in Nichtleitern (Isolatoren).** Ist das Dielek-  
trikum des Kondensators nicht Luft, sondern ein fester Körper, etwa  
Glas oder Glimmer, so treten auch in diesem die gleichen Ätherspan-  
nungen auf. Sie führen hier zu gewissen molekularen Veränderungen,  
die wir näher betrachten müssen. Bekanntlich gibt es in einem Isolator  
keine freibeweglichen elektrischen Ladungen. Diese sind vielmehr an  
die Moleküle gebunden. Nichtsdestoweniger wirkt die elektrische  
Spannung auch auf diese Ladungen ein und verschiebt sie, so weit  
dies möglich ist, innerhalb des Moleküls. Nach elektrostatischen Ge-  
setzen wird die positive Ladung gegen die negative Belegung, die  
negative Ladung gegen die positive Belegung des Kondensators hin  
gedreht (Abb. 33 u. 34). Es kommt also zu einer Influenzwir-  
kung auf die Moleküle, die wir als dielektrische Polarisierung  
bezeichnen.

Die Moleküle mancher Stoffe, wie z. B. die der Eiweißkörper, haben  
überdies schon eine gewisse einseitige Anordnung der positiven und  
negativen Ladungen, indem das eine Ende des Moleküls vorwiegend  
positiv, das andere vorwiegend negativ geladen ist. Wir können uns  
diese Moleküle wie kleine hantelförmige Gebilde vorstellen, die man

Dipole genannt hat (Abb. 35). Wirkt nun ein elektrisches Wechsel-  
feld auf diese Dipole ein, so werden sie alle gleichgerichtet (Abb. 36).  
Ist die Spannung des Feldes eine wechselnde, so kommt es zu andauern-  
den Verdrehungen der Moleküle in der wechselnden Richtung des  
Feldes.

Der Verschiebungsstrom in einem festen Dielektrikum ist also  
mit gewissen molekularen Vorgängen verbunden, die in einer Ver-

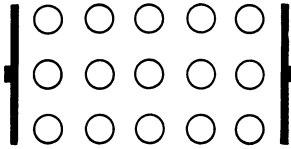


Abb. 33.

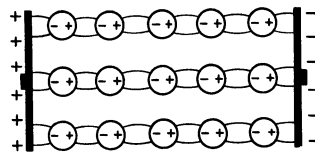


Abb. 34.

Die dielektrische Polarisation.

zerrung, Verdrehung oder Verschiebung elektrischer Ladungen, zum  
Teil der Moleküle selbst, ihren Ausdruck finden. Diese Vorgänge er-  
folgen nicht ganz reibungslos. Ein Teil der elektrischen Feldenergie  
geht bei diesem Umpolarisieren verloren und verwandelt sich in Wärme.  
Wir sprechen in diesem Sinn von einem dielektrischen Verlust,  
bzw. einer dielektrischen Erwärmung.

**Leiter (Metalle) im elektrischen Feld.** In einem metallischen Leiter  
sind, wie wir wissen, die elektrischen Ladungen frei verschieblich.  
Bringt man nun einen solchen in ein elektrostatisches Feld, so findet

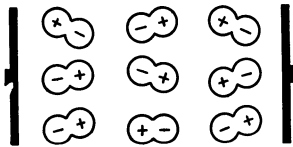


Abb. 35.

Die richtende Wirkung des elektrischen Feldes auf Dipole.

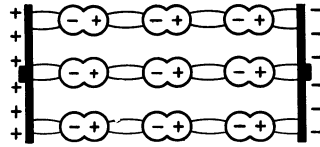


Abb. 36.

in ihm eine Scheidung der Elektrizitäten statt. Die positiven Teilchen  
wandern gegen die negativ geladene Platte, die negativen gegen die  
positiv geladene. Dieser Vorgang heißt bekanntlich Influenz. Eine Ver-  
schiebung der Ladungen im Leiter aber nennen wir Strom. Es tritt  
also ein kurzdauernder durch Influenz bewirkter Strom auf, wobei  
gleichzeitig das elektrische Feld im Leiter verschwindet.

Denken wir uns statt eines konstanten ein elektrisches Wechsel-  
feld, dadurch erzeugt, daß die Polarität der Kondensatorplatten sich  
andauernd ändert, so wird sich dieser Influenzvorgang periodisch wieder-  
holen. Es kommt dann zu periodischen Verschiebungen der Ladungen  
in wechselnder Richtung, also zu dem, was man einen Wechselstrom  
nennt. Dieser hat natürlich die Periode des Wechselfeldes. Ein Kurz-  
wellenfeld wird sich daher in einem metallischen Leiter in einen Kurz-

wellenstrom, einen ganz gewöhnlichen Leitungsstrom, umsetzen. Daß ein solcher Strom, wie jeder andere Strom, in dem Leiter Wärme erzeugt, ist selbstverständlich.

Vergleichen wir die Vorgänge, die ein elektrisches Feld in einem Leiter und in einem Nichtleiter auslöst, so können wir folgende Unterschiede feststellen. In dem Nichtleiter ist die Influenzwirkung eine molekulare. Jedes einzelne Molekül wird polarisiert. Die Spannungen zwischen den Molekülen, das elektrische Feld im Isolator bleibt bestehen. In einem Leiter ist die Influenzwirkung eine totale, den ganzen Leiter betreffend. Die elektrischen Ladungen verschieben sich an die Enden des Leiters, wobei das elektrische Feld im Innern des Leiters verschwindet.

**Halbleiter (Elektrolyte) im elektrischen Feld.** Elektrolyte stehen bezüglich ihrer Leitfähigkeit in der Mitte zwischen den guten Leitern, den Metallen, und den Nichtleitern, den Isolatoren, weshalb wir sie auch Halbleiter nennen. Zu diesen Halbleitern gehört auch der menschliche Körper. Bringen wir nun einen elektrolytischen Leiter in ein hochfrequentes Wechselfeld, wie es ein Kurzwellenfeld ist, so wird sich dieses in dem Elektrolyten zum Teil in einen Leitungsstrom, zum Teil in einen Verschiebungsstrom umsetzen. Der Leitungsstrom kommt

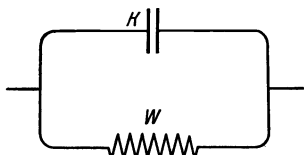


Abb. 37.

dadurch zustande, daß die Ionen, das sind die elektrisch geladenen Atome, durch das Feld verschoben werden. Der Verschiebungsstrom dadurch, daß die nichtionisierten Atome und Moleküle unter der Einwirkung des Feldes eine dielektrische Polarisation erleiden.

Wir können uns dieses gleichzeitige Auftreten eines Leitungs- und Verschiebungsstromes durch eine Zeichnung veranschaulichen, die einen Ohmschen Widerstand in Parallelschaltung mit einem Kondensator zeigt (Abb. 37). Durch den Ohmschen Widerstand fließt der Leitungsstrom, durch den Kondensator der Verschiebungsstrom. Wieviel von der Feldenergie sich in Leitungsstrom, wieviel in Verschiebungsstrom umsetzt, hängt einerseits von der Beschaffenheit des Elektrolyten, andererseits von der Frequenz des Feldes ab.

Auch im menschlichen Körper, der sich in einem Kurzwellenfeld befindet, fließt also ein Strom, und zwar ein hochfrequenter Wechselstrom, der teils Leitungs-, teils Verschiebungsstrom ist. Wir können also in der Kurzwellentherapie ohne Bedenken von einer Durchströmung des menschlichen Körpers sprechen. Daß dabei die Elektroden nicht anliegen, ist ganz unwesentlich, wesentlich ist, daß durch den Körper ein Strom fließt. Es besteht nicht der geringste Grund, für diesen Vorgang neue Worte, wie z. B. Durchflutung, zu erfinden, die nur geeignet sind, klare physikalische Begriffe zu verdunkeln.

Der Leitungsstrom erzeugt wie jeder andere Strom Wärme (Joulesche- oder Diathermiewärme), wie wir oben bereits erwähnt haben. Auch die dielektrische Polarisation bedingt einen gewissen Verlust an elektrischer Energie, der in Wärme zum Ausdruck kommt. Doch ist



die Menge dieser Wärme im Vergleich mit der durch den Leitungsstrom erzeugten, eine so geringe, daß sie praktisch kaum in Betracht kommt. Wir können daher den Verschiebungsstrom praktisch als verlust- oder wattlos ansehen.

## II. Die Kurzwellenapparate.

Kurzwellenströme können wir genau so wie Diathermieströme in zweierlei Weise erzeugen: 1. Durch die Entladung von Kondensatoren über Funkenstrecken. 2. Durch Elektronenröhren. Darnach können wir die Apparate in Funkenstrecken- und Röhrenapparate unterscheiden.

### Die Funkenstreckenapparate.

**Die Funkenstrecke als Schalter.** Wir haben auf S. 12 auseinandergesetzt, daß durch die Entladung eines Kondensators über eine Induktionsspule elektrische Schwingungen zustandekommen, die rasch

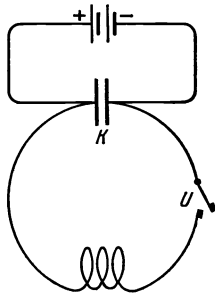


Abb. 38. Schwingungskreis mit Handunterbrecher.

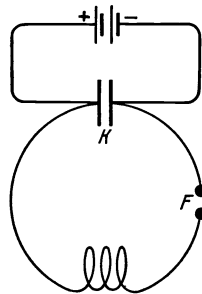


Abb. 39. Schwingungskreis mit Funkenstrecke.

abklingen und somit gedämpft sind. Mit ein paar in Bruchteilen einer Sekunde abklingenden Schwingungen können wir in der Therapie nichts anfangen. Wollen wir weitere Schwingungen haben, so müssen wir den Kondensator wieder neu aufladen. Das ist aber so lange nicht möglich, als dessen Belegungen durch die Induktionsspule miteinander verbunden sind, denn jede an die Kondensatorbelegungen angelegte Spannung würde sich sofort über den metallischen Bogen der Spule ausgleichen. Wir müssen also, um den Kondensator zu laden, die Spule vorerst abschalten. Erst nach der Ladung dürfen wir sie wieder mit den Kondensatorbelegungen verbinden. Das kann mit Hilfe eines Unterbrechers  $U$  geschehen, den wir an irgendeiner Stelle des Kreises einbauen und mit der Hand abwechselnd öffnen und schließen (Abb. 38).

Viel einfacher und besser können wir das gleiche durch eine Funkenstrecke erreichen (Abb. 39). Es ist dies nichts anderes als eine kleine

Luftunterbrechung im Schwingungskreis. Sie gestattet uns, den Kondensator zu laden. Haben seine Belegungen eine gewisse Spannung erreicht, dann wird die Unterbrechungsstelle durch einen Funken überbrückt. Dieser macht die Funkenstrecke infolge der dabei entstehenden Hitze durch Ionisierung der Luft und Erzeugung von Metaldämpfen für kurze Zeit leitend. Über diese glühende Brücke verlaufen nun die Schwingungen. Mit dem Erlöschen des Funkens ist die Unterbrechung wieder hergestellt, die Ladung des Kondensators kann von neuem erfolgen. Die Funkenstrecke ist also nichts anderes, als eine automatische

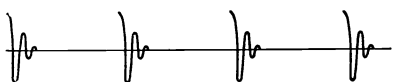


Abb. 40. Gedämpfte Schwingungen erzeugt von einer Funkenstrecke.

Schaltvorrichtung, welche in rascher Folge die Spule mit dem Kondensator verbindet und wieder von ihm trennt.

Diese Verhältnisse bedingen es, daß der von einem solchen Funkenstromkreis gelieferte Hochfrequenzstrom aus einzelnen, durch ver-

hältnismäßig lange Pausen voneinander getrennten Schwingungsgruppen besteht, die jede für sich stark gedämpft verlaufen (Abb. 40). Die Dämpfung kommt vor allem durch den Funken selbst zustande, der die Schwingungsenergie in Wärme umformt.

Um die Stärke und damit die Leistung der Hochfrequenzströme zu erhöhen, ist es notwendig, möglichst viele Funken in einer Sekunde zu erhalten, denn jeder Funke liefert ja eine gewisse Menge schwingender Energie. Das geschieht 1. dadurch, daß wir den Abstand der Funkenelektroden möglichst klein halten. Auf diese Weise entstehen mehr,

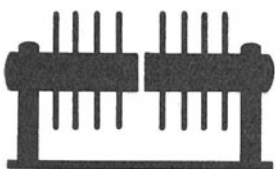


Abb. 41. Schattenriß einer Funkenstrecke mit Kühlrippen.

allerdings auch kleinere Funken, die dafür aber rascher erlöschen (Löschfunken). 2. Dadurch, daß wir für eine möglichst gute Kühlung der Funkenstrecke Sorge tragen, denn je rascher die Abkühlung erfolgt, um so früher kommt es zu einer Neuaufladung des Kondensators. Die Kühlung suchen wir durch die Anbringung von Kühlrippen, Ventilatoren u. dgl. zu erreichen.

3. Dadurch, daß wir nicht eine, sondern eine größere Zahl von Funkenstrecken benützen, die hintereinander geschaltet sind. Die Kurzwellenapparate haben deren meist 10—20.

Durch diese Maßnahmen ist es heute bereits gelungen, die Funkenzahl über 100.000 in der Sekunde zu steigern und dadurch die Pausen zwischen den einzelnen Schwingungsgruppen wesentlich zu verkürzen.

Abb. 41 zeigt in halbschematischer Darstellung eine solche Funkenstrecke mit Kühlrippen. Die isolierende Luftschicht ist nur Bruchteile eines Millimeters breit. Die einander zugekehrten Metallflächen der Funkenstrecke, Funkenelektroden genannt, bestehen aus Wolfram oder einem ähnlich schwer schmelzbaren Metall, das der Zerstörung durch die Funken einen möglichst großen Widerstand entgegensetzt.

**Der Bau eines Funkenstreckenapparates.** Die Abb. 42 u. 43 geben die Schaltbilder zweier Funkenstreckenapparate wieder. Der von der Zentrale gelieferte Wechselstrom wird zunächst einem Transformator  $T$  zugeführt, der seine Spannung auf 3000—4000 Volt erhöht. Ein solcher Transformator besteht aus einem Eisenrahmen, der zwei Spulenkwicklungen trägt. In die sogenannte primäre Spule fließt der Strom der Zentrale. Er induziert in der benachbarten sekundären Spule einen hochgespannten Strom. Die höhere Spannung wird dadurch erreicht, daß die sekundäre Spule eine größere Zahl von Windungen namentlich in dem gleichen Verhältnis höher, als die Windungszahl der sekundären Spule größer ist als die der primären.

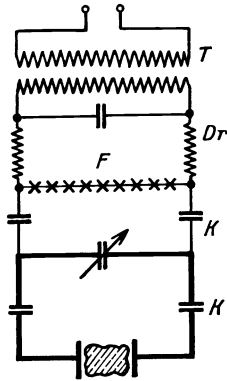


Abb. 42. Schaltbild eines Funkenstreckenapparates mit galvanischer Kopplung (Koch u. Sterzel).

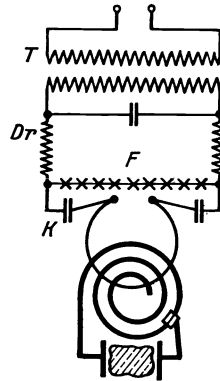


Abb. 43. Schaltbild eines Funkenstreckenapparates mit induktiver Kopplung (Koch u. Sterzel).

Der hochgespannte Strom dient zur Aufladung der Kondensatoren  $K$ . Diese sind gleich wie bei den Diathermieapparaten meist geschichtete Plattenkondensatoren, deren Dielektrikum aus Glimmerscheiben besteht. Die Entladung der Kondensatoren erfolgt über eine Reihe hintereinander geschalteter Funkenstrecken  $F$ . Dadurch kommt der Erreger- oder Generatorkreis ins Schwingen. Er überträgt seine Schwingungen auf den Therapie- oder Patientenkreis (in den Abbildungen dick gezeichnet), der mit dem ersten Kreis entweder galvanisch oder induktiv gekoppelt ist.

Die erste Art der Kopplung bietet den Vorteil, daß mit ihr sehr kurze Wellen erreichbar sind. Die induktive Kopplung liefert wohl etwas längere Wellen, sie ermöglicht es aber, daß infolge einer Spannungstransformation die Elektroden auch in einem größeren Abstand von der Haut angebracht werden können, was eine gute Tiefenwirkung verbürgt.

Die Abstimmung des Therapiekreises erfolgt entweder durch einen verstellbaren Kondensator (Abb. 42) oder durch eine veränderbare

Selbstinduktion (Abb. 43). Damit die Hochfrequenzenergie, die in dem Generatorkreis entsteht, nicht zurück in den Transformator fließt, ist dieser durch zwei Drosselpulen  $D_r$  gegen den Generatorkreis abgeriegelt. Gegen die niederfrequente



Abb. 44. Funkenstreckenapparat (Koch u. Sterzel).

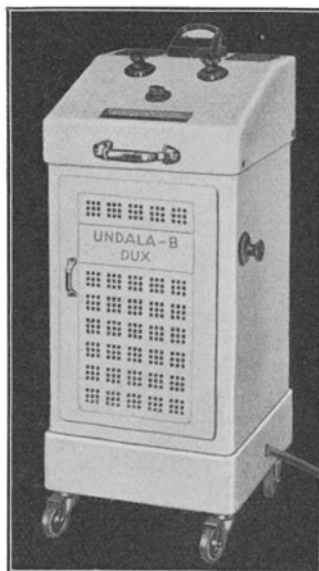


Abb. 45. Funkenstreckenapparat (Sanitas).

Hochspannung des Transformators ist der Patient durch vorgeschaltete Kondensatoren geschützt. Die Abb. 44 u. 45 zeigen die äußere Ansicht zweier Löschfunkenapparate.

## Die Röhrenapparate.

### Die Funktion eines Röhrenapparates.

**Die Elektronen- oder Glühkathodenröhre.** Legt man an eine Crookesche oder Hittorfsche Röhre, das ist eine Glasröhre, die mit verdünnter Luft gefüllt ist und in welche zwei Elektroden eingeschmolzen sind, eine genügend hohe Spannung an, so fließt ein Strom durch die Röhre, wobei gleichzeitig Lichterscheinungen auftreten. Wenn man nun die Luft in der Röhre zunehmend verdünnt, dann wird der Strom schwächer, und bei einem bestimmten Vakuum ist keine noch so hohe Spannung imstande, einen Strom auszulösen. Dies darum, weil keine Luftionen mehr vorhanden sind, welche den Elektrizitäts-transport übernehmen könnten. Wenn man aber die Elektrode, an welche der negative Pol der Stromquelle angeschlossen ist, die Kathode  $K$ , in irgendeiner Weise bis zum Glühen erhitzt, dann tritt plötzlich wieder ein Strom auf. Ein solches Erhitzen kann praktisch in der Weise er-

folgen, daß man der Elektrode die Form eines Metallfadens gibt, den man durch eine besondere Stromquelle zum Glühen bringt (Abb. 46).

Wodurch kommt jetzt ein Strom zustande? Durch die Erhitzung des Metalles werden aus diesem Elektronen frei, sie verdampfen gleichsam und umhüllen wie eine Wolke die Elektrode. Verbindet man nun die Röhre mit einer Stromquelle hoher Spannung, und zwar so, daß die Glühelektrode Kathode wird, so werden die Elektronen, die alle negativ geladen sind, von dem positiven Pol, der Anode, angezogen. Es fließt ein Strom, bestehend aus reinen Elektronen, von der Kathode zur Anode. Er heißt Anodenstrom. Seine Stärke kann mittels eines Galvanometers gemessen werden. Eine derartige Röhre heißt daher Elektronen- oder Glühkathodenröhre.

Der beschriebene Versuch mißlingt begreiflicherweise, wenn man die zum Glühen gebrachte Elektrode mit der Anode der Stromquelle verbindet, weil die austretenden negativen Elektronen von dem jetzt gegenüberliegenden negativen Pol, der Kathode, abgestoßen werden. In einer solchen Röhre kann daher nur in einer Richtung, von der Kathode zur Anode ein Strom fließen, in entgegengesetzter Richtung ist der Weg für den Strom gesperrt. Wird eine Wechselspannung an die Röhre angelegt, so werden nur jene Halbwellen hindurchgelassen, die so gerichtet sind, daß für sie die glühende Elektrode Kathode ist, die entgegengesetzt laufenden Halbwellen werden unterdrückt. Mit Rücksicht auf diese Ventilwirkung spricht man daher auch von einer Ventilröhre.

Die Stärke des Anodenstromes hängt von zwei wesentlichen Bedingungen ab: 1. Von der Temperatur des Elektrodenmetalls, mit anderen Worten von der Stärke der Heizung. Je stärker diese, um so mehr Elektronen werden frei, umso stärker wird der Strom. 2. Von der angelegten Spannung. Die Stromstärke wächst unter sonst gleichen Bedingungen mit zunehmender Spannung, jedoch nur bis zu einer bestimmten Höhe, dann bleibt sie gleich, auch wenn man die Spannung noch weiter erhöht. Dieser Gleichgewichtszustand wird dann erreicht, wenn alle aus der Kathode austretenden Elektronen von der Spannung erfaßt und bis zur Anode gebracht werden. Dieser nicht mehr zu verstärkende Strom wird Sättigungsstrom genannt.

**Die Dreielektrodenröhre oder Triode.** Dadurch, daß man zwischen Anode und Kathode eine dritte Elektrode in Form eines Gitters ( $G$  in Abb. 47) anbringt, läßt sich eine Elektronenröhre auch zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen verwenden. Ein solches Gitter stört, solange es elektrisch nicht geladen ist, die Elektronenbewegung von der Kathode zur Anode in keiner Weise. Die Elektronen fliegen durch die Maschen des Gitters ungehindert hindurch. Ladet man das Gitter positiv auf, also in dem gleichen Sinne wie die Anode, so wird die Anziehung dieser durch das

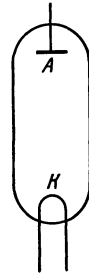


Abb. 46.  
Elektronen-  
oder Glüh-  
kathoden-  
röhre.

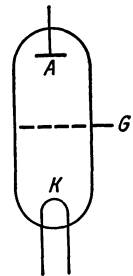


Abb. 47.  
Dreielektro-  
denröhre  
oder Triode.

Gitter unterstützt, der Strom wird verstärkt. Umgekehrt, wenn das Gitter negativ geladen ist. Die negative Ladung wirkt der positiven Ladung der Anode entgegen, vermindert also den Strom. Ist die Ladung des Gitters eine genügend starke, so kann sie den Strom auch vollkommen unterdrücken. Die Röhre ist für den Stromdurchgang gesperrt. Wechselt die Ladung des Gitters in rascher Folge zwischen einem bestimmten positiven und negativen Wert, so ist die Röhre für den Stromdurchtritt abwechselnd offen und geschlossen. Da die Elektronen eine verschwindend kleine Masse haben, so arbeitet dieser Mechanismus so gut wie trägheitslos. Er kann also auch den schnellsten Schwingungen folgen.

Abb. 48 zeigt die Ansicht einer solchen Röhre, wie sie für medizinische Zwecke verwendet wird. Abb. 49 erläutert in schematischer Darstellung den Bau einer solchen Röhre.

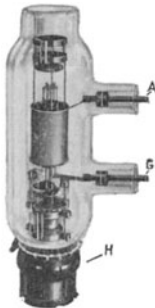


Abb. 48. Ansicht einer Elektronenröhre (Siemens-Reiniger-Werke).

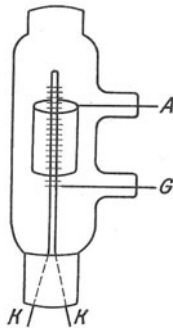


Abb. 49. Schematische Darstellung einer Elektronenröhre.

Die Glühkathode wird durch einen in der Röhrenachse gespannten Faden aus schwer schmelzbarem Metall gebildet. Das Gitter umschließt in Form einer Spirale in zahlreichen Windungen den Heizfaden. Die Anode schließlich ist ein Metallzylinder, der konzentrisch Kathode und Gitter umfaßt.

Die Dreielektrodenröhre als Schwingungserreger. Eine Gitterröhre kann in besonderer Schaltung zur Erzeugung von ungedämpften Schwingungen dienen. In Abb. 50 sieht man, durch starke Zeichnung hervorgehoben, einen

elektrischen Schwingungskreis, bestehend aus einem Kondensator  $C_1$  und einer Selbstinduktionsspule  $L_1$ . In diesem Kreis entstehen Schwingungen in der bereits beschriebenen Weise, wenn sich der Kondensator über die Induktionsspule entladet. Diese Schwingungen würden aber sehr bald abklingen und erlöschen. In der Elektronenröhre haben wir nun ein Mittel, das Erlöschen der Schwingungen zu verhüten. Mit ihrer Hilfe können wir dem Schwingungskreis andauernd Energie nachliefern, um die verlorengegangene Energie zu ersetzen. Es wäre dies etwa dem Vorgang vergleichbar, daß man ein Pendel dauernd in Schwingung erhält, wenn man ihm z. B. mit der Hand immer wieder kleine Impulse gibt. Wesentlich ist dabei nur, daß die Impulse im richtigen Zeitmoment und im gleichen Rhythmus mit den Pendelschwingungen erfolgen. Dieser mit den Schwingungen synchrone Energieersatz wird nun bei den elektrischen Schwingungen durch die Elektronenröhre besorgt. Zu diesem Zweck wird die Röhre in der in Abb. 50 ersichtlichen Weise geschaltet. Die Energiequelle, das ist eine Hochspannungsbatterie  $B$ , ist mit ihrem negativen Pol direkt an die eine Kondensatorbelegung angeschlossen, der positive

Pol führt über die Röhre. Eine Ladung oder Nachladung des Kondensators kann daher nur in jener Phase erfolgen, wo ein Strom zwischen Anode und Kathode fließt, anderenfalls ist der Röhrenkreis blockiert.

Das Öffnen und Schließen des Kreises wird nun durch den Schwingungskreis selbst besorgt, und zwar in folgender Weise. Die in dem Schwingungskreis  $C_1 L_1$  erregten Schwingungen wirken auf einen zweiten Kreis, der mit dem ersten induktiv oder in anderer Weise gekoppelt ist und innerhalb der Röhre vom Gitter  $G$  zur Kathode  $K$  verläuft. Er heißt Gitterkreis. Dieser Gitterkreis kommt ins Mitschwingen und erzeugt am Gitter wechselnde Spannungen, durch die der Anodenstrom einmal geöffnet und einmal geschlossen wird. Auf diese Weise steuert der Schwingungskreis selbst in der Frequenz der eigenen Schwingungen die Ein- und Ausschaltung der Batterie, welche die Nachlieferung der Energie besorgt. Die Röhre wirkt somit wie ein selbsttätiger Schalter, der im richtigen Moment die Batterie mit dem Kondensator verbindet. Diese zuerst von A. Meissner angegebene Schaltung bezeichnet man als Rückkoppelung.

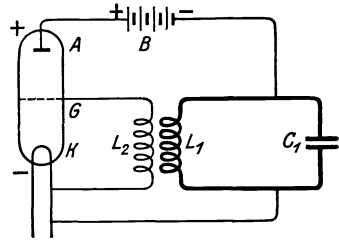


Abb. 50. Die Dreielektrodenröhre als Schwingungserreger.

### Der Bau eines Röhrenapparates.

Die Röhrenapparate besitzen so wie die Funkenapparate zwei Schwingungskreise, einen Generatorkreis und einen Patienten- oder Therapiekreis.

**Der Generatorkreis.** Will man Kurzwellenströme erzeugen, dann müssen die Kapazität und die Induktivität des Generatorkreises möglichst klein gehalten werden. Bei Wellenlängen, wie wir sie therapeutisch benützen, genügt schon die sogenannte innere Kapazität der Röhre, die dadurch gegeben ist, daß zwischen Anode und Gitter eine Potentialdifferenz besteht und beide durch das Vakuum der Röhre getrennt sind. Die beiden Belegungen dieses „Röhrenkondensators“, Anode und Gitter, werden durch eine Induktionsspule  $L$  von wenigen Windungen miteinander verbunden, wodurch der primäre Schwingungskreis gebildet wird (Abb. 51). Für sehr kurze Wellen genügt ein einfacher Metallbügel. Will man die Wellenlänge eines Apparates veränderlich machen, so kann man einen Bügel verwenden, der mehr oder weniger Windungen der Spule kurz zu schließen vermag, um schließlich für sich allein als Selbstinduktion zu dienen.

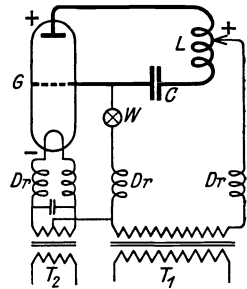


Abb. 51. Schaltbild eines Röhrenapparates.

Zum Betrieb der Röhre benötigen wir einen hochgespannten Strom, über dessen Erzeugung wir noch später sprechen werden. Der eine Pol der Hochspannungsquelle  $T_1$  ist über die Induktionsspule mit der Anode

verbunden, der andere liegt an der Glühkathode. Damit die Hochspannung nicht auch in das Gitter einbricht, ist vor dieses ein Blockkondensator  $C$  gelegt, der wohl für den hochfrequenten, nicht aber für den niederfrequenten oder Gleichstrom durchlässig ist.

Die Kapazität dieses Kondensators ist im Verhältnis zur Röhrenkapazität sehr groß. Da bei der Hintereinanderschaltung von Kapazitäten nach physikalischen Gesetzen stets die kleinste Kapazität für die Frequenz der Schwingungen ausschlaggebend ist, so nimmt dieser Kondensator keinen Einfluß auf die Wellenlänge.

Der Heizfaden der Kathode wird durch eine besondere Stromquelle (Heiztransformator  $T_2$ ) zum Glühen gebracht. Die Stärke der Heizung kann an einem Volt- oder Amperemeter kontrolliert werden. Zwischen Kathode und Gitter befindet sich noch ein sehr hoher Widerstand  $W$ , der die Aufgabe hat, die am Gitter hängenbleibenden Elektronen zur Kathode zurückzuleiten, um dadurch eine bleibende zu hohe negative Ladung des Gitters zu verhüten. Er heißt darum Gitterableitungswiderstand.

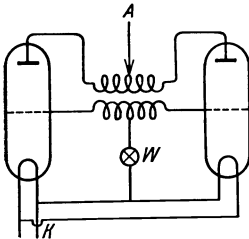


Abb. 52. Gegentakt-schaltung zweier Röhren.

In die beiden Enden des Heizfadens sowie an die Zuleitung zur Anode sind Drosselspulen  $D$  eingebaut (s. S. 17). Sie sollen verhindern, daß Hochfrequenzenergie aus dem Schwingungskreis abfließt und so verlorengeht. An Stelle von Drosselspulen kann man auch Sperrkreise verwenden, bestehend aus einem Kondensator und einer Spule in Parallelschaltung (s. S. 21). Drosselspulen und Sperrkreise müssen auf die Wellenlänge des Schwingungskreises genauestens abgestimmt werden, nur dann halten sie dicht.

Zum Betrieb einer Elektronenröhre sollte eigentlich hochgespannter Gleichstrom verwendet werden, da die Röhre ja eine bestimmte Polarität besitzt. Da es aber viel leichter ist, einen Wechselstrom als einen Gleichstrom auf eine hohe Spannung zu bringen, werden die medizinischen Kurzwellenapparate fast durchwegs zum Anschluß an ein Wechselstromnetz gebaut. Mit Hilfe eines Transformators wird der Strom der Zentrale auf eine Spannung von 4000—5000 Volt gebracht. Infolge der Ventilwirkung der Röhre (s. S. 29) wird beim Wechselstrombetrieb jedoch nur die eine Halbwelle verwendet. Der Hochfrequenzstrom weist daher entsprechend den ausgefallenen Halbwellen Pausen auf. Wollte man einen pausenlosen Strom, dann müßte man einen hochgespannten Wechselstrom, bevor man ihn in die Röhre führt, gleichrichten, d. h. in einen pulsierenden Gleichstrom verwandeln. Das kann mit Hilfe von Gleichrichter-röhren geschehen. Das gleiche Ziel kann man erreichen, wenn man statt einer zwei Elektronenröhren im Generatorkreis verwendet, die so geschaltet sind, daß die erste Röhre die eine, die zweite Röhre die andere Halbwelle aufnimmt und verwertet. Man nennt dies Gegentaktschaltung (Abb. 52).

**Der Behandlungskreis.** Dieser ist mit dem Generatorkreis induktiv gekoppelt. Er besteht im wesentlichen aus dem Behandlungskondensator, das sind die Elektroden und der dazwischengeschaltete Körper-teil, und den Zuleitungen (Kabel). Bei Verwendung von sehr kurzen Wellen müssen wegen der Induktivität die Zuleitungen sehr kurz ge-



halten sein, so daß der ganze Behandlungskreis nur mehr einen sehr kleinen Umfang, bzw. Durchmesser hat. Andererseits muß der Behandlungskreis, soll er die Energie des Generatorkreises gut aus-

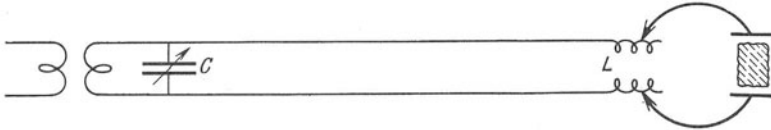


Abb. 53. Energieübertragung vom Generatorkreis auf den Behandlungskreis durch ein Lechersystem.

nützen, möglichst nahe an diesen herangebracht werden, d. h. möglichst enge mit ihm gekoppelt werden. Dadurch wird die Beweglichkeit und die Einstellung des Therapiekreises aber so be-

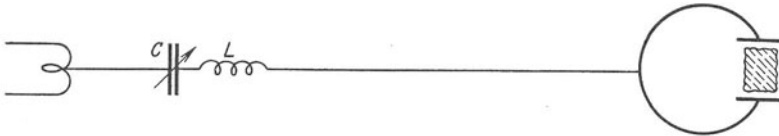


Abb. 54. Energieübertragung vom Generatorkreis auf den Behandlungskreis durch eine Speiseleitung (nach Tomberg).

schränkt, daß eine Behandlung überhaupt nicht mehr oder nur unter den größten Schwierigkeiten durchgeführt werden kann.

Um den Therapiekreis in jeder Richtung drehen und einstellen zu können, ist es notwendig, ihn vom Generatorkreis räumlich zu trennen und ihm die Energie dieses Kreises in irgendeiner Weise möglichst verlustlos zuzuführen. Das kann durch ein sogenanntes Lechersystem geschehen. Dieses besteht aus zwei parallelaufenden Drähten, die, an dem einen Ende miteinander verbunden, induktiv mit dem Erregerkreis gekoppelt sind und an dem anderen Ende den Behandlungskreis tragen (Abb. 53). In diesen parallelaufenden Drähten bilden sich stehende Wellen aus, die praktisch ohne Energieverlust die Hochfrequenz aus dem Generatorkreis auf den Behandlungskreis überleiten. Die Abstimmung dieses Kreises geschieht teils durch einen parallelgeschalteten Kondensator  $C$ , teils durch zwei symmetrisch angeordnete Induktionsspulen  $L$ .

Statt zwei paralleler Drähte kann man auch einen einzigen Draht benutzen, der galvanisch den Therapiekreis mit dem Erregerkreis verbindet (Speiseleitung nach Tomberg) (Abb. 54). Die Rückleitung erfolgt dann über die Erdkapazitäten von Patient und Apparat.



Abb. 55. Kleiner Röhrenapparat (Ultratherm der Siemens-Reiniger-Werke).

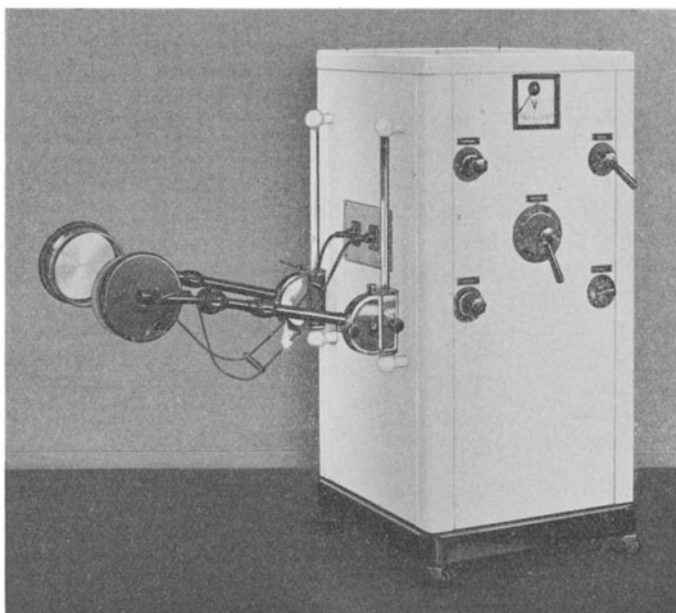


Abb. 56. Großer Röhrenapparat (Pandoros der Siemens-Reiniger-Werke).

Abb. 55 zeigt die Ansicht eines kleineren, Abb. 56 die eines größeren Röhrenapparates.

### Die Charakteristik eines Kurzwellenapparates.

**Hochspannungs- und Strahlenschutz.** Die erste Forderung ist, daß der Apparat hochspannungssicher ist, d. h., daß alle Hochspannung führenden Teile gegen eine zufällige Berührung gesichert sind. Das gilt in gleicher Weise für den Generator- wie den Behandlungskreis. Da der Generatorkreis, der eine niederfrequente Hochspannung von 4000—5000 Volt führt, in das Innere des Apparates verlegt ist, so kommt eine Berührung nur dann in Frage, wenn der Apparat geöffnet wird. Es soll daher das Öffnen des Apparates nur mittels Werkzeuges möglich sein oder eine Einrichtung bestehen, die bei der Öffnung den Strom selbsttätig ausschaltet.

Auch der Behandlungskreis führt einen hochgespannten Strom. Da dieser gleichzeitig hochfrequent ist, ist er zwar nicht lebensgefährlich, immerhin aber erzeugt die Berührung seiner Leitungen, falls sie blank sind, einen Funkenübergang und damit eine Verbrennung. Es müssen daher alle stromführenden Teile, das sind Elektroden, Kabel und ihre Anschlüsse, allseits isoliert sein. Nirgends dürfen metallisch blanke Teile der Berührung zugänglich sein.

Da die elektromagnetische Strahlung der Kurzwellenapparate bei dazu disponierten Personen bisweilen nervöse Erscheinungen aus-

löst (s. S. 92), so muß der Arzt und das Bedienungspersonal gegen diese Strahlung gesichert werden. Das geschieht am besten dadurch, daß der Apparat in ein nach allen Seiten geschlossenes Metallgehäuse eingebaut wird, das geerdet wird. Allerdings kann dieses Gehäuse nicht alle Hochspannung führenden Teile umschließen, da ja die Elektroden und Kabel außerhalb der Metallumhüllung liegen müssen. Auch diese strahlen. Um diese Strahlung unwirksam zu machen, hat man Schutzkleidungen oder Schutzvorhänge aus metalledurchwirkten Stoffen vorgeschlagen. Doch ist die Anwendung solcher Behelfe umständlich und unbequem. Sie können wohl auch entbehrt werden, da Gesundheitsstörungen durch Strahlung des Patientenkreises bei den derzeit gebrauchten Kurzwellenapparaten meines Wissens bisher nicht bekanntgeworden sind.

**Die Leistung der Apparate.** Hier unterscheiden wir die Eingangsleistung (input) von der Ausgangsleistung (output). Unter Eingangsleistung verstehen wir die vom Apparat aufgenommene Energie, gemessen in Watt, unter Ausgangsleistung die vom Apparat im Therapiekreis abgegebene Energie, also jene Leistung, die zur therapeutischen Verfügung steht. Wir nennen sie auch Nutzleistung. Das Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsleistung bezeichnen wir als den Wirkungsgrad des Apparates. Er ist natürlich umso besser, je mehr von der aufgenommenen Energie in Nutzleistung umgesetzt wird.

Ein großer Teil der primären Energie wird in der Röhre selbst in Wärme umgewandelt, teils dadurch, daß die Kathode zum Glühen gebracht wird, teils dadurch, daß die auf die Anode auftreffenden Elektronen plötzlich gebremst werden, wodurch sich ihre kinetische Energie in Wärme umformt. Das Anodenblech kommt auf diese Weise gleichfalls zum Glühen. Den so entstandenen Energieverlust bezeichnen wir als Anodenverlust.

Der primäre Wattverbrauch der Kurzwellenapparate hängt natürlich von der Größe und dem Bau der Apparate, insbesondere von der Zahl der Funkenstrecken, der Zahl und Größe der Röhren ab. Ganz große Apparate, wie der Ultra-Pandoros und der Pyrotherm der Siemens-Reiniger-Werke nehmen 3000—5000 Watt auf, kleinere Apparate 1000—2000 Watt. Dementsprechend verschieden ist natürlich die Ausgangs- oder Nutzleistung.

**Der Wirkungsgrad der Apparate.** Dieser hängt von folgenden Bedingungen ab:

1. Von der Art der Stromerzeugung. Löschfunkenapparate ergeben bei gleicher Energieaufnahme eine geringere Nutzleistung als Röhrenapparate. Zunächst wird schon in den Funkenstrecken ein größerer Teil der Energie in Wärme umgesetzt, als dies in der Röhre der Fall ist. Dann aber liefern die Röhrenapparate ungedämpfte, bei Gleichstrombetrieb oder Gegentaktschaltung auch fast ununterbrochene oder pausenlose Ströme, während die Schwingungen der Löschfunkenapparate gedämpft und von Pausen unterbrochen sind.

2. Von der Wellenlänge. Der Wirkungsgrad der Apparate nimmt mit der Wellenlänge der erzeugten Ströme ab. Er ist für lange

Wellen größer, für kürzere Wellen kleiner. Um ein Beispiel zu nennen, wird die Nutzleistung des Ultra-Pandoros der Siemens-Reiniger-Werke bei einer Wellenlänge von 15 m mit 500 Watt, bei einer Wellenlänge von 3 m mit 100 Watt angegeben. Geht man unter eine Wellenlänge von 3 m herab, so sinkt die Nutzleistung der Kurzwellenapparate ganz rapid, so daß therapeutisch brauchbare Leistungen nicht mehr erzielt werden können. Bei einer Wellenlänge von 6 m läßt sich noch ein Wirkungsgrad von 20—35% erreichen, bei 3 m sinkt er aber bereits bis auf 5—15% herab.

3. Von der Art der Stromanwendung, d. h. der Behandlungstechnik. Es macht einen wesentlichen Unterschied, ob man mit anliegenden oder abstehenden Elektroden arbeitet, ob das Dielektrikum Luft oder ein anderer Körper ist. Je größer der kapazitive Widerstand im Behandlungskreis, umso geringer ist der Wirkungsgrad des Apparates.

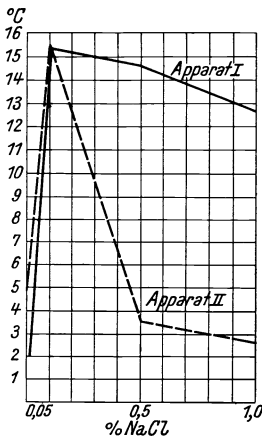


Abb. 57. Leistungskurven zweier Kurzwellenapparate.

So betrug z. B. nach einer Messung bei einem Röhrenapparat die Leistung bei anliegenden Elektroden 320 Watt, bei einem Luftabstand von 2 cm 260 Watt. Viel größer waren die Unterschiede bei einem Funkenstreckenapparat. Dieser ergab bei anliegenden Elektroden 110 Watt, bei 2 cm Luftabstand jedoch nur 40 Watt.

4. Von dem Widerstand des Behandlungsobjektes. Es ist bekannt, daß auch die Leistung der Diathermieapparate, ausgedrückt in Watt, bei verschiedenen Körperwiderständen verschieden groß ist. Man kann diese Abhängigkeit der Leistung von dem Widerstand in einer Kurve, einer sogenannten Kennlinie, wiedergeben.

Abb. 57 zeigt die Kennlinie zweier Kurzwellenapparate gleicher Wellenlänge, deren Leistung durch die Erwärmung verschieden konzentrierter Kochsalzlösungen gemessen wurde. Man erkennt, daß die Leistung der Apparate bei sehr hohen Widerständen fast gleich ist. Bei kleineren Widerständen gehen die beiden Kurven aber stark auseinander. Der Apparat I gibt eine wesentlich größere Leistung als der Apparat II. Es wird Aufgabe der Technik sein, die Leistung der Apparate bei den in der Therapie am häufigsten vorkommenden Widerständen möglichst hoch zu halten.

Ein Kurzwellenapparat, der für örtliche Behandlungen bestimmt ist, soll wenigstens über eine Leistung von 300 Watt verfügen, ein solcher, der zur Allgemeinbehandlung dient, eine Leistung von 600 bis 700 Watt haben. Da wir bei der Behandlung eines Kranken begreiflicherweise nicht unter jenen günstigen Bedingungen arbeiten, bei denen die von den Firmen für ihre Apparate angegebene Leistung gefunden wurde, so ist die uns praktisch zur Verfügung stehende Hochfrequenzleistung an sich schon geringer. Zweifellos ist die thermische Wirkung der meistgebrauchten Kurzwellenapparate, wenn wir von den ganz großen Apparatypen absehen, wesentlich kleiner als die unserer Diathermieapparate. Durchwärmt man ein Becken, ein Abdomen oder

einen Thorax mit einem gewöhnlichen Diathermieapparat, so läßt sich leicht jede gewünschte Wärmewirkung bis zur Unerträglichkeit erzielen. Versuchen wir das gleiche mit einem der gangbaren Kurzwellenapparate in der üblichen Form des Kondensatorfeldes, so wird man bei dem Kranken bestenfalls ein angenehmes, meist nicht sehr intensives Wärmegefühl erzeugen können. Selbst wenn man berücksichtigt, daß die Hauterwärmung bei der Kurzwellenbehandlung eine relativ geringere, bzw. die Tiefenwirkung eine relativ größere ist, so sind die heute gebräuchlichen Kurzwellenapparate doch noch weit davon entfernt, die thermischen Leistungen der Diathermieapparate zu ersetzen.

**Die Messung der Hochfrequenzleistung.** Diese kann in verschiedener Weise erfolgen.

1. Kalorimetrisch. Mit Hilfe eines Wasserkalorimeters wird eine bestimmte Wassermenge eine bestimmte Zeit lang erwärmt. Aus dem erreichten Temperaturanstieg läßt sich leicht die Kalorienmenge entnehmen, die dann in Watt umgerechnet wird. 0,24 große Kalorien entsprechen 1000 Watt.

2. Photometrisch mit Hilfe eines Photowattmeters. Dieses besteht aus einem Lampenphantom, gebildet aus einer Kohlenfadenlampe bestimmter Stärke, die mit zwei Metallplatten verbunden ist, und einer lichtelektrischen Zelle, die sich in einem bestimmten Abstand von dem Glühfaden der Lampe befindet. Die Stärke des auf die Photozelle fallenden Lichtes kann am Instrument in Lux abgelesen werden. Aus einer der Meßanordnung beigegebenen Eichkurve findet man die absolute Angabe der Leistung in Watt. Die Messungen werden natürlich im verdunkelten Raum ausgeführt.

**Die Wellenlänge.** Die derzeit in der Medizin verwendeten Wellen haben eine Länge von 3—30 m. Wellen, die kürzer sind als 3 m, kommen therapeutisch nicht zur Anwendung, weil der Wirkungsgrad der Apparate für Wellen unter 3 m schon so gering ist, daß die Nutzleistung eine ungenügende wird. Andererseits auch darum, weil die Abmessungen des Behandlungskreises für derart kurze Wellen so klein wären, daß es Schwierigkeiten macht, größere Körperteile in ihnen unterzubringen. Es gibt Kurzwellenapparate, die nur auf eine einzige Wellenlänge eingestellt sind, und solche, bei welchen die Wellenlänge nach Wunsch veränderbar ist. Die Veränderung kann stufenweise oder kontinuierlich innerhalb eines bestimmten Wellenbereiches erfolgen.

Es ist bekannt, daß Röhrenapparate auf eine ganz bestimmte Wellenlänge abgestimmt werden können. Das ist bei den Funkenapparaten nicht der Fall. Sie liefern stets ein Band verschieden langer Wellen, wenn aus diesen auch eine bestimmte Wellenlänge in besonderer Weise hervortritt. Die Röhrenapparate sind monofrequent, die Funkenapparate polyfrequent.

Die bei einem Röhrenapparat eingestellte Wellenlänge ist weitgehend konstant. Bei den Funkenapparaten wird sie sehr stark durch die im Therapiekreis herrschenden Verhältnisse beeinflusst. Das liegt vor allem daran, daß diese Apparate fast alle eine feste Koppelung zwischen Therapie- und Erregerkreis besitzen. Dies zu dem Zweck, um

bei der meist an sich begrenzten Leistung das Höchstmögliche aus dem Generatorkreis herauszuholen. Die Wellenlänge der Löschfunkenapparate ändert sich daher je nach der Größe und dem Abstand der verwendeten Elektroden, der Größe und Dicke des eingeschalteten Körperteiles und der Stärke des zur Anwendung kommenden Stromes.

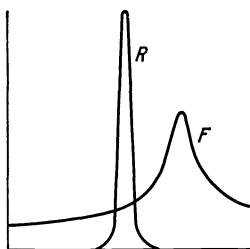


Abb. 58. Resonanzkurven eines Röhren- und Funkenstreckenapparates.

Der Behandlungskreis greift sich gleichsam je nach seiner Kapazität und Selbstinduktion aus dem Wellenband des Primärkreises die ihm zukommende Wellenlänge heraus. Diesen Übelstand vermögen auch „auf Wellenlängen gezeichnete“ Elektroden nur zum Teil auszugleichen.

Dieser Unterschied zwischen Röhren- und Löschfunkenapparaten tritt sehr deutlich in der sogenannten Resonanzkurve der Apparate in Erscheinung. Die Resonanzkurve, die wir mit Hilfe eines Wellenmessers aufnehmen können, zeigt die Stärke des im Patientenkreis fließenden Stromes bei der Abstimmung. Aus der Abb. 58 ersehen wir, daß bei dem Röhrenapparat im Patientenkreis ein Strom nur dann auftritt und plötzlich zu großer Stärke anwächst, wenn der Resonanzpunkt erreicht ist. Eine Energieübertragung von dem Erreger- auf den Behandlungskreis findet nur bei einer ganz bestimmten Wellenlänge statt. Anders bei den Löschfunkenapparaten. Hier fließt in dem Patientenkreis schon vor und nach Erreichung der vollen Resonanz ein Strom. Das will sagen, daß bei den Funkenapparaten eine bestimmte Wellenlänge vorherrscht, aber auch benachbarte kürzere und längere Wellen an der Wirkung beteiligt sind.

## Die Elektroden.

Man kann grundsätzlich zwei Arten von Elektroden unterscheiden, die starren und die weichen oder biegsamen Elektroden.

1. Die starren Elektroden werden gewöhnlich in der von Schliephake angegebenen Form gebraucht (Abb. 59). In einem zylindrischen Gefäß aus Glas oder Hartgummi, dem sogenannten Elektrodenschuh, ist eine Metallplatte parallel zum Boden des Gefäßes zu verschieben und in jeder Stellung zu fixieren. Man kann so den Abstand der Elektrode von der Haut nach Wunsch einstellen. Diese Elektroden haben, besonders in größerer Ausführung, den Nachteil, daß sie schwer sind und zu ihrer Anwendung besonderer Stative oder Träger bedürfen.

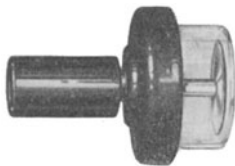


Abb. 59. Elektrode nach Schliephake (Siemens-Reiniger-Werke).

2. Die weichen oder biegsamen Elektroden. Wegen ihres großen Gewichtes, ihrer geringen Anpassungsfähigkeit und der Unmöglichkeit, darauf zu liegen, werden an Stelle der starren Elektroden in der Praxis vielfach weiche Elektroden verwendet. Sie bestehen aus einem biegsamen Metallblech oder Metallnetz, das allseits mit Einschluß des metallischen Anschlusses für die Kabel mit Weichgummi isoliert ist

(Abb. 60). Der für eine Tiefenwirkung nötige Abstand der Elektrode vom Körper wird hier nicht durch eine Luftschicht, sondern durch ein festes Dielektrikum erreicht. Dieses Dielektrikum soll sich selbst so wenig als möglich erwärmen. Man verwendet hierzu in der Regel weichen Filz in verschieden dicker Lage, der siebartig durchlocht ist (Abb. 61). Auch Schwamm- oder Moosgummi, die ich seit langem benütze, sind als Zwischenlage sehr geeignet. Sie haben infolge ihres hohen Luftgehaltes eine Dielektrizitätskonstante (1,3), die derjenigen der Luft (1,0) sehr nahe kommt. Sie erwärmen sich infolgedessen auch sehr wenig. Wichtig ist, daß alle Zwischenlagen durchaus trocken sind, denn der geringste Wassergehalt, wie er z. B. durch die Aufsaugung von Schweiß erzeugt wird, bedingt sofort eine starke Erhitzung. Um die Unterlage mit der Elektrode zu verbinden, werden beide gewöhnlich miteinander in eine waschbare Leinentasche gesteckt. Das ist aus hygienischen Gründen zweckmäßig. In der therapeutischen Praxis wird man sowohl starre wie biegsame Elektroden benötigen. Für manche Zwecke eignen sich diese, für andere Zwecke wieder jene besser.

Zu den weichen Elektroden gehören auch die Kondensatorbinden von Kowarschik, wie sie zur Solenoidbehandlung verwendet werden. Sie sind auf S. 63 näher beschrieben.

Über Spezialelektroden, wie sie zur vaginalen, rektalen, zahnärztlichen Behandlung u. dgl. notwendig sind, wird im therapeutischen Teil das Nötige gesagt werden.

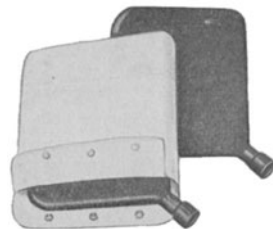


Abb. 60. Weichgummielektroden mit Leinentasche (Siemens-Reiniger-Werke).

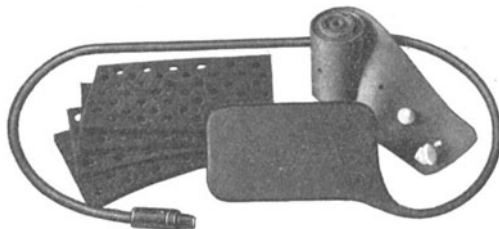


Abb. 61. Weichgummielektrode mit Filzunterlagen und Befestigungsbinde (Siemens-Reiniger-Werke).

### III. Die Technik der Kurzwellenbehandlung.

#### Einleitung.

Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten, den Kurzwellenstrom therapeutisch anzuwenden:

1. **Die Behandlung im geschlossenen Leitungskreis.** In gleicher Weise wie den Diathermiestrom kann man auch den Kurzwellenstrom dem Körper mit direkt der Haut anliegenden Metallelektroden zuführen (Abb. 62). Der Körper ist so, wie der Techniker sagt, galvanisch in den Kreis geschlossen. Diese Technik wurde in der Kurzwellentherapie zuerst von

Stieböck benützt. Sie ist, wie ich durch Leichenversuche zeigen konnte, durchaus rationell, denn sie ist der Diathermie an relativer Tiefenwirkung überlegen. Wenn diese Methode heute kaum geübt wird, so liegt das wohl daran, daß bei den hohen Spannungen, die im Therapiekreis eines Kurzwellenapparates vorhanden sind, die Gefahr einer Funkenbildung beim Abheben oder Abgleiten einer Elektrode und dadurch die Gefahr einer Verbrennung eine nicht unbeträchtliche, in jedem Fall eine größere ist als bei der Diathermie.

2. **Die Behandlung im Kondensatorfeld.** Sie wurde für biologische Versuche zuerst von Schereschewski, für therapeutische Zwecke zuerst von Schliephake über Vorschlag Esaus angewendet. Sie heißt auch Behandlung im elektrischen Feld, weil sich der Körper dabei in dem elektrischen Feld befindet, das zwischen den Platten eines Luftkondensators besteht. Zwischen diesen Platten, therapeutisch Elektroden genannt, und dem Körper besteht keinerlei Berührung, beide sind durch eine mehr oder weniger breite Luftschicht voneinander

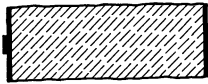


Abb. 62. Behandlung im geschlossenen Leitungskreis.

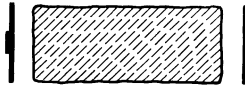


Abb. 63. Behandlung im Kondensatorfeld.

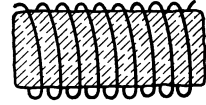


Abb. 64. Behandlung im Spulenfeld.

getrennt (Abb. 63). Man kann das Dielektrikum Luft auch durch ein festes Dielektrikum, wie Filz, Gummi u. dgl., ersetzen. Grundsätzlich wird an der Anordnung dadurch nichts geändert, denn stets befindet sich zwischen Körper und Elektrode (Metallplatte) ein Dielektrikum, also eine isolierende Zwischenschicht. Die Übertragung der Energie von den Elektroden auf den Körper geschieht durch das elektrische Wechselfeld (Verschiebungsstrom), welches das Dielektrikum durchsetzt. Man kann daher von einem kapazitiven Anschluß des Körpers sprechen.

3. **Die Behandlung im Spulenfeld.** Dabei wird der Körper in das Innere einer Induktionsspule (Solenoid) gebracht (Abb. 64). Diese Methode wurde von Arsonval unter dem Namen Autokonduktion schon vor mehr als 40 Jahren in die Hochfrequenztherapie eingeführt. Ihre Anwendung in der Kurzwellentherapie hielt man zunächst aus theoretischen Überlegungen für unmöglich. Ich konnte jedoch zeigen, daß dieses Verfahren auch zur therapeutischen Anwendung der Kurzwellen durchaus geeignet ist. Allerdings besteht im Innern einer von einem Kurzwellenstrom durchflossenen Spirale kein magnetisches Feld, wie das bei Benützung eines Gleichstroms oder niederfrequenten Wechselstroms der Fall ist, sondern ein elektrisches Feld. Wir haben es bei der Kurzwellenbehandlung im Spulenfeld nicht, wie man erwarten soll, mit einer Behandlung im magnetischen, sondern mit einer Behandlung in einem besonderen elektrischen Feld zu tun (s. S. 62).

**Die Behandlung im elektromagnetischen Feld.** Anhangsweise soll erwähnt werden, daß man auch versucht hat, das von einer Antenne (Dipol)



ausgestrahlte elektromagnetische Feld, dessen sich der Rundfunk bedient, für therapeutische Zwecke auszunützen. Da ein solches Feld sich nach allen Richtungen des Raumes ausbreitet, so wird ein auch sehr nahe der Antenne befindlicher Körper immer nur einen kleinen Teil der ausgestrahlten Energie in sich aufnehmen können, der größte Teil der Strahlung wird ungenützt verlorengehen. Wohl könnte man mit Hilfe von parabolisch oder elliptisch gekrümmten Metallspiegeln ein solches Feld richten, d. h. in eine bestimmte Richtung lenken oder konzentrieren. Doch sind für Wellen in der Länge von 3—30 m hierzu Spiegel von solchen Dimensionen erforderlich, daß ein derartiges Instrumentarium für die therapeutische Praxis nicht in Frage kommen kann, abgesehen davon, daß immer nur der ganze Körper, nicht aber einzelne Teile desselben beeinflußt werden könnten.

## Die Behandlung im Kondensatorfeld.

### Allgemeines.

Wollen wir die Kurzwellen therapeutisch richtig anwenden, dann müssen wir vor allem die Bedingungen kennen, von denen die

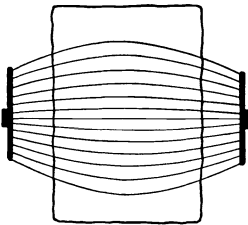


Abb. 65. Das Behandlungsobjekt ist größer als das Feld.

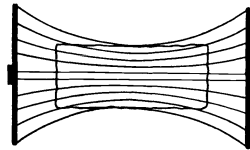


Abb. 66. Das Behandlungsobjekt ist kleiner als das Feld.

Erwärmung des Behandlungsobjektes abhängt. Diese Bedingungen sind teils von vornherein gegeben und darum nicht zu ändern, teils sind sie unserer Wahl und Entscheidung überlassen. Zu den gegebenen Bedingungen gehören die Dimensionen des Objektes und seine elektrophysikalische Beschaffenheit (Leitungswiderstand, Dielektrizitätskonstante). Wie diese Faktoren die Erwärmung beeinflussen, werden wir später eingehend besprechen. Hier interessieren uns nur die äußeren oder technischen Bedingungen, welche für die Erwärmung des Körpers maßgebend sind. Es sind dies: 1. Die Größe der Elektroden im Vergleich zur Größe des Behandlungsobjektes und ihre gegenseitige Einstellung. 2. Der Abstand der Elektroden vom Körper. 3. Die Stromstärke, Behandlungszeit und Wellenlänge.

Was zunächst das Verhältnis zwischen Elektroden- und Objektgröße betrifft, so können wir hier zwei Möglichkeiten unterscheiden: 1. Das Behandlungsobjekt ist größer als das Feld. Der behandelte Körperteil überragt nach allen Seiten die Elektroden, sein Querschnitt ist in jeder Richtung größer als die Oberfläche der Elektroden (Abb. 65). 2. Das Behandlungsobjekt ist kleiner als das Feld. Die Elektroden überragen nach allen oder nur nach bestimmten Richtungen den behandelten Körperteil. Der Querschnitt dieses ist kleiner als die Oberfläche der Elektroden (Abb. 66).

Die Feldverteilung und die Erwärmungsverhältnisse sind in diesen beiden Fällen ganz verschieden. Im ersten Fall verlaufen die Feldlinien von den Elektroden gegen das Behandlungsobjekt divergierend, das will sagen, es findet eine Streuung der Feldlinien statt. Die Folge davon ist, daß die Dichte des Feldes und infolgedessen die Erwärmung an der Oberfläche des Körpers stärker ist als in der Mitte. Im zweiten Fall konvergieren die Feldlinien gegen den behandelten Körperteil. Es kommt nicht zu einer Streuung, sondern im Gegenteil zu einer Verdichtung des Feldes im Körperinnern. Die Tiefenwirkung ist eine wesentlich bessere. Es bestehen also grundsätzliche Verschiedenheiten, die für die therapeutische Praxis von größter Bedeutung sind und die es zweckmäßig erscheinen lassen, die beiden Fälle gesondert zu betrachten. Der Einfachheit halber wollen wir in folgendem kurzweg von einer Behandlung in kleinen und von einer Behandlung in großen Feldern sprechen, wobei groß und klein natürlich nur das Verhältnis zwischen Feld- und Objektgröße zum Ausdruck bringt.

### Die Behandlung in kleinen Kondensatorfeldern.

**Die physikalische Anordnung.** Bringen wir einen Körperteil in das Kondensatorfeld, der allseitig größer ist als dieses, so wird ein Teil der Luft durch die Körpermasse verdrängt. Das früher gleichartige

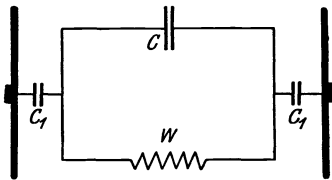


Abb. 67. Ersatzschema für die Behandlung in kleinen Feldern.

Dielektrikum wird in ein geschichtetes Dielektrikum Luft—Körper—Luft umgewandelt. Wir haben es gleichsam mit einer Hintereinanderschaltung verschiedener Dielektrika zu tun (Abb. 65). Die zu beiden Seiten des Körpers befindlichen Luftschichten vermitteln die Überleitung der Schwingungsenergie mit Hilfe eines Verschiebungsstromes. Im Körper selbst geschieht der Energietransport teils als Leitungs-, teils als Verschiebungsstrom (s. S. 24). Wollen wir diese Verhältnisse physikalisch zum Ausdruck bringen, so kommen wir zu folgendem Ersatzschema (Abb. 67). Die beiden Luftschichten werden durch Kondensatoren verhältnismäßig kleiner Kapazität  $C_1$  vertreten. Der Körper ist durch die Parallelschaltung eines Ohmschen Widerstandes  $W$  und einer Kapazität  $C$  wiedergegeben, die mit Rücksicht auf die hohe Dielektrizitätskonstante organischen Gewebes (80) verhältnismäßig groß ist.

**Die Behandlung mit zwei gleichgroßen Elektroden.** Der einfachste Fall ist dann gegeben, wenn zwei Elektroden gleicher Größe einander gegenüberstehen. Ist ihr Abstand im Verhältnis zu ihrer Oberfläche klein, so verlaufen die Feldlinien annähernd parallel von einer zur anderen Platte und zeigen nur an den Rändern eine Ausbiegung (Abb. 68). Das Feld ist homogen.

Nimmt der Abstand bei gleichbleibender Elektrodengröße zu, dann verlaufen die Kraftlinien nicht mehr parallel, sondern weichen in der

Mitte des Feldes auseinander. Die Felddichte ist hier geringer (Abb. 69). Das Feld ist inhomogen; und zwar um so mehr, je größer der Abstand der Elektroden im Vergleich zu ihrer Größe ist.

Die Dichte der Feldlinien ist ein Maßstab für die Stärke des Feldes. Je dichter sie verlaufen, um so stärker ist das Feld, um so stärker auch die Erwärmung. Es ist wichtig zu wissen, daß die Erwärmung eines Körpers im elektrischen Feld mit der Dichte der Feldlinien im quadratischen Verhältnis steigt. Wir haben also hier die gleichen Verhältnisse wie bei der Diathermie, bei welcher die Erwärmung im quadratischen Verhältnis mit der Stromliniendichte, d. h. mit der Stromstärke, zunimmt (Joulesches Gesetz). Ist die Dichte der Kraftlinien in der Mitte des Behandlungsobjektes nur halb so groß wie an der Oberfläche, so beträgt die Erwärmung in der Tiefe nur den vierten Teil der Erwärmung an der Oberfläche. Die relative Tiefenwirkung, wie wir das Verhältnis zwischen Tiefen- und Oberflächenerwärmung nennen, beträgt also in diesem Fall ein Viertel, in Prozenten ausgedrückt, 25%.

Da bei der queren Durchwärmung des Schädels, des Thorax, des Abdomens, des Beckens oder einer Extremität die Elektrodenoberfläche meist kleiner ist als der Querschnitt des Körperteiles, so müssen wir in der Praxis immer mit einer beträchtlichen Streuung der Feldlinien rechnen. Die Erwärmung wird daher keine homogene sein, sie ist in den oberflächlichen Schichten stets größer als in der Tiefe, um mathematisch zu sprechen, die relative Tiefenwirkung ist kleiner als 1. Die Phantasiebilder, wie wir sie in manchen Arbeiten und in den Prospekten elektromedizinischer Firmen sehen, die ein Feld von parallel verlaufenden Kraftlinien zeigen, entsprechen nicht der Wirklichkeit. Ein solches Feld wäre nur dann zu erreichen, wenn der Querschnitt des behandelten Körperteiles genau so groß wäre wie die Oberfläche der Elektroden, ein Fall, der in der Praxis kaum vorkommt.

Der Unterschied zwischen Kurzwellen- und Diathermiefeld liegt weniger in der Streuung, als vielmehr darin, daß die Kraftlinien des Kurzwellenfeldes in einem zusammengesetzten Leiter, wie es der menschliche Körper ist, durch nicht- oder schlechtleitende Teile, wie etwa Knochen, von ihrer Richtung nicht wesentlich abgelenkt werden, während das bei den Stromlinien der Diathermie der Fall ist. Die Kraftlinien des Kurzwellenfeldes durchsetzen ohne Richtungsänderung den Knochen und können so das Knochenmark erwärmen, während die Stromlinien der Diathermie um den Knochen herumlaufen. Das Diathermiefeld wird durch nichtleitende Schichten deformiert, das Kurzwellenfeld bleibt unbeeinflusst.

Haben wir zwei gleich große Elektroden, deren Flächen aber nicht parallel zueinander stehen, sondern miteinander einen Winkel bilden, so tritt neben der Streuung noch ein zweiter Faktor auf, der das Feld inhomogen gestaltet. Zwischen den einander näher liegenden Rändern werden infolge des geringeren kapazitiven Widerstandes die Feldlinien

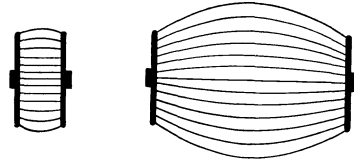


Abb. 68. Feldlinienverlauf bei kleinerem und größerem Elektrodenabstand.

Abb. 69.

gedrängter verlaufen als zwischen den weiter voneinander entfernten Rändern (Abb. 70). Wir haben also auch hier ähnliche Verhältnisse wie bei der Diathermie. Daraus ergibt sich für die Praxis die Folgerung, mit Rücksicht auf die gleichmäßigere Durchwärmung, die Elektrodenflächen möglichst parallel zu stellen.

**Die Behandlung mit zwei ungleich großen Elektroden.** Verwendet man zwei ungleich große Elektroden, so ist genau so wie bei der Diathermie die Felddichte und damit die Erwärmung unter der kleinen

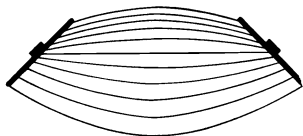


Abb. 70. Feldlinienverlauf bei geneigten Elektroden.

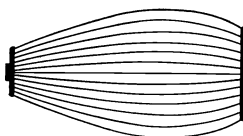


Abb. 71. Feldlinienverlauf bei ungleich großen Elektroden

Elektrode geringer (Abb. 71). Man kann daher auch hier die kleinere als aktive, die größere als inaktive Elektrode bezeichnen.

Zwei verschieden große Elektroden werden wir überall dort anwenden, wo der zu behandelnde Körperteil nicht von beiden Seiten zu umfassen ist, also nicht für sich allein in das Feld gebracht werden kann. Das ist z. B. der Fall bei der Behandlung eines Auges, Ohres, der Zähne, der Nebenhöhlen, der Nase, der Wirbelsäule, der Nieren usw. Hier werden wir die aktive Elektrode dem erkrankten Organ möglichst nahe bringen und die inaktive Elektrode diametral gegenüberstellen. Wenn die inaktive Elektrode auch nicht unmittelbar an der Erwärmung beteiligt ist, so hat sie doch eine richtende Kraft auf die von der aktiven Elektrode ausgehenden Feldlinien.

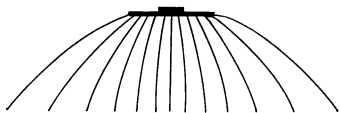


Abb. 72. Feldlinienverlauf bei der unipolaren Behandlung.

Auch mit zwei gleich großen Elektroden kann man eine verschiedene Wärmewirkung erzeugen, wenn man den Abstand der beiden Platten verschieden groß nimmt. Es wird dann unter der

näherliegenden Elektrode die Wärme größer sein als unter der entfernteren.

**Die Behandlung mit einer Elektrode.** Unter Umständen können wir die inaktive Elektrode ganz weglassen und nur mit einer einzigen Elektrode arbeiten. Da der Körper eine nicht unbeträchtliche Kapazität gegenüber der Umgebung besitzt, wird es bei der Verwendung einer Elektrode zu einer dauernden Ladung und Entladung des Körpers und dadurch zu einem Stromfluß kommen. Wir sprechen dann von einer unipolaren Behandlung. In diesem Fall wird die Felddichte und damit die Erwärmung an der Eintrittsstelle des Stromes in den Körper, das ist unter der Elektrode, am stärksten sein. Da die Kraftlinien im Körperinnern alsbald nach allen Seiten auseinanderweichen, wird die relative Tiefenwirkung eine sehr geringe sein (Abb. 72). Die Kraftlinien verlaufen so, als ob die inaktive Elektrode unendlich groß wäre.

In der Tat wird die inaktive Elektrode bei der unipolaren Behandlung durch die Umgebung des Kranken, den Fußboden, die gegenüberliegende Wand, die Zimmerdecke usw. ersetzt.

### Die Behandlung in großen Kondensatorfeldern.

**Die physikalische Anordnung.** Ist die Oberfläche der Elektroden größer als der Querschnitt des behandelten Körperteiles, so können wir uns diesen Fall durch das in Abb. 73 wiedergegebene Ersatzschema veranschaulichen. Zunächst haben wir, wie bei der Verwendung relativ kleiner Elektroden, wieder das geschichtete Dielektrikum Luft—Körper—Luft, also die Hintereinanderschaltung von drei dielektrischen Schichten, wie sie schon in der Abb. 67 physikalisch charakterisiert ist. Daneben aber haben wir noch ein elektrisches Feld in Gestalt eines reinen Luftkondensators  $C_2$ , der zylindrisch das Behandlungsobjekt umschließt. Er ist in unserem Ersatzschema durch zwei Kondensatoren kleinerer Kapazität wiedergegeben.

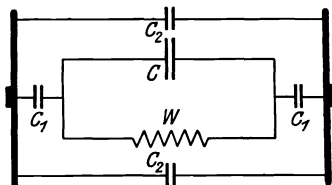


Abb. 73. Ersatzschema der Behandlung in großen Feldern.

Während wir es bei der Verwendung von relativ kleinen Elektroden mit einer Hintereinanderschaltung verschiedener Dielektrika zu tun haben, liegt hier außerdem eine Parallelschaltung vor, zwischen der kombinierten Reihe Luft—Körper—Luft und einer reinen Luftstrecke.

Es ist klar, daß der kapazitive Widerstand des ersten Weges infolge des guten dielektrischen Leitvermögens des menschlichen Körpers ein wesentlich kleinerer ist als der kapazitive Widerstand der parallel geschalteten Luftstrecke. Die Feldlinien werden also die Neigung zeigen, den Körper als Verbindungsbrücke von einer zur anderen Elektrode zu benutzen. Sie werden daher gegen den Körper konvergieren (Abb. 74). Es tritt keine Streuung, also keine Verdünnung, sondern im Gegenteil eine Verdichtung des Feldes im Körper ein. Diese kann so stark sein, daß die Erwärmung in der Tiefe des behandelten Teiles größer ist als an seiner Oberfläche. Die relative Tiefenwirkung wird dadurch größer als 1 (Pätzold und Betz).

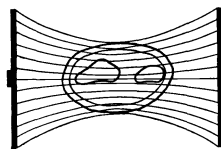


Abb. 74. Verdichtung des Feldes im Querschnitt eines Handgelenkes.

Kowarschik hat diese Tiefenwirkung durch folgenden Versuch anschaulich gemacht. Zwischen zwei Glasscheiben wird Gelatine, die mit einer thermoskopischen Substanz z. B. Jodsilber-Jodquecksilber ( $2 \text{ AgJ} - 2 \text{ HgJ}$ ) vermischt ist, gegossen. Dieses Doppelsalz, das bei gewöhnlicher Temperatur gelb ist, nimmt, wenn es eine Temperatur von etwa  $55^\circ \text{ C}$  erreicht, eine rote Färbung an. Bringt man diese Gelatinplatte in das Kondensatorfeld, so tritt die erste sichtbare Rotfärbung in der Mitte der Platte auf und breitet sich von hier gegen die Ränder aus (Abb. 75 u. 76).

**Die Querdurchströmung.** Eine solche findet statt, wenn die elektrischen Feldlinien quer zur Achse einer Extremität oder des Körpers

verlaufen. Bringen wir eine Hand, ein Handgelenk, einen Fuß oder einen Unterschenkel zwischen zwei Kondensatorplatten, welche diese Körperteile, wenn auch nur nach einer einzigen Richtung hin, überragen, so tritt sofort eine Konvergenz der Kraftlinien gegen den Körper hin ein, wie das aus der Abb. 74 ersichtlich ist. Das gleiche gilt für die

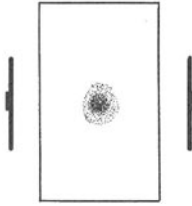


Abb. 75. Flächenansicht einer Gelatineplatte im Kondensatorfeld.

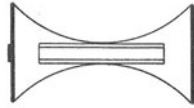


Abb. 76. Queransicht im Kondensatorfeld.

Behandlung des ganzen Körpers im Kondensatorfeld, wenn die Elektrodenplatten breiter sind als der Körperquerschnitt.

In allen diesen Fällen kann in den tieferen Schichten eine stärkere Erwärmung zustande kommen als in der Haut. Es besteht somit die Möglichkeit einer Tiefenschädigung, ohne daß die Haut dabei überhitzt wird.

Glücklicherweise wird die Gefahr einer solchen Schädigung fast immer durch das Auftreten eines Schmerzgefühls angekündigt. Jeder, der selbst einmal seine Hand oder sein Handgelenk durch längere Zeit in ein starkes Kondensatorfeld gehalten hat, wird dieses Schmerzgefühl wahrgenommen haben, das nichts mit einem Hitzegefühl zu tun hat, sondern eher mit dem Gefühl eines starken Druckes oder einer Quetschung vergleichbar ist. Es bleibt auch nach dem Aussetzen des Versuches noch eine Zeitlang bestehen, um dann langsam abzuklingen. Wird daher von einem Kranken während der Behandlung ein Schmerzgefühl angegeben, so ist das stets eine

dringende Aufforderung, mit der Stromstärke herunterzugehen, wenn man es nicht vorzieht, die Behandlung zu unterbrechen.

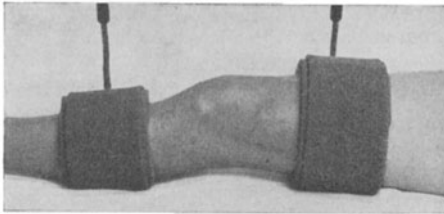


Abb. 77. Behandlung eines Kniegelenkes im Ringfeld.

Die Feldverdichtung, wie sie bei der Verwendung großer Elektroden eintritt, läßt es zweckmäßig erscheinen, zur Querdurchwärmung Elektroden zu verwenden, deren Durchmesser etwas größer ist als der Durchmesser des Körperteiles, der behandelt werden soll. Dadurch kann die Tiefenwirkung beträchtlich verbessert werden.

Die Längsdurchströmung (Ringfeldmethode): Es ist einigermaßen schwer, eine ganze Extremität oder größere Abschnitte einer solchen derart in das Kondensatorfeld zu bringen, daß die Feldlinien der Länge nach die Extremität durchsetzen. Für einen Unterschenkel könnte man das z. B. in der Weise machen, daß man eine Plattenelektrode der Fußsohle gegenüber, eine zweite über dem gebeugten Kniegelenk anbringt. Bleibt das Kniegelenk gestreckt, dann läßt sich die zweite Elektrode nicht mehr parallel, sondern nur rechtwinkelig zur ersten Platte einstellen, indem man sie über der Streckseite des Oberschenkels befestigt.

Die Längsdurchströmung (Ringfeldmethode): Es ist einigermaßen schwer, eine ganze Extremität oder größere Abschnitte einer solchen derart in das Kondensatorfeld zu bringen, daß die Feldlinien der Länge nach die Extremität durchsetzen. Für einen Unterschenkel könnte man das z. B. in der Weise machen, daß man eine Plattenelektrode der Fußsohle gegenüber, eine zweite über dem gebeugten Kniegelenk anbringt. Bleibt das Kniegelenk gestreckt, dann läßt sich die zweite Elektrode nicht mehr parallel, sondern nur rechtwinkelig zur ersten Platte einstellen, indem man sie über der Streckseite des Oberschenkels befestigt.

Befindet sich, wie in diesen Fällen, zwischen den beiden Elektroden ein langgestreckter Körperteil, so wird das Feld von diesem gleichsam aufgesaugt. Die Felddichte, bzw. die Stromdichte im Innern des Beines ist jedoch nicht gleichmäßig, sie ist stärker an Stellen kleineren als an Stellen größeren Querschnittes. Im distalen Teile des Unterschenkels ist daher auch die Erwärmung am stärksten.

Noch schwieriger, ja fast unmöglich erscheint es, kürzere Extremitätenteile, wie z. B. ein Knie-, ein Hand-, ein Ellenbogengelenk im Plattenfeld der Länge nach zu durchströmen. Hier bietet uns die von Leistner und Schäfer angegebene Ringfeldmethode einen ausgezeichneten Behelf. Nehmen wir als Beispiel die Durchwärmung eines Kniegelenkes (Abb. 77). Etwa 10 cm oberhalb und unterhalb des Gelenkes wird eine breite bindenförmige Elektrode rings um das Bein gelegt. Es

sind dies mit Weichgummi isolierte Elektroden<sup>1</sup>, die mit einer etwa 2 cm dicken Lage aus Filz oder Schwammgummi unterpolstert sind. Von diesen Elektroden verlaufen die Kraftlinien konvergierend gegen das Knie, wie das in Abb. 78 schematisch dargestellt ist. Auf diese Weise wird eine außerordentlich homogene Durchwärmung auch in der Tiefe erzielt. Voraussetzung einer guten Tiefenwirkung sind: 1. Hinreichend weiter Abstand zwischen den beiden Elektroden. 2. Genügende Breite des Elektrodenbandes. 3. Ausreichende Entfernung der Elektroden von der Haut.

Man kann die Durchwärmungsverhältnisse bei der Ringfeldmethode leicht an einem Tonmodell nachprüfen. Um einen Tonzylinder wird am oberen und unteren Ende ein Metallband herumgelegt, das mit einer 2 cm dicken Schwammgummischicht unterpolstert ist. Nach der Durchwärmung ergeben sich die in der Abb. 79 an entsprechenden Stellen eingezeichneten Temperaturerhöhungen.

Die Ringfeldmethode ist nicht nur zur Behandlung ganzer Extremitäten, eines Armes oder Beines, einzelner Extremitätenabschnitte, sondern auch zur Behandlung des Rumpfes sehr gut geeignet. Zu diesem Zweck werden in der Höhe der Achselhöhlen und des Beckens zwei große bandförmige Elektroden um den Körper gelegt (Abb. 80).

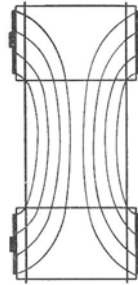


Abb. 78. Feldlinienverlauf bei der Ringfeldmethode.

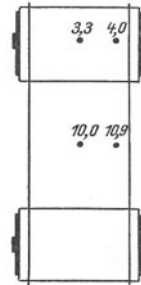


Abb. 79. Erwärmung bei der Ringfeldmethode (nach K. Leistner und H. Schäfer).

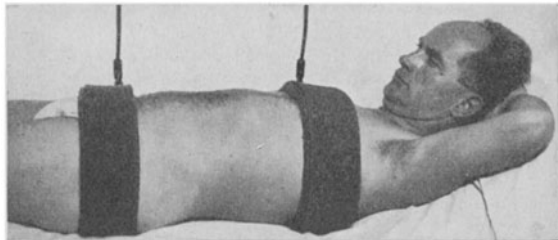


Abb. 80. Behandlung des Rumpfes im Ringfeld.

<sup>1</sup> Erzeugt von Koch u. Sterzel, Dresden.

Ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Ringfeldmethode liegen bei der Behandlung im Spulenfeld vor. Auch hier durchsetzen die Kraftlinien der Länge nach den im Feld befindlichen Körperteil. Auch hier kommt es in der Mitte des Feldes zu einer Verdichtung der Kraftlinien und damit zu einem Maximum der Erwärmung.

**Der Einfluß der Gestalt, Größe und Einstellung des Objektes auf die Erwärmung.** Bringen wir in ein Feld bestimmter Größe und bestimmter Stärke ein Objekt, welches das Feld nicht ganz ausfüllt, also sozusagen kleiner ist als dieses, so hängt seine Erwärmung ganz wesentlich von seiner äußeren Form und Größe und seiner Einstellung zu den Feldlinien ab. Mit anderen Worten ausgedrückt, die Menge der Feldenergie, welche der betreffende Körper in sich aufnimmt, wird durch seine geometrischen Abmessungen bestimmt und ist dementsprechend verschieden groß.

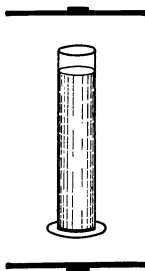


Abb. 81. Derselbe Elektrolyt erwärmt sich in Gefäßen von verschiedenem Durchmesser verschieden stark.

Kowarschik hat diese Verhältnisse experimentell untersucht und dabei folgendes festgestellt. Bringt man in ein senkrecht gestelltes Kondensator- oder Spulenfeld zylindrische Glasgefäße (Abb. 81), welche alle bis zu einer bestimmten Höhe mit einer leitenden Flüssigkeit (0,2%iger Kochsalzlösung) gefüllt sind, die also die gleiche Länge, aber verschieden große Durchmesser haben, so ist die in einer bestimmten Zeit erzielte Erwärmung der Flüssigkeit um so größer, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Um ein Beispiel zu nennen, betrug in einem Zylinder mit einem Durchmesser von 132 mm die Erwärmung in einer Minute  $0,4^{\circ}\text{C}$ , während in einem Glasrohr von 7 mm Durchmesser die Flüssigkeit schon in 25 Sekunden zum Kochen kam.

Die Erklärung hierfür ist folgende. Die Kraftlinien des elektrischen Feldes werden aus der umgebenden Luft in die dielektrisch besser leitende Flüssigkeit hineingezogen. Die Felddichte wird dabei um so größer, je kleiner der Querschnitt der Flüssigkeitssäule ist. Da die Erwärmung im quadratischen Verhältnis mit der Felddichte wächst, kommt die Kochsalzlösung in dem dünnen Glasrohr bereits in wenigen Sekunden zum Kochen.

Ähnliches beobachtet man auch an Metallen, die ja noch leichter von einem elektrischen Feld durchsetzt werden, da ihre Dielektrizitätskonstante praktisch unendlich groß ist. Bringt man Metallstäbe von etwa 1 cm Durchmesser in der Richtung der Kraftlinien in das Feld, so tritt keine merkliche Erwärmung auf, da bei dem großen Querschnitt und dem guten Leitvermögen die Bildung Joulescher Wärme eine sehr geringe ist. Nimmt man jedoch dünne Drähte, so kann sich in diesen das Feld so stark verdichten, daß sie augenblicklich schmelzen, ja verbrennen. Es bildet sich zwischen den Drahtenden und den Kondensatorplatten ein Lichtbogen aus. Der Quecksilberfaden eines Thermometers kommt unter Lichterscheinungen zum Verdampfen.



Aber nicht nur Elektrolyte und Metalle, selbst Nichtleiter (Isolatoren) können sich bei entsprechender Dimensionierung und Einstellung im Kondensatorfeld sehr stark erwärmen. So kann man z. B. einen nicht zu dicken Hartgummistab, den man der Länge nach in das Feld bringt, in kurzer Zeit bis zum Schmelzen erhitzen.

Von Wesenheit ist dabei die Orientierung des Objektes zur Richtung des Feldes. Ein Hartgummistab oder ein Metalldraht quer zur Feldrichtung eingestellt, wird sich wenig oder gar nicht erwärmen. Die Erklärung dafür ist wohl nicht schwer zu geben. Bei der Einstellung in der Feldrichtung werden, wie erwähnt, die Kraftlinien durch das Objekt von allen Seiten angesaugt und verdichtet. Der Leitungsquerschnitt ist klein. Bei der Einstellung in quererer Richtung dagegen findet eine solche Verdichtung nur in ganz geringem Maße statt. Der Leitungsquerschnitt ist größer.

Die Bedeutung der Einstellung des Körpers zur Feldrichtung für die Erwärmung zeigt der folgende von mir ausgeführte Versuch in anschaulicher Weise. Man füllt ein Glasrohr von etwa 0,5 cm Durchmesser mit Gelatine, die mit dem thermoskopischen Doppelsalz Jodsilber-Jodquecksilber vermenget ist. Bringt man dieses Rohr in der Richtung der Kraftlinien in ein Kondensatorfeld oder ein Solenoid, dann wird es sich in wenigen Sekunden zuerst in der Mitte, dann fortschreitend nach den Enden hin rot färben. Bringt man es aber senkrecht zur Feldrichtung ein, so tritt eine Erwärmung und Rotfärbung, wenn überhaupt, erst nach längerer Zeit auf.

Durch die eben beschriebenen Verhältnisse finden auch die folgenden experimentellen Beobachtungen eine leichte Erklärung. Bringt man ein mit Wasser angefeuchtetes Filtrierpapier in der Feldrichtung zwischen die Kondensatorplatten, so verdampft das Wasser alsogleich. Wird das Blatt quer in das Feld gebracht, so erwärmt sich das Wasser nur ganz langsam. Das gleiche gilt für große wasserreiche Pflanzenblätter, z. B. Begonienblätter, die in der Längsrichtung des Feldes augenblicklich schrumpfen und verkochen, in der Querrichtung nur ganz langsam warm werden. Interessant ist die von mir gemachte Beobachtung, daß Versuchstiere, wie Kaninchen, Meerschweinchen oder Fische, denen man im Feld genügende Bewegungsfreiheit gibt, sich instinktiv quer zur Feldrichtung einstellen.

Für die therapeutische Anwendung der Kurzwellen sind auch jene Feldverdichtungen von Bedeutung, die durch im Feld befindliche Metallgegenstände zustande kommen können, insbesondere dann, wenn diese unmittelbar der Haut anliegen, wie z. B. Sicherheitsnadeln an Drains, Manschetten- und Kragenknöpfe. Auch Metalldrähte, die zur Knochenfixation dienen, Granat- oder Geschößsplitter, die im Gewebe eingehilt sind, können unter Umständen eine Gefahr bringen. Dagegen scheinen Metallplomben an Zähnen ungefährlich zu sein.

## **Der Abstand der Elektroden vom Körper.**

**Der Einfluß auf die Stromstärke im allgemeinen.** Wenn wir von Stromstärke im Behandlungskreis sprechen, müssen wir zunächst die Feststellung machen, daß die Stromstärke an verschiedenen Stellen des Kreises eine verschiedene ist, im Gegensatz zu dem von einem Gleichstrom oder niederfrequenten Wechselstrom durchflossenen Kreis, wo die Stärke in jedem Punkt die gleiche ist. Im Behandlungskreis

bilden sich nämlich stehende Wellen mit Schwingungsknoten und Schwingungsbäuchen. Ein Amperemeter wird daher an verschiedenen Stellen des Kreises verschiedene Stromwerte angeben. Wo sich Schwingungsknoten und wo sich Schwingungsbäuche ausbilden, hängt von äußeren Bedingungen ab. Ist die Kapazität des behandelten Körperteiles sehr groß (große Elektroden, kleiner Abstand), so liegt der Strombauch meist in Elektrodennähe. Umgekehrt wird bei kleinen Kapazitäten (kleine Elektroden, großer Abstand) in der Nähe der Elektroden ein Stromknoten auftreten.

Die Stromstärke ist im allgemeinen um so größer, je kleiner der Gesamtwiderstand im Behandlungskreis ist. Dabei spielt neben dem Ohmschen, der kapazitive Widerstand eine entscheidende Rolle. Dieser ist im wesentlichen durch die dem Körper vorgeschalteten Luftstrecken gegeben. Der kapazitive Widerstand wird um so kleiner und damit die Stromstärke um so größer, je geringer der Abstand der Elektroden vom Körper ist.

Wie die Stromstärke und mit ihr die Erwärmung mit kleiner werdenden Elektrodenabstand zunimmt, läßt sich leicht in einem Modellversuch zeigen. In einer Glasküvette wird eine 0,2%ige Kochsalzlösung bei verschiedenen Elektrodenabständen eine bestimmte Zeitlang erwärmt. Die erzielte Temperatursteigerung beträgt bei einem Abstand von 3 cm 1,6° C, bei 2 cm 3,4° C, bei 1 cm 10,0° C.

In der Praxis kann man die Stromstärke und gleichsinnig die Erwärmung durch Veränderung des Elektrodenabstandes vom Körper in grober Weise verändern. Die Annäherung der Elektroden an den Körper ergibt eine größere, eine Entfernung eine kleinere Erwärmung. Das gilt allerdings nicht bedingungslos. Bei allzu großer Annäherung geht nämlich die Stromstärke wieder zurück, gleichzeitig nimmt die Erwärmung ab. Ein Kreis ist nämlich, wie wir früher ausführten, nur dann schwingungsfähig, wenn sein Ohmscher Widerstand in einem gewissen Verhältnis zu dem kapazitiven Widerstand steht, d. h. wenn  $R^2 < \frac{4L}{C}$ , wobei  $R$  den Ohmschen Widerstand,  $L$  die Selbstinduktion und  $C$  die Kapazität des Schwingungskreises bedeuten. Nähern wir die Elektroden dem Körper, so nimmt der kapazitive Widerstand ab, da die Kapazität des ganzen Kreises zunimmt. Dadurch verkleinert sich der rechtsstehende Faktor. Bei allzu großer Annäherung der Elektroden an den Körper wird schließlich  $R^2 > \frac{4L}{C}$ . Damit hat der Kreis seine Schwingungsfähigkeit verloren, er wird aperiodisch, wie der Physiker sagt.

**Der Einfluß auf die örtliche Stromverteilung.** Der Abstand der Elektroden vom Körper soll an allen Punkten der gleiche sein, mit anderen Worten, Elektrodenoberfläche und Körperoberfläche sollen möglichst parallel verlaufen. Ist das nicht der Fall, so wird die Erwärmung unter der Elektrode ungleichmäßig sein. Nehmen wir z. B. an, daß eine geradflächige Elektrode einem gewölbten Körperteil gegenüber stehe, so ist der Abstand der Elektroden

von der Haut in der Mitte kleiner als an den Rändern (Abb. 82). Die Felddichte und die Erwärmung wird daher in der Mitte eine größere sein. Noch ungleichmäßiger wird die Felddichte, wenn aus der Körperoberfläche stark hervortretende Teile, wie die Nase oder die Ohren, einer Elektrodenplatte gegenüberstehen (Abb. 83). Es kommt dann an diesen Stellen zu einer übermäßigen Verdichtung des Feldes und zu einer unerwünschten Erhitzung. Wir bezeichnen diese Erscheinung als Spitzenwirkung.

Eine bedeutsame Rolle spielt die Spitzenwirkung im Tierversuch. Hier kommt es nicht selten an vorspringenden Körperteilen, wie der Schnauze, den Ohren, den Extremitäten, dem Schwanz der Tiere, zu einer Feldver-

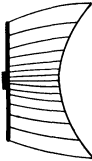


Abb. 82. Geradflächige Elektrode gegenüber gewölbtem Körperteil.



Abb. 83. Spitzenwirkung.

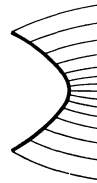


Abb. 84. Gekrümmte Elektrode gegenüber ebener Körperoberfläche.

dichtung, was eine Überhitzung zur Folge haben kann, die weiterhin zu einer Nekrose und zu späteren Verstümmelungen führt. Auch Haare können eine solche Verdichtung der Kraftlinien an der Haarpapille und so eine Schädigung dieser bewirken. Darauf ist es zurückzuführen, daß die Haare der Tiere, die man im Kondensatorfeld behandelt, öfters ihr Aussehen verändern und ausfallen. Möglicherweise könnte man diese Beobachtung therapeutisch sei es im Sinne einer Anregung des Haarwuchses, sei es zum Zwecke der Epilation verwerten.

Genau so wie eine Inhomogenität des Feldes entsteht, wenn einer gewölbten Körperoberfläche eine geradflächige Elektrode gegenübersteht, ist das der Fall, wenn sich einer ebenen Körperoberfläche eine gekrümmte Elektrode gegenüber befindet (Abb. 84). Je stärker die Krümmung der Elektrode ist, desto mehr wird das Feld sich streifenförmig verdichten. Man kann diese Erscheinung für therapeutische und experimentelle Zwecke ausnützen, um bandförmige Wärmezonen zu erzeugen.

Um einen parallelen Verlauf zwischen Körper- und Elektrodenoberfläche, wie sie für therapeutische Anwendungen erwünscht ist, zu erzielen, haben wir zwei Wege. Entweder müssen wir die Körperoberfläche der Elektrode oder umgekehrt die Elektrode der Körperoberfläche anpassen. Das erste ist bei den starren Elektroden notwendig, wie sie Schliephake vorgeschlagen hat. Hier wird durch das Andrücken des sogenannten Elektrodenschuhes die Körperoberfläche, so weit sie nachgiebig ist, in die Ebene der Elektrode gebracht (Abb. 85),

Bei leicht eindrückbaren Stellen, wie z. B. fettreichen Bauchdecken, kann dabei leicht eine „Überkorrektur“ entstehen, indem die

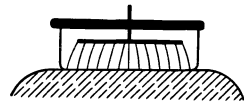


Abb. 85. Anpassung der Körperoberfläche an eine starre Elektrode.

Fettschichten zu beiden Seiten der Elektroden gleichsam überquellen (Abb. 86). Ist die Elektrodenhülle nicht genügend breit, so kann es seitlich an den Elektrodenrändern zu einer Feldverdichtung und zu einer Überhitzung kommen.

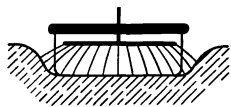


Abb. 86. Die Verwendung schlechter Elektroden-schuhe kann eine unerwünschte Verdichtung des Feldes an den Rändern ergeben.

Ein zweiter Weg, Körper- und Elektrodenoberfläche in parallele Ebenen zu bringen, ist der, daß man biegsame Elektroden verwendet, die sich der Körperoberfläche anpassen. Der Elektrodenschuh wird in diesem Fall durch eine weiche, ebenso biegsame Unterlage aus Filz oder Schwammgummi ersetzt.

**Einfluß auf die Tiefenwirkung.** Verwenden wir zwei Elektroden, deren Oberfläche kleiner ist als der Querschnitt des behandelten Körperteiles, so kommt es, wie wir auf S. 43 aus-

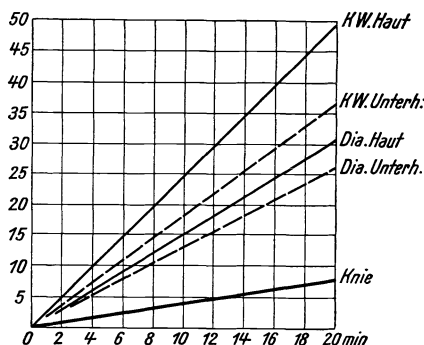


Abb. 87. Die Verwendung von Weichgummielektroden ohne Zwischenlage ergibt eine schlechtere Tiefenwirkung als Diathermie.

einandergesetzt haben, zu einer Streuung der Feldlinien. Die Erwärmung ist daher in der Tiefe immer geringer als an der Haut. Die relative Tiefenwirkung beträgt nie 100%. Schliephake hat an Modellversuchen gezeigt, daß die relative Tiefenwirkung sehr wesentlich durch den Abstand der Elektroden vom Körper beeinflusst wird. Sie wird um so besser, je größer der Abstand, um so schlechter, je kleiner er ist. Bei starker Annäherung der Elektroden an die Haut kommt es infolgedessen nur mehr zu einer Oberflächenerwärmung. Die

Erwärmung in der Tiefe ist ganz unzulänglich, sie ist schlechter als bei der Anwendung der Diathermie.

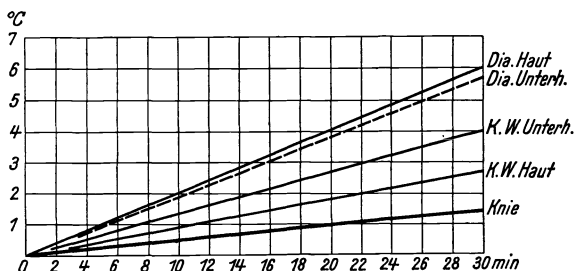


Abb. 88. Bei einem Luftabstand von 1 cm ist die Tiefenwirkung besser als bei Diathermie.

Kowarschik konnte dies durch Leichenversuche bestätigen. Abb. 87 zeigt die Erwärmung eines Kniegelenkes durch Kurzwellen und durch Diathermie, wobei in beiden Fällen die gleiche Erwärmung im Gelenks-

innern, also die gleiche Tiefenwirkung erreicht wurde. Zur Kurzwellenbehandlung wurden gewöhnliche mit Weichgummi isolierte Elektroden ohne Zwischenlage verwendet. Die Erwärmung der Haut und Unterhaut ist bei der Kurzwellenbehandlung eine wesentlich stärkere als bei der Diathermie. Erst bei einem Luftabstand der Elektroden von 1 cm kehren sich die Verhältnisse um, d. h. die Tiefenwirkung der Kurzwellen ist besser als die der Diathermie (Abb. 88). Daß sich die Tiefenwirkung mit zunehmendem Elektrodenabstand bessert, konnte Gebbert auch an Phantomen aus Hackfleisch nachweisen.

In Abb. 89 ist ein Modellversuch von Pätzold und Betz wiedergegeben, der das gleiche zeigt. Man sieht deutlich, wie mit zunehmendem Elektrodenabstand der Unterschied in der Erwärmung zwischen Oberfläche und Tiefe geringer wird, indem die Erwärmungskurve immer flacher verläuft. Die Tiefenwirkung beträgt bei anliegenden Elektroden nur  $\frac{1}{8}$ , bei einem Abstand von 1 cm aber schon mehr als  $\frac{1}{3}$  der Oberflächenerwärmung. Eine völlig homogene Durchwärmung ist allerdings in keinem Fall zu erzielen gewesen.

Die Abhängigkeit der relativen Tiefenwirkung vom Abstand der Elektroden wird von Gebbert, Pätzold und Betz durch die Streuung der Feldlinien zwischen den Kondensatorplatten erklärt. Wie aus der Abb. 90 ersichtlich ist, weichen die Feldlinien, indem sie unmittelbar unter den Elektroden noch ihre volle Dichte haben, sehr bald stark auseinander. In der Mitte des Feldes ist ihr Verlauf, wenn auch nicht parallel, so doch weniger divergierend. Benützt man nur diesen Teil des Feldes — er ist in der Abbildung durch zwei Striche abgegrenzt — so ist die Homogenität der Durchwärmung und damit die Tiefenwirkung eine bessere. Greift man aber in jene Zonen über, in der die Feldlinien auseinanderlaufen, dann ist die Tiefenwirkung ungleich schlechter.

Diese Verhältnisse sind für die therapeutische Praxis von großer Bedeutung. Will man eine möglichst gleichmäßige Durchwärmung des behandelten Körperteiles, also eine hohe Tiefendosis, erzielen, dann wird man einen genügend großen Abstand zwischen Elektrode und Körper wahren müssen. Will man die Erwärmung mehr an die Oberfläche verlegen, wie das etwa bei Erkrankungen der Haut wünschenswert ist, dann wird man wenigstens mit einer, der sogenannten aktiven Elektrode, näher an den Körper heranrücken. Eine auf die Oberfläche beschränkte Erwärmung kann man auch durch die Verwendung einer einzigen Elektrode (unipolare Behandlung) erzielen. Es ist ferner ohneweiters verständlich, daß man mit Weichgummi-elektroden, die man ohne Zwischenlage auf einen Körperteil von größerem Querschnitt auflegt, nur eine Oberflächenerwärmung erreichen kann.

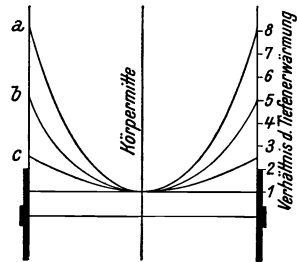


Abb. 89. Elektrodenabstand und Tiefenwirkung: *a* anliegende Elektroden; *b* 10 mm Luftabstand; *c* 20 mm Luftabstand (nach Pätzold u. Betz).

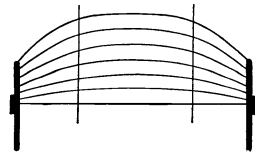


Abb. 90. Streuung der Feldlinien und homogene Mittelzone.

Da die Tiefenwirkung um so besser wird, je größer der Elektrodenhautabstand ist, und da andererseits die Stromstärke und im gleichen Sinn die Erwärmung um so schwächer wird, je größer der Elektrodenhautabstand ist, so ist es klar, daß zwischen der Forderung nach größtmöglicher Tiefenwirkung und der Forderung nach starker Durchwärmung eine Gegensätzlichkeit besteht. Will man beiden Forderungen annähernd genügen, so braucht man möglichst leistungsfähige Apparate. Die derzeit im Handel befindlichen Apparate mit einer Nutzleistung von 200—300 Watt stehen an der unteren Grenze dessen, was ärztlicherseits gefordert werden muß.

Mit Rücksicht auf die begrenzte Leistung unserer Apparate müssen wir zwischen dem Wunsch nach Tiefenwirkung und dem Wunsch nach thermischer Wirkung ein Kompromiß schaffen. Man wird im einzelnen Fall jenen maximalen Elektrodenabstand wählen, bei dem die Erwärmung eben noch ausreichend ist. Bestimmte Angaben über den Elektrodenabstand lassen sich nicht geben, er hängt, wie wir gesehen haben, von der Leistungsfähigkeit der Apparatur, er hängt aber auch andererseits von dem Durchmesser des behandelten Körperteiles ab. Um eine genügende Tiefenwirkung zu erzielen, muß der Elektrodenhautabstand um so größer gewählt werden, je größer der Durchmesser des behandelten Körperteiles ist.

**Oberflächenerwärmung durch Brechung der Feldlinien.** An dieser Stelle sei noch eine Erscheinung besprochen, die der Tiefenwirkung, also der Gleichmäßigkeit der Durchwärmung, entgegenwirkt und daher von praktischer Bedeutung ist. Es ist das die Brechung der Feldlinien, auf die besonders Pätzold und Betz aufmerksam gemacht haben. Die Theorie fordert es, daß beim Übertritt eines elektrischen Feldes von einem Medium in ein zweites, dessen Dielektrizitätskonstante eine andere ist, eine Brechung der Feldlinien stattfindet. Und zwar werden die Feldlinien beim Übergang von einem Medium kleinerer zu einem Medium größerer Dielektrizitätskonstante vom Lot gebrochen und umgekehrt. Beim Übertritt des elektrischen Feldes aus der Luft in den menschlichen Körper findet also das erste statt. Da der Unterschied zwischen der Dielektrizitätskonstante der Luft (1) und der des Körpers (80) ein sehr großer ist, so ist auch die Richtungsänderung der Feldlinien eine sehr bedeutende. Treffen die Kraftlinien nicht senkrecht, sondern unter einem schiefen Winkel auf die Haut auf, so werden sie mehr oder weniger in die Ebene der Haut abgelenkt, was begrifflicherweise eine starke Erwärmung der Oberfläche bedingt.

Von größter Bedeutung ist diese Erscheinung dann, wenn die Oberfläche der Haut von einer gutleitenden Schicht, etwa Schweiß, bedeckt ist. Dieser kann sich dann leicht überhitzen und zu einer Verbrennung Veranlassung geben. Es ist darum bei der Behandlung im Kondensatorfeld stets dafür zu sorgen, daß sich bildender Schweiß sofort verdunsten kann oder in anderer Weise entfernt wird. Bei der allgemeinen Kurzwellenbehandlung (Hyperpyrexie) unterstützt man die Verdunstung des Schweißes durch ein Warmluftgebläse. Liegen die Elektroden aber dem Körper an, dann muß man durch eine dünne Zwischenlage von

Zellstoff, Filtrierpapier oder hydrophiler Gaze für die Aufsaugung des Schweißes sorgen. Auch Wunden oder Geschwürflächen, die von einer dünnen Sekretschicht bedeckt sind, können leicht überhitzt werden.

### **Die Stromstärke, Behandlungszeit und Wellenlänge.**

Wir haben zwei Größen, durch deren Veränderung wir die therapeutische Dosis bestimmen können: 1. Die Feldstärke, bzw. die Stromstärke. 2. Die Behandlungszeit.

**Die Messung der Stromstärke.** Wir haben bisher keine für die Therapie brauchbare Methode, die Stärke des angewendeten elektrischen Feldes zu messen. Ebenso wenig besitzen wir eine Möglichkeit, die vom Körper aufgenommene Feldenergie und die daraus resultierende Stromstärke zu messen. Das ist um so mehr zu bedauern, als wir in der Kurzwellentherapie ein wohl sehr wirksames, aber keineswegs indifferentes Heilmittel besitzen. Das Fehlen einer objektiven Messung der therapeutischen Dosis ist wohl der größte Mangel, den dieses Verfahren aufzuweisen hat. Das muß um so mehr betont werden, als in der Literatur vielfach das Bestreben besteht, darüber stillschweigend hinwegzuleiten, ja selbst der Versuch gemacht wird, diesen Mangel als einen Vorzug darzustellen. Wenn Schliephake meint, daß die Schwierigkeiten der Dosierung vielfach als ein Glück zu bezeichnen sind, weil dadurch die Therapie nicht im Mechanistischen erstarrt, so werden ihm wohl wenige bepflichten.

Ein Kurzwellenstrom läßt sich mit einem gewöhnlichen Amperemeter, wie wir es in der Hochfrequenztherapie benützen, nicht messen, weil nur ein Teil des Stromes durch den Hitzdraht geht, ein anderer unbekannter Teil das Instrument kapazitiv durchsetzt. Es werden daher Amperemeter verschiedener Art unter ganz den gleichen Bedingungen ganz verschiedene Angaben machen. Überdies ist die Stromstärke, die ein und dasselbe Instrument anzeigt, an verschiedenen Stellen des Kreises eine verschiedene (s. S. 49). Daher dienen die in der Kurzwellentherapie verwendeten Amperemeter nur dazu, erstens überhaupt das Vorhandensein eines Stromes anzuzeigen und zweitens bei der Abstimmung den Punkt anzugeben, in dem Resonanz eintritt, wir also das Maximum der erzielbaren Stromstärke im Behandlungskreis erreicht haben. Die Angaben der Amperemeter sind also nicht einmal als relative Werte zu gebrauchen.

Als Strom-, bzw. Spannungs- und Resonanzanzeiger kann man auch kleine Glühlämpchen oder Neonröhrchen verwenden. Die Amperemeter haben diesen Lämpchen gegenüber nur den Vorzug, daß ihr Zeigerausschlag den Resonanzpunkt leichter und schärfer erkennen läßt als das stärkere oder schwächere Leuchten eines Lämpchens.

Mangels eines objektiven Maßes für die verabfolgte Stromdosis sind wir in der Therapie ausschließlich auf unsere eigene Erfahrung und die subjektiven Angaben des Kranken angewiesen. Eine normale Temperaturempfindung des Kranken ist daher für die Behandlung dringend notwendig. Kranke mit Tabes, Syringomyelie, Nervenverletzungen,

Hysterie und anderen Leiden, bei denen eine Herabsetzung oder Aufhebung des Temperatursinnes vorzukommen pflegt, sind deshalb diesbezüglich genauestens zu untersuchen. Falls eine solche Störung besteht, ist die Behandlung, falls man sie überhaupt macht, nur mit größter Vorsicht durchzuführen.

**Die Regulierung der Stromstärke.** Diese kann in verschiedener Weise erfolgen: Durch Veränderung der Anodenspannung, durch Veränderung der Heizspannung, durch engere oder losere Koppelung des Behandlungskreises, durch mehr oder minder vollkommene Abstimmung und schließlich durch Veränderung des Elektrodenabstandes vom Körper. Bei den Funkenapparaten ist auch eine Stromregulierung durch Veränderung des Funkenstreckenabstandes vorgesehen.

Bei den Röhrenapparaten wird die Stromstärke im Therapiekreis meist durch die Heizspannung der Röhre reguliert. Durch die stärkere oder geringere Erhitzung der Kathode kann die Elektronenemission, d. h. die Stärke des Anodenstromes und gleichsinnig damit die Stärke des Behandlungsstromes, geändert werden.

Weniger zweckmäßig erscheint es, die Stromstärke durch einen größeren oder kleineren Elektrodenabstand zu beeinflussen, da es für jede Behandlung einen in bezug auf Tiefenwirkung und Leistung optimalen Abstand (Übertragungswirkungsgrad) gibt. Unter Umständen ist es jedoch vorteilhaft, eine zu starke Erhitzung durch eine größere Distanzierung der Elektroden zu vermindern. Zu diesem Mittel wird man insbesondere dann greifen, wenn unter zwei gleich großen Elektroden die Erwärmung unter der einen stärker ist als unter der anderen.

Es wäre wohl auch möglich, durch eine mehr oder weniger vollkommene Abstimmung auf Resonanz den Strom im Therapiekreis zu beeinflussen, doch vermeidet man dies mit Rücksicht auf die Röhre. Es empfiehlt sich, womöglich bei voller Resonanz zu arbeiten, denn dann wird der Behandlungskreis das Maximum an Energie aus dem Erregerkreis übernehmen und diesen dadurch am vollkommensten entlasten. Anderenfalls setzt sich die im Erregerkreis verbleibende Hochfrequenzenergie in Wärme um und führt zu einer unerwünschten Erhitzung der Röhre. Durch die geeignete Wahl der Heizspannung wird nur jene Menge an Hochfrequenz erzeugt, die jeweils benötigt wird.

**Die Stärke der Erwärmung.** Die Frage, welcher Grad von Erwärmung therapeutisch am zweckmäßigsten ist, wird verschieden beantwortet. Es gibt Autoren, welche in jedem Fall eine dem Kranken eben noch erträgliche Wärmedosis verabfolgen, und es gibt andererseits Autoren, welche jede Wärmeempfindung überhaupt vermieden wissen wollen, weil sie der Anschauung sind, daß die therapeutische Wirkung der Kurzwellen spezifischer Natur ist und eine Erwärmung nicht nur nebensächlich, sondern sogar schädlich ist. Das Richtige wird wohl auch hier in der Mitte liegen. Jeder Physiotherapeut weiß, daß die Wärme, in welcher Form immer sie zur Anwendung kommt, individuell dosiert werden muß. Es gibt Fälle, bei denen man bis zum Maximum der erträglichen Wärme gehen kann und gehen muß, wenn man einen Erfolg erzielen will, es gibt aber auch zahlreiche Fälle, bei denen eine



solche Dosierung schwersten Schaden stiften würde und bei denen ein Minimum von Erwärmung den besten Erfolg gibt. Jedes Festlegen auf das eine oder andere Extrem ist nur zum Nachteil der Kranken.

**Die Behandlungszeit.** Man ist heute im allgemeinen der Anschauung, daß bei örtlichen Behandlungen eine durchschnittliche Behandlungszeit von 15—20 Minuten ausreicht. Will man besonders vorsichtig sein, so kann man die Zeit mit 10 Minuten begrenzen. In anderen Fällen wird es vielleicht zweckmäßig sein, sie bis zu 30 Minuten auszudehnen.

Auch für die allgemeine Behandlung schwankt die Zeit zwischen 20—30 Minuten. Nur in Fällen, wo die Kurzwellenbehandlung als Ersatz einer Malariatherapie ausgeführt wird, verlängert man die Behandlungszeit auf zwei Stunden und darüber.

**Die Wahl der Wellenlänge.** Über den Einfluß der Wellenlänge auf die Erwärmung von elektrolytischen Lösungen und organischen Geweben, wird noch später eingehend die Rede sein. Hier kommt die Wellenlänge nur insofern zur Besprechung, als der Praktiker vor die Frage gestellt wird: Welche Wellenlänge soll ich im gegebenen Fall wählen? Diese Fragestellung kommt natürlich nur für denjenigen in Betracht, der über einen Apparat mit verstellbaren Wellenlängen verfügt.

Eine präzise Antwort auf diese Frage ist vorderhand nicht möglich. Zwar wird von verschiedenen Autoren nachdrücklich betont, daß für den therapeutischen Erfolg die Wahl der richtigen Wellenlänge von großer Bedeutung ist, ohne daß sie sich jedoch darüber aussprechen, welches denn eigentlich die richtige Wellenlänge im einzelnen Falle sei. Vorderhand sind wir noch nicht so weit, die für verschiedene Krankheiten geeignetste Wellenlänge angeben zu können. Vermutlich werden wir auch in der Zukunft die Wellenlänge nicht auf den Meter genau bestimmen können, sondern uns mit der Angabe eines bestimmten Wellenbandes begnügen müssen.

Im allgemeinen neigt man heute zur Anschauung, daß bei akut entzündlichen Erkrankungen der Nebenhöhlen der Nase, der Zähne, der Ohren, der Lunge und anderer Organe die kürzeren Wellen, etwa von 6 m abwärts, einen günstigeren Einfluß haben als die längeren Wellen. Ob dieser bessere therapeutische Erfolg durch die selektive Wirkung auf die Krankheitserreger, das erkrankte Gewebe selbst oder durch das größere Durchdringungsvermögen dieser Wellen oder durch andere Ursachen zu erklären sei, kann vorderhand nicht entschieden werden. Dort, wo es lediglich auf eine stärkere Erhitzung (Hyperpyrexie) ankommt, werden wir aus rein praktischen Gründen zu längeren Wellen greifen. Zunächst ist die Leistung der Apparate bei längeren Wellen eine größere, dann aber wird bei Anwendung solcher Wellen die Röhre in der Regel mehr geschont, da sie weniger erhitzt wird.

## Die Ausführung der Behandlung.

**Die örtliche Behandlung.** Obwohl die Kleider kein unmittelbares Hindernis für die Einwirkung des elektrischen Feldes auf den Körper darstellen, so ist es doch in vielen Fällen zweckmäßig, den Kranken

für die Behandlung zu entkleiden. Es wird dadurch möglich, nicht nur die Erwärmung der Haut unmittelbar zu kontrollieren, sondern auch etwaige Hautreaktionen, wie Schweißbildung, Erweiterung oder Verengerung der Gefäße, zu beobachten. Feuchte oder Salbenverbände sollen vor der Behandlung entfernt werden, weil sie sich unter Umständen stark erhitzen können. Trockene Verbände können eventuell belassen werden.

Der Kranke soll für die Behandlung in eine Lage gebracht werden, die ihm möglichst bequem ist. Viele Behandlungen können in sitzender Stellung ausgeführt werden, andere, insbesondere solche bei Schwerkranken, sind oft nur im Liegen möglich. Für diesen Zweck ist ein

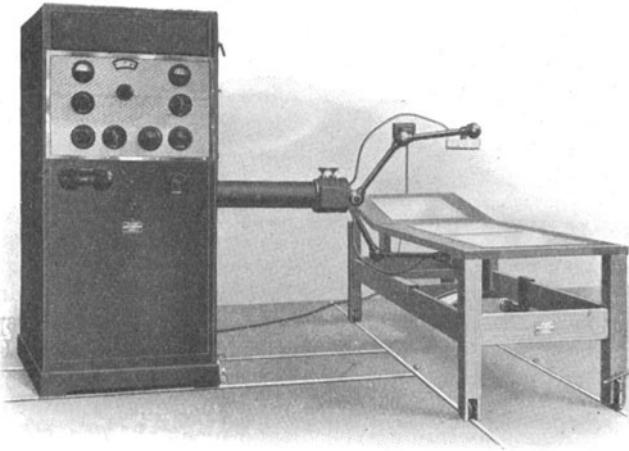


Abb. 91. Behandlungsbett für Untertischelektroden (Marholt, Wien).

niedriger, womöglich auf Rollen laufender Tisch aus Holz notwendig, der möglichst metallfrei ist. Sein Kopf- und Rückenteil sollen verstellbar sein. Als Auflage eignet sich eine mehrere Zentimeter dicke Moosgummischichte, die einerseits ein weiches Liegen ermöglicht, andererseits eine zweckmäßige Isolierung darstellt. Für manche Behandlungen wird es notwendig sein, einzelne Körperteile, wie z. B. den Kopf oder ein Bein, höher zu lagern, um sie bequem zwischen die Elektroden bringen zu können. Hierfür eignen sich schmale, aus mehreren Moosgummilagen geschichtete Stützen.

Für denjenigen, der mit starren Elektroden arbeitet, auf denen der Kranke nicht liegen kann, ist auch ein Tisch zweckmäßig, welcher die Anbringung der einen Elektrode unterhalb der Tischplatte gestattet (Abb. 91). Dadurch wird die Behandlung der Lunge oder eines anderen inneren Organes auch in Rückenlage des Kranken möglich. Bei solchen Tischen können einzelne Felder herausgenommen und durch Platten aus durchsichtigem Isoliermaterial ersetzt werden, so daß die Einstellung der Untertischelektrode auf einen bestimmten Körperteil unter Kontrolle des Auges geschehen kann.

Weiche Elektroden werden an dem zu behandelnden Körperteil in der Regel festgebunden, wozu sich am besten Gummibinden eignen. Unter Umständen kann sich der Kranke auch auf eine Elektrode legen. Starre Elektroden sind teils wegen ihres Gewichtes, teils wegen des durch sie verursachten Druckes, meist schwer durch Anbinden zu befestigen. Hier wird man sich zweckmäßigerweise geeigneter Stative bedienen, welche an zwei allseits verstellbaren Armen die Elektroden tragen. Solche Elektrodenträger sind vielfach schon an den Apparaten selbst angebracht (Abb. 56 u. 91).

**Die allgemeine Behandlung.** Hier handelt es sich darum, den ganzen Körper unter die Einwirkung des elektrischen Feldes zu bringen, um

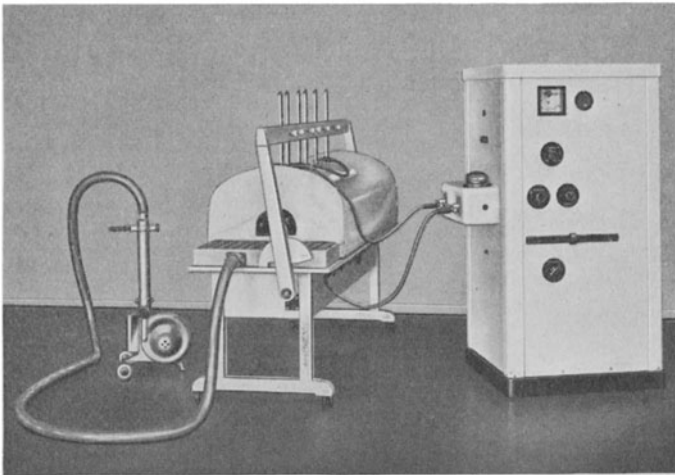


Abb. 92. Apparat zur Allgemeinbehandlung (Pyrotherm der Siemens-Reiniger-Werke).

so eine allgemeine Hyperthermie geringen oder höheren Grades zu erzeugen. Für diesen Zweck sind begreiflicherweise besonders leistungsfähige Apparate nötig, Apparate, die eine Nutzleistung von 600 bis 800 Watt abgeben. Da die Nutzleistung mit der Wellenlänge steigt, werden zur allgemeinen Behandlung in der Regel längere Wellen im Bereich von 12—30 m benützt.

Die allgemeine Behandlung mit Kurzwellen erfolgt in einem Kasten, der den Körper des Kranken mit Ausnahme des Kopfes umschließt (Abb. 92). Die eine Elektrode ist unter der Liegefläche unbeweglich eingebaut, die andere ist an einem Tragbalken so befestigt, daß sie der Dicke des Patienten entsprechend in verschiedener Höhe eingestellt werden kann. Diese Anordnung, bei der die Feldlinien in senkrechter Richtung verlaufen, ist zweckmäßiger als die ursprünglich von den Amerikanern verwendete horizontale Feldeinstellung, wobei sich die Elektroden zu beiden Seiten des Körpers befanden. In diesem Fall ist die Energieausnutzung eine weniger gute, der Temperaturanstieg erfolgt infolgedessen langsamer. Es kommt auch leichter zu einer Über-

hitzung der den Elektroden am nächsten liegenden Schultern und Hüften sowie zu einem Brennen in den Achselhöhlen und im Schenkelspalt, wo Hautfläche an Hautfläche liegt. Auch eine dritte Elektrodenanordnung wurde in Vorschlag gebracht, wobei beide Elektroden unterhalb der Liegefläche in derselben Ebene angeordnet sind.

Der Kranke liegt bei der Allgemeindurchwärmung vollkommen entkleidet im Kasten. Ein Warmluftgebläse sorgt für die augenblickliche Verdunstung des sich bildenden Schweißes und heizt gleichzeitig das Kasteninnere, um die Abkühlung des Körpers zu verhindern. Man kann das gleiche Ziel auch dadurch erreichen, daß man den Körper in ein Leintuch und in mehrere Woldecken einhüllt. Durch diese Umhüllung wird der Schweiß aufgesaugt und die Wärme gestaut. Eine solche Packung ist nur insoferne für den Kranken unangenehmer, als sie ihm jede Bewegungsfreiheit nimmt.

Man kann im allgemeinen starke und schwache Durchwärmungen unterscheiden, deren Technik und Anzeigen verschieden sind.

Starke Durchwärmungen in der Dauer von ein bis zwei Stunden, wobei die Körpertemperatur auf 40° C und darüber getrieben wird, werden als Ersatz einer Fiebertherapie, besonders einer Malariatherapie, bei progressiver Paralyse angewendet. Nach der Kurzwellenbehandlung bleibt der Kranke gut eingepackt unter der Einwirkung von Thermophoren noch einige Stunden liegen, um die Übertemperatur längere Zeit zu halten. Nach der Packung erhält er ein warmes, langsam abgekühltes Vollbad. Die Behandlung wird jeden zweiten Tag wiederholt.

Diese zuerst von Carpenter, dann auch von anderen amerikanischen und französischen Autoren empfohlene Methode hat den Namen Elektropyrexie, Hyperpyrexie, Radiothermie oder Fièvre artificielle erhalten. Sie hat sich, wenn auch nicht in der bei der progressiven Paralyse geübten extremen Form, bei chronischer Polyarthritiden und als ein den Stoffwechsel mächtig anregendes Mittel bei der Adipositas bewährt.

Leichte Durchwärmungen. Hier werden schwächere elektrische Felder in der Dauer von etwa einer halben Stunde zur Anwendung gebracht, so daß die Allgemeintemperatur nur um Zehntelgrade, bis höchstens 38° C, steigt. Dabei kommt es oft nicht einmal zur Schweißbildung, sondern nur zu einem allgemeinen angenehmen Wärmegefühl, so daß man die Kranken bisweilen gar nicht zu entkleiden braucht. Solche Durchwärmungen wirken leicht anregend auf den Blutkreislauf, den Stoffwechsel und die innere Sekretion, gleichzeitig aber auch beruhigend, schmerzstillend, reflexvermindernd und blutdruckherabsetzend, so daß man sie bei allgemeiner Arteriosklerose, Hypertonie, Insuffizienz inkretorischer Drüsen, multipler Sklerose, Polyneuralgien u. dgl. mit Erfolg anwendet.

## **Die Behandlung im Spulenfeld.**

**Über den Durchgang von Hochfrequenzströmen durch Spulen.** Im Inneren einer Drahtspule (Solenoid), durch deren Windungen ein elektrischer Strom fließt, besteht ein magnetisches Feld, dessen Kraft-

linien der Länge nach durch die Spule laufen (s. S. 7). Dieses für alle bisher bekannten Stromformen zutreffende Gesetz gilt nicht mehr für die Kurzwellenströme. Bei hochfrequenten Strömen mit einer Wechselzahl von 10—100 Mill. Hz, wie wir sie therapeutisch verwenden, tritt eine grundlegende Änderung der Verhältnisse ein, wie zuerst H. Weisz nachwies.

Da die Selbstinduktivität mit der Frequenz des Wechselstromes steigt, so ist der induktive Widerstand, den eine mehrreihige Spule einem Kurzwellenstrom bietet, unter Umständen so groß, daß der Strom diesen Widerstand nicht mehr zu überwinden vermag (s. S. 17). Nun nimmt aber umgekehrt, mit steigender Frequenz, der kapazitive Widerstand, den jede Spule neben dem induktiven besitzt, immer mehr ab. Es muß also für jede Spule mit zunehmender Frequenz ein Punkt erreicht werden, wo der induktive Widerstand gleich dem kapazitiven wird. Steigt die Frequenz noch weiter, so wird schließlich der kapazitive Widerstand kleiner als der induktive.

Daß jede Spule neben ihrer Induktivität auch eine Kapazität besitzt, wird durch folgende Überlegungen klar. Zwischen jeder Windung eines Solenoids und der ihr benachbarten besteht eine Potentialdifferenz. Getrennt durch das Dielektrikum Luft wird so eine Kondensatoranordnung geschaffen, wie das durch Abb. 93 schematisch wiedergegeben ist. Wir müssen allerdings noch hinzufügen, daß nicht nur zwischen benachbarten, sondern auch zwischen jeder Windung und allen anderen eine Potentialdifferenz herrscht, wodurch ein Kondensator von ziemlich kompliziertem Aufbau entsteht. Die Kapazität dieses Kondensators hängt in erster Linie von der Anzahl der Spulenwindungen und ihrem gegenseitigen Abstand ab.

Die Selbstinduktion der Spule und ihre Kapazität können wir als nebeneinandergeschaltet ansehen. Einem Hochfrequenzstrom, der durch eine Spule fließt, bieten sich somit zwei Wege: ein metallischer entlang der Spiralen, der im wesentlichen einen induktiven Widerstand darstellt, und ein direkter Weg von Windung zu Windung, der einen kapazitiven Widerstand hat. Welchen Weg der Strom vorzugsweise oder allein geht, hängt nach unseren obigen Auseinandersetzungen entscheidend von der Frequenz des Stromes ab.

Dazu kommt jedoch noch ein Faktor, der für die therapeutische Verwertung des Spulenfeldes von Bedeutung ist. Bringen wir in das Innere der Spule irgendeinen Körperteil, so wird das Dielektrikum Luft zum Teil durch das Dielektrikum Körper verdrängt. Da aber der Körper eine ungleich höhere Dielektrizitätskonstante hat, so wird die Kapazität des Spulen Kondensators dadurch beträchtlich erhöht, mit anderen Worten, der kapazitive Widerstand der Spulen bedeutend herabgesetzt. Die von Windung zu Windung verlaufenden Kraftlinien gehen nicht mehr nur durch die Luft, sondern zum Teil über den dielektrisch viel besser leitenden Körper. Der Körper nimmt daher die Kraftlinien in

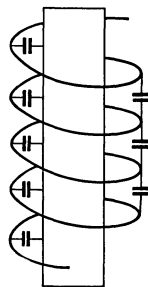


Abb. 93. Jede Spule besitzt auch eine Kapazität.

sich auf, zieht sie gleichsam in sich hinein und wird so von einem elektrischen Feld durchsetzt.

Daß ein Kurzwellenstrom beim Durchgang durch eine mehrreihige Spule wirklich den kapazitiven Weg von Windung zu Windung geht, konnte H. Weisz unter anderem auch mit folgendem Versuch nachweisen. Nimmt man an Stelle einer Spirale eine Reihe von geschlossenen Drahringen, die man parallel nebeneinanderstellt, ohne daß sie jedoch eine leitende Verbindung hätten, und schließt nun den ersten und den letzten Drahring an die Stromquelle an, so kann man im Innern einer solchen Ringreihe ganz die gleichen Wärmeerscheinungen und sonstigen Wirkungen erzeugen wie in einem Solenoid (Abb. 94). Es ist klar, daß bei einzelnen Drahringen die Stromleitung nur kapazitiv von Ring zu Ring erfolgen kann.

**Das elektrische Feld in der Spule.** Der Umstand, daß der Kurzwellenstrom nicht mehr den gewöhnlichen Leitungsweg entlang der Spulenwindungen geht, sondern die Windungen kapazitiv überbrückt, bedingt es, daß das Spuleninnere nicht von magnetischen, sondern von elektrischen Kraftlinien durchsetzt wird. Es besteht also im Spuleninnern kein magnetisches Feld, sondern ein elektrisches Feld, dessen Kraftlinien in der Achsenrichtung verlaufen. Notwendigerweise müssen dann die magnetischen Kraftlinien die elektrischen ringförmig umschließen. Das Spulenfeld wird dadurch zu einer Art von Kondensatorfeld. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem elektrischen Feld eines Plattenkondensators und dem einer Spule besteht jedoch darin, daß bei dem Plattenkondensator die elektrischen Kraftlinien streuen, sich also in der Feldmitte verdünnen, während sie im Spulenkondensator im Gegenteil sich in der Mitte des Feldes verdichten.

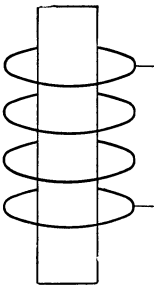


Abb. 94. Ersatz einer Spule durch ein System paralleler Ringe.

Streng genommen wird im Innern einer von einem Kurzwellenstrom durchflossenen Spirale kein reines elektrisches Feld bestehen. Es wird daneben wohl auch ein magnetisches Feld vorhanden sein, dieses ist jedoch durch das ungleich stärkere elektrische Feld so verdeckt, daß es praktisch nicht in Erscheinung tritt.

Daß im Innern eines Kurzwellensolenoids ein vorwiegend elektrisches Feld besteht, wird vor allem dadurch bestätigt, daß sich organische wie anorganische Körper im Spulenfeld genau so verhalten wie im Kondensatorfeld und nicht so wie in einem magnetischen Feld. Gute Leiter, wie Metalle, erwärmen sich bekanntlich im magnetischen Feld sehr bedeutend, weil infolge ihrer guten Leitfähigkeit die in ihnen induzierten Wirbelströme sehr stark werden. Schlechte Leiter, wie Elektrolyte, erwärmen sich dagegen im magnetischen Feld nicht oder nur sehr wenig. Das Entgegengesetzte beobachten wir im elektrischen Feld. Gute Leiter erwärmen sich nicht, dagegen Elektrolyte sehr beträchtlich. Ich konnte zeigen, daß dies auch im Spulenfeld eines Kurzwellenstromes der Fall ist. Alle physiologischen und biologischen Versuche, von denen wir später noch sprechen werden, laufen im Spulenfeld genau so ab wie im Kondensatorfeld. Die Wirkung auf Pflanzen, Tiere und Menschen ist grundsätzlich die gleiche. Ein Unterschied besteht

nur insofern, daß die Erwärmung im Spulenfeld bei gleicher Apparateleistung größer ist als in einem gleich großen Kondensatorfeld, was durch die Verdichtung der Stromlinien im Spuleninnern leicht zu erklären ist.

**Die therapeutische Anwendung.** Für die therapeutische Anwendung des Spulenfeldes gelten ganz die gleichen Grundsätze wie für das Kondensatorfeld. So unter anderem: 1. Der Abstand der Spulenwindungen von der Körperoberfläche soll an allen Stellen der gleiche sein. Ist er das nicht, dann ist die Erwärmung ungleich. Sie ist in den näherliegenden Teilen stärker als in den entfernteren. 2. Der Abstand der Windungen vom Körper muß genügend groß sein, wenn eine gute Tiefenwirkung erzielt werden soll. Ist der Abstand zu klein, so kommt es im wesentlichen zu einem Oberflächeneffekt. 3. Der Abstand der Solenoidwindungen von der Haut hat einen wesentlichen Einfluß auf die Stärke des im Körper fließenden Stromes, bzw.

auf die Stärke der Erwärmung. Je größer der Abstand, um so größer ist im allgemeinen der kapazitive Widerstand im Behandlungskreis, um so kleiner der im Körper zustande kommende Strom. Dieser wächst mit der Annäherung der Windungen an die Körperoberfläche, jedoch nur bis zu einem Punkt, der durch das Verhältnis zwischen kapazitivem und Ohmschem Widerstand gegeben ist. Wird der Ohmsche im Verhältnis zum kapazitiven Widerstand zu groß, dann ist der Kreis nicht mehr schwingungsfähig. Die Erwärmung geht zurück (s. S. 50).

Mit Rücksicht auf die Forderung, daß die Windungen des Solenoids von der Haut überall gleich weit entfernt sein sollen, sind vorgegebene starre Solenoide in der Praxis nicht gut verwendbar. Zweckmäßiger erscheint es, die Solenoide von Fall zu Fall herzustellen und sie dem zu behandelnden Körperteil individuell anzupassen. Das kann

nach meinem Vorschlag am besten mit Hilfe von Solenoidbinden geschehen<sup>1</sup>. Diese bestehen aus einem Metallband, das zwischen zwei isolierende Gummischichten eingebettet ist (Abb. 95). Die dem Körper zugewendete Schicht besteht aus 1—2 cm dickem Moosgummi, die einen Mindestabstand von der Haut gewährleisten soll (Abb. 96). Auf der anderen Seite ist das Metallband durch eine einfache Gummilage gegen eine direkte Berührung gesichert. Binden in der Länge von 4 m genügen für die meisten praktischen Zwecke. Die Binden werden an dem Apparat durch Kabel angeschlossen, die elastisch sind, und die Enden spannen. Dadurch entfällt eine besondere Befestigung der Bindenenden.

Die Binden kann man über die bloße Haut oder über eine dünne

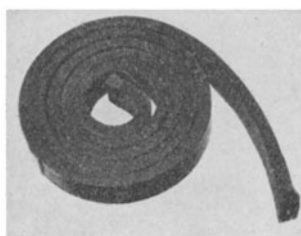


Abb. 95. Solenoidbinde von Kowarschik.

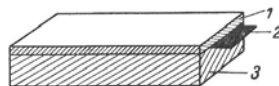


Abb. 96. Schematischer Querschnitt einer Solenoidbinde.  
1 Gummilage; 2 Metallband;  
3 Schwammgummi.

<sup>1</sup> Erzeugt von den Siemens-Reiniger-Werken.

Kleiderschicht anlegen. Hat der zu behandelnde Körperteil einen größeren Durchmesser, dann ist es notwendig, noch eine isolierende Schicht zwischen Körper und Binde zu legen, um eine genügende Tiefenwirkung zu erzielen. Die Bindentouren können eng aneinander schließen (Abb. 97), sie können aber, wenn längere Körperteile behandelt

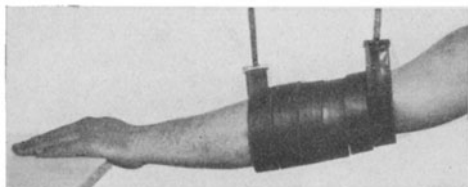


Abb. 97. Behandlung im Spulenfeld.

werden, auch weiter voneinander abstehen (Abb. 98). Für die Abstimmung des Behandlungskreises, die Regulierung der Stromstärke, die Behandlungszeit usw. gilt genau das gleiche, was wir im vorigen Abschnitt über das Kondensatorfeld gesagt haben.

**Spulenfeld und Kondensatorfeld.** Die Behandlung im Spulenfeld ist nicht als eine Verbesserung, sondern nur als eine Erweiterung oder Ergänzung der Kondensatorfeldbehandlung anzusehen. Für manche Fälle wird das Kondensatorfeld, für andere wieder das Spulenfeld die besser geeignete, vielleicht auch allein anwendbare Behandlungsform sein. So ist es z. B. technisch nicht gut möglich, eine Behandlung des Auges, Ohres, der Zähne u. dgl. im Spulenfeld durchzuführen. Hier kommt einzig und allein das Kondensatorfeld in Betracht. Anders ist es, wenn man Teile einer Extremität, sagen wir einen Ober- oder Unterschenkel, wegen Osteomyelitis, ein Knie, ein Hand- oder Ellen-

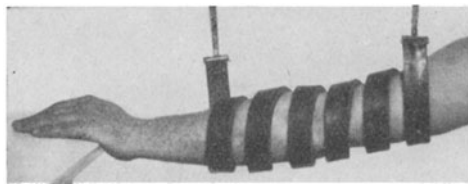


Abb. 98. Behandlung im Spulenfeld.

bogengelenk oder gar eine ganze Extremität behandeln will. Hier ist das Spulenfeld wegen seiner guten Feldausnützung und seiner allseits gleichmäßigen Feldverteilung dem Kondensatorverfahren unbedingt überlegen. Bei der Behandlung der Brust- und Bauchhöhle oder des Beckens, wird die Solenoidbehandlung mit der Kondensatorfeldbehandlung in Konkurrenz treten.

## IV. Die biologischen Wirkungen der Kurzwellen.

### Die Wärmewirkung.

#### Die Erwärmung von Elektrolyten und Geweben.

**Der Einfluß der Konzentration.** Bringen wir einen Halbleiter oder Elektrolyten in ein Kurzwellenfeld, so setzt sich dieses in ihm teilweise in einen Leitungsstrom, teilweise in einen Verschiebungsstrom um



(s. S. 24). Während der Verschiebungsstrom verlustlos durch den Leiter geht, erzeugt der Leitungsstrom infolge des Widerstandes, dem er auf seinem Wege begegnet, Reibungs- oder Leitungswärme. Es ist das die gleiche Joulesche Wärme, die auch der Diathermiestrom erzeugt.

Da jeder Körper, der zwischen die beiden Kondensatorplatten gebracht wird, also auch ein Elektrolyt, einen Teil des Dielektrikums darstellt, so können wir diese Wärmebildung auch als dielektrischen Verlust bezeichnen, obwohl wir unter dielektrischen Verlust in engerem Sinn nur jene Wärmebildung verstehen, die in einem eigentlichen Dielektrikum, also in einem Nichtleiter, zustande kommt. Die Wärmeerzeugung ist die wichtigste und gleichzeitig auch die einzige Wirkung des Kurzwellenfeldes, die wir quantitativ erfassen können. Wir müssen deshalb die Bedingungen ihrer Entstehung etwas genauer studieren.

Zunächst läßt sich feststellen, daß die Erwärmung einer elektrolytischen Lösung in hohem Grad durch ihre Konzentration beeinflusst wird. Bringen wir eine konzentrierte Kochsalzlösung in das Kurzwellenfeld, so zeigt sie in einer abgemessenen Zeit eine bestimmte Temperaturerhöhung. Wenn wir nun die Lösung durch

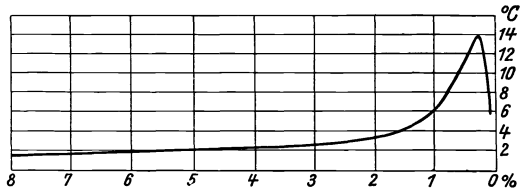


Abb. 99. Erwärmung von Kochsalzlösungen verschiedener Konzentration im Felde einer 4,8 m Welle.

Zusatz von Wasser allmählich verdünnen und immer wieder einem gleich starken Feld aussetzen, so finden wir, daß die Erwärmung größer wird (Abb. 99). Das war zu erwarten, weil ja der Leitungswiderstand mit abnehmender Konzentration wächst und dementsprechend nach dem Jouleschen Gesetz auch die Erwärmung. Setzen wir aber die Verdünnung fort, so kommen wir zu einem Punkt, wo die Erwärmung nicht weitersteigt, sondern im Gegenteil abnimmt, und zwar in einer sehr raschen Weise. Für eine Kochsalzlösung ist bei Verwendung einer 4,8 m-Welle der Gipfelpunkt der Erwärmung bei einer Konzentration von 0,2% erreicht.

Wir entnehmen daraus, daß die Erwärmung eines Elektrolyten nicht mehr oder nicht mehr ganz dem Jouleschen Gesetze folgt, denn sonst müßte die Erwärmung mit zunehmender Verdünnung andauernd steigen. Die Erklärung ist die, daß im Kurzwellenfeld nur der im Elektrolyten entstehende Leitungsstrom Wärme erzeugt, nicht aber der Verschiebungsstrom. Es wird also davon abhängen, wieviel von der elektrischen Energie als Leitungsstrom, wieviel als Verschiebungsstrom durch den Leiter geht. Das wird neben dem Ohmschen Widerstand von der dielektrischen Leitfähigkeit (Dielektrizitätskonstante) bestimmt. Beide, bzw. das Verhältnis beider zueinander, ergibt also die Erwärmung.

Von dem Diathermiestrom ist bekannt, daß er dem Jouleschen Gesetze folgt. Das trifft auch im allgemeinen zu, aber nicht restlos, wie schon Arsonval vor Jahren gezeigt hat. Elektrolyte in einer Konzen-

tration, wie sie dem Blutserum, den Gewebsflüssigkeiten, dem Harn entspricht, folgen durchaus dem Jouleschen Gesetz. Wenn wir jedoch derartige Flüssigkeiten hochgradig verdünnen, so ist ihre Erwärmung eine geringere, als wir nach dem Jouleschen Gesetz erwarten müßten. Bei sehr stark verdünnten Lösungen hat also auch für den Diathermiestrom das Joulesche Gesetz keine Gültigkeit mehr.

Prüfen wir das Verhalten verschiedener Elektrolyte im Kurzwellenfeld, so erhalten wir ganz ähnliche Kurven wie für die Kochsalz-

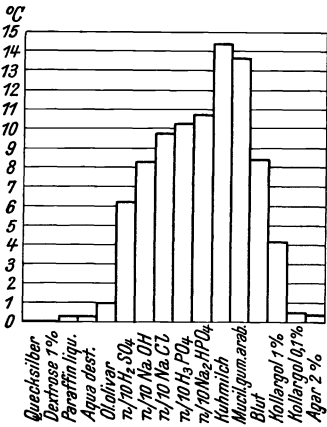


Abb. 100. Erwärmung verschiedener Flüssigkeiten im Felde einer 4,8m Welle.

lösung, nur liegt der Gipfelpunkt der Erwärmung für jeden Elektrolyten bei einer anderen Konzentration. Prüfen wir die Elektrolyte bei gleicher molekularer Konzentration, z. B. in Form einer 1/10-Normallösung, so ergeben sich verschieden hohe absolute Werte für die Erwärmung (Abb. 100). Besonders hoch ist z. B., wie Schliephake gefunden hat, die Erwärmung von Orthophosphorsäure und Natrium biphosphoricum (s. Tabelle).

Gute Leiter, wie Metalle, erwärmen sich im elektrischen Feld fast gar nicht, weil ihr Leitvermögen ein sehr großes und infolgedessen die Bildung von Joulescher Wärme eine sehr geringe ist. Eine Erwärmung, die unter Umständen allerdings beträchtlich sein kann, kommt nur

dann zustande, wenn die elektrischen Feldlinien sich in einem sehr engen Leitungsquerschnitt (dünner Draht) zusammendrängen müssen (s. S. 48). Auch Nichtleiter, Isolatoren, zeigen im Kurzwellenfeld

Tabelle 1. Erwärmung verschiedener Flüssigkeiten im elektrischem Feld. Menge 100 ccm, Zeit 1 Minute, Wellenlänge 4,8 m.

| Leiter 1. Klasse und Isolatoren in Grad | Leiter 2. Klasse (Elektrolyte) in Grad           | Kolloide in Grad           |
|---|--|----------------------------|
| Quecksilber . . . . 0,10                | n/10 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . 6,0  | Agar 2% . . . . . 0,5      |
| Dextrose 1% . . . . 0,10                | n/10 NaOH . . . . . 8,2                          | Kollargol 1% . . . . 4,1   |
| Paraff. liquid. . . . 0,30              | n/10 NaCl . . . . . 9,8                          | Blut, frisch . . . . . 8,4 |
| Aqua dest. . . . . 0,30                 | n/10 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . . . . 10,3 | Kuhmilch . . . . . 14,4    |
| Ol. olivarium . . . . 0,50              | n/10 Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . 10,7 | Muc. gum. arab. . . . 13,8 |

in der Regel keine nennenswerte Erwärmung, da das Feld durch sie in Form eines Verschiebungsstromes hindurchgeht, der verlustlos ist, also keine Wärme bildet.

**Der Einfluß der Leitfähigkeit.** Beziehen wir die Erwärmung der Elektrolyte nicht auf ihre Konzentration, sondern auf ihre elektrische Leitfähigkeit, so ergibt sich die interessante Tatsache, daß die Erwärmungsmaxima verschiedener Elektrolyte übereinanderfallen

(Abb. 101). Die Erwärmung ist also von der elektrischen Leitfähigkeit, bzw. dem Ohmschen Widerstand, abhängig. Wir können daraus den Schluß ziehen, daß die Erwärmung von Elektrolytlösungen im Kurzwellenfeld durch den Leitungsstrom bedingt ist. Nur ist dieser Leitungsstrom auch bei gleicher Leitfähigkeit für die einzelnen Elektrolyten verschieden groß, da ja ein mehr oder weniger großer Teil als Verschiebungsstrom passiert. Sollte auch eine Wärmebildung durch den Verschiebungsstrom, also durch rein dielektrische Verluste, zustandekommen, so ist diese wenigstens so gering, daß sie durch die Wärme des Leitungsstromes vollkommen verdeckt wird. Das gilt wenigstens für Wellenlängen in dem Bereich, das wir derzeit therapeutisch verwenden.

Anders sind die Verhältnisse vermutlich bei sehr kurzen Wellen und bei Flüssigkeiten, welche Dipolnatur haben, wie das für die meisten Eiweißkörper zutrifft. Diese Dipole werden durch das elektrische Wechselfeld hin- und hergeschwenkt und können so Wärme erzeugen, die wahrscheinlich praktisch nicht mehr bedeutungslos ist (Pätzold). Wir hätten es hier mit dielektrischen Verlusten im engeren Sinn zu tun. Die Stärke der Wärmebildung in solchen Fällen hängt von verschiedenen Bedingungen ab, in erster Linie von dem Dipolmoment der betreffenden Substanz, von der Größe der Moleküle und der Viskosität des Lösungsmittels, dann aber, wie gesagt, von der Frequenz des Stromes.

**Der Einfluß der Wellenlänge.** Erwärmt man einen Elektrolyten mit Wechselströmen verschiedener Frequenz, bzw. Wellenlängen, jedoch gleicher Stromstärke, so ist seine Erwärmung eine verschieden starke. Sie wird um so größer, je kleiner die Frequenz oder je größer die Wellenlänge wird. Sie ist daher bei der Wellenlänge  $\infty$ , die dem Gleichstrom zukommt, am größten. Das wird dadurch erklärlich, daß mit abnehmender Frequenz der Leitungsstrom im Verhältnis zum Verschiebungsstrom immer größer wird. Diese Feststellung ist wichtig, um Mißverständnissen bei den folgenden Auseinandersetzungen, die für die Kurzwellentherapie von größter Bedeutung sind, vorzubeugen.

Wenn wir nicht einen, sondern gleichzeitig mehrere Elektrolyte, sagen wir Kochsalzlösungen verschiedener Konzentration, in einem Kurzwellenfeld von bestimmter Wellenlänge durchströmen, so wird sich stets eine ganz bestimmte Kochsalzlösung am meisten erwärmen. Dabei ist es gleichgültig, ob wir die Kochsalzlösungen in Reihe, d. h. hintereinander, oder parallel, d. h. nebeneinander, in das Feld bringen. Die Art der Schaltung ist bedeutungslos, wesentlich ist nur die Konzentration, besser gesagt, die elektrische und dielektrische Leitfähigkeit (Dielektrizitätskonstante) der betreffenden Lösung.

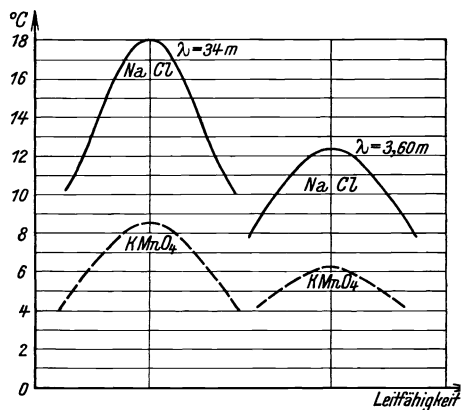


Abb. 101. Die Erwärmung von Elektrolyten als eine Funktion der Leitfähigkeit (nach Pätzold).

Wenn wir dieselbe Reihe von Elektrolytlösungen in ein Feld von anderer Wellenlänge bringen, so können wir feststellen, daß nunmehr eine anders konzentrierte Kochsalzlösung an die Spitze der Erwärmung rückt. Bei eingehender Prüfung zeigt sich, daß sich für jede der vorhandenen Lösungen eine Wellenlänge finden läßt, bei der sich gerade diese Lösung mehr als die übrigen erwärmt. Man kann diese der betreffenden Lösung zugeordnete Wellenlänge als thermisch-optimale oder, wenn man will, auch als spezifische Wellenlänge bezeichnen, wobei die Spezifität natürlich eine rein physikalische ist.

Zwischen dieser Wellenlänge einerseits und der elektrischen sowie dielektrischen Leitfähigkeit (Dielektrizitätskonstante) der Lösung andererseits, besteht eine bestimmte Beziehung, und zwar in dem Sinne, daß jene Wellenlänge die thermisch optimale ist, für welche die elektrische und die dielektrische Leitfähigkeit des betreffenden Elektrolyten gleich groß sind (Pätzold, Burstyn, Mc Lennan und Burton).

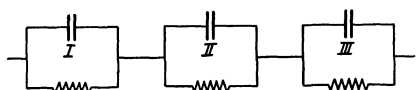


Abb. 102. Verschiedene Elektrolyte charakterisiert durch die Parallelschaltung eines Ohmschen Widerstandes und einer Kapazität.

Wir haben auf S. 19 auseinandergesetzt, daß mit steigender Frequenz die dielektrische Leitfähigkeit im Vergleich zur Ohmschen Leitfähigkeit immer größere Werte annimmt. Infolgedessen muß es eine Frequenz, mit anderen Worten eine Wellen-

länge geben, für welche die beiden Leitfähigkeiten gleich groß werden. Das ist die thermisch-optimale Wellenlänge.

Das Gesagte wird aus der Abb. 102 noch klarer werden. Wir haben eine Reihe von Elektrolyten, jeder von ihnen ist durch einen Ohmschen und kapazitiven Widerstand in Parallelschaltung wiedergegeben. Für jedes dieser Systeme gibt es eine Wellenlänge, für welche die beiden Widerstände einander gleich sind. Diese Wellenlänge wird das betreffende System durch maximale Erwärmung aus der Reihe herausheben. Stellen wir uns vor, wir hätten ein offenes Klavier und würden nun nacheinander Stimmgabeln von verschiedener Tonhöhe (Wellenlänge) über die Saiten halten, so wird auf jede Stimmgabel eine andere Saite ansprechen, d. h. zu maximalem Tönen kommen. Dieser Vergleich ist anschaulich und zutreffend, solange er den rein äußeren Vorgang beschreibt, er darf nur nicht zu der irrtümlichen Annahme führen, daß die Erwärmung eines Elektrolyten durch eine elektrische oder mechanische (molekulare) Resonanz zustande kommt.

**Die selektive Wirkung der Kurzwellen.** Die Erscheinung, daß eine bestimmte Wellenlänge aus einer Gruppe von Elektrolyten stets einen bestimmten durch maximale Erwärmung herausgreift, unabhängig von seinem Ohmschen Widerstand und der Art der Schaltung, bezeichnen wir als selektive Wirkung. Diese Wirkung läßt sich durch eine Reihe physikalischer und biologischer Experimente dartun.

Im menschlichen Körper haben wir es nur ausnahmsweise mit einer einfachen Reihen- oder Parallelschaltung der Gewebe, meist mit einer

Kombination beider zu tun. So umgibt z. B. an einer Extremität die Haut und Unterhaut ringförmig die Muskulatur, diese wieder ringförmig den Knochen. Hier liegt also bei einer Querdurchwärmung eine Kombination von Serien- und Parallelschaltung vor. Wir können das experimentell nachahmen, wenn wir zwei oder drei zylindrische Gefäße von gleicher Höhe aber ungleichem Durchmesser, die mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt sind, konzentrisch ineinanderstellen. Um auch die Wirkung des Diathermiestromes auf eine solche Versuchsanordnung prüfen zu können, dürfen diese Gefäße allerdings nicht aus Glas oder einem anderen isolierenden Material sein, weil dieses dem Diathermiestrom ein unüberwindliches Hindernis entgegensetzen würde. Wir nehmen daher Dialysierhülsen.

Die Abb. 103 zeigt einen solchen von Schliephake und Kochler angestellten Versuch. Als Versuchsfüssigkeiten dienten gewöhnliches Wasser, tierisches Fett und eine Kochsalzlösung.

Der Diathermiestrom erwärmt vor allem das Wasser und läuft außen um den schlechtleitenden Fettzylinder herum. Die Kochsalzlösung erwärmt sich dabei am wenigsten. Die Erwärmung nimmt somit von außen nach innen ab. Im Feld einer 15 m-Welle ist das Wärmegefälle gerade umgekehrt. Das Feld durchsetzt die beiden äußeren Schichten mit nur geringen Verlusten und erwärmt am stärksten die zentral gelegene Kochsalzlösung (Abb. 104). Im Feld einer 3 m-Welle verschiebt sich die Erwärmung. Die Temperaturunterschiede sind nicht so groß, d. h. die Erwärmung ist eine gleichmäßigere.

Die selektive Wirkung der Kurzwellen ist auch in dem folgenden von mir angestellten Versuch deutlich ersichtbar. Bringt man kleine Fische in einem mit gewöhnlichen Wasser gefüllten Glasrog in das Feld einer 4,8 m-Welle, so gehen die Tiere in kürzester Zeit an Übererwärmung zugrunde. Dabei zeigt sich, daß das Wasser sich nur um 2° C erwärmte, während die Tiere in der gleichen Zeit einen Temperaturanstieg um 11° C erfuhren, sich demnach beträchtlich stärker erwärmten als das Wasser. Dieser Unterschied wird noch größer, wenn man die Fische statt in gewöhnliches in destilliertes Wasser bringt, das sich im elektrischen Feld fast garnicht erwärmt. Die Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Fisch beträgt in diesem Fall beim Eintritt des Todes 15,8° C. Läßt man den toten Fisch weiterhin im Feld, so kann man Temperaturspannungen von 55° C und darüber erreichen.

Eine solch selektive Erwärmung der Fische ist weder durch gewöhnliche Erhitzung noch durch Diathermie zu erzielen. Erwärmt man das Wasser mit den Fischen über einer Flamme, so ist die Temperatur des Wassers beim Eintritt des Todes um durchschnittlich 2,4° C höher als die der Fische. Bei Durchleitung eines Diathermiestromes durch das Wasser, ist dieses gleichfalls, jedoch nur um 0,2° C wärmer als der Fisch. Das erklärt sich dadurch, daß ein, wenn auch nicht sehr großer Anteil des Stromes direkt durch den Fisch geht und diesen unmittelbar erhitzt.

**Die Erwärmung organischer Gewebe.** Tierische Gewebe verhalten sich im Hochfrequenzfeld ganz ähnlich wie Elektrolyte, wenn sie sich

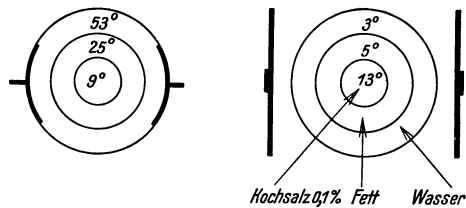


Abb. 103. Erwärmung

durch Diathermie  
konzentrischer Schichten von Wasser, Fett und 0,1-  
zentiger Kochsalzlösung.

Abb. 104. Erwärmung  
durch Kurzwellen

auch durch ihren Gehalt an Kolloiden und anderen Substanzen, vor allem aber durch ihren strukturellen Aufbau, von einfachen elektrolytischen Lösungen wesentlich unterscheiden. Bringt man gleiche

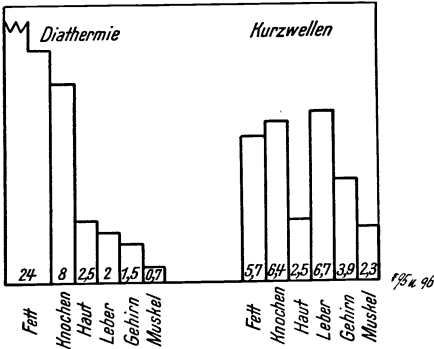


Abb. 105. Erwärmung verschiedener Gewebe durch Diathermie und Kurzwellen (3 m-Welle) nach Schliephake.

Volumina verschiedener Gewebe unter denselben Bedingungen in ein Kurzwellenfeld, so erwärmen sie sich verschieden stark (Abb. 105). Besonders stark erwärmen sich z. B. im Feld einer 3 m-Welle Leber, Knochen und Fett. Vergleichen wir damit die Erwärmung durch Diathermie (Abb. 105), so fallen zwei Dinge auf: erstens, daß die Reihenfolge der Gewebe im Temperaturgefälle eine andere ist, und zweitens, daß die Verschiedenheit in der Erwärmung eine viel größere ist, mit anderen Worten, daß die Erwärmung im Kondensatorfeld gleichmäßiger ist.

Es konnte gezeigt werden, daß die Unterschiede in der Erwärmung der einzelnen Gewebe um so geringer werden, je kürzer die einwirkenden Wellen sind. Das stellte z. B. Gebbert für den Wellenbereich von 3—16 m fest.

Er brachte Schichten von Fett, Muskelfleisch, Knochen und Mark hintereinandergeschaltet in ein Kondensatorfeld und durchwärmte sie mit Wellen verschiedener Länge, wobei die Stärke des Feldes jeweils so gewählt wurde, daß die Fettschicht immer die gleiche Temperaturerhöhung aufwies. Wie aus der Abb. 106 ersichtlich, gehen die Temperaturen der einzelnen Gewebe um so mehr auseinander, je länger die Welle ist. Insbesondere Knochen und Mark zeigen bei längeren Wellen einen sehr starken Temperaturanstieg. Die gleichmäßigste Erwärmung aller Schichten wurde bei einer 3 m-Welle erzielt.

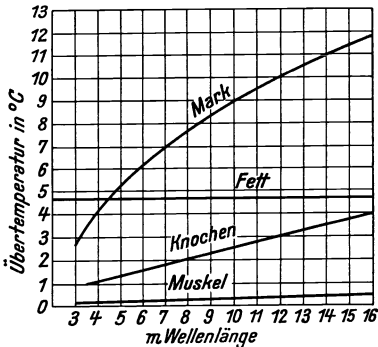


Abb. 106. Einfluß der Wellenlänge auf die Erwärmung verschiedener Gewebe (nach Gebbert).

Schereschewsky konnte auch für Wellen von 3 m abwärts den Nachweis erbringen, daß mit abnehmender Wellenlänge die Gleichmäßigkeit in der Erwärmung verschiedener Gewebe eine fortschreitend bessere wird.

Da sich das Blutserum am wenigsten erwärmt, ist in der folgenden Tabelle die Erwärmung der Gewebe auf dieses prozentuell bezogen. Am meisten erwärmen sich Gehirn, Pankreas und Leber (abgesehen von Fett, das hier nicht angeführt ist). Bei einer 3-m-Welle ist die Erwärmung der Leber noch eine sehr starke, nimmt aber mit Kürzerwerden der Welle rasch ab.

Tabelle 2. Die relative Erwärmung von Blut und Geweben bei verschiedenen Wellenlängen (nach Schereschewsky)

| Wellenlänge | Blutserum | Gesamtblut | Leber | Herzmuskel | Niere | Gehirn | Pankreas | Lunge |
|-------------|-----------|------------|-------|------------|-------|--------|----------|-------|
| 1,0         | 100       | 116        | 122   | 109        | 116   | 145    | 142      | 157   |
| 1,54        | 100       | 124        | 137   | 119        | 119   | 143    | 152      | 157   |
| 3,0         | 100       | 157        | 184   | 146        | 158   | 176    | 177      | 190   |
| 3,75        | 100       | 157        | 184   | 156        | 172   | 199    | 207      | 208   |

### Der Unterschied der Erwärmung durch Kurzwellen und Diathermie.

**Der physikalische Unterschied.** Bei der Diathermie haben wir es ausschließlich mit einem Leitungsstrom zu tun, bei der Kurzwellentherapie nur zum Teil mit einem Leitungsstrom, zum Teil mit einem Verschiebungsstrom. Die durch Kurzwellen wie die durch Diathermie erzeugte Wärme ist Joulesche Wärme, hervorgerufen durch den Leitungsstrom. Der Verschiebungsstrom kommt für die Erwärmung nicht in Betracht. Für die Erwärmung durch Diathermie ist daher ausschließlich der Ohmsche Widerstand oder die Ohmsche Leitfähigkeit des Behandlungsobjektes, für die Erwärmung durch Kurzwellen neben der Ohmschen auch die dielektrische oder kapazitive Leitfähigkeit maßgebend. Die Erwärmung durch Diathermie folgt daher dem Jouleschen Gesetz, die durch Kurzwellen dagegen nicht.

Haben wir es nicht mit einem, sondern mit mehreren Leitern, bzw. Leitungswegen zu tun, so gilt für den Diathermiestrom noch streng das Kirchhoffsche Verteilungsgesetz. Für die Kurzwellen hat dieses jedoch nur sehr eingeschränkte Gültigkeit. Die Erwärmung durch Kurzwellen ist weitgehend unabhängig von der Schaltung eine selektive, bestimmt durch Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante. Der Diathermiestrom folgt in der Hauptsache den besten Leitungswegen und umgeht schlechte Leiter, wo es ihm möglich ist. Kann er das nicht, so wird er sie unter großem Energieverlust durchsetzen. Nichtleiter sind für ihn ein unüberwindliches Hindernis. Das Kurzwellenfeld durchdringt auch Nichtleiter in Form eines Verschiebungsstromes verlustlos und vermag infolgedessen Wärmewirkungen an Stellen zu entwickeln, die dem Diathermiestrom unzugänglich sind. Seine Tiefenwirkung ist daher vielfach eine größere. Der Umstand, daß die Kurzwellen Nichtleiter durchsetzen, während der Diathermiestrom diesen ausweicht, ergibt eine größere Richtungsmöglichkeit für das Kurzwellenfeld, bzw. für die durch das Feld bedingte Erwärmung.

Die Erwärmung verschiedener Gewebe durch Kurzwellen ist eine homogenere als durch Langwellen.

**Der praktische Unterschied.** Wir wollen an einigen Beispielen zeigen, wie weit sich der physikalische Unterschied zwischen Kurz- und Langwellen in der Therapie praktisch auswirkt. Durchwärmen wir eine Extremität, sagen wir einen Oberschenkel in querer Richtung, so wird der Diathermiestrom den hohen Widerstand des Oberschenkel-

knochens auf dem Weg über die gutleitenden Muskelmassen beiderseits umgehen und daher den Knochen selbst wie das in ihm befindliche Mark direkt nicht oder nur wenig erwärmen. Der Kurzwellenstrom wird den Knochen kapazitiv durchsetzen und so auch das Knochenmark erwärmen.

Das wird durch einen Versuch von Schliephake bewiesen, der das Bein eines Hundes einmal mit Diathermie, ein anderes Mal mit Kurzwellen behandelte. Die Erwärmungskurven in Abb. 107 und 108 zeigen deutlich die stärkere Erwärmung des Knochens und des Knochenmarks durch Kurzwellen.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei der Durchwärmung des Schädels. Legt man z. B. die Elektroden beiderseits an die Schläfen an, so wird

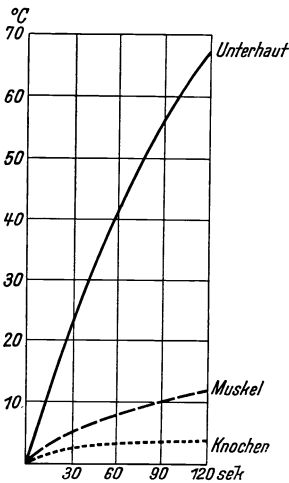


Abb. 107. Erwärmung eines Hundebeines durch Diathermie.

der Diathermiestrom die Neigung zeigen, der knöchernen Schädelkapsel auszuweichen und um diese herumzulaufen. Der direkt durch den Knochen gehende Anteil des Stromes ist verhältnismäßig gering. Für den Kurzwellenstrom bietet die Schädelkapsel kein besonderes Hindernis, er durchsetzt sie als Verschiebungsstrom und wirkt so unmittelbar auf das Gehirn ein. Analoges gilt für das Rückenmark, das in das knöcherne Rohr der Wirbelsäule eingeschlossen ist.

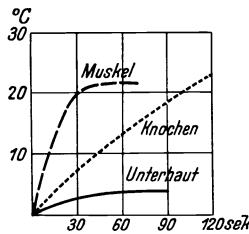


Abb. 108. Erwärmung eines Hundebeines durch Kurzwellen.

wellen und gegenüber der Diathermie. Da die Haut und Unterhaut einen sehr hohen Ohmschen Widerstand besitzen, erwärmen sie sich bei der Diathermie sehr stark. Meist ist es ja die Erwärmung der Hautdecke, welche der anwendbaren Stromstärke eine Grenze setzt und so eine stärkere Einwirkung auf die tiefer liegenden Teile unmöglich macht. Das ist bei der Kurzwellenbehandlung wesentlich anders. Das Kurzwellenfeld durchsetzt die Haut nur zum Teil als wärmebildender Leitungsstrom, zum Teil als Verschiebungsstrom, der keine Wärme erzeugt. Dieser Stromanteil schleicht sich, ohne die Haut zu belasten, gleichsam in den Körper ein, um in den tieferliegenden Schichten wirksam zu werden.

Die Bestätigung dafür wurde von Schliephake durch Untersuchungen am lebenden Menschen gegeben. Er führte eine Thermonadel durch einen dünnen Schlauch in den Magen ein und konnte feststellen, daß die Erwärmung der Magenschleimhaut im Kondensatorfeld trotz der geringeren Wärmeempfindung eine höhere war als bei der Diathermie, wo die Erwärmung der Haut bis an die Grenze der Erträglichkeit getrieben wurde. Eine ähnliche Feststellung konnte Schliephake auch bei der Durchwärmung einer Niere machen, wobei eine Thermonadel durch einen Ureterenkatheter in das Nierenbecken eingebracht wurde.



**Ist die selektive Wirkung von Kurzwellen von praktischer Bedeutung?**

Eine Frage von Wichtigkeit ist es, wie weit man durch die Wahl einer geeigneten Wellenlänge einzelne Gewebe und Organe in besonderer Weise erwärmen kann, wie weit also die sogenannte selektive Wirkung der Kurzwellen praktisch verwertbar ist. Theoretisch ist es möglich, wenn man die Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante eines organischen Gewebes kennt, jene Wellenlänge zu errechnen, die gerade dieses Gewebe mehr als ein anderes zwischen den Elektroden liegendes erwärmt. Leider kennen wir diese Konstanten für die meisten Gewebe nicht oder nur sehr mangelhaft.

Die Dielektrizitätskonstanten der verschiedenen tierischen Gewebe weisen, wenn wir von Fett und Knochen absehen, keine sehr großen Unterschiede auf. Sie bewegen sich um 80 herum. Dagegen ist die Leitfähigkeit der einzelnen Gewebe sehr verschieden groß. Es hat sich gezeigt, daß die Leitfähigkeit von Person zu Person schwankt und überdies im gesunden und kranken Zustand Veränderungen aufweist. Die Schwierigkeit, genaue Werte für die Leitfähigkeit festzulegen, wird noch dadurch erhöht, daß diese sich auch mit der Frequenz des Stromes ändert. Nach der Debye-Hückelschen Elektrolyttheorie wächst nämlich die Leitfähigkeit mit der Frequenz des Stromes. Diese Veränderung, Dispersion der Leitfähigkeit genannt, hat weiterhin eine Dispersion der Dielektrizitätskonstante zur Folge. Allerdings sind diese Veränderungen nicht sehr groß, so daß sie praktisch wenig ins Gewicht fallen. Dagegen hat es sich gezeigt, daß gewisse zusammengesetzte Körperflüssigkeiten, wie z. B. das Blut, für den Kurzwellenstrom eine wesentlich größere Leitfähigkeit haben als für den niederfrequenten Wechselstrom und den Diathermiestrom. Wir ersehen daraus, daß die Schwierigkeiten für die Errechnung einer thermisch-optimalen Wellenlänge aus der Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante außerordentlich große sind. Die therapeutische Praxis kann daher vorderhand aus der Selektivität der Kurzwellen für die einzelnen Gewebe kaum einen praktischen Nutzen ziehen.

Pätzold hat versuchsweise, um die Größenanordnungen kennenzulernen, aus der Leitfähigkeit für niederfrequente Ströme und der Dielektrizitätskonstante des Blutes, die er experimentell feststellte, die nachfolgenden Wellenlängen für das Blut bestimmt: Gesamtblut 3,00—2,70 m, Blut ohne Fibrin 2,50—2,80 m, Blutserum 0,84—0,92 m. Diese Werte bedürfen natürlich mit Rücksicht auf die Hochfrequenzleitfähigkeit der betreffenden Blutbestandteile einer entsprechenden Korrektur.

**Die selektive Erwärmung kleinster Teilchen.**

Die gleiche selektive Wirkung, welche die Kurzwellen auf eine Gruppe von Elektrolyten oder organischen Geweben ausüben, beobachten wir in gleicher Weise an Systemen mit mikroskopischen und ultramikroskopischen Ausmaßen, wie z. B. an mechanischen Suspensionen oder kolloiden Lösungen. Bei einer Suspension oder Emulsion sind die suspendierten Teilchen genau so in einem andersartigen Medium verteilt

wie bei dem auf S. 69 beschriebenen Versuch die Fische im Wasser. So wie sich die Fische und das Wasser unabhängig voneinander entsprechend der ihnen zukommenden elektrischen und dielektrischen Leitfähigkeit erwärmen, tun dies auch die suspendierten Teilchen und das Suspensionsmittel. Es sind die gleichen Verhältnisse aus dem Makroskopischen ins Mikroskopische übertragen. Haben die beiden Medien stark voneinander abweichende Leitfähigkeiten und Dielektrizitätskonstanten, dann kann ihre Erwärmung eine sehr verschiedene sein, wie das Esau in einem klassischen Versuch gezeigt hat.

**Die Erwärmung feinst verteilter Elektrolyte.** Mischt man Paraffinöl, das bekanntlich ein Nichtleiter ist und sich im Kurzwellenfeld sehr wenig erwärmt, mit einem Elektrolyten, der sich stark erwärmt, z. B. einer Sodalösung geeigneter Konzentration zu einer Emulsion, und bringt diese in ein Kurzwellenfeld, so können die Wassertröpfchen der Sodalösung bereits zum Sieden und Verdampfen kommen, wenn das Paraffinöl sich verhältnismäßig noch wenig erwärmt hat. Man beobachtet dann die paradoxe Erscheinung, daß die ganze Flüssigkeit anscheinend kocht, während ein in sie eingetauchtes Thermometer eine wesentlich niedrigere Temperatur als  $100^{\circ}\text{C}$  anzeigt. Da sich die Sodalösung nur in Spuren im Paraffinöl emulgieren läßt, die Menge des Öls also weitaus überwiegt, so ist es klar, daß das Thermometer die Temperatur des Öls und nicht die der Wassertröpfchen angibt. Diese haben bereits eine Temperatur von  $100^{\circ}\text{C}$  erreicht, während das Paraffinöl eine solche von  $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$  aufweist.

Dieser Versuch ist von grundlegender Bedeutung, weil er die selektive Wirkung der Kurzwellen auf Teilchen von mikroskopischen Dimensionen nachweist. Wenn man den Versuch in der folgenden von mir modifizierten Form ausführt, so kann man aus ihm noch eine weitere sehr interessante Tatsache entnehmen. Bringt man in einer Epruvette 5 ccm Paraffinöl in ein elektrisches Feld, so erwärmt es sich z. B. um  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Die gleiche Menge konzentrierter Sodalösung erwärmt sich im gleichen Feld um  $10^{\circ}\text{C}$ . Wenn man nun eine aller kleinste Menge der Sodalösung im Paraffin emulgiert, so erwärmen sich 5 ccm dieser Emulsion um  $28^{\circ}\text{C}$ , also weitaus stärker als die Sodalösung allein. Da sich das Paraffinöl, das die Hauptmasse der Flüssigkeit bildet, nur sehr wenig erwärmt, so muß sich die geringe in Tröpfchenform verteilte Menge der Sodalösung jetzt ungleich stärker erwärmt haben als die Sodalösung in der geschlossenen Masse von 5 ccm, denn sonst könnte die Emulsion nicht eine um so viel höhere Ausgleichstemperatur aufweisen.

Wie wir schon früher auseinandergesetzt haben (s. S. 48), hängt die Erwärmung eines Körpers im elektrischen Feld neben seiner Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante sehr wesentlich von seiner Größe und Form ab. Wasser, in feinste Tröpfchen aufgeteilt, erwärmt sich viel mehr als in geschlossener Masse. Das erklärt wohl auch eine Reihe von interessanten experimentellen Beobachtungen. Wasserreiche Pflanzen, die man in ein Kurzwellenfeld bringt, beginnen sofort zu dampfen und infolge des Wasserverlustes zu welken, da sich das in den einzelnen Zellen aufgeteilte Wasser sehr rasch erhitzt.

Ähnliches sehen wir an Mäusen und Ratten, die wir in einem geschlossenen Glasgefäß dem Kurzwellenfeld aussetzen. Die Wände des Glases beschlagen sich alsbald mit Wasserdampf. Noch auffallender ist es, wenn man nach Schliephake eine größere Zahl von Fliegen in einem Glasgefäß in ein Kondensatorfeld bringt. Die Glaswände werden an ihrer Innenseite sofort von kondensierten Wasserdämpfen bedeckt, und die Tiere schrumpfen sichtlich zusammen. Das Wasser kocht aus ihnen heraus.

**Die Erwärmung kolloider Lösungen.** Auch kolloide Teilchen können sich im Kurzwellenfeld selektiv stärker erwärmen als ihr Lösungsmittel. Das läßt sich sehr schön an Eiweißlösungen nachweisen, die im Kondensatorfeld anscheinend bei niedrigerer Temperatur gerinnen als im Wasserbad. So konnten wir feststellen, daß eine Lösung von Hühnereiweiß im Feld einer 4,8 m-Welle bereits bei 57° C gerinnt, während das im Wasserbad erst bei 62° C der Fall ist. Das ist ohne Schwierigkeit damit zu erklären, daß die Eiweißmoleküle sich stärker erwärmen als ihr Dispensionsmittel das Wasser, wobei die Dipolnatur dieser Moleküle vielleicht auch eine Rolle spielen mag. Daß ein in eine solche Lösung eingetauchtes Thermometer nur die Temperatur des Wassers, nicht aber die der Eiweißmoleküle anzeigen kann, bedarf wohl keiner besonderen Erklärung.

Dieser Versuch scheint biologisch von grundsätzlicher Bedeutung zu sein, da die meisten unserer Körpersäfte, vor allem Blut oder Lymphe, Eiweißlösungen darstellen. Es kann wohl für einen lebenden Organismus nicht gleichgültig sein, wenn bei einer Temperatur von 37—38° C seine Eiweißmoleküle eine auch nur um ein oder zwei Grade höhere Temperatur annehmen. Durch diese selektive Wirkung der Kurzwellen auf kolloide Lösungen können „spezifische“ Wirkungen erzeugt werden, die in keiner anderen Weise erreichbar sind.

**Die Erwärmung von Blut.** Ein interessantes Beispiel der selektiven Wirkung auf kleinste Teilchen bietet uns das Verhalten des Blutes im Kurzwellenfeld, wobei wir als suspendierte Teilchen die roten Blutkörperchen, als Suspensionsmittel das Blutserum betrachten wollen. Wie die Untersuchungen von Schliephake, Schereschewsky u. a. gezeigt haben, erwärmen sich die roten Blutkörperchen im Kurzwellenfeld mehr als das Serum, was leicht festzustellen ist, wenn man einmal das Serum, ein anderes Mal die Blutkörperchen für sich allein im Kurzwellenfeld behandelt. Erwärmt man jedoch die Erythrozyten gleichzeitig mit dem Serum, so bekommt man einen Temperaturanstieg, der in der Mitte zwischen dem des Serums und dem der Blutkörperchen liegt.

Die Verhältnisse bei der Durchwärmung des Blutes bekommen noch dadurch eine besondere Note, daß die Blutkörperchen von einer Membran umschlossen sind, die für den Diathermiestrom nicht durchgängig ist, wohl aber für das Kurzwellenfeld, das sie in Form eines Verschiebungsstromes durchsetzt. Infolge dieser isolierenden Hülle können die Erythrozyten durch den Diathermiestrom nicht direkt erwärmt werden. Sie erwärmen sich nur indirekt durch das Serum.

Anders beim Kurzwellenstrom, der in die Blutkörperchen eindringt und sie so unmittelbar erwärmt, und zwar mehr als das Serum selbst.

Dieses verschiedene Verhalten der Blutkörperchen gegenüber dem Diathermie- und Kurzwellenstrom, erklärt ferner eine andere Erscheinung, die bereits auf S. 73 erwähnt wurde. Die isolierende Zellmembran verhindert es, daß die roten Blutkörperchen sich bei der Diathermie an der Stromleitung beteiligen. Diese wird ausschließlich durch das Serum besorgt. Im Kurzwellenfeld dagegen nehmen die Erythrozyten in gleicher Weise wie das Serum an der Stromleitung teil. Die Leitfähigkeit des Blutes ist daher für den Kurzwellenstrom eine größere als für den Diathermiestrom, wie H. Schaefer experimentell zeigen konnte.

**Die Erwärmung von Bakterien.** Aus der selektiven Wirkung auf kleinste Teilchen ist es auch nicht schwer, das eigenartige Verhalten von Bakterien in Kulturen gegenüber dem Kurzwellenfeld zu erklären. Aus den Untersuchungen von Haase und Schliephake geht hervor, daß viele Bakterien im Kurzwellenfeld bei einer niedrigeren Temperatur absterben als im Wasserbad, wobei wir unter Temperatur die mit dem Thermometer gemessene Temperatur des Nährbodens, bzw. der Flüssigkeit, in der die Keime aufgeschwemmt wurden, verstehen. Nun ist es physikalisch nicht nur verständlich, sondern geradezu bedingt, daß die Bakterien im Kurzwellenfeld eine andere Temperatur annehmen als ihr Nährboden, vorausgesetzt, daß ihre Dielektrizitätskonstante eine andere ist als die des Nährbodens oder des Aufschwemmungsmittels.

Daß dies der Fall ist, zeigt unter anderem ein Versuch von H. Weisz. Wenn man Paraffinöl in ein sehr starkes Kurzwellenfeld bringt, so erwärmt es sich verhältnismäßig wenig, beispielsweise um 6° C. Setzt man jedoch dem Öl nur eine winzige Spur einer Kultur von *Bacterium coli* zu, so steigt die Erwärmung in der gleichen Zeit um 30° C. Das beweist, daß die Bakterien das Feld gleichsam an sich reißen und in Wärme umsetzen, sich also elektrophysikalisch ganz anders verhalten als das Paraffinöl.

Schliephake, Pätzold, Groag und Tomberg, Kowarschik und andere sehen daher in dem eigentümlichen Verhalten der Bakterien im elektrischen Feld nichts anderes als eine selektiv-thermische und keine spezifisch-elektrische Wirkung, wie das z. B. Liebesny annimmt. Die Temperaturdifferenz zwischen Nährboden und Bakterien beträgt einige Grade Celsius, wie sich unschwer erschließen läßt. Wenn Schliephake fand, daß *Staphylokokken* 30 Minuten brauchen, um im Wasserbad bei einer Temperatur von 55° C abzusterben und 30 Minuten brauchen, um im Kondensatorfeld bei 50° C zugrunde zu gehen, so ist es sehr naheliegend anzunehmen, daß sie ebenso im Kondensatorfeld eine Temperatur von 55° C erreicht haben, sich also um 5° C mehr erwärmen als ihr Nährboden. Zu demselben Schluß kam auch H. Weisz, der fand, daß *Bacterium coli* im Wasserbad bei einer um 5° C höheren Temperatur abstirbt als im Kondensatorfeld. Es ist das übrigens die gleiche Differenz, die wir für die Eiweißmoleküle gegenüber dem Lösungs-

mittel festgestellt haben. Wenn man die Kleinheit der Bakterien in Betracht zieht und die dadurch gegebene außerordentlich gute Kühlmöglichkeit, so muß eine relative Übererwärmung von  $5^{\circ}\text{C}$  eigentlich als ganz enorm bezeichnet werden.

**Die selektive Erwärmung von Gewebszellen.** Auch im Tierexperiment ist es bereits gelungen, selektive Zellwirkungen nachzuweisen. So haben Schliephake und Straßburger die Einwirkung der Kurzwellen auf bestimmte Gehirnteile beim Kaninchen studiert und dabei Störungen der Temperaturregulierung feststellen können. Bei der von Ostertag vorgenommenen histologischen Untersuchung des Gehirns zeigte es sich, daß Wellen in der Länge von 3,30—3,50 m ausgesprochene Zerstörungen bestimmter Ganglienzellen in den vegetativen Kernen bewirkt hatten, während Wellen von 4—6 m nur diffuse Veränderungen der Gehirnsubstanz erzeugten.

Auch die Beobachtung von Reiter, daß Wellen in der Länge von 3,40 m eine zerstörende Wirkung auf das Jensen-Sarkom der Ratten ausübten, die mit längeren oder kürzeren Wellen in ungleich geringerem Maße erreicht werden konnte, spricht für eine selektive Zellwirkung.

**Die Bedingungen der selektiven Erwärmung.** Die im vorhergehenden beschriebenen Versuche zeigen, daß die Kurzwellen eine selektive Wirkung auf kleinste Teilchen und damit ein Temperaturgefälle in räumlich mikroskopischen Dimensionen zu erzeugen vermögen, wie das durch keine der bisher bekannten Wärmemethoden, auch nicht durch Diathermie, erreichbar ist. Es ist kein Zweifel, daß diese Kurzwellenwirkung von größter biologischer und therapeutischer Bedeutung ist. Man hat diese selektiv-thermische Wirkung vielfach als Punktwärme bezeichnet, wenn sich diese Bezeichnung auch nicht mit dem von Dessauer aufgestellten Begriff der Punktwärme deckt.

Um ein Temperaturgefälle in mechanischen Gemengen und kolloiden Lösungen zu erzeugen, sind allerdings eine Reihe von Bedingungen nötig. Es sind dies: 1. Hinreichend verschiedene Leitfähigkeit, bzw. Dielektrizitätskonstante der dispergierten Substanz und des Dispersionsmittels. 2. Genügende Stärke des Feldes. Da sich jeder Temperaturunterschied benachbarter Teilchen sofort auszugleichen sucht, so wird ein solcher Unterschied nur dann aufrechtzuhalten sein, wenn die ihn erzeugende Kraft stärker ist als der ihr entgegenwirkende Temperatenausgleich. Bei abnehmender Feldstärke wird daher ein Punkt erreicht werden müssen, bei dem die differenzierende Kraft gleich der nivellierenden wird, wo also ein Temperaturgefälle nicht mehr in Erscheinung tritt. 3. Geeignete Wellenlänge. Für jeden Elektrolyten gibt es, wie wir ausgeführt haben, eine Wellenlänge, bei der er sich im Vergleich zu seiner Umgebung maximal erwärmt. Wir haben diese Wellenlänge als die thermisch-optimale bezeichnet. Das, was für makroskopische Verhältnisse Geltung hat, gilt in gleicher Weise für mikroskopische. Es ist darum physikalisch nicht nur verständlich, sondern geradezu bedingt, daß es ebenso für Einzeller,

Bakterien, Pilze, Geschwulstzellen eine solche „spezifische“ Wellenlänge geben muß, wobei die Bezeichnung spezifisch natürlich nicht im biologischen, sondern im physikalischen Sinne zu verstehen ist. Auf die Möglichkeit, die eigenartigen Wirkungen der Kurzwellen auf Bakterien, Gewebszellen u. dgl. durch eine wellenabhängige oder selektive Tiefenerwärmung zu erklären, hat zuerst Pätzold hingewiesen. Auch hat er als erster den Begriff der Punktwärme in diesem Zusammenhang angewendet.

## Die spezifisch-elektrischen Wirkungen.

**Gibt es spezifisch elektrische Wirkungen?** Wir haben uns bisher ausschließlich mit der durch die Kurzwellen erzeugten Erwärmung befaßt. Es bliebe noch die Frage offen, ob die Kurzwellen, abgesehen von ihrer offenkundigen Wärmebildung, noch Wirkungen auslösen können, die nicht thermischer Natur sind, die also nicht auf dem Umweg über die Wärme, sondern direkt durch den elektrischen Strom zustandekommen. Wir wollen diese Wirkungen als spezifisch-elektrische bezeichnen. Solche Wirkungen könnten möglicherweise sein: Veränderungen des Dispersionsgrades kolloider Lösungen, elektrische Ladungen oder Umladungen von Kolloiden, Veränderungen der Oberflächenspannung, Veränderungen im chemischen Aufbau der Moleküle u. dgl.

Bekanntlich besteht über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der sogenannten spezifisch-elektrischen Wirkungen unter den Autoren keine Einigung. Während die meisten Physiker und manche Ärzte die Anschauung vertreten, daß rein elektrische Wirkungen nicht vorhanden sind, daß vielmehr alle physikalischen, biologischen und therapeutischen Wirkungen der Kurzwellen letzten Endes durch Wärme zu erklären sind, gibt es zahlreiche Ärzte, welche solche Wirkungen annehmen oder wenigstens nicht leugnen.

Daß die Kurzwellen den Körper, auf welchen sie einwirken, erwärmen, und zwar in einer Weise erwärmen, wie das durch kein anderes Mittel möglich ist, darüber ist wohl kein Zweifel. Solange daher die Möglichkeit besteht, die durch Kurzwellen hervorgerufenen Erscheinungen, auch wenn sie ungewöhnlich sind, thermisch zu erklären, ist kein Grund vorhanden, irgendwelche spezifische Kräfte anzunehmen.

Es ist nicht schwer, spezifisch-elektrische Wirkungen zu behaupten, schwer ist es nur, sie zu beweisen. Ein solcher Beweis ist darum außerordentlich schwer, weil es spezifische ohne gleichzeitige thermische Wirkungen nicht gibt und weil es unmöglich ist, durch irgendeine Kühlmethode, die Wärmewirkungen auszuschalten, um so die spezifische Wirkung für sich allein betrachten zu können. Alle die zahlreichen diesbezüglich unternommenen Versuche beruhen auf falschen physikalischen Voraussetzungen.

Folgender von mir ausgeführter Versuch zeigt das klar. Wenn man kleine Fische in destilliertem Wasser von 25° C in ein Kurzwellenfeld bringt,

so sterben sie in weniger als einer Minute. In dieser Zeit erwärmen sie sich um  $17^{\circ}$  C, während die Temperatur des Wassers nur um  $0,5^{\circ}$  C gestiegen ist. Macht man nun den Versuch, die Tiere dadurch vor dem Wärmetod zu retten, daß man sie statt in ein  $25^{\circ}$ grädiges in ein  $10^{\circ}$ grädiges Wasser bringt, dem man überdies Eis zusetzt, so ändert dies an dem Ausgang des Versuches nichts. Das Wasser hat sich wohl jetzt nicht mehr erwärmt, im Gegenteil es hat sich während des Versuches sogar um  $1,5^{\circ}$  C abgekühlt. Die Tiere aber gehen nach wie vor in dem Moment zugrunde, wo sie ihre Absterbetemperatur von  $36-37^{\circ}$  C erreicht haben.

Wenn sich auch bei sehr kleinen Körperchen, etwa Bakterien, wegen ihrer relativ sehr großen Oberfläche, das will heißen Kühlfläche, so gewaltige Temperaturdifferenzen gegenüber der Umgebung nicht erreichen lassen, so ändert dies an der Grundtatsache des Versuches nichts, daß die Kühlung des Nährbodens die Aufheizung der Bakterien nicht verhindern kann.

Ein grob drastischer Versuch, der die Wirkungslosigkeit der Kühlung zeigt, ist weiterhin folgender. Ein Stück Ochsenfleisch in ein Kurzwellenfeld gebracht, verkocht in wenigen Minuten. Legt man ein gleich großes Stück Fleisch zwischen zwei Eisblöcke, so dauert es wohl etwas länger, aber das Eis vermag es nicht zu verhindern, daß das Fleisch bei Anwendung eines genügend starken Feldes zu dampfen beginnt und schließlich verkocht (Kowarschik).

Der Einwand, daß man die gleichen Erscheinungen, die man im Kurzwellenfeld beobachtet, im Wasserbad nicht erzeugen kann, ist von vornherein hinfällig. Darüber müßte man sich schon im klaren sein. Die Wassertröpfchen einer Wasser-Paraffin-Emulsion beginnen im Kurzwellenfeld zu kochen, während das Paraffin noch lange nicht die Temperatur von  $100^{\circ}$  C erreicht hat. Das Kochen ist eine thermische Erscheinung. Kein Mensch ist imstande, das gleiche Phänomen im Wasserbad hervorzurufen, ganz ebensowenig wie den oben angeführten Fischversuch.

Als ein weiterer Beweis für die spezifisch-elektrische Wirkung der Kurzwellen wird angeführt, daß man mit ganz schwachen Feldern therapeutische Erfolge erzielen kann. Das ist nicht im geringsten zu bezweifeln, aber daraus den Schluß zu ziehen, daß das wirksame Agens spezifisch-elektrischer Natur wäre, ist unberechtigt. Naheliegender wäre es, daraus zu schließen, daß auch schwache thermische Einwirkungen therapeutisch wirksam sein können.

Schließlich muß noch bemerkt werden, daß die Annahme spezifisch-elektrischer Wirkungen für Erscheinungen, die nicht ohneweiters thermisch erklärbar scheinen, nichts anderes bedeutet, als auf eine Erklärung überhaupt zu verzichten, bzw. für einen Begriff ein Wort zu setzen. Denn durch welche elektrischen oder sonstigen Vorgänge die spezifischen Wirkungen zustande kommen sollen, dafür haben uns die Autoren, welche solche Wirkungen annehmen, noch keine Erklärung gegeben.

Experimentelle Beweise. Wir wollen im folgenden eine Reihe von experimentellen Untersuchungen anführen, die meist als Beweis für die spezifisch-elektrischen Wirkungen der Kurzwellen angeführt werden:

Veränderungen der Viskosität des Blutserums teils im Sinne einer Zunahme, teils im Sinne einer Abnahme (Recknagel und Schliephake). Die dabei im Kondensatorfeld zustande gekommene Temperaturerhöhung des Serums betrug nicht mehr als  $1^{\circ}$  C. Die Veränderungen waren

nur mit einer 4 m-Welle zu erzeugen und denjenigen entgegengesetzt, die im Wasserbad zustande kommen. Veränderungen der Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen (Schliephake, Tomberg).

Steigerung der Phagozytose im Feld einer 4,8 m-Welle (Jorns). Menschliches Blut wird *in vitro* unter Zusatz von Tusche untersucht. Es zeigt sich bei nicht zu hoher Feldstärke eine Steigerung der Phagozytose. Die gleiche Steigerung wird erhalten, wenn man das Serum für sich allein behandelt. Dagegen findet keine Steigerung, ja im Gegenteil eine Abnahme der Phagozytose statt, wenn man die Leukozyten statt im Serum in einer Ringerlösung dem Kondensatorfeld aussetzt. Daraus geht hervor, daß es die Einwirkung auf das Serum ist, welcher der Erfolg zukommt. Vergleichende Versuche im Wasserbad ergeben keine Erhöhung der Phagozytose.

Entgiftung des Diphtherietoxins im Feld einer 2 m-Welle (Szymanowski und Hicks). Nach zweistündiger Feldbehandlung, wobei durch Kühlung dafür gesorgt wurde, daß sich das Toxin nicht über 32° C erwärmte, sank der Toxinwert, gemessen an Meerschweinchen, um 50%. Bei einer Temperatur von 38° C war die Wirkung nach 30 Minuten vollkommen erloschen. Durch gleich lange und gleich starke Erwärmung im Wasserbad konnte dieser Erfolg nicht erzielt werden.

Aufhebung oder Verminderung der Antitoxinwirkung des Diphtherieserums im Feld einer 4,8 m-Welle (Schliephake). Nach dreiviertelstündiger Einwirkung des Kondensatorfeldes, wobei die Temperatur des Serums konstant erhalten wurde, war die Antitoxinwirkung auf Mäuse vollkommen erloschen, bei kürzerer Einwirkung nur vermindert.

Veränderungen der Oberflächenspannung im Feld einer 6 m-Welle (Schliephake und Compère). Es wurde die Ausflußöffnung eines Stalagmometers in die Mitte eines Kondensatorfeldes gebracht und die Tropfen gezählt. Dabei ergaben Wasser und homogene Flüssigkeiten keine Veränderung der Tropfenzahl, dagegen kann man bei bestimmten Gemischen von kolloiden und elektrolytischen Lösungen, besonders bei Lösungen von Eisensalzen, eine beträchtliche Vermehrung der Tropfenzahl oder, was das gleiche ist, eine Verkleinerung der Tropfen feststellen. Nach der Theorie von Gibbs und Thomson ist diese Erscheinung durch eine Zunahme der Oberflächenspannung bedingt und damit zu erklären, daß oberflächenaktive Stoffe in das Innere des Tropfens hineinwandern. Es kommt dadurch zu örtlichen Konzentrationsänderungen im Tropfen. Es ist bekannt und wurde durch Schliephake und Compère neuerlich festgestellt, daß die Erwärmung einer Flüssigkeit einen geringen Einfluß auf die Tropfenzahl hat.

**Resonanzerscheinungen.** In der französischen Literatur wird vielfach der thermischen Wirkung der Kurzwellen eine *action ondulatoire* oder eine *vibration cellulaire* gegenübergestellt. Man denkt dabei an eine Resonanz der Moleküle oder Zellen auf Wellen von bestimmter Länge. Dieser Vorstellung begegnen wir auch bei Stieböck. Eine molekulare Resonanz ist aus rein physikalischen Gründen nicht gut möglich, denn selbst die allergrößten Moleküle des menschlichen Körpers, wie die Proteinmoleküle und gewisse kolloidale Aggregate, sind immer noch von solcher Kleinheit, daß ihre Eigenfrequenz eine wesentlich höhere ist als die der medizinisch verwendeten Kurzwellenströme. Anders steht es vielfach mit einer Zellresonanz. Nach G. W. Pierce würde die Eigenfrequenz ganz großer Nervenzellen bereits in das Frequenzbereich der Kurzwellen fallen. P. Habicht meint, daß unter Umständen die frei beweglichen roten Blutkörperchen durch Wellen von wenigen Metern Länge in Resonanz versetzt werden könnten.



## Die Allgemeinwirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen.

**Die Allgemeinwirkungen auf Menschen.** Bringt man den ganzen menschlichen Körper mit Ausschluß des Kopfes in ein Kondensatorfeld, wie das bei der Allgemeinbehandlung geschieht, so treten die Erscheinungen der Hyperthermie ganz und gar in den Vordergrund. Man beobachtet einen Anstieg der Körpertemperatur, die in einer Stunde 40° C und darüber erreicht und die, eine genügende Stärke des Apparates vorausgesetzt, schließlich tödlich werden kann. Die Begleiterscheinungen bestehen in einer Erweiterung der peripheren Gefäße, einer aktiven Hyperämie der Haut mit Schweißbildung. Der Blutdruck sinkt, die Puls- und Atemfrequenz steigen. Es sind die gleichen Erscheinungen, die wir bei der allgemeinen Diathermie beobachten. Ihre Stärke hängt von dem Grad der Erwärmung ab.

**Die Allgemeinwirkungen auf Tiere.** Auch bei den Tieren, die man in ein Kondensatorfeld bringt, ist die Erhöhung der Körpertemperatur die augenfälligste Erscheinung. Bei kleineren Tieren, wie Fliegen, Schmetterlingen, Mäusen, Ratten, kleinen Fischen, kann der Temperaturanstieg so rasch erfolgen, daß sie in Sekunden oder wenigen Minuten zugrunde gehen. Sorgt man für eine entsprechende Kühlung, z. B. durch Zufuhr von frischer Luft, so kann der Eintritt des Todes verzögert werden. Unterbricht man den Strom vor Eintritt des Todes, so erholen sich die Tiere häufig wieder.

Nach Schereschewsky spielt die Frequenz des Feldes für die letale Wirkung auf Mäuse eine Rolle. So hätten Wellen von 11, 18 und 30 m eine besonders rasche tödliche Wirkung, die dazwischenliegenden Wellen eine geringere. Christie und Loomis konnten diese Angaben Schereschewskys nicht bestätigen. Bei Wellen bis herab zu 6 m ist nach ihnen die letale Wirkung unabhängig von der Wellenlänge und nur abhängig von der Feldstärke. Bei kürzeren Wellen ist, wie die Autoren sich ausdrücken, der Betrag des im Körper induzierten Stromes ein geringerer, wodurch die letale Wirkung bei gleicher Feldstärke abnimmt. Dies ist vielleicht durch eine Änderung der dielektrischen Eigenschaften des Gewebes gegenüber ganz kurzen Wellen zu erklären.

Verabfolgt man den Tieren keine letale, sondern eine etwas kleinere Wärmedosis, die man aber öfters wiederholt, so treten, wie Pflomm an Ratten zeigen konnte, Wachstumsstörungen auf. Die Tiere bleiben kleiner und zeugungsunfähig (Abb. 109). Behandelt man schließlich mit kleinsten Dosen, wie das Jellinek getan hat, so kann man die Schädigung in eine Förderung umwandeln.

Mäuse, die 14 Tage lang täglich eine Stunde im Feld einer 4 m-Welle von nur 4 Watt Stärke verweilten, wiesen eine starke Wachstumszunahme, ein schöneres und weiches Fell auf als die Kontrolltiere. Papageieneier, die zwei bis drei Wochen dauernd in einem ganz schwachen Kondensatorfeld gehalten wurden, zeigten Zeichen einer rascheren Entwicklung.

Mezzadrolì und Vareton fanden, daß Seidenraupen unter Einwirkung eines schwachen Kondensatorfeldes sich besser entwickeln und die Schmetterlinge rascher zum Ausschlüpfen kommen (zit. nach Jellinek).

D. Keller und A. Herzum konnten gleichfalls nachweisen, daß die Wirkung des Kurzwellenfeldes je nach der Stärke bzw. Dauer seiner Ein-

wirkung eine durchaus verschiedene ist. Mäuse, die sich 3—4 Minuten im Felde befanden, gingen nach der ersten oder zweiten Behandlung ein. Tiere, die sechsmal, jedoch nur 2 Minuten, dem Feld ausgesetzt wurden, zeigten eine Verminderung ihres Körpergewichtes um 14% gegenüber dem



Abb. 109. Zwei Ratten des gleichen Wurfes, die linke behandelt, die rechte unbehandelt (nach Pflomm).

der Kontrolltiere. Mäuse, die sechsmal je 1 Minute behandelt wurden, wiesen jedoch eine Erhöhung ihres Körpergewichtes um 8,7% auf, gleichzeitig trat die Geschlechtsreife bei ihnen früher auf.

Alle die beschriebenen Versuchsergebnisse können ohneweiters als reine Wärmewirkung aufgefaßt werden. Es entspricht längstbe-



Abb. 110. Vor der Einwirkung des Kurzwellenfeldes.



Abb. 111. Nach der Einwirkung eines Kurzwellenfeldes (Wellenlänge 4,8 m, Dauer 1 Minute).

kannten Erfahrungen, daß die Wirkung der Wärme je nach ihrer Stärke einmal in einer Förderung, ein anderes Mal in einer Hemmung oder Vernichtung organischen Lebens zum Ausdruck kommt.

**Die Allgemeinwirkungen auf Pflanzen.** Die gleichen Wirkungen wie an Tieren beobachten wir auch an Pflanzen: Zerstörung, Hemmung oder Förderung des Wachstums. Starke Felder bringen wasserreiche Pflanzenblätter oder Blüten in Sekunden unter starkem Wasserverlust zum Welken (Abb. 110 und 111). Die Pflanzen verlieren ihren Tonus, sehen wie gekocht aus und fühlen sich heiß an. Bei längerer Einwirkung

des Feldes trocknen sie ein und verkohlen. Etwas schwächere Felder hemmen nur das Wachstum, ganz schwache Felder beschleunigen es.

So hat Öttingen bei angekeimter Brunnenkresse, die auf feuchtem Filtrierpapier ausgebreitet war, ein rascheres Wachstum festgestellt, dergleichen bei Keimlingen von Bohnen. Dieses Ergebnis wurde von Jorns bestätigt und dahin erweitert, daß Kurzwellen auf trockenen Samen weder einen fördernden noch einen schädigenden Einfluß ausüben. Es scheint also die Anwesenheit von Zellwasser und die Erwärmung dieses Wassers durch die Kurzwellen von Wichtigkeit zu sein.

## Die Wirkungen auf die Blutgefäße und das Blut.

**Die Wirkung auf die Blutgefäße.** Die Kurzwellen rufen gleich anderen Wärmereizen eine Erweiterung der Kapillaren, der kleinen Arterien und Venen hervor. Dadurch kommt es zu einer Beschleunigung des Blutstromes im Sinn einer aktiven Hyperämie. Bei sehr starken oder lang andauernden Einwirkungen tritt jedoch eine Schädigung des Kreislaufes ein, wie Pflomm an der Schwimmhaut des Frosches zeigen konnte. Bei maximaler Erweiterung der Kapillaren kommt es zu einer Verlangsamung und schließlich zu einem Stillstand der Zirkulation, ja selbst zu einem Rückströmen des Blutes aus den Venen in die Kapillaren. Derartig geschädigte Gefäße sind selbst durch Adrenalin nicht mehr zur Zusammenziehung zu bringen und bleiben tagelang erweitert. Es handelt sich dabei nach Pflomm vorzugsweise um eine Einwirkung auf den Sympathikus, dessen Tonus herabgesetzt und weiterhin ganz gelähmt wird.

Kurzwellen scheinen eine solche Wirkung besonders leicht, bzw. besonders stark hervorrufen zu können, wenn auch andere Wärmeanwendungen sie zu erzeugen vermögen. So konnte Hollmann eine Lähmung der Gefäße, bis zum Stillstand des Kreislaufes kapillarmikroskopisch am Menschen nach Anwendung der Diathermie beobachten. A. Strasser sah das gleiche an der Schwimmhaut des Frosches bei Einwirkung anderer Wärmereize.

Es ist auffallend, daß bei der klinischen Anwendung der Kurzwellen in gleicher Weise wie bei der Diathermie die sichtbare Hauthyperämie nicht sehr ins Auge fällt, zu mindestens wesentlich geringer ist als nach Anwendung einer Galvanisation, einer Heißluft- oder Dampfbehandlung. Das lang anhaltende Wärmegefühl nach einer Kurzwellenanwendung macht es wahrscheinlich, daß die Hyperämie eine sehr lang dauernde ist.

Die aktive Hyperämie hat notwendigerweise eine Hyperlymphie, eine Vermehrung und Beschleunigung des Lymphstromes, zur Folge. Im Zusammenhang damit steht die Besserung der örtlichen Ernährungsverhältnisse und die Steigerung der Resorption. Jorns konnte die raschere Resorption einer Milchzuckerlösung, die er Hunden subkutan oder intraperitoneal einverleibte, im Anschluß an eine Kurzwellenbehandlung nachweisen. Auch Dominal, ein Röntgenkontrastmittel, das er den Tieren in die Gelenke einspritzte, wurde unter dem Einfluß der Kurzwellen rascher aufgesaugt. E. Wagner zeigte, daß ein mit Novokain anästhesierter Zahn viel rascher seine normale Empfindlichkeit wiedererlangt, wenn man ihn einer Kurzwellenbehandlung unterzieht.

**Die Wirkung auf das Herz.** Ein Froschherz, das in Engelmannscher Suspension einem Kurzwellenfeld ausgesetzt wird, zeigt eine Verlangsamung und Verkleinerung seiner Kontraktionen. Bei längerer Einwirkung des Feldes kommt es zum Stillstand in Diastole (Pflomm). Unterbricht man jetzt den Strom, so erholt sich das Herz und nimmt nach einiger Zeit seine Tätigkeit wieder auf. Diese Erscheinungen sind nach Pflomm als Vagusreizung zu deuten, was dadurch bestätigt wird, daß sie nach Atropinisierung des Herzens nicht hervorgerufen werden können. Ähnliche Beobachtungen am Froschherzen wurden auch durch Liebesny gemacht. Sie sind darum von Bedeutung, weil bekanntlich gewöhnliche Wärmeeinwirkung die Schlagfolge des Herzens steigert.

**Das Dielektrogramm.** An dieser Stelle soll eine interessante diagnostische Verwertung des Kondensatorfeldes Erwähnung finden. Bringt man ein menschliches Herz zwischen die beiden Platten eines

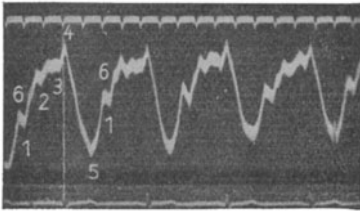


Abb. 112. Dielektrogramm eines gesunden Herzens (nach Atzler).

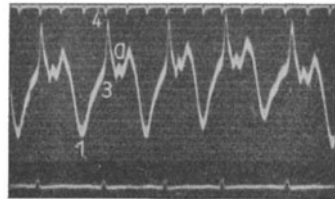


Abb. 113. Dielektrogramm einer Mitralinsuffizienz und Stenose (nach Atzler).

Behandlungskondensators, so wird es ein Teil des Dielektrikums. Durch die Größenänderungen, die das Herz bei seiner Tätigkeit erfährt, wird nun die Kapazität des Kondensators andauernd verändert, was in Schwankungen des Stromes, der den Kreis durchfließt, zum Ausdruck kommt. Diese Stromschwankungen können nun mit Hilfe eines geeigneten Instrumentes graphisch aufgezeichnet werden. Man erhält so eine Kurve, ein sogenanntes Dielektrogramm, welches die Volumsänderungen des Herzens während seiner Tätigkeit wiedergibt (Abb. 112). Diese Kurve zeigt bei Gesunden einen typischen Verlauf. Da sie auch bei manchen Erkrankungen des Herzens charakteristische Veränderungen aufweist (Abb. 113), kann sie möglicherweise ein wertvolles diagnostisches Hilfsmittel werden.

E. Atzler, der diese Methode ausgearbeitet hat, verwendet zu seinen Untersuchungen eine 2—3 m-Welle. Der Hochfrequenzstrom wird durch ein Elektronenrohr gleichgerichtet und durch ein zweites Rohr verstärkt. Der so verstärkte Strom wird mittels eines Saitengalvanometers oder eines Oszillographen registriert.

**Die Wirkung auf die roten und weißen Blutkörperchen.** Das Verhalten der roten Blutzellen ist nach den Untersuchungen von Schliephake und Noeller an Menschen und nach den Untersuchungen von Oettingen und Schulze-Rhönhof an Kaninchen ganz und gar uncharakteristisch.

Was das Verhalten der weißen Blutkörperchen betrifft, so fanden die genannten Autoren am Menschen wie am Tier einen schon während der Behandlung oder unmittelbar nach dieser auftretenden Leukozytensturz, der nach Oettingen und Schulze-Rhonhof auf eine Verminderung der Lymphozyten zurückzuführen ist. Bei Kaninchen schlägt diese Leukopenie nach etwa drei Stunden in eine Leukozytose um, die sich im Verlauf der folgenden Stunden wieder ausgleicht.

Der Leukozytensturz wird nach Schliephake jedoch nur bei Behandlung des ganzen Körpers oder größerer Rumpfteile beobachtet, bei lokalen Behandlungen, besonders solchen des Schädels, trat im Gegenteil am Ort der Einwirkung eine Leukozytenvermehrung ein. Das würde dem in der Chemo- und Thermo-therapie geltenden Grundgesetz entsprechen, daß die Leukozyten nach dem Ort der Reizung hinströmen.

Die von Pflomm sowohl im Reagenzglas wie an lebenden Mäusen festgestellte Erhöhung der Phagozytose wurde bereits besprochen (s. S. 80). Sie ist jedoch nur durch verhältnismäßig schwache Felder auszulösen, starke Felder haben im Gegenteil eine hemmende Wirkung.

Die Wirkung auf das Blutserum. Die Blutgerinnung wird nach Oettingen und Schulze-Rhonhof bei Mäusen durch Behandlung im Kondensatorfeld so gesteigert, daß das unmittelbar nach der Einwirkung entnommene Blut trotz Zusatz von Natriumzitrat gerinnt. Pflomm beobachtete bei Ratten während ihres Aufenthaltes im Kondensatorfeld anfänglich eine Verlängerung, später eine Verkürzung der Gerinnungszeit, nach Abschluß der Behandlungszeit neuerlich eine Verlängerung.

Die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen ist nach Oettingen bei Kaninchen entweder sofort oder erst 1—3 Stunden nach der Behandlung beschleunigt.

Bei refraktometrischen Untersuchungen fand Schliephake eine Abnahme des Brechungsindex. Pflomm vertritt die Ansicht, daß im Kondensatorfeld das Dispersionsvermögen der Eiweißkörper des Serums erhöht wird.

Schliephake und Weissenberg beobachteten bei Behandlung der Pankreasgegend bei Kaninchen zuerst einen geringen, ganz kurz dauernden Anstieg, dann einen nachhaltigen Abfall der Blutzuckerwerte. Bei Durchströmung des Gehirns dagegen stieg der Blutzucker-gehalt sehr steil, bisweilen auf das Doppelte an. Pflomm fand im Blut der Kubitalvene von Menschen, deren Unterarm und Hand im Kondensatorfeld behandelt wurden, eine Vermehrung des Blutzucker-gehaltes um 0,2—4,0%. Gleichzeitige Aziditätsbestimmungen ergaben eine Zunahme der Wasserstoffionenkonzentration.

Eine Verminderung des Harnstoffes im Serum nach Behandlung der Nierengegend beim Menschen wurde von Izar angegeben.

## Die Wirkung auf das Nervensystem.

Die schmerzstillende Wirkung. Klinisch in besonderer Weise auffallend ist die schmerzstillende Wirkung der Kurzwellen nicht nur bei Neuralgien und Myalgien, sondern auch bei vielen entzündlichen Er-

krankungen. Bekanntlich wirkt die Wärme im allgemeinen schmerzstillend. Bier schreibt diese Wirkung der Hyperämie zu, welche im Gefolge jeder Erwärmung auftritt, da er die Erfahrung machte, daß auch andere Formen der Hyperämie, wie die Stauungshyperämie, schmerzstillend wirken.

Neuere Untersuchungen haben dargetan, daß der Entzündungsschmerz teils durch die Anreicherung der Wasserstoffionen, teils durch die Vermehrung der Kaliumionen im entzündlichen Gewebe bedingt wird. Pflomm suchte nun in Selbstversuchen durch intrakutane Injektion von sauren Natrium-Pufferlösungen, bzw. Kalium-Pufferlösungen, solche Schmerzphänomene zu erzeugen und konnte feststellen, daß die Behandlung mit Kurzwellen die Schmerzerscheinungen deutlich vermindert. Er führt dies auf die raschere Beseitigung der schmerzzeugenden Substanzen durch den vermehrten Blutstrom zurück. Er ist also gleich Bier der Ansicht, daß die Hyperämie das eigentlich Wirksame sei.

Anderer Ansicht ist Goldscheider, der den schmerzstillenden Einfluß der Wärme durch eine direkte Wirkung auf die Nervenendigungen erklärt. Ihm schließen sich Halphen, Auclair und andere französische Autoren an, die annehmen, daß die Kurzwellen eine unmittelbare Hemmung auf die Schmerzleitung der Nervenfasern, eine Inhibition im Sinne von Brown-Séguard ausüben.

**Die Wirkung auf das Gehirn.** Horn, Kauders und Liebesny konnten zeigen, daß wiederholte Allgemeinbehandlungen von Tieren im Kondensatorfeld zu einer starken Hyperämie des Gehirns führen.

Sie behandelten Kaninchen 20mal je 10 Minuten lang im Kondensatorfeld mit einer 15 m- und einer 4 m-Welle. Es ergab sich eine auffallende Hyperämie des Gehirns und seiner Häute, welcher Befund im histologischen Bild noch deutlicher in Erscheinung trat. Sämtliche Gefäße waren prall mit Blut gefüllt, mehrfach waren diapedetische Blutungen und Gefäßzerreißen zu sehen.

Interessant sind auch die Liquorbefunde, welche die gleichen Autoren bei der Behandlung von Paralytikern und Schizophrenen feststellen konnten. Nach einer längeren Behandlung, wobei der Schädel wiederholt, jedoch ohne nennenswerte Wärmeempfindung, dem Kondensatorfeld ausgesetzt worden war, fand sich eine auffallende Steigerung des Gehaltes an Gesamteiweiß, vorübergehend auch eine Erhöhung der Zellzahl. Die Eiweißvermehrung war vor allem durch eine Zunahme der Albumine bedingt. Der Eiweißquotient, das Verhältnis der Globuline zu den Albuminen, war daher auffallend niedrig, wie das sonst nur bei schweren meningitischen Reizerscheinungen vorzukommen pflegt. An dieser Stelle sei vermerkt, daß Schif auch bei transzerebraler Diathermie beträchtliche Veränderungen des Liquors nachweisen konnte (zit. nach Auclair).

Schliephake und Strassburger zeigten, daß man durch lokale Behandlung der Nackengegend bei Kaninchen schwere Störungen der Temperaturregulierung hervorrufen kann. Diese Störungen sind je nach der Stärke des Feldes und der verwendeten Wellenlänge

verschieden. Bei manchen Tieren trat im Anschluß an die Behandlung eine starke Erhöhung der Körpertemperatur, bei anderen im Gegenteil ein Abfall derselben ein. Die physiologische Temperaturregulierung war tagelang schwer gestört, die normalen Tagesschwankungen waren auffallend groß. Die Reaktion gegen Wärme- und Kältereize war ungewöhnlich, ja selbst paradox. So trat z. B. nach Injektion des fiebererzeugenden Mittels Pyrifin keine Erhöhung, in manchen Fällen sogar eine Erniedrigung der Temperatur ein. Die Versuchstiere gingen alle an Pneumonie und Pleuritis zugrunde. Ostertag konnte bei den Tieren charakteristische Veränderungen in bestimmten Ganglienzellen nachweisen (s. S. 77).

Auch am lebenden Menschen konnten Hoff und Weissenberg eine Beeinflussung der Gehirnfunktionen durch Kurzwellen beobachten. Bei der örtlichen Einwirkung auf das Kleinhirn ließen sich typische Veränderungen der Abwechereaktion der Arme feststellen. Bei Einwirkung auf das Stirnhirn Veränderungen der sogenannten Stützfunktion.

## Die Wirkung auf Bakterien.

**Der Einfluß der Temperatur und Zeit.** Wenn man Bakterien im Wasserbad längere Zeit einer höheren Temperatur aussetzt, so gehen sie bekanntlich zugrunde. Die Absterbezeit ist im allgemeinen um so kürzer, je höher die einwirkende Temperatur ist. Natürlich schwanken die Zeiten für verschiedene Bakterienarten, ja sie schwanken selbst für verschiedene Stämme ein und derselben Art in ziemlich weiten Grenzen.

Haase und Schliephake haben für einen bestimmten Stamm von *Staphylococcus albus anhaemolyticus* die in Abb. 114 graphisch dargestellten Zeiten im Wasserbad gefunden. Für die Erwärmung durch Kurzwellen durfte man eine ähnliche Wirkung erwarten. Das traf

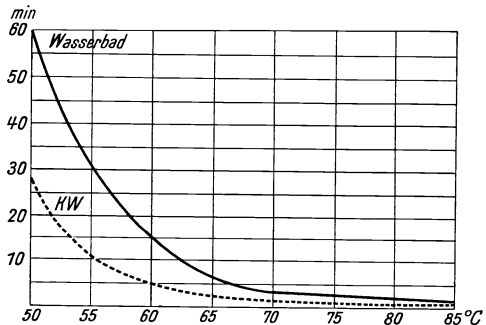


Abb. 114. Absterbezeiten eines Stammes am *Staphylococcus albus anhaemolyticus* im Wasserbad und Kurzwellenfeld (nach Schliephake).

auch zu, jedoch mit dem bedeutsamen Unterschied, daß die Absterbezeiten im Kurzwellenfeld wesentlich kürzer waren als im Wasserbad. Bei gleicher Temperatur der physiologischen Kochsalzlösung, in der die Bakterien aufgeschwemmt waren, gingen sie im Kondensatorfeld schneller zugrunde. Wie man aus den beiden Kurven ersieht, sind die Unterschiede um so größer, je niedriger die Temperatur ist. Nun zeigte sich weiter, daß die Bakterien im Kondensatorfeld selbst bei 37° C, allerdings erst nach Stunden, zugrunde gehen, also bei einer Temperatur, die im Wasserbad das Optimum für das Wachstum darstellt.

Ein gleiches Verhalten wie das der Staphylokokken wurde von Schliephake auch für die Tuberkelbazillen festgestellt. Ähnlich verhalten sich ferner die Tuberkelbazillen des Rindes, die Diphtheriebazillen, die Gonokokken, Meningokokken, Schimmelpilze u. a.

Allerdings gibt es Bakterienarten, die nicht eindeutig reagieren, wie z. B. die Pneumokokken. Andere Bakterien zeigten ein so wechselndes Verhalten, wie z. B. die Streptokokken, daß sie zu einem Versuch eigentlich unbrauchbar waren. Selbst der gleiche Stamm verhielt sich oft Tag für Tag verschieden.

Von einem etwas anderen Standpunkt aus untersuchten Liebesny, Wertheim und Scholz das Verhalten der Bakterien im Kurzwellenfeld. Sie suchten nicht die Absterbezeit bei verschiedenen Temperaturen festzustellen, sondern prüften den Einfluß der Kurzwellen ausschließlich bei einer Nährbodentemperatur von 37° C, also der Körpertemperatur. Die verwendete Welle war 15 m lang. In einer großen Zahl von Versuchen konnten sie die von Haase und Schliephake gefundene Tatsache bestätigen, daß die meisten Bakterien durch ein Kurzwellenfeld in ihrem Wachstum geschädigt werden. Sie erweiterten aber unsere Kenntnisse durch die Feststellung, daß einzelne Bakterien, wie *Bacterium gangraenae pulpaе*, vor allem aber eine Reihe von Pilzen, wie *Actinomyces hominis*, *Trichophyton tonsurans* durch die 15 m-Welle in ihrem Wachstum gefördert wurden.

Die Versuche wurden dabei in der Weise ausgeführt, daß die betreffenden Kulturen in einem Wasserbad gekühlt wurden, so daß die Temperatur bei pathogenen Bakterien etwa 37,5° C, bei Pilzen 22—24° C nicht überstieg.

Die Einwirkung der Kurzwellen auf Bakterien wurde auch von Grvag und Tomberg, Lippelt und Heller, Izar und Moretti, Nagel und Berggreen u. a. untersucht. Die Versuche ergaben teils einen schädigenden Einfluß, teils fielen sie vollkommen negativ aus.

**Der Einfluß der Wellenlänge.** Hält man die Temperatur des Nährbodens konstant und verändert nur die Wellenlänge des Feldes, so beobachtet man, daß die Absterbezeiten sich ändern. Es gibt Wellenlängen, bei denen die Bakterien sehr rasch, und solche, bei denen sie viel langsamer geschädigt werden.

Haase und Schliephake fanden für einen bestimmten Stamm von *Staphylococcus albus anhaemolyticus*, dessen Kulturen auf einer konstanten Temperatur von 55° C gehalten wurden, bei wechselnden Wellenlängen die in Tabelle 3 angegebenen Absterbezeiten. Die geringste Schädigung setzt eine Welle von 6 m, bei kürzeren oder längeren Wellen erfolgt das Absterben rascher.

Liebesny teilte mit, daß mit wechselnder Wellenlänge die Schädigung sogar in das Gegenteil, das ist eine Förderung des Wachstums, umschlagen kann. So sollen z. B. *Actinomyces hominis* und *Trichophyton tonsurans* durch eine 15 m-Welle in ihrer Entwicklung gefördert, durch eine 4 m-Welle dagegen gehemmt werden.



Tabelle 3. Absterbezeit eines Stammes von *Staphylococcus albus anhaemolyticus* im Kondensatorfeld bei einer Temperatur von 55° C und verschiedenen Wellenlängen (nach Haase und Schliephake).

| Wellenlänge<br>in m | Absterbezeit<br>in Minuten | Wellenlänge<br>in m | Absterbezeit<br>in Minuten |
|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| 3,5                 | 8                          | 8,0                 | 10                         |
| 4,8                 | 10                         | 9,5                 | 8                          |
| 5,2                 | 10                         | 10,0                | 8                          |
| 5,8                 | 12                         | 20,0                | 6                          |
| 6,0                 | 15                         |                     |                            |

Nach unseren Ausführungen auf S. 77 ist es zu erwarten, daß verschiedene Wellenlängen in verschiedener Weise auf Bakterien einwirken. Nichtsdestoweniger müssen die hier angeführten Versuche mit größter Vorsicht gewertet werden. Um den Einfluß der Wellenlänge festzustellen, müßte die Voraussetzung gemacht werden, daß die Feldstärke unverändert bleibt. Das ist nun bei den von uns verwendeten Kurzwellenapparaten sehr schwer zu erreichen. Die Leistung dieser Apparate ist bei verschiedener Wellenlänge verschieden groß. So lange wir also nicht die Möglichkeit haben, die Feldstärke zu messen und jeweils auf die gleiche Größe einzustellen, arbeiten wir nicht mit einer, sondern gleichzeitig mit zwei Varianten, der Wellenlänge und der Feldstärke.

Groag und Tomberg haben sich daher bemüht, diesen Versuchsfehler auszuschalten und mit wechselnder Wellenlänge bei gleicher Feldstärke zu arbeiten. Sie konnten die Angaben Liebesnys nicht bestätigen. Sie fanden vielmehr, daß die Wirkung der Kurzwellen nur von der Feldstärke abhängt. Die 15 m-Welle und die 4-m-Welle wirken nicht gegensätzlich, sondern gleichsinnig, in schwachen Feldern hemmend, in starken Feldern abtötend auf *Actinomyces hominis*, *Trichophyton tonsurans* und *Bacterium coli* (vergleiche damit die letale Wirkung des Kurzwellenfeldes auf Mäuse S. 81).

**Die bakterizide Wirkung im Tierversuch.** Zahlreich sind die Versuche, künstliche oder spontane Infektionen bei Tieren durch Kurzwellen zu beeinflussen. Die Erfolge waren in vielen Fällen günstig.

Schliephake injizierte Tuberkelbazillen Kaninchen in beide Kniegelenke. Nach einer vierwöchigen, täglich wiederholten Allgemeinbehandlung im Kondensatorfeld waren die anatomischen Veränderungen in den Gelenken der behandelten Tiere wesentlich geringer als bei den unbehandelten Kontrolltieren. Gleich gute Heilerfolge wurden erzielt, wenn man von den beiden infizierten Kniegelenken das eine lokal behandelte, während das andere unbehandelt blieb. Allerdings war die Allgemeininfektion der Tiere mit Tuberkulose durch die Kurzwellenbehandlung nicht aufzuhalten.

Auch bei Kaninchen, die an Venerie erkrankt waren, konnte Schliephake den therapeutisch günstigen Einfluß der Kurzwellen feststellen. Bei dieser Erkrankung kommt es an verschiedenen Stellen des Körpers zu einer Bildung von Abszessen, die wohl ausheilen, aber immer wieder an anderen Stellen auftreten, so daß die Tiere schließlich zugrunde gehen. Sämtliche im Kondensatorfeld behandelte Tiere wurden geheilt.

Carpenter impfte 25 Kaninchen mit syphilitischem Virus und behandelte sie 7 Wochen lang jeden zweiten Tag im Kondensatorfeld einer 30 m-Welle. 21 von den Tieren blieben gesund, während von den 20 Kontrolltieren alle an Syphilis erkrankten.

Pflomm, Liebesny, Levaditi, Rothschild, Auclair, Halphen, Vaisman, Schoen u. a. führten ähnliche Tierversuche teils mit positivem, teils mit negativem Erfolg aus. Halphen, Auclair, Poittevin, Regaud und andere französische Forscher betrachten die bakterizide Wirkung der Kurzwellen, ausgenommen diejenige auf Kaninchensyphilis, keineswegs für gesichert.

**Die Erklärung der bakteriziden Wirkung.** Schliephake und mit ihm wohl die meisten Autoren sind der Anschauung, daß sich die Wirkung der Kurzwellen auf Bakterien als reine Wärmewirkung erklären läßt. Die Annahme irgendwelcher spezifischer Wirkungen, wie sie z. B. Liebesny macht, ist mindestens überflüssig. Unter der Voraussetzung, die physikalisch durchaus begründet ist, daß sich die Bakterien selektiv anders erwärmen als ihr Nährboden, sind alle experimentellen Beobachtungen in einfachster Weise zu erklären. So ist ohneweiters verständlich, daß Bakterien schon bei einer Temperatur des Nährbodens von 37° C geschädigt werden, da ihre Eigentemperatur aller Wahrscheinlichkeit nach eine um mehrere Grade höhere ist. Es ist ebenso verständlich, ja es ist geradezu physikalisch zu erwarten, daß eine Veränderung der Wellenlänge auch die Erwärmung und damit die Absterbezeit ändert.

Neben der direkten Schädigung der Bakterien durch Kurzwellen kommt aber im lebenden Organismus noch ein anderer Faktor von größter Bedeutung zur Auswirkung. Das ist die biologische Reaktion der Gewebe, die in einer Steigerung der Blut- und Lymphbewegung, in einer Erhöhung der örtlichen Ernährung und Resorption, in der Bildung von Abwehrstoffen usw. ihren Ausdruck findet. Es ist anzunehmen, daß der Komplex dieser Wirkungen therapeutisch noch wesentlich bedeutsamer ist als die unmittelbare Einwirkung der Kurzwellen auf die Krankheitserreger.

Die bakterizide Kraft der Wärme ist seit Hippokrates bekannt und wird seit mehr als 2000 Jahren praktisch verwendet, wenn sie auch erst durch Bier und seine Schüler ihre wissenschaftliche Begründung fand.

Von neueren experimentellen Untersuchungen, welche diese Wirkung belegen, möchte ich nur die folgenden erwähnen. Schamberg und Rule konnten bei Kaninchen durch die Anwendung von heißen Bädern die Impfung mit Syphilis unwirksam machen, nachdem schon vorher Weichbrodt und Jahnel gezeigt hatten, daß man bei Kaninchen den Schanker zur Abheilung und die Spirochaeten zum Verschwinden bringen kann, wenn man die Tiere in einem Thermostaten wiederholt einer Temperatur von 40—41° C aussetzt. Mendel, Strelitz und Rausch gelang es, peritoneal mit Streptokokken infizierte Ratten durch Behandlung im Brutschrank vor dem Tod zu retten, während die unbehandelten Kontrolltiere insgesamt zugrunde gingen. In allen diesen Fällen ist es wohl in erster Linie die gesteigerte Abwehrkraft des Organismus, welche die Infektion überwindet, und nicht die unmittelbare Schädigung der Krankheitskeime durch die Hitze.

Zum Schluß möchte ich noch, ebenso wie Schliephake, eindringlich davor warnen, aus Laboratoriumsversuchen irgendwelche Schlüsse auf das Verhalten der Bakterien im menschlichen Körper zu ziehen. Ganz und gar unzulässig ist es, wie das einzelne Autoren tun, aus Reagenzglasversuchen klinische Indikationen und Kontraindikationen abzuleiten. Es ist ja zur Genüge bekannt, daß sich Bakterien im lebenden Gewebe ganz anders verhalten als in Kulturen. Um nur ein einziges Beispiel zu nennen, kann man ohne Schwierigkeit Gonokokken *in vitro* bei einer Temperatur von 41—42° C in kurzer Zeit abtöten. Jahrzehntelange Bemühungen, das gleiche im lebenden Organismus zu erreichen, blieben bisher ohne jeden Erfolg.

Ein Fehlschluß ist es deshalb, daß diejenige Wellenlänge, die eine bestimmte Bakterienart in Kultur am raschesten tötet, für die Therapie die geeignetste sei. Dabei wird vollkommen übersehen, daß der lebende Körper im Kampf gegen die Bakterien auch eine Rolle, ja sogar die Hauptrolle spielt und daß möglicherweise eine andere Wellenlänge die Abwehrmaßnahmen des Körpers in viel höherem Grade anregt als diejenige, welche die Bakterien *in vitro* schädigt. Der menschliche Körper verhält sich eben im Kondensatorfeld nicht ganz so einfach wie eine Bouillon oder eine Agarlösung.

## Die Wirkung auf maligne Tumoren.

Wenn irgendeine neue Strom- oder Strahlenform in die Medizin eingeführt wird, so ist eine der ersten Fragen, welche gestellt wird: Wie wirkt diese Therapie auf maligne Tumoren? Das war vor 25 Jahren, als die Diathermie bekannt wurde, genau so wie heute bei den Kurzwellen.

**Versuche an Tieren.** Schereschewsky (1928) war der erste, der die Wirkung der Kurzwellen verschiedener Länge auf das Impfsarkom der Mäuse prüfte und ihren zerstörenden Einfluß auf diese Geschwulstform feststellte. Einen ähnlichen Einfluß beobachtet er bei einer malignen Form des Hühnersarkoms. Die Technik seiner Behandlung war die, daß er den Tumor zwischen zwei kleine Elektroden faßte.

Später wurden von Pflomm ähnliche Untersuchungen an Ratten, die mit Jensen-Sarkom geimpft waren, angestellt. Während Schereschewsky nur den Tumor durchwärmte, brachte Pflomm die Tiere als Ganzes in das Kondensatorfeld. Nach 4—6 Einwirkungen eines starken Feldes einer 3,2 m-Welle stellte der Tumor sein Wachstum ein und zeigte, allerdings nur vorübergehend, Rückbildungserscheinungen. Die histologische Untersuchung ergab starke Gefäßschädigungen und Gewebsnekrosen.

Reiter behandelte das Jensen-Sarkom der Ratten örtlich. Da er mit sehr starken Feldern arbeitete, mußten die Tiere durch einen eiskalten Luftstrom gekühlt werden, damit sie nicht an der Hyperthermie zugrunde gingen. Er konnte die Tumoren in einer verhältnismäßig großen Zahl zerstören, jedoch nur bei Anwendung einer 3,4 m-Welle. Andere Wellenlängen ergaben ein ungleich schlechteres Resultat (s. S. 77). Die Richtigkeit der Angaben Reiters wurde von Haas und Lob bestritten.

Die Wirkung der Kurzwellen auf tierische Neoplasmen ist wohl nichts anderes als eine Wärmewirkung. Liebesny, Rohdenburg und Prime haben schon vor Jahren eine ganz ähnliche zerstörende Wirkung auf Mäusekarzinom und Rattensarkom durch Diathermie erzielt. Eine spezifische Wirkung gleich den Röntgenstrahlen in dem Sinn, daß das pathologische Gewebe zerstört und das gesunde geschont wird, kommt den Kurzwellen nicht zu, denn die Feldenergie, die notwendig ist, um die Neubildung zu zerstören, schädigt in gleicher Weise auch das gesunde Gewebe. Darum gelingt es, den Tumor im Tierversuch nur dann vollkommen zu zerstören, wenn er an der Körperoberfläche sitzt, bzw. so weit aus ihr hervortritt, daß er isoliert gefaßt werden kann.

**Die Wirkung auf Neoplasmen des Menschen.** So interessant die verschiedenen Tierversuche auch sind, so geht es doch nicht an, aus ihnen irgendwelche Schlüsse auf die Wirkung der Kurzwellen bei malignen Neoplasmen des Menschen zu ziehen. Erstens ist das Karzinom des Menschen grundsätzlich verschieden von dem Karzinom oder Sarkom der Nagetiere, zweitens sind die günstigen Bedingungen, wie sie im Tierversuch bestehen, besser gesagt, eigens geschaffen werden, bei menschlichen Neoplasmen fast nie vorhanden. Die Lokalisationen der menschlichen Geschwülste ist in den meisten Fällen eine solche, daß es technisch unmöglich ist, den Tumor für sich allein, ohne Schädigung seiner gesunden Umgebung, durch Kurzwellen zu zerstören. Aber selbst dann, wenn die Tumoren derart oberflächlich gelegen wären, daß sie einer Kurzwellentherapie zugänglich sind, wäre es immer noch einfacher, sie mit Hochfrequenzströmen zu koagulieren oder herauszuschneiden, als sie einer umständlichen und unsicheren Kurzwellenbehandlung zu unterwerfen.

Alle bisherigen Versuche, karzinomatöse Neubildungen beim Menschen durch eine Kurzwellentherapie zu beeinflussen, sind negativ ausgefallen. Ich selbst habe eine Reihe solcher Karzinome ohne jeden Erfolg behandelt, desgleichen Schliephake. Ähnliche Mißerfolge werden von Haas und Lob sowie von Wittek berichtet. G. Huwer will sogar ein beschleunigtes Wachstum bei drei Portiokarzinomen nach der Kurzwellenbehandlung gesehen haben.

## Die Schädigungen durch Kurzwellen.

**Schädigungen durch Raumstrahlung.** Die ersten Mitteilungen über Schädigungen durch Kurzwellen stammen aus Amerika, wo Whitney (1927) die Beobachtung machte, daß Ingenieure und Arbeiter, die mit starken Sendern (20 Kilowatt, 60 Mega-Hz) zu tun hatten, an nervösen Störungen und Temperatursteigerungen (Radiofieber) litten. Diese Beobachtungen wurden dann von Schliephake u. a. bestätigt.

Die Beschwerden, welche durch die elektromagnetische Strahlung von Kurzwellenapparaten erzeugt werden, sind teils allgemeiner, teils lokaler Art. Zu den Allgemeinstörungen gehören Mattigkeit, Abgeschlagenheit, Schlaflosigkeit, nervöse Unruhe, seelische Verstimmungen. Die örtlichen Beschwerden äußern sich meist in Kopfschmerzen, Ziehen in der Stirne und Kopfhaut, bisweilen auch an den Extremitäten.

Die Empfindlichkeit gegen die Strahlung ist individuell sehr verschieden. Es gibt Menschen, die unempfindlich zu sein scheinen, und es gibt solche, die schon nach ganz kurzer Zeit über Beschwerden der oben erwähnten Art klagen. Manche Menschen sollen gegen die Strahlung so sensibel sein, daß sie, natürlich unter Ausschluß jeder Gesicht- oder Gehörs- oder Wahrnehmung, anzugeben vermögen, ob ein Sender im Betrieb ist oder nicht.

Die Raschheit und die Intensität, mit der die Beschwerden auftreten, hängen auch von der Frequenz oder der Wellenlänge ab. Sie kommen bei kürzeren Wellen häufiger vor als bei langen.

Alle bisher beobachteten Störungen waren funktioneller und vorübergehender Natur. Sie verschwanden, wenn die Arbeit an dem betreffenden Apparat ausgesetzt wurde, in kurzer Zeit. Dauernde organische Schädigungen wurden niemals festgestellt. Der beste Schutz gegen die Raumstrahlung ist eine möglichst vollkommene metallische Abschirmung des Apparates, die geerdet wird.

**Verbrennungen der Haut.** Die Möglichkeit einer Hautverbrennung ist zunächst dadurch gegeben, daß die stromführenden Teile des Behandlungskreises, das sind die zuleitenden Kabel oder Arme sowie die Elektroden, nicht vollkommen isoliert sind. Die Berührung irgendwelcher Teile, die metallisch blank sind, führt zu einem Funkenübergang und damit zu einer Verbrennung. Verbrennung durch Abheben der Elektroden oder Abgleiten der Elektrodenklemmen, wie sie bei der Diathermie nicht selten sind, kommen bei der Kurzwellentherapie nicht vor, wenn man mit isolierten Elektroden arbeitet. Dagegen sind Verbrennungen durch Überhitzung natürlich ebenso möglich wie bei der Diathermie. Solche Überhitzungen der Haut treten im Kondensatorfeld besonders dann ein, wenn die eine oder die andere der Elektroden der Körperoberfläche sehr nahe ist. Darum sind mit Weichgummi isolierte Elektroden, die ohne Zwischenschicht aufgelegt werden, besonders gefährlich. Bereits auf S. 54 haben wir auf die Gefahr hingewiesen, die durch die Schweißbildung während der Behandlung zustande kommt und die es notwendig macht, für die Verdunstung oder die Aufsaugung des Schweißes durch eine Zwischenlage von Zellstoff, Filtrierpapier oder hydrophiler Gaze Sorge zu tragen.

**Verbrennungen des subkutanen Fettgewebes.** Eine weitere Schädigung, die uns von der Diathermie her bekannt ist, ist die subkutane Fettnekrose. Obwohl das Fettgewebe für Kurzwellen nicht mehr einen so hohen Widerstand darstellt wie für den Diathermiestrom, da es zum Teil kapazitiv durchsetzt wird, so ist seine Erhitzung doch noch eine sehr beträchtliche. Es kann vorkommen, daß eine Verbrennung des subkutanen Fettgewebes eintritt, ohne daß die Haut geschädigt wird. Es bildet sich dann unter der Haut, die an sich unverändert oder nur etwas gerötet ist, ein derbes, auf Druck schmerzhaftes Infiltrat, das in der Regel ohne weitere Folgen nach einiger Zeit resorbiert wird. Schliephake sah bei Versuchstieren im Anschluß an solche Fettnekrosen Phlegmone des Unterhautzellgewebes mit Fistelbildung auftreten.

**Tiefenschädigungen.** Eine Frage von grundsätzlicher Bedeutung ist es, ob die Kurzwellen Schädigungen tiefer liegender Organe ohne sichtbare Hautverbrennungen veranlassen können. Diese Frage muß nach den Erfahrungen, die wir bei Tierversuchen machten, bejaht werden.

So sah Schliephake bei Tieren nach wiederholter Feldeinwirkung Spontanfrakturen an den Extremitätenknochen, ohne jede sichtbare Schädigung der Weichteile. Desgleichen konnte er durch schmale, bandartige Felder, die er auf das Halsmark von Kaninchen einwirken ließ, Zuckungen und vorübergehende Lähmungen an den unteren Extremitäten erzeugen. Ähnliche Querschnittsläsionen bewirkte R. Heller bei Fröschen, während er bei Hühnern durch lokale Einwirkung auf den Schädel eine Ausschaltung des Großhirns bewerkstelligen konnte. An dieser Stelle möchte ich noch an die Störungen des Temperaturzentrums erinnern, die Schliephake nach Behandlung des Halsmarks bei Kaninchen hervorrief (s. S. 86).

Diese und ähnliche Versuche an Tieren, bei denen es zu keinen merklichen Hautveränderungen kam, zeigen wohl eindringlich, daß Tiefenschädigungen ohne Schädigungen der Körperoberfläche möglich sind und daß sie unter Umständen auch bei Menschen zustande kommen können. In besonderer Weise empfindlich scheinen die nervösen Zentralorgane, vor allem das Gehirn, zu sein. So wurden Schwindelerscheinungen und selbst Ohnmachtsanfälle bei Behandlung des Ohres beobachtet, wobei der Strom das Gehirn durchsetzte. Auf die starke Gehirnhyperämie und die Liquorveränderungen, die man bei der Schädelbehandlung von Paralytikern und Schizophrenen feststellte, sei hier nochmals hingewiesen (s. S. 86).

## V. Die therapeutische Anwendung der Kurzwellen.

### Allgemeines.

**Die Kurzwellentherapie als Thermo-therapie.** Die Kurzwellen liegen im elektromagnetischen Spektrum zwischen den Hochfrequenzströmen, die wir zur Diathermie verwenden und den Infrarot- oder Wärmestrahlen, die uns zur Wärmebehandlung dienen. Da die Diathermie ihrem Wesen nach gleichfalls eine Thermo-therapie ist, so ist die Kurzwellenbehandlung also in der Mitte zwischen zwei thermischen Methoden gelegen. Mit Rücksicht darauf, daß die verschiedenen Strahlen des elektromagnetischen Spektrums, wie Wärme-, Licht-, Röntgen- und Radiumstrahlen, wohl sehr verschiedene Wirkungen aufweisen, diese Wirkungen aber ganz allmählich ineinander übergehen, so dürfen wir wohl auch von den Kurzwellen in erster Linie thermische Wirkungen erwarten. Daß sie diese in der Tat besitzen, steht physikalisch und biologisch einwandfrei fest. Die Wärmebildung in toten wie in lebenden Objekten ist wohl die augenfälligste Wirkung der Kurzwellen. Daraus

ergibt sich naturgemäß, daß auch die Kurzwellenbehandlung eine Wärmetherapie ist. Dabei ist es selbstverständlich, daß die von ihr erzeugten Wärmeerscheinungen sich einerseits von denen der Diathermie, andererseits von denen der Infrarotstrahlen unterscheiden. Es ist jedoch sicher, daß die Kurzwellentherapie von allen physikalischen Methoden der Diathermie am nächsten steht. Man spricht daher auch von Kurzwellendiathermie, in Frankreich wird die Bezeichnung Infra- oder Ultradiathermie, in Amerika die Bezeichnung Radiathermie oder Radiothermie vielfach gebraucht.

Wenn die Kurzwellentherapie gegenüber der Diathermie auch wesentliche Unterschiede aufweist, so ist es doch unzulässig, sie als ein von der Diathermie grundsätzlich verschiedenes Verfahren darzustellen. Die physikalischen und therapeutischen Unterschiede zwischen den weichen und harten Röntgenstrahlen, die wir heute verwenden, sind ungleich größer als die zwischen Kurzwellentherapie und Diathermie, und doch wird es niemandem einfallen, die Kontinuität und damit die Wesensgleichheit zwischen weichen und harten Röntgenstrahlen zu leugnen.

Wenn eine Wesensverschiedenheit zwischen Kurzwellentherapie und Diathermie behauptet wird, so liegt es wohl darin, daß sich die Kurzwellentherapie nicht kontinuierlich, d. h. durch fortschreitende Verkürzung der verwendeten Wellen aus der Diathermie entwickelt hat, wie das bei der Röntgentherapie der Fall war, sondern daß mit der Schaffung der Kurzwellentherapie gleichsam ein Teil des Spektrums übersprungen wurde.

Während man im Ausland die Wirkungen der Kurzwellen entweder ausschließlich oder doch vorwiegend auf die Wärme zurückführt, gibt es einige deutsche Autoren, wie Liebesny und Stieböck, die in der Kurzwellentherapie keine Wärmetherapie sehen wollen, sondern ihre Wirkung spezifisch-elektrischen Einflüssen zuschreiben. Liebesny tritt für eine sogenannte athermische Kurzwellenbehandlung ein, d. h. für eine so schwache Feldeinwirkung, daß eine merkbare Erwärmung überhaupt nicht zustande kommt. Diesen Standpunkt muß ich mit der überwiegenden Mehrheit aller Kurzwellentherapeuten ablehnen. Daß die Kurzwellen im menschlichen Körper Wärmeeinwirkungen in einer Art und Tiefe zu erzeugen vermögen, wie das auf keinem anderen Weg möglich ist, darüber besteht kein Zweifel. Es ist darum ganz unverständlich, warum man auf eine solch einzigartige, wertvolle therapeutische Möglichkeit einfach verzichten soll, einer unbewiesenen Theorie zuliebe, die behauptet, daß nicht die thermischen, sondern die spezifischen Wirkungen das therapeutisch Wesentliche wären. Aber gesetzt den Fall, solche spezifische Wirkungen wären wirklich vorhanden, was kann es schaden, wenn man sie durch eine geeignet dosierte Tiefenwärme unterstützt? Es ist doch nicht anzunehmen, daß die spezifischen Wirkungen abnehmen, wenn man die Feldstärke erhöht. Und andererseits wird auch niemand behaupten können, daß die Tiefenwärme, wenn sie richtig dosiert wird, schadet. Wäre dies der Fall, dann dürfte man auch keine Diathermie betreiben. Es mag jedem vor-

behalten bleiben, so vorsichtig zu dosieren, als er es für notwendig hält, aber die Behauptung aufzustellen, daß die Kurzwellenwärme vermieden werden müsse, weil sie die therapeutische Wirkung beeinträchtigt, ist eine Irrlehre, die nur geeignet ist, Verwirrung zu schaffen und die Entwicklung der Heilmethode aufzuhalten. Das Einzige, was man vernünftigerweise verlangen kann und verlangen muß, ist, daß schädliche Überhitzungen vermieden werden. Das gilt aber natürlich in ganz gleicher Weise für die Diathermie wie für jede andere Form der Wärmetherapie. Im übrigen verweise ich auf das, was ich bereits auf S. 56 bezüglich der Dosierung der Wärme gesagt habe.

**Kurzwellentherapie und Diathermie.** Im Ausland, vor allem in Amerika und Frankreich, hat man sich im wesentlichen darauf beschränkt, die Kurzwellen bei jenen Erkrankungen anzuwenden, die in das Anwendungsgebiet der Diathermie fallen, also vornehmlich bei chronischen Erkrankungen. In Deutschland hat man, dem Beispiel Schliephakes folgend, die Anwendung der Kurzwellen auch auf akut-entzündliche Krankheitszustände ausgedehnt. Diese Erweiterung des Indikationskreises hat dazu geführt, daß man heute bereits alle Krankheiten vom Furunkel bis zu den Psychosen mit Kurzwellen behandelt. Einzelne Autoren haben sogar die Behauptung aufgestellt, daß es für die Kurzwellentherapie keine Kontraindikationen gebe.

Man wollte in der Tatsache, daß die Kurzwellen auch bei manchen akuten Krankheiten mit Erfolg zur Anwendung kommen, einen Gegensatz gegenüber der Diathermie erblicken. Das ist jedoch nur zum Teil richtig. Auch die Diathermie kann bei verschiedenen akuten Entzündungen mit Vorteil verwendet werden. Man erinnere sich nur an die Behandlung der akuten kruppösen Pneumonie, die in Amerika allgemein geübt wird, an die Behandlung der akuten Glomerulonephritis, die von Eppinger und seinen Schülern empfohlen wurde, an die Behandlung der akuten Epididymitis usw. Andererseits ist es vollkommen unrichtig, wenn einzelne Autoren behaupten, daß man die Kurzwellen bedingungslos in jedem Stadium akuter Entzündung verwenden kann. Das mag für jene Therapeuten gelten, die mit unzulänglichen, leistungsunfähigen Apparaten arbeiten, desgleichen für jene, welche Wärmewirkungen bewußt vermeiden, also grundsätzlich unterdosieren, nicht aber für die thermische Anwendung der Kurzwellen. Wenn diese auch in vielen akuten Fällen vertragen wird, so gibt es doch genug Kranke, bei denen sie unerwünschte Reaktionen auslöst.

Die Thermo-therapie ist eine Reiztherapie, und es kommt, wie bei jeder Reiztherapie, vor allem auf die richtige Dosierung, d. h. die richtige Bemessung der Reizgröße, an. Jeder erfahrene Therapeut weiß, daß leichte milde Wärme, ob sie nun durch einen Thermophor, ein Kataplasma oder in anderer Weise erzeugt wird, bei Furunkeln, Karbunkeln, Phlegmonen und ähnlichen Entzündungen nicht nur angenehm und schmerzstillend empfunden wird, sondern auch den Krankheitsverlauf als solchen günstig zu beeinflussen vermag, daß aber jede stärkere Erhitzung den Prozeß augenblicklich verschlechtern und propagieren kann. Gegen die Anwendung von Wärme bei frischen



Entzündungen besteht also keine grundsätzliche Kontraindikation, nur muß die Dosierung dem Kranken und dem Krankheitszustand angepaßt werden, sie muß um so vorsichtiger erfolgen, je akuter die Erkrankung ist.

Wir sehen, daß sich das Indikationsgebiet der Kurzwellentherapie dem der Diathermie nähert, wenn es sich auch keineswegs mit diesem deckt. Darum ist nicht anzunehmen, daß die eine Therapie die andere einfach ersetzen kann. Die Behauptung, daß die Kurzwellentherapie die Diathermie infolge ihrer größeren Tiefenwirkung in jedem Fall vertreten kann, ist ein Irrtum. Die Tiefenwirkung allein ist nicht maßgebend. Als die Diathermie in die Heilkunde eingeführt wurde, war es doch über jeden Zweifel klar, daß sie alle bisher bekannten thermischen Verfahren an Tiefenwirkung übertraf. Nichtsdestoweniger war die Diathermie nicht imstande, auch nur eine einzige der alten Wärmemethoden wie Wasser-, Heißluft-, Dampf- oder Schlambäder zu verdrängen. Wenn die Kurzwellentherapie nicht bloß eine technische Verbesserung der Diathermie ist, sondern eine anders wirkende Methode, so wird sie diese nicht ohneweiters ersetzen können.

## Die Erkrankungen der peripheren Nerven.

**Anzeigen.** Unter diesen stehen an erster Stelle die Neuralgie und die Neuritis. Es ist ein ziemlich fruchtloses Beginnen, zwischen diesen beiden Krankheitsformen eine klinische Abgrenzung schaffen zu wollen. Diagnostisch gehen sie unmerklich ineinander über und therapeutisch fallen sie überhaupt zusammen. Das Symptom, das fast stets im Vordergrund steht und den Kranken zum Arzt führt, ist der Schmerz. Zu dessen Bekämpfung haben wir in den Kurzwellen ein ausgezeichnetes Mittel. In vielen Fällen ist die schmerzstillende Wirkung der Kurzwellen fast eine spezifische. Worauf diese Wirkung beruht, ist im Grunde genommen nicht bekannt. Einige Erklärungsversuche haben wir bereits auf S. 85 besprochen. Der günstige Einfluß der Kurzwellen auf Neuralgien und Neuritiden wird von vielen Autoren bestätigt, darunter von Schliephake, Groag, Liebesny, Dausset, Saidman, Krainik, Laqueur.

Natürlich kommt es für den Erfolg sehr darauf an, welcher Art die Erkrankung ist und in welchem Stadium ihres Verlaufes sie sich befindet. Der Behauptung, daß die Kurzwellentherapie im Gegensatz zur Diathermie in jedem, also auch im ganz akuten Stadium, indiziert sei (Laqueur, Krainik), kann ich nicht beipflichten. Schon ganz leichte Durchwärmungen können unter Umständen, wie das auch andere thermische Methoden machen, heftige Reaktionen auslösen und das um so leichter, je reizbarer und frischer die Erkrankung ist.

Was nun die einzelnen Formen der Neuralgie betrifft, so ist wohl kaum anzunehmen, daß eine typische schwere Trigeminusneuralgie, wie sie nicht selten bei älteren Leuten vorkommt, durch Kurzwellen geheilt werden kann, obwohl ich zugeben muß, daß ich selbst in schweren

Fällen eine deutliche Besserung der Schmerzen gesehen habe. Auch Dausset berichtet über einige Fälle schwerster Gesichtsneuralgie, bei denen die Schmerzanfälle nach wenigen Kurzwellenbehandlungen an Zahl und Stärke ganz bedeutend abnahmen. Wie weit solche Erfolge von Dauer sind, kann erst eine längere Erfahrung lehren. Viel günstiger sind die Aussichten bei den benignen Formen der Trigeminusneuralgie, wie sie auf Grundlage einer Grippe oder anderen Infektionskrankheit oder als Begleiterscheinung einer Zahn-, Kieferhöhlenerkrankung usw. auftreten.

Weitaus die häufigste und praktisch wichtigste Form der Neuritis ist die Ischias. Es ist bekannt, daß es kaum eine physikalische Heilmethode gibt — ich nenne nur beispielsweise die Galvanisation, Diathermie, Ultraviolett- und Röntgenstrahlen, Schlamm packungen, Heißluft-, Dampf- und Medizinbäder — die bei dieser Erkrankung nicht unter Umständen ausgezeichnet wirken. Das gilt in gleicher Weise auch von der Kurzwellentherapie. Es kommt wesentlich darauf an, daß die Behandlung im richtigen Zeitmoment, vor allem nicht zu früh, einsetzt.

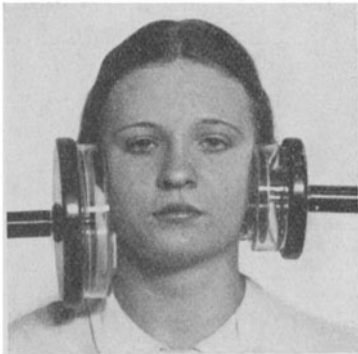


Abb. 115. Behandlung einer Trigeminusneuralgie.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei der Brachialneuralgie. Auch sie ist im akuten Stadium so überempfindlich gegen Wärme, daß die Kranken häufig schon die Bettwärme als unangenehm empfinden.

Von sonstigen Neuralgien ist noch die Interkostalneuralgie für sich oder in Verbindung mit einem Herpes zoster von praktischer Bedeutung. Bei dieser berichtet besonders Saidman über gute Erfolge. Schließlich käme noch die Polyneuritis in Betracht.

Eine weitere Anzeige für die Behandlung mit Kurzwellen bilden Lähmungen, unter diesen in erster Linie die periphere Fazialislähmung. Bei dieser sah besonders Schliephake rasche Besserung. Es erscheint durchaus verständlich, daß die anregende Wirkung der Kurzwellen auf den Blut- und Lymphkreislauf geeignet ist, die Regenerationsvorgänge in dem erkrankten Nerven zu unterstützen.

**Behandlungstechnik.** Mit Rücksicht auf die Überempfindlichkeit der meisten Neuralgien gegen Wärme darf die Behandlung nur mit kleinsten Feldstärken begonnen werden. Erst, wenn man sich überzeugt hat, daß der Kranke diese gut verträgt, kann man etwas stärker dosieren. Anders steht es mit veralteten Fällen von Ischias und anderen Neuralgien, bei denen bisweilen sehr starke Durchwärmungen notwendig sind. Will man bei der Behandlung von Neuralgien oder Neuritiden einen Erfolg haben und andererseits nicht schaden, so muß man in den weitesten Grenzen individualisieren.

Trigeminusneuralgien behandelt man am besten mit einer runden, etwa 10 cm im Durchmesser haltenden starren Elektrode, die der kranken Gesichtshälfte in einem Abstand von 1—2 cm gegenübergestellt wird. Um eine Beeinflussung des Gehirns zu vermeiden, bringt man

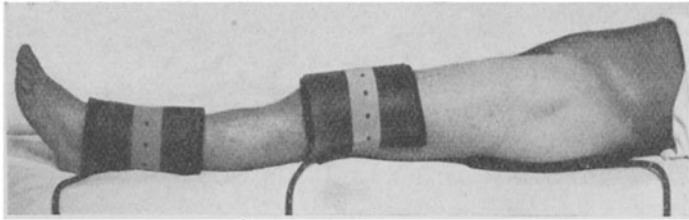


Abb. 116. Behandlung einer Ischias.

die zweite, etwas größere Elektrode nicht in gleicher Höhe, sondern etwas tiefer an (Abb. 115). An Stelle von starren können auch schmiegsame Elektroden mit entsprechend dicker Unterlage verwendet werden.

Zur Behandlung einer Ischias im Kondensatorfeld sind im allgemeinen weiche Elektroden vorzuziehen, die man so anlegt, daß die ganze Extremität der Länge nach vom Feld durchsetzt wird. Zu einer gleichmäßigen Durchwärmung des ganzen Beines eignet sich am besten eine Methode mit drei Elektroden, wie sie auch bei der Diathermie zur Anwendung kommt (Abb. 116)<sup>1</sup>. Eine etwa 200 qcm große Elektrode wird am Gesäß, eine gleich große Elektrode an der äußeren Seite der Wade angelegt. Beide Elektroden werden gemeinsam an denselben Pol angeschlossen. Als Gegenpol dient eine etwa 300 qcm große Elektrode, die über der Streckseite des Oberschenkels angebracht wird. Die Waden- und Oberschenkelelektroden können auch die Form eines breiten Bandes haben, das ringförmig um die Extremität gelegt wird.

Die Ischias läßt sich auch im Spulenfeld behandeln, indem man eine 4 m lange Binde in losen Windungen von der Ferse bis zur Hüfte um das Bein legt.

Was von der Ischiasbehandlung gesagt wurde, gilt in gleicher Weise von der Behandlung der Armneuritis, nur wird man zur Durchwärmung eines Armes im Kondensatorfeld in der Regel mit zwei gleich großen Elektroden von je 200 qcm Flächeninhalt sein Auslangen finden. Von

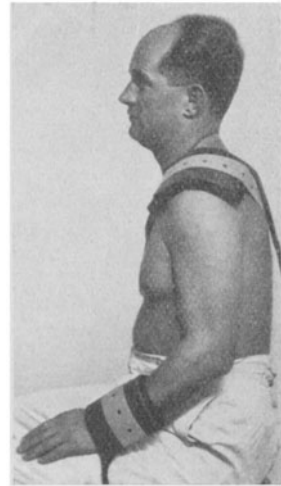


Abb. 117. Behandlung einer Armneuralgie.

<sup>1</sup> In dieser und einer Reihe weiterer Abbildungen sind die Weichgummi-elektroden ohne schützende Leinentasche dargestellt, da ihre Lage am Körper so deutlicher erkennbar ist.

diesen wird die eine an der Schulter, die andere am Unterarm befestigt (Abb. 117). Das Spulenfeld wird in der Weise erzeugt, daß man den Arm von der Hand bis zur Schulter mit einer 3—4 m langen Binde umwickelt.

Bei der Polyneuritis kommt nur eine Allgemeinbehandlung in Frage, über deren Technik bereits auf S. 59 das Nötige angegeben wurde. Eine solche Allgemeinbehandlung wird auch manchmal bei lokaler Neuritis von Nutzen sein, und zwar einerseits in Fällen, die auf einer allgemeinen Infektion, wie z. B. Grippe, beruhen, anderseits in Fällen, die einer örtlichen Kurzwellentherapie Widerstand leisten.

## Die Erkrankungen des Gehirns und Rückenmarks.

**Anzeigen.** Weitaus am häufigsten kommt hier die Kurzwellenbehandlung bei der progressiven Paralyse zur Anwendung. Ausgehend von der Überlegung, daß bei der Behandlung der progressiven Paralyse mit Malaria-, Rekurrens-, Rattenbißinfektion, künstlichen Abszessen, Bakterientoxinen, artfremdem Eiweiß die dabei auftretende Temperatursteigerung das gemeinsam Wirksame sei, haben zuerst Carpenter, Hinsie, Biermann und Schwarzschild in Amerika, Halphen und Auclair, Réchou u. a. in Frankreich die Kurzwellenbehandlung benützt, künstliches Fieber, besser gesagt, eine allgemeine Hyperthermie zu erzeugen, die meist als Elektropyrexie, in Frankreich auch als *Fièvre artificielle* bezeichnet wird. Zu dem gleichen Zweck haben schon früher Neymann und Osborne die Allgemeindiathermie vorgeschlagen.

Als Vorteile der Elektropyrexie gegenüber der Malariatherapie wird in erster Linie die Möglichkeit angeführt, die Höhe und die Dauer der Temperatursteigerung ganz genau bemessen zu können, so daß man die Kur dem jeweiligen Zustand des Kranken und seiner kardio-vaskulären Leistungsfähigkeit anzupassen vermag. Auch ist es möglich, die Temperatur rasch wieder zur Norm zu senken, wenn sich die Notwendigkeit ergibt, die Prozedur aus irgendeinem Grunde zu unterbrechen. Demgegenüber wird von den Anhängern der Malariatherapie, wie Wagner-Jauregg, Marie und Medakovitsch, eingewendet, daß Hyperthermie und Fieber keineswegs identische Begriffe seien, daß bei dem Fieber neben der Temperatursteigerung noch chemische Vorgänge im Blut eine Rolle spielen, die therapeutisch von Bedeutung sind. Das beweise der Umstand, daß auch bei Malariakuren mit geringen Fiebertemperaturen Besserungen erzielt wurden (F. H. Stewart) und solche selbst bei dem Ausbleiben jeder Temperatursteigerung beobachtet werden konnten (Hermann).

Auch die Elektropyrexie ist nicht ganz ungefährlich, denn es wurden bereits von Hinsie, Auclair, Ladame Todesfälle unmittelbar im Anschluß an die Behandlung mitgeteilt. Doch soll die Gefährlichkeit der Elektropyrexie immerhin eine geringere sein als die einer Malariatherapie.

Was die Erfolge betrifft, kann es keinem Zweifel unterliegen, daß man mit der Kurzwellentherapie bei der progressiven Paralyse ganz

bedeutende Besserungen erzielen kann. Nach einer amerikanischen Statistik wurden bei 500 behandelten Paralytikern in 84% Remissionen beobachtet. Ob die Erfolge der Elektropyrexie denen der Malaria-therapie gleichkommen, ist noch nicht feststehend.

An dieser Stelle soll auch erwähnt werden, daß man versucht hat, die progressive Paralyse durch eine örtliche Behandlung des Gehirns zu beeinflussen. Milizyn hat das zuerst mit Diathermie, Schliephake mit Kurzwellen getan; seinem Beispiel folgten dann Kauders, Liebesny und Finaly. Die Erfolge sind trotz wohlwollendster Beurteilung durch die Autoren so prekäre, daß die Versuche wohl als gescheitert angesehen werden dürfen. Das gleiche gilt von dem Unternehmen Kauders und Liebesnys, Kranke mit Schizophrenie durch Kurzwellenbehandlung des Gehirns zu bessern. Weissenberg sah bei zwei derartigen Kranken sogar Erregungszustände im Anschluß an die Behandlung auftreten, ohne daß das Krankheitsbild als solches gebessert worden wäre.

Von weiteren Erkrankungen des Gehirns wurde die Enzephalitis, vor allem aber der ihr folgende Symptomenkomplex des Parkinsonismus mit Elektropyrexie behandelt. Auclair konnte in 6 Fällen eine Besserung feststellen. Die Starrheit der Muskulatur, die leichte Ermüdbarkeit und das Zittern wurden gebessert, die Kranken wurden beweglicher, sie fühlten sich wohler und zeigten mehr Interesse für ihre Umgebung. Gleich günstige Wirkungen beobachtete Dausset, der aber betont, daß manche Krankheitsfälle sich als sehr hartnäckig erwiesen und eine größere Zahl von Behandlungen notwendig machten. Dausset ist der Anschauung, daß es durchaus nicht nötig ist, sehr hohe Temperatursteigerungen anzustreben, daß vielmehr schon verhältnismäßig schwache Felder genügen, um eine Besserung zu erzielen. Weissenberg teilt mit, daß er auch durch ganz schwache Lokalbehandlungen des Schädels Kranke mit Enzephalitis zu bessern vermochte.

Bei den außerordentlich günstigen Berichten über die Heilerfolge der Kurzwellen bei pyogenen Prozessen der Haut und Unterhaut, auf welche wir später noch zu sprechen kommen, wäre es zu erwarten, daß die entzündlichen Erkrankungen des Gehirns und seiner Häute ein besonders dankenswertes Objekt der neuen Heilmethode darstellen würden. Die diesbezüglichen Mitteilungen sind aber bisher sehr spärlich. Schliephake berichtet über die Heilung eines Kleinhirnabszesses und eines Falles mit epileptiformen Anfällen, bei denen mit Enzephalographie eine Ventrikelkompression und ein Kalkherd festgestellt worden waren. Groag und Tomberg teilen den Fall eines enzephalitischen Herdes im Kleinhirn mit, der durch Kurzwellen in verhältnismäßig kurzer Zeit zur Ausheilung gebracht wurde.

Dausset sah bei hemiplegischen Lähmungen von den lokalen Einwirkungen des Kondensatorfeldes auf das Gehirn einen günstigen Einfluß. Die spastischen Kontraktionen ließen nach, der Gang besserte sich, und das Sprechen wurde erleichtert. Gleichzeitig trat ein Sinken des Blutdruckes ein.

Die Berichte über multiple Sklerose sind widersprechend. Auclair beobachtete keine Erfolge. Weissenberg in vereinzelt Fällen nach lang fortgesetzter Behandlung eine Besserung, desgleichen Biermann. Neymann konnte bei Anwendung der Elektropyrexie in 25 Fällen 44% Besserungen feststellen, die einige Wochen bis zu acht Monaten anhielten. Allerdings finden sich in seiner Statistik auch zwei Todesfälle, die wohl der Behandlung zur Last gelegt werden müssen. Starke Überhitzungen sind also nicht ungefährlich. Empfehlenswerter dürften leichte Feldbehandlungen des ganzen Körpers sein, entsprechend der Erfahrung, daß Allgemeindiathermien leichten Grades, protrahierte laue Bäder und ähnliche milde Wärmeanwendungen die Spasmen vermindern.

Wechselnd sind die Erfolge bei der *Tabes dorsalis*. In beginnenden Fällen sah Auclair von der Allgemeinbehandlung ermutigende Fortschritte, bestehend in einer Besserung der Ataxie und der Schmerz-anfälle. Selbst eine Besserung der Optikusatrophie will dieser Autor beobachtet haben. In einem Fall wurde die früher negative Wassermannreaktion nach einer einzigen Behandlung positiv. Auch Weissenberg und Biermann sahen bei der *Tabes* von der Kurzwellenbehandlung Erfolge. Nach Schliephake werden die tabischen Beschwerden „durchwegs“ günstig beeinflusst, die lanzinierenden Schmerzen verschwinden oft schon nach wenigen Sitzungen. So regelmäßig waren meine Erfolge nicht, doch habe ich immerhin von einer örtlichen Behandlung des Rückenmarks in einzelnen Fällen eine beträchtliche Besserung der lanzinierenden Schmerzen gesehen.

Bei der *Poliomyelitis* wurden von Réchou und Auclair bemerkenswerte Erfolge gemeldet. Der letzte Autor meint, daß die Erfolge der Kurzwellenbehandlung bessere seien als diejenigen der Methode von Bergonié, die in einer Kombination von Röntgenbestrahlung und Diathermie besteht. Auclair teilt die Krankengeschichte eines zehnjährigen Mädchens mit, daß seit 18 Monaten von einer Lähmung beider Beine mit Entartungsreaktion befallen war. Die Lähmung schien durch Röntgentherapie, Diathermie und Galvanisation unbeeinflussbar zu sein. Nach 24 allgemeinen Kondensatorfeldbehandlungen im Verlauf von zwei Monaten konnte die Kranke bei Ausschluß jeder anderen Therapie fast ohne Krücken gehen. Ich habe mich bei der *Poliomyelitis* auf eine örtliche Behandlung des Rückenmarks beschränkt und habe den Eindruck gewonnen, daß die Kurzwellentherapie die Regenerationsvorgänge zu beschleunigen vermag.

Mitteilungen über Heilungen genuiner Epilepsie und ähnliche Berichte können hier übergangen werden, da jeder, der die Literatur kennt, weiß, daß bisher keine elektrotherapeutische Methode bekannt geworden ist, die nicht anfangs solche Wunderheilungen vollbracht hätte. Später sind sie leider ausgeblieben.

**Behandlungstechnik.** Die Ausführung der allgemeinen Kurzwellenbehandlung im Kondensatorfeld wurde bereits auf S. 59 beschrieben.

Diese Darstellung sei hier nur durch einige Bemerkungen ergänzt, welche für die Behandlung der progressiven Paralyse von Bedeutung sind. Die Elektropyrexie ist bestrebt, Temperaturkurven zu erzeugen, die denen der Malaria möglichst ähnlich sind. Die meisten amerikanischen Autoren halten eine Höchsttemperatur von  $40^{\circ}$ — $41^{\circ}$  C für zweckentsprechend. Diese Temperatur kann im Kondensatorfeld in  $1$ — $1\frac{1}{2}$  Stunden erreicht werden. Man muß damit rechnen, daß die Körpertemperatur auch nach Abstellung des Feldes noch um etwa  $0,5^{\circ}$  C ansteigt. Temperaturen über  $42^{\circ}$  C sind unter allen Umständen gefährlich. Doch vertragen nach Neymann und Osborne kräftige Personen Temperaturen von  $42^{\circ}$  C bis zu zwei Stunden, solche von  $41^{\circ}$  C auch vier Stunden lang. Bemerkenswert ist, daß die Schnelligkeit des Temperaturanstieges nicht allein von der Stärke des Feldes, sondern auch von der individuellen Reaktion des Kranken abhängt. So sah Dausset bei zwei Kranken von annähernd gleicher Konstitution unter den gleichen Behandlungsbedingungen bei dem einen in einer halben Stunde einen Anstieg der rektalen Temperatur auf  $39,5^{\circ}$  C, bei dem anderen nur auf  $37,5^{\circ}$  C.

Es ist unbedingt notwendig, die Behandlung dem Kräftezustand des Kranken, insbesondere der Leistungsfähigkeit seines Herzens anzupassen. Aus diesem Grund muß nicht nur die Temperatur, sondern auch die Puls- und Atemfrequenz fortlaufend kontrolliert werden.

Um die individuelle Reaktion des Patienten kennenzulernen, wird es sich empfehlen, bei der ersten Durchwärmung über eine Temperatur von  $39,0$ — $39,5^{\circ}$  C nicht hinauszugehen. Die Behandlung ist zweifellos sehr anstrengend und wird von manchen Kranken nicht vertragen. Man kann sie ihnen dadurch etwas erleichtern, daß man eine Kopfkühlung gibt und den starken Wasserverlust infolge des Schwitzens durch die Zufuhr von kalter Flüssigkeit auszugleichen sucht.

Wird der Strom nach  $1$ — $1\frac{1}{2}$  Stunden abgestellt, so soll die hohe Bluttemperatur noch durch  $6$ — $7$  Stunden aufrechterhalten werden. Das geschieht dadurch, daß man den Kranken, in mehrere Woldecken eingehüllt, in das Bett bringt und dort mit einigen Thermophoren, am einfachsten mit Warmwasserflaschen, umgibt. Auch ein Glühlichtbogen dient dem gleichen Zweck. Zum Abschluß kann man ein warmes Vollbad verabfolgen.

Die Behandlung wird, wenn gut vertragen, jeden zweiten Tag wiederholt. Gewöhnlich bilden zehn solcher Behandlungen eine Kur. Die Erfolge der Elektropyrexie können durch die Kombination mit einer spezifisch medizinischen Behandlung verbessert werden.

In Frankreich hält man die Anwendung so hoher Temperaturen, wie sie in Amerika empfohlen werden, nicht für notwendig und begnügt sich mit einer Erwärmung bis auf  $39,0$ — $39,5^{\circ}$  C.

Kontraindiziert ist die Elektropyrexie bei Hypotension und Emboliegefahr, bei Tuberkulosen, die zu Herdreaktionen neigen und dekompensierten Herzkranken.

Will man eine Enzephalitis, Tabes, multiple Sklerose, Poliomyelitis u. dgl. im großen Kondensatorfeld behandeln, so ist es weder notwendig noch empfehlenswert, die Körpertemperatur bis auf eine Höhe von 39—40° C zu treiben. Bei diesen Erkrankungen wird man mit wesentlich niedrigeren Temperaturen sein Auslangen finden. Auch die anschließende Packung wird man auf 1—1½ Stunden abkürzen.



Abb. 118. Behandlung des Gehirns.

Die Durchwärmung des Gehirns wird in der Weise ausgeführt, daß man den Kopf zwischen zwei runde Kondensatorplatten von 12—15 cm Durchmesser bringt, die von den Schläfen einen Abstand von mindestens 5 cm haben (Abb. 118). Es dürfen nur Felder, die ein kaum wahrnehmbares Wärmegefühl erzeugen, verwendet werden. Die Behandlung soll wegen der Möglichkeit eines

auftretenden Schwindelgefühles im Liegen vorgenommen werden und anfangs nicht länger als 10 Minuten dauern.

Zur Behandlung des Rückenmarks verwende ich eine lange, streifen-



Abb. 119. Elektrode zur Behandlung des Rückenmarkes und der Wirbelsäule (Siemens-Reiniger Werke).

förmige Weichgummiel Elektrode (Abb. 119) mit einer Zwischenschicht aus Filz, auf die sich der Kranke legt. Als Gegenpol werden auf die Brust und den Bauch ein oder zwei große Plattenelektroden aufgesetzt.

## Die Erkrankungen der Gelenke, Knochen und Muskeln.

**Anzeigen.** Bei der Behandlung von Gelenkerkrankungen spielt die Thermo-therapie eine sehr große Rolle. Bei den akut-entzündlichen Formen, wie der akuten rheumatischen, gonorrhöischen oder infektiösen Arthritis anderer Genese, wird man allerdings nur eine geringe Wärme zur Anwendung bringen können, da starke Wärmeeinwirkungen in der Regel schlecht oder gar nicht vertragen werden.

Meist sind es die subakuten und chronischen Formen der Arthritis, die dem Physiotherapeuten zugewiesen werden. Je größer der Reizzustand des Gelenkes, seine Rötung, Schwellung und Schmerzhaftigkeit ist, um so vorsichtiger muß man auch mit der Dosierung der Wärme sein. In dem Maß, als die Entzündungserscheinungen abklingen,



kann man energischer vorgehen. Bei alten chronischen indolenten Prozessen wird man nur mit ganz intensiven, lang dauernden Wärme- einwirkungen einen Erfolg erzielen können. Man erkennt daraus, daß gerade bei den Gelenkerkrankungen eine weitgehende Individualisierung notwendig ist. Die richtige Dosis zu treffen, erfordert einige Erfahrung.

Die Wirkung der Kurzwellen auf Arthritis läßt sich im allgemeinen überhaupt nicht charakterisieren, denn sie hängt in entscheidender Weise von der Art der Arthritis, bzw. von der Art des Grundleidens ab. Die Arthritis ist ja in den meisten Fällen keine selbständige Erkrankung, sondern nur ein Symptom eines anderen Leidens, wie das einer Gonorrhöe, Tuberkulose, Lues, Gicht, Sepsis, fokalen Infektion usw. Dementsprechend wollen wir einige der wichtigsten Formen der Arthritis besprechen.

Die Arthritis gonorrhoeica ist eines der beliebtesten Testobjekte für die Erprobung neuer physikalischer Heilmethoden. Sie ist für diesen Zweck sehr geeignet, weil sie in Form der typischen akuten Monarthritiden auf zahlreiche, darunter die meisten thermischen Methoden, gut anspricht. Das ist aber nicht so sehr ein Charakteristikum der Therapie als ein solches der Erkrankung. Kennt man den Verlauf der gonorrhoeischen Arthritis, so wird man nicht sehr erstaunt sein, in der Literatur zu lesen, daß anscheinend völlig versteifte Gelenke unter der Kurzwellenbehandlung wieder beweglich geworden sind oder daß „sogar“ die im Röntgenbild ersichtliche Knochenatrophie sich wieder zurückgebildet hat. Das pflegt auch dann so zu sein, wenn man eine Diathermie-, eine Heißluft- oder eine andere zweckmäßige Behandlung anwendet.

Anders steht es mit der Polyarthritiden gonorrhoeica, besonders den chronischen Formen dieser Erkrankung. Hier hätte eine neue Therapie eher die Möglichkeit, zu zeigen, was sie leistet. Ich verwende seit Jahren zur Behandlung der chronischen gonorrhoeischen Polyarthritiden die allgemeine Hyperthermie mittels Diathermie mit anschließender Packung und bin mit den Erfolgen dieser Methode recht zufrieden. Ein gleiches ist wohl auch von der mit Kurzwellen erzeugten Hyperthermie zu erwarten.

Ähnlich der gonorrhoeischen verhalten sich auch andere Arten der infektiösen Arthritis, wie sie nach Angina, Grippe, Dysenterie, Scharlach u. dgl. auftreten.

Eine Infektarthritiden, deren Erreger wir bisher nicht kennen, ist die Polyarthritiden chronica progressiva, der sogenannte primär-chronische Gelenksrheumatismus. Bei dieser außerordentlich schleichenden Erkrankung kommt es immer wieder zu akuten Nachschüben, die den Kranken zum Arzt führen. Mit Rücksicht auf die Vielheit der erkrankten Gelenke kann man einen merklichen Einfluß auf das Leiden nur von einer allgemeinen Hyperthermie erhoffen. Es kann kein Zweifel sein, daß man damit den Zustand in günstiger Weise beeinflussen und die Verschlimmerung rascher zum Abklingen bringen kann. Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, daß man die Stärke und die Dauer der

Hyperthermie dem jeweiligen Krankheitszustand genauestens anpaßt, da unter Umständen zu intensive Wärmeanwendungen schaden können. Ein guter Maßstab für die Höhe der zulässigen Wärmedosis ist die Temperaturkurve.

Eine der häufigsten und daher praktisch wichtigsten Formen der Gelenkserkrankungen ist die Arthrosis deformans, die in der Regel in den beiden Knie- oder Hüftgelenken, sehr häufig auch in der Wirbelsäule ihren Sitz hat. Hier handelt es sich um einen chronisch-degenerativen Prozeß, der jahrelang latent bestehen kann und dann oft plötzlich unter der Einwirkung irgendeiner Schädigung, wie eines geringfügigen Traumas oder einer akuten Infektion, z. B. einer Angina, klinisch in Erscheinung tritt. Der Arthrosis hat sich dann eine Arthritis überlagert. Diese Reizzustände, die im Verlaufe der Erkrankung immer wieder auftreten, reagieren im allgemeinen recht gut auf Wärme. Auch die Kurzwellen wirken hier oft günstig, wenn man auch nicht behaupten kann, daß sie den älteren Formen der Wärmebehandlung, wie der Diathermie, der Heißluft- oder Schlammbehandlung wesentlich überlegen sind. Die Entzündungserscheinungen verschwinden in sehr vielen Fällen vollkommen oder werden wenigstens weitgehend gebessert, ohne daß natürlich der Röntgenbefund sich irgendwie ändert. Zu einem Erfolg sind jedoch kräftige und langdauernde Wärmeanwendungen nötig. Man darf die Behandlung nicht aufgeben, wenn vielleicht nach zehn Sitzungen eine deutliche Besserung noch nicht erkennbar ist.

Bei der Arthritis tuberculosa müssen wir die entzündlichen Formen, die unter dem Bild einer mehr oder weniger chronischen Arthritis verlaufen und als tuberkulöser Rheumatismus (Poncet) bezeichnet werden, von dem monartikulären Fungus unterscheiden. Der Poncetsche Rheumatismus hat in seinem klinischen Verlauf eine große Ähnlichkeit mit der Polyarthriti chronica progressiva, und das, was wir von der Kurzwellenbehandlung dieser Erkrankung gesagt haben, kann auch ohneweiters auf die tuberkulöse Form übertragen werden.

Anders ist es mit dem Gelenksfungus. Die Wirkung der Kurzwellen auf diese Erkrankung ist vorläufig noch nicht geklärt. Sie dürfte sich den Kurzwellen gegenüber wohl ähnlich verhalten wie gegenüber der Diathermie, von der wir in einzelnen Fällen einen recht guten, wenn auch nicht durchgreifenden, in anderen Fällen wieder gar keinen Erfolg gesehen haben. Die Ausheilung tuberkulöser Gelenks- und Knochenfisteln konnte ich mit Kurzwellen auch bei länger dauernder Anwendung ebensowenig wie Haas und Lob erreichen.

Daß bei der Arthritis traumatica die Thermo-therapie die Schmerzen wesentlich verringert, vorhandene Blutergüsse rascher zur Aufsaugung bringt und damit die Wiederherstellung der Gelenkfunktion fördert, kann keinem Zweifel unterliegen. Das hat die Erfahrung auch für die Kurzwellentherapie bestätigt. Zweckmäßigerweise wird man die Durchwärmung anfangs durch die Ruhigstellung des Gelenkes und einen Kompressionsverband, später durch Massage und Gymnastik unter-

stützen. Daß die Ausführung der Mechanotherapie unter der Einwirkung der Kurzwellen früher und schmerzloser möglich ist, kann als ein weiterer Vorteil der Methode gebucht werden.

Wenn wir die Bedeutung der Kurzwellentherapie für die verschiedenen Formen der Arthritis überblicken, so können wir im allgemeinen keine wesentliche Überlegenheit dieser neuen Methode über die älteren Verfahren, insbesondere die Diathermie, feststellen. Sie ist jedoch eine durchaus zweckmäßige Therapie, die in vielen Fällen von Arthritis mit Vorteil zur Anwendung kommt. Ähnliches gilt auch für die Behandlung der Knochenerkrankungen, vor allem der Osteomyelitis.

Die Behandlung einer akuten Osteomyelitis mit Kurzwellen möchte ich ablehnen, sie gehört in die Hand des Chirurgen. Anders ist es mit der chronischen Osteomyelitis. Hier wirkt die Kurzwellentherapie oft recht beruhigend auf die Schmerzen, eine wesentliche Beeinflussung des Krankheitsverlaufes oder gar eine Ausheilung habe ich jedoch bisher nicht beobachten können. Vergleiche ich meine eigenen mehr als 20jährigen Erfahrungen mit Diathermie bei Osteomyelitis sowie die Erfahrungen von Stein, Hirsh, Carey, Brooke u. a., so kann ich vorderhand nicht sagen, daß die Kurzwellen hier mehr leisten als die Langwellen. Das hat mich insofern enttäuscht, als ich bei der physikalisch erwiesenen Tatsache, daß die kurzen Wellen die kompakte Knochensubstanz leichter durchsetzen als die langen, eine entschiedene Überlegenheit der Kurzwellentherapie erwartet hätte.

Eine auffallende Beobachtung möchte ich an dieser Stelle mitteilen, ohne daraus irgendwelche Schlüsse zu ziehen. Ein 40 Jahre alter Arzt litt seit seinem achten Lebensjahre an einer Osteomyelitis des rechten Humerus, die wiederholt operiert worden war. Wegen dieser Erkrankung wurde der rechte Oberarm quer im Feld einer 15 m-Welle täglich je 10 Minuten lang mit einer Feldstärke, die ein gerade noch wahrnehmbares Wärmegefühl auslöste, behandelt. Nach zehn

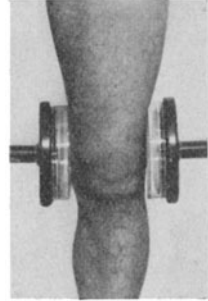


Abb. 120. Behandlung eines Kniegelenkes im Kondensatorfeld.

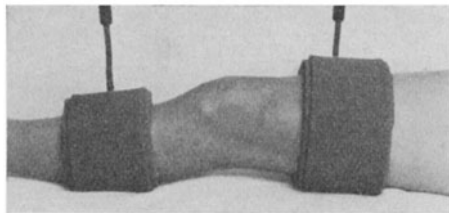


Abb. 121. Behandlung eines Kniegelenkes im Ringfeld.

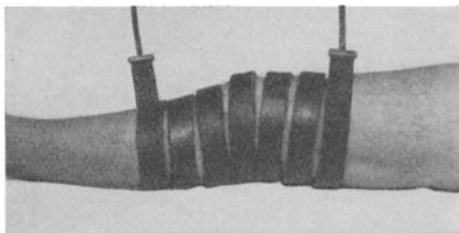


Abb. 122. Behandlung eines Kniegelenkes im Spulenfeld.

Behandlungen waren die Schmerzen im Humerusschaft, derentwegen der Patient zu mir gekommen war, geschwunden. Dagegen klagte er jetzt über Schmerzen in der rechten Schulter, die früher niemals vorhanden gewesen waren. Der Kranke wünschte darum auch eine Behandlung dieser Stelle.

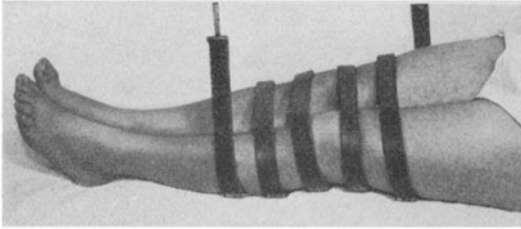


Abb. 123. Behandlung zweier Kniegelenke im Spulenfeld.

Die Schulterschmerzen gingen nach wenigen Behandlungen zurück, aber es traten nunmehr Schmerzen in dem bisher gesunden Arm von außerordentlicher Heftigkeit auf. Patient bleibt deshalb nach insgesamt 14 Sitzungen aus. Eine Erkundigung nach wenigen Tagen ergibt, daß er an einer allgemeinen Sepsis mit Mitbeteiligung der Gelenke und doppelseitiger Lungenentzündung gestorben ist. Es war dies am 11. Tag, nachdem die Schmerzen in der Schulter der kranken Seite aufgetreten waren.

Auch Myalgien, deren häufigste Form die Lumbago ist, sind ein sehr dankbares Objekt für die Kurzwellentherapie. Das wird uns nicht

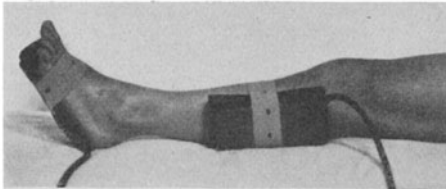


Abb. 124. Behandlung eines Sprunggelenkes.

überraschen, da wir ja wissen, daß die Myalgien im allgemeinen, wie die Lumbago im besonderen, wenigstens in ihren akuten Formen, auf die Diathermie und manches andere Verfahren sehr gut ansprechen. In vielen Fällen ist der Erfolg schon unmittelbar nach der ersten Behandlung in einer Erleichterung der Schmerzen

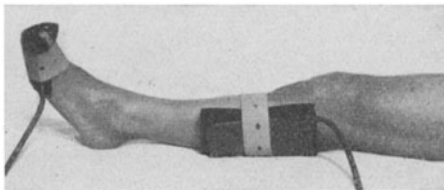


Abb. 125. Behandlung der Zehengelenke.

erkennbar, und nicht selten genügen wenige Sitzungen, um die Myalgie ganz zu beseitigen. Viel hartnäckiger sind natürlich chronische Myalgien, besonders wenn sie auf einer tuberkulösen oder gonorrhöischen Infektion beruhen. Es ist wichtig zu wissen, daß man bei den typischen Myalgien im Gegensatz zu den Neuralgien schon von Anfang an mit größeren Feldstärken vorgehen kann, ohne eine Reaktion befürchten zu müssen und daß zur Erzielung eines

Erfolges vielfach maximale Durchwärmungen notwendig sind.

Daß Entzündungen der Sehnen und Sehnenscheiden sowie solche der Schleimbeutel in das Anwendungsgebiet der Kurzwellentherapie fallen, ist begreiflich, weil sie bekanntlich auch durch

Diathermie und Wärmeanwendungen anderer Art gut beeinflussbar sind. Doch sei hier darauf hingewiesen, daß die Anwendung um so vorsichtiger gemacht werden muß, je akuter die Erkrankung ist.

**Behandlungstechnik.** Die meisten Extremitätengelenke lassen sich sowohl in der Längsrichtung der Extremität wie quer zu dieser erwärmen. Nehmen wir als Beispiel ein Kniegelenk. Bei der Querdurchwärmung

werden medial und lateral von dem Gelenk zwei starre oder biegsame Elektroden angesetzt (Abb. 120). Die Elektroden sollen nicht zu klein sein, da sonst die Streuung zu groß und damit die Tiefenwirkung zu gering wird. Um eine hinreichende Erwärmung in der Tiefe zu erzielen, muß ein Mindestabstand der Elektrode von 2 cm gewahrt werden.

Die Längsdurchwärmung des Kniegelenkes kann im Ringfeld oder im Spulenfeld ausgeführt werden. Zur Behandlung im Ringfeld wird handbreit über und unterhalb des Gelenkes je eine bandförmige Elektrode rings um die Extremität gelegt, wobei auch hier die isolierende Filz- oder Gummischwammunterlage wenigstens 2 cm dick sein muß (Abb. 121). Bei der Spulenfeldbehandlung wickelt man eine 3—4 m lange Binde in losen Spiralen um das Gelenk (Abb. 122). Auch beide Knie können gleichzeitig sowohl im Ring-

wie im Spulenfeld behandelt werden, indem man sie gemeinsam mit denselben Elektroden umschließt (Abb. 123).

In gleicher Weise wie das Kniegelenk kann auch das Ellenbogengelenk durchwärmt werden.

Die Durchwärmung des Sprunggelenkes kann in der Weise erfolgen, daß man eine Plattenelektrode an die Fußsohle, eine zweite an die Wade legt (Abb. 124). An Stelle dieser kann auch zweckmäßig eine Ringelektrode treten. Wie bei der Diathermie konzentrieren sich die Feldlinien im engsten Teil der Bahn, das ist das Sprunggelenk und der distale Teil des Unterschenkels.

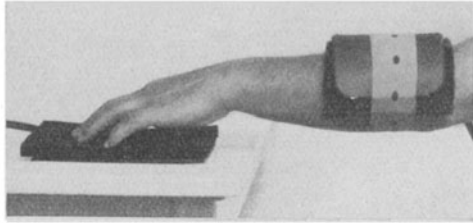


Abb. 126. Behandlung des Hand- und der Fingergelenke.

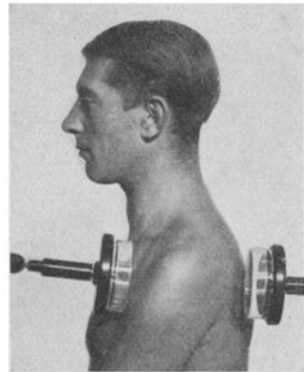


Abb. 127. Behandlung eines Schultergelenkes.

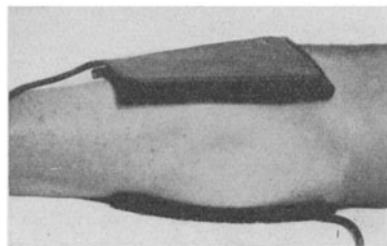


Abb. 128. Behandlung eines Hüftgelenkes.

Will man auch die Zehengelenke in die Behandlung einbeziehen, so wird man eine kleinere Platte an die Zehen legen (Abb. 125).

Was hier über das Sprunggelenk und die Zehengelenke gesagt wurde, gilt in analoger Weise für die Behandlung des Handgelenkes und der Fingergelenke. Zur Durchwärmung dieser genügt das Aufsetzen der Fingerspitzen auf eine starre oder weiche Elektrode, während die zweite Elektrode am Unterarm liegt (Abb. 126).

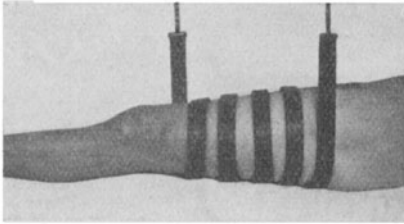


Abb. 129. Behandlung einer Osteomyelitis des Femur.

Das Schulter- und das Hüftgelenk werden am besten im Kondensatorfeld in sagittaler Richtung durchwärmt, wobei man eine Elektrode an der Vorder-, eine zweite Elektrode an der Rückseite des Gelenkes in einem Abstand von 3 bis 5 cm anbringt (Abb. 127 und 128).

Zur Feldbehandlung der Wirbelsäule dient eine bandförmige Elektrode (Abb. 119), auf welche sich der Kranke legt, während eine der Fläche nach etwas größere Elektrode über Brust und Bauch aufgesetzt wird.

Für die Osteomyelitis der langen Röhrenknochen ist die Behandlung im Spulenfeld die Methode der Wahl (Abb. 129).

Die Behandlung der Myalgien ist entsprechend ihrem Sitz verschieden. Bei einer Lumbago wird man eine kleine starre oder schmiegsame Elektrode über der schmerzhaften Stelle, eine zweite, etwas größere, ihr gegenüber am Abdomen anbringen.

## Die Erkrankungen des Herzens.

**Anzeigen.** Die Frage, ob eine akute Endokarditis Gegenstand einer Kurzwellenbehandlung sein soll, möchte ich vorderhand offen lassen.

Schliephake berichtet über einen Fall einer schweren akuten Endokarditis nach einer Angina, bei dem nach fünf Durchwärmungen des Herzens und der Milz ein Abfall des Fiebers eintrat und der nach fortgesetzter Behandlung in fünf Wochen als geheilt entlassen werden konnte. Ich selbst habe in einem Fall von chronischer Endokarditis, die von septischem Fieber begleitet war, nach zehn Behandlungen keine Besserung feststellen können.

Wieweit die Störungen bei ausgebildeten Klappenfehlern durch die Kurzwellen beeinflußt werden können, steht noch nicht genügend fest. Vermutlich dürfte die bessere Durchblutung des Herzmuskels geeignet sein, auch seine Leistungsfähigkeit zu steigern.

Dagegen ist der therapeutische Wert der Kurzwellen bei der Angina pectoris allgemein anerkannt. Es scheinen hier ähnliche Verhältnisse wie bei der Diathermie vorzuliegen. Bisweilen sieht man schon nach ein bis zwei Behandlungen eine deutliche Besserung der Beschwerden.

Viele Kranke empfinden bereits während der Durchwärmung ein Gefühl der Erleichterung und Befreiung von dem nicht selten andauernden Druckgefühl. Sie fühlen sich nach der Behandlung augenblicklich wohler. Im weiteren Verlauf läßt dann auch die Zahl und die Stärke der Anfälle nach, bisweilen verschwinden sie vollkommen (Meyer, Réchou, Wangermez, Halphen u. a.). In anderen Fällen dagegen ist die Behandlung ohne jeden Einfluß auf das Leiden. Ist nach längstens zehn Sitzungen ein Erfolg nicht erkennbar, so dürfte es wohl zwecklos sein, die Behandlung weiter fortzusetzen.

Auch bei den Herzneurosen kann man die Kurzwellen öfters mit Erfolg anwenden, sei es, daß es sich um rein funktionelle Beschwerden handelt, sei es, daß die Neurose ein organisches Leiden überlagert, wie das so häufig vorkommt. Die neurotisch bedingten Beschwerden, wie Herzdruck, Herzklopfen und andere unangenehme Sensationen werden durch die Durchwärmung in sehr vielen Fällen gebessert oder beseitigt.

**Behandlungstechnik.** Die Behandlung des Herzens geschieht am besten im Kondensatorfeld. Zwei gleich große, runde Elektrodenplatten, mit einem Durchmesser von 15 cm, werden einander planparallel so gegenübergestellt, daß sie das Herz in sagittaler Richtung zwischen sich fassen (Abb. 130). An Stelle von starren Elektroden kann man auch entsprechend große schmiegsame Elektroden verwenden.

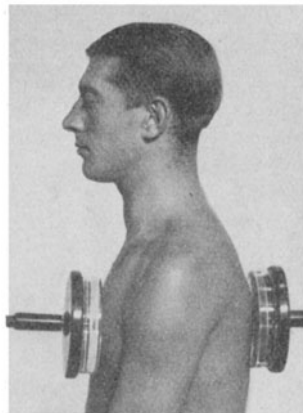


Abb. 130. Behandlung des Herzens.

Es muß eindringlich betont werden, daß bei allen Erkrankungen des Herzens, welcher Art sie auch seien, nur ganz schwache Felder verwendet werden dürfen, da eine einzige zu starke Durchwärmung schon schaden kann. Vorsichtshalber wird man sich anfangs auch mit Sitzungen von nur zehn Minuten Dauer begnügen, die dann später, wenn der Kranke die Behandlung angenehm empfindet, verlängert werden können.

## Die Erkrankungen der Blutgefäße.

**Anzeigen.** Unter den Erkrankungen der Gefäße ist für den physikalischen Therapeuten die Thrombarteriitis oder Endarteriitis obliterans weitaus die wichtigste. Da die physikalische Behandlung im wesentlichen eine symptomatische ist, so spielt die Ursache der Erkrankung ob Arteriosklerose, Lues, Diabetes, Nikotinmißbrauch usw. eine untergeordnete Rolle.

Die Beschwerden bei der Endarteriitis kommen vornehmlich dadurch zustande, daß die Blutversorgung, besonders bei Arbeitsleistung, eine ungenügende ist. Unser therapeutisches Bestreben muß also dahin gehen, die Durchblutung durch Erweiterung der Gefäße zu verbessern.

Hier bieten uns die Wärme im allgemeinen, wie die Kurzwellentherapie im besonderen ein ausgezeichnetes Mittel. Sowohl die experimentellen Untersuchungen wie die klinischen Erfahrungen sprechen dafür, daß die Kurzwellen in hohem Maße geeignet sind, den Tonus des Sympathikus herabzusetzen und so gefäßerweiternd zu wirken. Die durch die Kurzwellen bedingte Gefäßerweiterung scheint nachhaltiger zu sein als die durch andere thermische Methoden ausgelöste.

Bei dem außerordentlich chronischen, sich über viele Jahre erstreckenden Verlauf der Endarteriitis, die mit den leichtesten Gefäßveränderungen beginnend bis zum Gewebstod führt, ist es begreiflich, daß die Erfolge der Kurzwellenbehandlung verschieden sein werden je nach dem Stadium der Erkrankung, das will sagen, dem anatomischen und energetischen Zustand der Arterien, in welchem wir den Kranken zur Behandlung übernehmen. Dadurch ist es zu verstehen, daß die Kurzwellenbehandlung in dem einen Falle einen überraschend guten und andauernden Erfolg, in dem anderen nur eine vorübergehende Besserung, in einem dritten Fall schließlich gar keinen Erfolg erzielt. Dabei ist der Umstand von entscheidender Bedeutung, daß bei vielen Formen der Arteriitis neben anatomischen Veränderungen der Gefäßwand eine funktionelle Komponente, das ist die Hypertonie der Gefäßmuskulatur, eine wichtige Rolle spielt. Diese ist entweder andauernd vorhanden oder es kommt wie bei der Claudicatio intermittens zu anfallsweisen Spasmen der Arteriolen. Es ist verständlich, daß wir wohl auf den Gefäßkrampf, nicht aber auf die morphologischen Veränderungen der Gefäßwand therapeutisch einzuwirken vermögen. Es wird daher der therapeutische Erfolg wesentlich von dem Verhältnis zwischen funktioneller und anatomischer Komponente beeinflußt werden. Dieses Verhältnis richtig einzuschätzen ist durch eine einmalige klinische Untersuchung oft nicht möglich. In vielen Fällen wird uns erst der Erfolg der Behandlung darüber Aufklärung geben.

Ich habe eine große Zahl von endarteriitischen Erkrankungen behandelt und bin mit dem Erfolg der Kurzwellentherapie im allgemeinen recht zufrieden. Selbst in einigen alten jahrelang bestehenden Fällen, die sich jeder anderen Therapie gegenüber refraktär verhielten, konnte ich mich mit einer Kurzwellenbehandlung durchsetzen, so daß ich den Eindruck gewonnen habe, daß diese in manchen, wenn auch nicht in allen Fällen, der Diathermie überlegen ist.

Den Hauptzweck der Kurzwellenbehandlung muß man in der Vorbeugung der Gangrän suchen. Ist diese einmal ausgebildet, so kann die Behandlung nur mehr den Abstoßungsprozeß beschleunigen.

Auch bei Erkrankungen der Venen, vor allem der Thrombophlebitis, werden die Kurzwellen besonders von französischen Autoren empfohlen. Schon aus rein äußeren Gründen werden nicht die ganz akuten, sondern vielmehr die in Rückbildung begriffenen und die mehr chronischen Formen für die Kurzwellenbehandlung in Frage kommen. Die die Zirkulation anregende und die Resorption fördernde Wirkung der Kurzwellen leistet uns hier oft recht gute Dienste. In weiterer Folge können auch chronisch-variköse Zustände und das so



häufig dabei auftretende *Ulcus varicosum* mit Kurzwellen erfolgreich behandelt werden (Auclair, Delherm). Hier ist die Kurzwellenbehandlung der Diathermie dadurch überlegen, daß sie es ermöglicht, auf die Geschwüre und die oft stark veränderte Haut einzuwirken, ohne daß diese von der Elektrode berührt werden.

Schliephake betont — und das ist auch meine Ansicht —, daß die Erfolge bei der chronischen Thrombophlebitis und dem varikösen Symptomenkomplex keine einheitlichen sind. Dauerresultate sind nur in einer beschränkten Anzahl von Fällen zu erzielen. Nach Schliephake kann ein Erfolg nur erwartet werden, wenn man mit maximalen, eben noch erträglichen Feldenergien arbeitet und nicht nur das Geschwür, sondern auch dessen Umgebung unter die Einwirkung der Kurzwellen setzt.

Ein weiteres dankbares Gebiet der Kurzwellenbehandlung sind die Vasoneurosen. Die hypertonischen Formen, wie die Gefäßspasmen, treten am häufigsten an den Fingern und Händen auf. Sie sind nicht selten von Parästhesien und Schmerzen, bisweilen auch von trophischen Störungen begleitet. Die Gefäßverengung besteht dabei entweder mehr andauernd oder tritt in Form von charakteristischen Anfällen auf, die durch ein plötzliches Erblässen der Haut eingeleitet werden.

Bei Spasmen jeder Art ist bekanntlich die Wärme infolge ihrer krampf lösenden Eigenschaft weitaus das beste physikalische Heilmittel. Die durchdringende Wirkung des elektrischen Feldes macht es verständlich, daß die Kurzwellen auch an den tiefer liegenden Gefäßen unmittelbar angreifen und so den äußeren Wärmeanwendungen überlegen sind.

Auf angiospastischer Basis, wahrscheinlich zentralen Ursprungs, beruht wohl auch die Raynaudsche Erkrankung, bei der es oft ganz plötzlich zu einer meist beiderseits lokalisierten Gangrän der Finger oder Zehen kommt. Auch hier muß es die Aufgabe der Behandlung sein, dem Auftreten der Gangrän möglichst vorzubeugen, oder diese, soweit es geht, einzuschränken.

Im Gegensatz zu den hypertonischen stehen die hypotonischen Vasoneurosen, die Gefäßparesen (Akrozyanosen), die durch Kühle der Haut, Zyanose und Parästhesien verschiedener Art gekennzeichnet sind. Auch sie sind häufig zentral bedingt, nicht selten auf endokriner Grundlage.

Hier wollen wir auch die Gefäßparesen anschließen, die nach Gehirnblutungen und -erweichungen, Poliomyelitis und anderen Erkrankungen des zentralen Nervensystems beobachtet werden. Wenn sie auch nicht funktioneller Natur sind, so ist die Technik ihrer Behandlung doch die gleiche wie die der neurotischen Paresen. Das gleiche gilt von den Schädigungen durch Erfrierung. Nicht selten sehen wir solche Erfrierungen auf der Basis einer bereits bestehenden funktionellen oder organischen Gefäßparese auftreten. Bei allen diesen Erkrankungen ist das Ziel der Therapie das gleiche, nämlich eine Verbesserung der Durchblutung. Hier leistet uns die Kurzwellentherapie ausgezeichnete Dienste.

An die Erkrankungen der Gefäße möchte ich noch die essentielle Hypertension anreihen, die nach der Erfahrung französischer Ärzte durch eine allgemeine Kurzwellenbehandlung sehr wirksam beeinflusst wird. Auclair beobachtete ein Sinken des Blutdruckes um 30—50 mm Quecksilber. Gleichzeitig damit gingen auch die allgemeinen Beschwerden, wie Kopfschmerzen, Schwindel u. dgl., zurück.

**Behandlungstechnik.** Um die Kurzwellen therapeutisch richtig anzuwenden, muß folgendes berücksichtigt werden. Alle Gefäßkranken, sei ihr Leiden organischer oder funktioneller Art, sind nicht nur gegen Kälte-, sondern auch gegen Wärmereize in hohem Grad empfindlich. Ihre Gefäße haben die rasche Anpassungsfähigkeit an äußere Temperatureinwirkungen verloren. Ihre Reaktion ist verlangsamt und träge. Wirkt daher Wärme höheren Grades unvermittelt auf sie ein, so sind sie nicht imstande, sich genügend rasch zu erweitern, der Mechanismus ihrer Regulierung versagt bisweilen gänzlich, und dann kommt es nicht selten zu einer paradoxen Reaktion, statt zu einer Gefäßerweiterung zu einem Gefäßkrampf. Nur wenn die Wärme ganz allmählich und langsam steigend einwirkt, werden die geschädigten Gefäße die Möglichkeit haben, sich der Temperaturänderung anzupassen. Sie werden sich dann, soweit es ihnen möglich ist, erweitern und so zur Besserung der Zirkulation beitragen.

Diese jedem Hydrotherapeuten geläufigen Verhältnisse sind anscheinend noch vielen Ärzten unbekannt, sonst würde nicht von mancher Seite die Behauptung aufgestellt werden, daß die Wärme im allgemeinen wie die Diathermie im besonderen bei der Enderteriitis kontraindiziert seien. In dieser allgemeinen Form ist die Behauptung vollkommen falsch. Die Wärme ist bei allen Gefäßerkrankungen ein ausgezeichnetes Mittel, nur muß sie richtig angewendet werden. Der Umstand, daß viele Gefäßkranke durch eine unzweckmäßige Wärmeanwendung geschädigt werden, vermag an dieser Tatsache nichts zu ändern. Er beweist nur, daß man nicht allein chemische, sondern auch physikalische Heilmittel richtig dosieren muß.

Will man von der Kurzwellentherapie nicht die schwersten Enttäuschungen erleben, so muß das Gesagte eindringlich beherzigt werden. Man wird daher mit kleinsten Dosen beginnen und, wenn diese gut vertragen werden, zu höheren, keineswegs aber hohen Dosen fortschreiten. Tritt während der Behandlung oder unmittelbar nach dieser ein Schmerzgefühl auf, so ist das ein sicheres Zeichen dafür, daß die angewendete Feldstärke zu groß war. Demjenigen, der auf dem Gebiet der Diathermie Erfahrung besitzt, ist dieses Schmerzgefühl zur Genüge bekannt. Es ist unter allen Umständen zu vermeiden.

Noch ein zweiter allgemeiner Grundsatz muß bei der Behandlung von Gefäßerkrankungen beachtet werden. Die klinischen Erscheinungen treten meist zuerst an den Extremitätenenden, den Füßen und Händen, in Erscheinung. Es ist klar, daß die Gefäßerkrankung nicht auf diese Teile beschränkt ist. Eine genaue Untersuchung zeigt, daß z. B. bei einer drohenden Gangrän an den Zehen häufig schon der Puls in der Arteria femoralis verändert ist. Es ist daher in den meisten Fällen

ungenügend, bloß die distalen Teile, Füße oder Hände, zu behandeln. Der Erfolg ist ein wesentlich besserer, wenn man größere Abschnitte der Extremität, wenn möglich die ganze Extremität in die Behandlung einbezieht. Erweitern sich die größeren Gefäße, so wird naturgemäß auch die Zirkulation an den Extremitätenenden gebessert. In vorgeschrittenen Fällen von Endarteriitis an den Beinen ist bisweilen die Empfindlichkeit an den Zehen so groß, daß es zweckmäßiger ist, diese überhaupt außerhalb des Feldbereiches zu lassen.

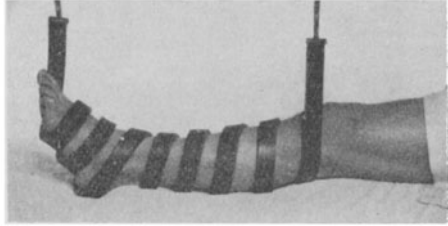


Abb. 131. Behandlung eines Unterschenkels im Spulenfeld.

Für die Behandlung der Gefäßerkrankungen der Arme und Beine eignet sich in besonderer Weise das Spulenfeld. Für den Arm verwendet man am besten

eine 3 m, für das Bein eine 4 m lange Binde, die man entweder der ganzen Länge nach oder wenigstens bis zum Knie-, bzw. Ellenbogengelenk um die Extremität legt (Abb. 131).

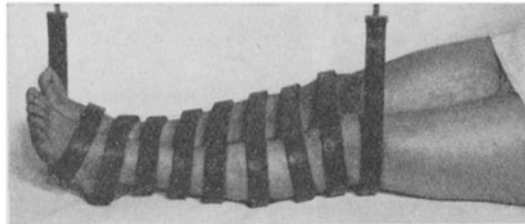


Abb. 132. Behandlung beider Unterschenkel im Spulenfeld.

Handelt es sich um eine doppelseitige Erkrankung der Beine, so kann

man diese auch gleichzeitig behandeln, indem man sie aneinander-schließen läßt und mit einer Binde gemeinsam umwickelt (Abb. 132).

Die Behandlung im Kondensatorfeld kann man mit starren wie mit

biegsamen Elektroden ausführen. Eine Elektrode wird der Fußsohle gegenüber angebracht. Will man, daß auch die Zehen durchwärmt werden, dann muß diese Platte die Zehenspitzen etwas überragen. Eine zweite Elektrode wird über der Streckseite

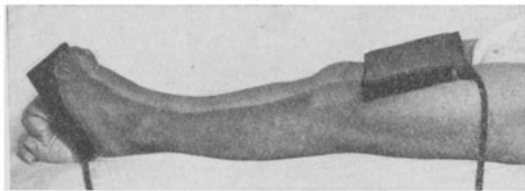


Abb. 133. Behandlung beider Unterschenkel im Kondensatorfeld.

des Oberschenkels angebracht. Auf diese Weise können natürlich auch beide Beine gleichzeitig behandelt werden (Abb. 133).

Sollen die Arme durchwärmt werden, so legt man die eine Elektrode an der Handfläche, die zweite an der Schulter oder Streckseite des Oberarmes an. Die Längsdurchströmung erscheint mir bei Gefäß-

erkrankungen an den Extremitäten rationeller als die Querdurchströmung, einerseits weil man dadurch größere Extremitätenabschnitte beeinflussen kann, zweitens weil die Energieausnutzung des Feldes eine bessere ist.

Bei dem Verdacht eines zentralen Ursprungs der Gefäßstörungen kann es unter Umständen zweckmäßig sein, an Stelle der peripheren Gefäße das Zwischenhirn zu behandeln, wie das auch schon für die Diathermie empfohlen wurde.

Für die Behandlung einer essentiellen Hypertension kommt nur eine allgemeine Hyperthermie in Betracht, wobei mäßig starke Felder in der Dauer von 20—30 Minuten zu empfehlen sind. Die Körpertemperatur soll dabei nicht über 38° C erhöht werden. Auclair und andere französische Autoren ziehen nicht nur bei der Hypertension, sondern auch bei der Endarteriitis die allgemeine der örtlichen Kondensatorfeldbehandlung vor mit der Begründung, daß die Erweiterung der Arterien dabei eine nachhaltigere sei.

### Die Erkrankungen der oberen Luftwege.

**Anzeigen.** Die Wirkung der Kurzwellen auf die akute Rhinitis wird von Schliephake in besonderer Weise gerühmt. Schon nach einer einzigen Behandlung sollen die Beschwerden völlig verschwinden, nur in ganz einzelnen Fällen trat dieser Erfolg nicht ein. Es ist bekannt, daß Diathermie, Bestrahlung mit Wärmelampen und andere lokale thermische Anwendungen, noch besser eine allgemeine Schwitzprozedur in Form eines Glühlicht-, Heißluft- oder Dampfbades einen Schnupfen fast stets günstig beeinflussen, in leichten Fällen auch kupieren. Ein sicheres Mittel, einen ausgebildeten Schnupfen in ein oder zwei Sitzungen zu beseitigen, dürften die Kurzwellen wohl ebensowenig sein wie alle die zahlreichen Mittel, von denen man das bisher behauptet hat.

Daß die Kurzwellen bei akuter Laryngitis die Beschwerden bessern und die Heilung beschleunigen, ist nicht zu bezweifeln. Auch in einigen chronischen Fällen habe ich sie mit Erfolg verwendet.

Für die Kurzwellentherapie der infektiösen akuten Angina tritt besonders Groag ein. Schliephake, Liebesny, Weissenberg u. a. schließen sich dieser Empfehlung an. Auch in schweren Fällen von phlegmonöser Angina trat in der Regel rasch eine Besserung ein, erkenntlich an dem Nachlassen des Fiebers und dem Rückgang der subjektiven Beschwerden. Groag meint, daß durch eine rechtzeitige Kurzwellenbehandlung solcher Fälle sich Folgezustände, wie Sepsis, Nephritis und andere metastatische Entzündungen vermeiden ließen. Seine Forderung, aus diesem Grund möglichst jede Angina sofort mit Kurzwellen zu behandeln, scheint mir jedoch zu weitgehend, denn die Erfahrung lehrt, daß weitaus die größte Zahl der Anginen mit einfacheren Mitteln zur Ausheilung zu bringen ist. In schweren Fällen ist jedoch sicherlich ein Versuch mit Kurzwellen angezeigt.

Auch bei chronischer Tonsillitis sind öfters Erfolge zu verzeichnen. Liebesny sah bei der Behandlung solcher Kranker poly-

arthritische Beschwerden zurückgehen. Schliephake empfiehlt die Kurzwellentherapie bei chronisch erkrankten Tonsillen, falls sie als fokaler Herd rheumatischer Beschwerden verdächtig sind. Nebenbei möchte ich bemerken, daß nach meinen eigenen Erfahrungen die Bedeutung der Tonsillen für die Entstehung der Arthritis sehr überschätzt wird.

Weiterhin kommen die Erkrankungen der Nebenhöhlen der Nase für die Kurzwellenbehandlung in Betracht. Da sich hier schon die ältere Thermotheapie in Form von Diathermie, Kopflichtbädern, Wärmebestrahlungslampen u. dgl. bewährt hat, so können wir mit um so größerer Berechtigung eine Wirkung von den Kurzwellen erwarten, die infolge ihres höheren Durchdringungsvermögens viel leichter den Krankheitsherd erreichen. Das bestätigt auch die Erfahrung. Die Erfolge sind bei den akuten Formen natürlich am besten, wo in der Regel bereits wenige Sitzungen genügen, um die Beschwerden zu bessern oder zu beseitigen. Bei chronischen Entzündungen sind die Aussichten nicht ganz so günstig. Doch fiel es mir auf, daß in einigen schon mehrmals operierten Fällen wenn auch keine Heilung, so doch eine deutliche Besserung der subjektiven Beschwerden und eine Verminderung der Sekretion erreicht werden konnte.

**Behandlungstechnik.** Zur Behandlung der Rhinitis verwendet man am besten eine kleine biegsame Elektrode, die man über den Nasenrücken legt, während eine zweite etwas größere Elektrode auf die Nackengegend aufgesetzt wird. Bei der Laryngitis bringt man eine starre oder weiche Elektrode an die Vorderseite des Kehlkopfes, eine zweite größere gegenüber auf den oberen Teil des Rückens (Abb. 134). Bei akuter und chronischer Tonsillitis werden beiderseits unterhalb des Kieferwinkels zwei kleinere Elektroden angesetzt (Abb. 135). Ich verwende meist starre runde Platten mit einem Durchmesser von 5—6 cm.

Die Kieferhöhlen werden in der Weise durchströmt, daß man seitlich auf beide Wangen je eine runde starre Elektrode gleicher Art, wie man sie zur Tonsillitisbehandlung benützt, anlegt. Soll nur eine Seite behandelt werden, so kann man den Abstand auf der gesunden Seite etwas



Abb. 134. Behandlung des Kehlkopfes.



Abb. 135. Behandlung der Tonsillen.

vergrößern. Bei der Behandlung der Stirnhöhle vermeide man möglichst, das Gehirn direkt in das Feld zu bringen. Das kann dadurch erreicht werden, daß man eine schmale längliche Elektrode über die Stirne legt, die zweite inaktive Elektrode aber unterhalb der Nacken-Haargrenze anbringt. Auch die unipolare Behandlung vermeidet eine stärkere Beeinflussung des Gehirns.

Schliephake gibt an, daß bei der Behandlung der Knochenhöhlen Wellen über 10 m so gut wie wirkungslos waren, daß dagegen bei Verwendung von Wellen in der Länge von 3—6 m in der Regel eine rasche Besserung einsetzte.

## Die Erkrankungen der Lunge und des Rippenfells.

**Anzeigen.** Von den Erkrankungen der Lunge ist es in erster Linie die chronische Bronchitis und das sie häufig begleitende Emphysem, die meiner Erfahrung nach recht günstig auf Kurzwellen reagieren. Die Kranken empfinden häufig schon während der Durchwärmung ein Gefühl der Erleichterung und sind daher unschwer für die Behandlung zu gewinnen. Infolge der besseren Durchblutung der Lungen wird die Atemnot gebessert, das Bronchialsekret verflüssigt, und dadurch die Expektoration erleichtert. Die Behandlung muß entsprechend dem chronischen Charakter der Erkrankung längere Zeit fortgesetzt werden. Auch bei Bronchiektasien haben Schliephake und ich selbst günstige Erfahrungen mit den Kurzwellen gemacht. Man beobachtet meist eine deutliche Abnahme der Sputummenge und damit des Hustenreizes.

Eine sehr dankbare Indikation für die Kurzwellenbehandlung kann unter Umständen das Asthma bronchiale sein. Wenn bei der neurotischen Basis dieser Erkrankung der Erfolg auch kein zuverlässiger ist, so sieht man doch in vielen Fällen eine recht weitgehende Besserung (Laqueur und Remi, Auclair, Kowarschik u. a.).

Die Tuberkulose der Lunge wird in manchen Fällen erfolgreich mit Kurzwellen behandelt, wie Schliephake auf Grund einer Reihe von Krankengeschichten, belegt mit Röntgenbefunden, nachweist. Aus diesen ist ersichtlich, daß im Verlauf der Kur sich zunächst das Allgemeinbefinden besserte, dann ließ auch das Fieber nach, während gleichzeitig die Veränderungen in der Lunge eine Rückbildung zeigten. Bei 8 von 10 Kranken konnte durch die Kurzwellentherapie ein Erfolg erreicht werden.

Bei dem chronischen und außerordentlich wechselvollen Verlauf der Lungentuberkulose, die immer wieder Verschlechterungen mit folgenden Besserungen zeigt, ist es natürlich nicht leicht, zu beurteilen, wie weit die Kurzwellen als solche das Leiden beeinflussen. Eine genaue Beobachtung einer größeren Zahl von Kranken wird notwendig sein, um hier ein endgültiges Urteil zu gewinnen.

Nicht für alle Fälle von Lungentuberkulose dürfte die Kurzwellentherapie in gleicher Weise indiziert sein. Am besten werden sich wohl die chronisch fibrösen, mit mäßigen Temperatursteigerungen einher-

gehenden Formen für die Behandlung eignen. Immerhin ist bei der Auswahl der Kranken Vorsicht geboten, da es nicht ausgeschlossen ist, daß unter Umständen örtlich begrenzte Infektionsherde durch eine zu intensive Durchwärmung aktiviert werden könnten, wodurch die Gefahr einer Ausbreitung des Prozesses gegeben ist.

Die akute kruppöse Pneumonie ist meines Wissens bisher noch nicht Gegenstand einer Kurzwellenbehandlung gewesen, obwohl die Erfolge der Diathermie bei dieser Erkrankung, von denen besonders amerikanische Ärzte berichten, es nahelegen würden, die Kurzwellen hier therapeutisch zu versuchen. Dagegen habe ich die Kurzwellen in mehreren Fällen von verschleppten Pneumonien, bei denen es zu keiner vollkommenen Resorption des Exsudates kam, bei denen infolgedessen Dämpfung, Temperatursteigerungen und die entsprechenden subjektiven Beschwerden weiter bestanden, die Kurzwellen mit überzeugendem Erfolg angewendet. Gleich wie bei Diathermie, die bekanntlich bei solchen Kranken sehr wirksam ist, kam es unter der Einwirkung der Kurzwellen zu einer raschen Aufsaugung des Exsudates mit Entfieberung und gleichzeitigem Schwinden der übrigen Krankheitserscheinungen.

Schliephake berichtet über zwei Fälle von Maltafieber, die in verhältnismäßig kurzer Zeit durch eine Behandlung mit Kurzwellen wieder hergestellt werden konnten. Auch Izar und Morretti sahen bei 6 von 9 derartigen Kranken einen eindeutigen Erfolg durch die örtliche Kurzwellenbehandlung der Leber- und Milzgegend.

Besonders wirksam erweist sich die Kurzwellentherapie nach Schliephake bei Lungenabszessen. 23 von ihm behandelte Kranke wurden geheilt. Sicherlich ein sehr schönes Ergebnis, wenn man bedenkt, daß die Mortalität dieser Erkrankung bei konservativer Behandlung eine sehr große ist. Liebesny machte ähnlich günstige Erfahrungen. Ich möchte aber nicht unterlassen, daran zu erinnern, daß auch mit der Diathermie bei Lungenabszessen und Lungengangrän sehr gute therapeutische Erfolge erzielt werden können, wie besonders Lucherini gezeigt hat. Daß man durch die Kurzwellenbehandlung eine Operation auf jeden Fall vermeiden kann, scheint mir mehr als zweifelhaft. Ich möchte im Gegenteil davor warnen, in einseitiger Überschätzung der Kurzwellen den richtigen Augenblick zu einem operativen Eingriff zu versäumen.

Ein Anwendungsgebiet von größter Bedeutung sind nach Schliephake Pleuraempyeme. Schliephake behandelte eine größere Zahl derartiger Erkrankungen mit ausgezeichnetem Erfolg, darunter solche, die bereits als hoffnungslos angesehen worden waren. Eine Reihe von Krankengeschichten mit Fieberkurven und wiederholten Röntgenaufnahmen lassen deutlich die unter der Behandlung fortschreitende Besserung erkennen. Auffallend ist in vielen Fällen das rasche Absinken des Fiebers. Das Allgemeinbefinden bessert sich in kurzer Zeit, die Besserung des objektiven Befundes und der subjektiven Beschwerden schließt sich an. Auch ich konnte bei einigen der von mir behandelten Kranken die gute Wirkung der Kurzwellen auf das Fieber und die Resorption des Exsudates feststellen, habe aber bei anderen auch voll-

kommene Mißerfolge gehabt. In älteren Fällen, wo es bereits zu Verwachsungen und Fistelgängen gekommen ist, darf man von den Kurzwellen wohl nicht viel erwarten.

**Behandlungstechnik.** Zur Behandlung von Lungenerkrankungen sind leistungsfähige Apparate nötig, um bei dem großen Durchmesser des Brustkorbes eine hinreichende Tiefenwirkung zu erzielen. Man kann die Behandlung sowohl im Kondensatorfeld wie im Spulenfeld durchführen. Im ersten Fall bevorzuge ich starre runde Elektroden mit einem Durchmesser von 18—20 cm, die der Brust- und Rückenseite gegenüber in einem Abstand

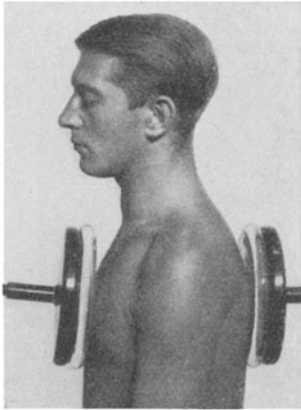


Abb. 136. Behandlung der Lunge.

von 5 cm angebracht werden (Abb. 136). Leichte Kranke können sitzend, schwere nur liegend behandelt werden. Verfügt man nicht über eine Einrichtung mit Untertischelektrode, so wird man die Seitenlage wählen. Technisch einfacher ist die Durchwärmung, wenn man große mit Weichgummi isolierte Elektroden verwendet. Dabei kann sich der Kranke auf eine Elektrode legen, während die zweite auf die Vorderseite des Brustkorbes aufgesetzt wird. Selbstverständlich muß man auch hier durch entsprechend dicke isolierende Zwischenlagen für den nötigen Elektroden-Hautabstand sorgen.

Man beginne bei fieberhaften Erkrankungen mit einer mäßigen Feldstärke und einer Dauer von zehn Minuten.

Hat man sich überzeugt, daß die Durchwärmung gut vertragen wird und keine unerwünschten Reaktionen auslöst, so kann man sowohl mit der Stromstärke wie mit der Behandlungszeit steigen. Man verlängert diese allmählich auf 20—30 Minuten. Für die Behandlung von Empyemen und Lungenabszessen sind unter Umständen sehr große Feldstärken notwendig. Bei chronischer Bronchitis, Asthma bronchiale u. dgl. werden schwächere Felder ausreichen.

Bemerkenswert ist, daß manche Kranke während der Behandlung zu schwitzen beginnen, bei längerer Dauer sogar in starken Schweiß geraten, ohne jedoch eine besondere Hitzeempfindung an der Haut zu verspüren. Das allgemeine Wärmegefühl hält häufig stundenlang nach. Bisweilen sieht man während der Durchströmung Hustenreiz auftreten, auch über ein Gefühl von Druck, leichter Atemnot oder Seitenstechen nach der Behandlung wird hie und da geklagt, ohne daß dem eine besondere Bedeutung zukäme (Schliephake).

## Die Erkrankungen der Verdauungsorgane.

**Anzeigen.** Die Anzeigen der Kurzwellentherapie bei den Erkrankungen der Verdauungsorgane lassen sich in zwei große Gruppen zusammenfassen. Zur ersten Gruppe gehören die spastischen Zustände



der glatten Muskulatur des Magen-Darmkanals, der Gallenblase und Gallengänge. Die zweite Gruppe umfaßt die chronisch entzündlichen Veränderungen des Magens und Darmes sowie die ihrer drüsigen Anhangsorgane. Nicht selten finden sich beide Krankheitszustände miteinander vereint.

Es ist hinreichend bekannt, daß die Wärme ein souveränes krampflösendes Mittel darstellt, das seit Jahrtausenden bei allen Formen von Erregungszuständen der glatten Muskulatur mit Erfolg zur Anwendung kommt, sei es, daß diese mehr als dauernde Hypertonie oder mehr anfallsweise in Form von Spasmen, sogenannten Koliken, auftreten.

Es werden daher der Ösophagospasmus, Kardiospasmus, Pylorospasmus, Darmspasmus und die spastische Obstipation Anzeigen für die Kurzwellenbehandlung abgeben. Gleiches gilt für die spastischen Zustände der Gallenblase und Gallengänge. Hier decken sich die Anzeigen der Kurzwellentherapie mit denen der Diathermie. Wieweit die eine Methode der anderen überlegen ist, läßt sich derzeit noch nicht sagen.

Was die zweite Indikationsgruppe betrifft, so sind es weniger die akuten als die subakuten und chronischen entzündlichen Prozesse der Bauchorgane, die nicht selten auf das Peritoneum übergreifen und im weiteren Verlaufe zu Verwachsungen mit der Umgebung, einer Peritonitis adhaesiva, führen. Es ist dies ein Krankheitsbild, das sowohl während seines Ablaufes als auch in seinen Folgezuständen häufig sehr schmerzhaft ist. Gegen den entzündlichen Vorgang als solchen wie gegen die später verbleibenden Adhäsionsschmerzen erweisen sich die Kurzwellen sehr wirksam.

Betrachten wir nun solche Krankheitsbilder im einzelnen, so hätten wir zunächst das *Ulcus ventriculi und duodeni*. Schon seit vielen Jahren wird hier die von Leube empfohlene Wärmebehandlung mit Kataplasmen erfolgreich geübt. Leube führt diese Erfolge auf die Hyperämisierung der Schleimhaut zurück, die auch im Tierversuch nachgewiesen werden konnte. Der Einwand, daß diese Hyperämisierung die Gefahr einer Blutung erhöht, wurde durch die klinische Erfahrung widerlegt. Es scheint, daß diese Gefahr mehr als ausgeglichen wird durch den Umstand, daß die Wärme den Pylorospasmus und die dadurch bedingte Stauung des Mageninhaltes behebt. Eine Blutung wird wohl leichter durch die mechanische Reizung von seiten des Mageninhaltes als durch die Wärmehyperämie ausgelöst. Dazu kommt, daß durch die Wärme, ob man sie nun in Form von Kataplasmen oder Diathermie anwendet, auch die Hyperazidität herabgesetzt wird. Analoge Wirkungen dürfen wir wohl von der Kurzwellenbehandlung erwarten, wenn auch die Untersuchungen von Mahlo bezüglich der Einwirkung der Kurzwellen auf den Säuregehalt des Magens noch nicht eindeutig sind.

Eine weitere Anzeige für die Kurzwellentherapie bilden die entzündlichen Erkrankungen der Gallenblase und Gallengänge, die Cholecystitis und Cholangitis, die nicht selten mit Steinbildung, Cholelithiasis, gepaart sind. Ich habe bei diesen Erkrankungen wiederholt

ausgezeichnete Erfolge gesehen. Bei zwei von meinen Kranken, die vor einem chirurgischen Eingriff standen, konnte mit Rücksicht auf die rasche Wendung zum Besseren von diesem vorderhand abgesehen werden. In einem anderen Fall, bei dem trotz Operation noch Schmerzen bestanden, verschwanden sie in kurzer Zeit. Über ähnliche Erfahrungen berichten Laqueur, Dausset, Réchou u. a.

Schliephake beschreibt zwei Erfolge bei chronischer Hepatitis. Bei dem einen Kranken bestanden seit einem Jahr Fieberanfälle bis  $39,5^{\circ}$  C. Sein Befinden war derartig, daß er als aufgegeben galt. Eine Kurzwellenbehandlung in der Dauer von drei Wochen machte ihn fieberfrei. Eine Wiederkehr des Fiebers nach einem halben Jahr wurde mit sechs Behandlungen neuerdings beseitigt. Ein zweiter Fall war dadurch interessant, daß die Behandlung mit einer 12 m-Welle erfolglos blieb, während eine 6 m-Welle eine schlagartige Besserung herbeiführte.



Abb. 137. Behandlung des Abdomens im Kondensatorfeld.

Recht gute Erfahrungen mit der Kurzwellentherapie wurden auch bei der chronischen Appendizitis gemacht. Natürlich sind der Kurzwellenbehandlung nur jene Kranke zuzuführen, bei denen ein chirurgischer Eingriff nicht in Frage kommt, ferner solche, bei denen trotz vollzogener Operation infolge entzündlicher Restbestände oder Verwachsungen weiterhin Beschwerden vorhanden sind. Im allgemeinen darf man sagen, daß die Kurzwellen zur Nachbehandlung von Laparotomien oft ausgezeichnete Dienste leisten.

Auch bei den rein funktionellen Störungen im Bereich des Magen- und Darmkanals konnten wir öfters eine überraschend günstige Einwirkung der Kurzwellen verzeichnen. Hierher gehören die hypotonischen, viel häufiger noch die hypertonischen Zustände der glatten Muskulatur, die, wie bereits oben erwähnt, als Spasmen der verschiedensten Art auftreten können. Es ist nicht immer leicht, die rein funktionellen von den anatomisch bedingten Krankheitsbildern zu unterscheiden. Darum werden solche Kranke nicht selten einmal, ja mehrmals vergeblich operiert, bis ihnen dann eine richtige Diagnose und eine richtige Behandlung Heilung bringt. In solchen Fällen vermag die Kurzwellenbehandlung oft Wunder zu wirken.

Ich habe eine größere Zahl von Mastdarmpisteln teils tuberkulöser, teils andersartiger Natur behandelt und konnte in mehreren Fällen, die seit längerer Zeit bestanden, einen recht günstigen Einfluß der Kurzwellen beobachten. Die Heilung ist zwar unsicher, doch habe ich wiederholt eine deutliche Schmerzstillung und eine Verminderung der Sekretion bemerken können.

**Behandlungstechnik.** Zur Durchwärmung der Bauchorgane sind nur Apparate brauchbar, die über eine genügende Hochfrequenzleistung verfügen.

Das Kondensatorfeld wird in antero-posteriorer Richtung angewendet. Will man den Darm gleichmäßig beeinflussen, so wählt man

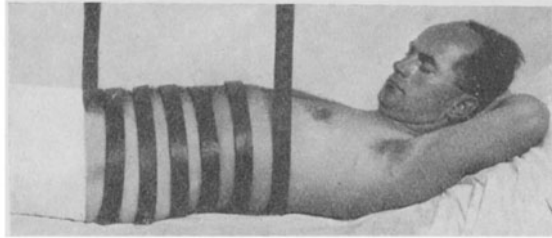


Abb. 138. Behandlung des Abdomens im Spulenfeld.

zwei gleich große, am besten starre Elektroden mit einem Durchmesser von 18—20 cm, die man in einem Abstand von etwa 5 cm dem Körper gegenüberstellt (Abb. 137). Zur Behandlung des Magens, der Leber und Gallenblase oder der Appendix werden kleinere Elektroden in gleicher Anordnung genügen. Die Behandlung wird in Seitenlage vorgenommen, wenn man nicht über eine Einrichtung mit Untertischelektrode verfügt. Die Verwendung von weichen gummiisolierten Elektroden hat den Vorteil, daß der Kranke ohne weitere Behelfe in Rückenlage be-

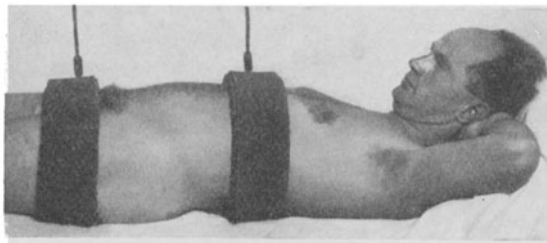


Abb. 139. Behandlung des Abdomens im Ringfeld.

handelt werden kann, wobei er sich auf eine Elektrode legt. Dabei muß natürlich ebenso ein Elektrodenabstand von 5 cm gewahrt werden.

Eine allseits gleichmäßige Durchwärmung des Abdomens mit guter Tiefenwirkung ist auch im Spulenfeld möglich, indem man eine Kondensatorbinde von 4 m Länge in drei bis vier Windungen um den Rumpf legt (Abb. 138). Schließlich kann die Ringfeldmethode Anwendung finden, wobei man eine Elektrode um das Becken, eine zweite in der Höhe der unteren Rippen gürtelförmig anlegt (Abb. 139).

Zur Behandlung von Mastdarmpfisteln verwende ich eine kugelförmige Elektrode von 4 cm Durchmesser, die durch einen Glastubus von der Haut distanziert wird. Diese Elektrode wird an die Anal-

öffnung angedrückt, während eine zweite, plattenförmige, Elektrode auf dem Abdomen liegt. Man kann aber auch metallisch nackte Elektroden verwenden, die, wenn es notwendig erscheint, in das Rektum eingeführt werden.

## Die Erkrankungen der Niere und der Harnwege.

**Anzeigen.** Wenn auch über die Erkrankungen der Niere und der Harnwege eine Reihe von kasuistischen Mitteilungen vorliegen, so ist die Erfahrung doch noch keine so große, daß man ein endgültiges Urteil über die Bedeutung der Kurzwellen auf diesem Gebiet fällen könnte. In Analogie mit der Diathermie wäre zu erwarten, daß schon die akute

Glomerulonephritis eine Anzeige für die Kurzwellenbehandlung abgibt. Bei dem hervorragenden gefäßerweiternden Einfluß der Kurzwellen würde man wohl eine Erweiterung der spastisch kontrahierten Gefäßschlingen erhoffen können, die nach Eppinger eine große Rolle bei der Störung der Nierenfunktion spielt. Eine Hebung der Nierentätigkeit und eine Erhöhung der Diurese müßte die unmittelbare Folge sein.



Abb. 140. Behandlung der Niere.

Die günstige Wirkung, die wir von der Diathermie in manchen Fällen von chronischer Nephritis sehen, dürfte wohl im gleichen, wenn nicht erhöhtem Maß der Kurzwellenbehandlung zukommen. Nach Z. Rausch bildet ferner die Nephrosklerose eine Anzeige für die neue Heilmethode. Die Durchwärmung der Niere im Kondensatorfeld bewirkt eine Besserung der Beschwerden und

eine Senkung des Blutdruckes, die nachhaltiger zu sein scheint, als die durch Diathermie bewirkte.

Auch bei der Tuberkulose der Niere wurde die Kurzwellentherapie wiederholt angewendet, wohl nicht in der Absicht, die erkrankte Niere zu retten, sondern vielmehr um die nicht selten nach der Nephrektomie zurückbleibenden Fisteln zu heilen.

Liebesny berichtet über einige ausgezeichnete Resultate. Von 16 seiner Kranken wurden 6 geheilt. Besonders bemerkenswert ist die Geschichte einer 29jährigen Kranken, bei der im Anschluß an eine vor 9 Jahren vorgenommene Entfernung der Niere eine Fistel zurückgeblieben war. Trotz wiederholter Nachoperationen und physikalischer Therapie kam diese nicht zur Heilung. 17 Kurzwellenbehandlungen brachten das Fieber zum Verschwinden, die Kranke hatte sich wesentlich erholt, an Stelle der Fistel war nur mehr eine fast ausgeheilte Hautdehiszenz zu sehen.

Ich selbst hatte nur zweimal Gelegenheit, bei Fisteln, die nach einer Nephrektomie zurückgeblieben waren, die Kurzwellen zu versuchen. In beiden Fällen war der Einfluß auf die subjektiven Beschwerden ein recht guter, eine Heilung konnte nicht erzielt werden.

Weissenberg sah bei einer Zystopyelitis, die seit sechs Wochen bestand und mit heftigen Schmerzen und Blutungen einherging, schon nach fünf Behandlungen im Kondensatorfeld eine ausgesprochene Besserung.

Auch bei der Tuberkulose der Harnblase sollen nach Liebesny und Weissenberg die Kurzwellen nicht ohne Wirkung sein.

**Behandlungstechnik.** Die Behandlung der Niere ist technisch sehr einfach. Man kann sie mit starren oder weichen Elektroden ausführen. Ist nur eine Niere erkrankt, so wird in der Höhe der zwölften Rippe, seitlich von der Wirbelsäule, eine Elektrode aufgesetzt, deren Größe die der Niere etwas übertrifft (Abb. 140). Gegenüber auf das Abdomen kommt eine etwas größere inaktive Elektrode. In analoger Weise wird die Durchwärmung beider Nieren mit entsprechend größeren Platten durchgeführt. Zur Behandlung der Blase wird eine Elektrode über der Symphyse, eine zweite über dem Kreuzbein angelegt.

## Die Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane.

**Anzeigen.** Bei der Gonorrhöe des Mannes dürften die Kurzwellen weniger für die Behandlung der akuten Urethritis als zur Behandlung ihrer Folgezustände geeignet sein. Sehr bemerkenswert sind die Mitteilungen Schliephakes, der paraurethrale Abszesse und Fisteln, die lange bestanden hatten, in einigen Fällen zur vollkommenen Ausheilung bringen konnte. Dabei wurde die Beobachtung gemacht, daß Protargoleinspritzungen, die bis dahin erfolglos gebraucht worden waren, die Gonokokken schon nach zwei Sitzungen zum Verschwinden brachten, wenn eine Kurzwellenbehandlung vorausgegangen war.

Eine auf Kurzwellen gut reagierende Erkrankung ist die Epididymitis gonorrhöica. Sie kann bereits im akuten Stadium therapeutisch in Angriff genommen werden. Die schmerzstillende Wirkung ist eine fast augenblickliche, auch die Schwellung geht sehr rasch zurück. Ein Vorzug der Kurzwellentherapie gegenüber der Diathermie ist ihre einfachere technische Anwendung. Es ist ein großer Vorteil, daß die Elektroden der Haut nicht genau angepaßt werden müssen, so daß jeder Druck auf das erkrankte, meist sehr schmerzhafte Organ wegfällt.

Auch die Prostatitis gonorrhöica wurde wiederholt erfolgreich mit Kurzwellen behandelt. Ich selbst habe in einem Fall von chronischer Prostatitis, der seit Jahren zu immer wiederkehrenden Abszedierungen führte, durch eine rechtzeitige und energische Kurzwellenanwendung das Auftreten einer neuen Eiterung verhüten können. Es ist wohl anzunehmen, daß die Kurzwellen bei sexueller Insuffizienz durch Anregung der hormonalen Sekretion Erfolg versprechen, obwohl diesbezügliche Mitteilungen meines Wissens bisher nicht vorliegen.

**Behandlungstechnik.** Zur Behandlung der Urethritis und der paraurethralen Infiltrate wird der Penis zwischen zwei gleich große Kondensatorelektroden gebracht. Beträgt der Abstand der Metallplatten

von dem Organ je 2 cm und sind die Elektroden nicht zu klein, so kann man mit einer sehr guten Tiefenwirkung rechnen.

Zur Durchwärmung des Hodens und Nebenhodens nimmt man zweckmäßigerweise zwei verschieden große Elektroden, von denen man die größere unter das Gesäß bringt, die kleinere über dem Skrotum in einer Entfernung von 2 cm einstellt. Jeder unmittelbare Druck soll dabei vermieden werden.



Abb. 141. Prostataelektrode.

Die Durchwärmung der Prostata erfolgt am besten vom Rektum aus, wozu man eine metallisch nackte, entsprechend gekrümmte, Elektrode verwendet, wie sie auch zur Diathermie benützt wird (Abb. 141). Wegen der Gefahr einer Verbrennung ist dafür Sorge zu tragen, daß die Elektrode während der Behandlung nicht herausgleitet, was man durch Vorlagerung eines Sandsackes, gegen den sich der Griff der Elektrode stützt, verhüten kann. Eine Platten-elektrode in der Größe von etwa 200 qcm kommt über die Symphyse.

## Die Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane.

**Anzeigen.** Ein weites Anwendungsgebiet der Kurzwellen stellen die entzündlichen Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane dar. Hierher gehören die Erkrankungen des Uterus und seiner Adnexe sowie die Parametritis. Da hier die Wärmebehandlung in Form der älteren Methoden, vor allem der Diathermie, häufig ausgezeichnete Dienste leistet, war das gleiche von den Kurzwellen zu erwarten. Daß diese Annahme zutrifft, wurde bereits von mehreren Seiten bestätigt (Raab, Vogt, Dalchau, Siedentopf u. a.). Neben dem Einfluß auf den objektiven Befund ist insbesondere die rasche Beseitigung der subjektiven Beschwerden bemerkenswert.

Für die Indikationsstellung scheint weniger die Art der Infektion, ob gonorrhöisch oder nicht gonorrhöisch, als vielmehr der Grad und die Ausdehnung der Erkrankung eine Rolle zu spielen. Man hat die Kurzwellen auch in einigen ganz akuten Fällen angewendet und dabei ein rasches Nachlassen der Schmerzen sowie einen ebenso raschen Abfall des Fiebers gesehen (Siedentopf). Leider scheint das nicht immer so zu sein, denn vielfach sieht man genau so wie bei der Diathermie eine unerwünschte Reaktion, bestehend in einer Vergrößerung der Schmerzen und in einer Erhöhung des Fiebers. Wesentlich dürfte wohl hier die Dosierung sein, denn Wärme in mäßiger Intensität angewendet, ist auch bei akuten Prozessen nicht nur zulässig, sondern vielfach nützlich.

Da die starken Reizerscheinungen einer akuten Adnexitis oder Parametritis sich meist unter Bettruhe, feuchtwarmen Umschlägen u. dgl. von selbst zurückbilden, also eine aktivere Therapie in der Regel nicht erfordern, so werden auch die Kurzwellen ihr Hauptanwendungsgebiet bei den subakuten und chronischen Formen finden.

Als Kontraindikationen der Kurzwellenbehandlung müssen genitale Blutungen, welcher Art sie auch sein mögen, angesehen werden. Jeder Eingriff, der hyperämisierend wirkt, und das trifft sicherlich für die Kurzwellenbehandlung zu, ist geeignet, bereits bestehende Blutungen zu verstärken. Darum ist die Kurzwellenanwendung auch in der Zeit der Menses und Gravidität zu unterlassen.

Vermutlich läßt sich aus der hyperämisierenden Wirkung der Kurzwellen so wie für die Diathermie eine Indikation bei Amenorrhöe, Sterilität und genitaler Insuffizienz im allgemeinen ableiten.

**Behandlungstechnik.** Um eine genügende Tiefenwirkung, wie sie für die Behandlung der weiblichen Geschlechtsorgane notwendig ist, zu erreichen, ist ein Elektrodenabstand von wenigstens 5 cm erforderlich. Der dadurch gegebene große kapazitive Widerstand setzt eine hohe Leistung des zur Verwendung kommenden Apparates voraus. Für gynäkologische Zwecke sind daher nur Apparatypen, die über eine Hochfrequenzenergie von mindestens 300—400 Watt verfügen, brauchbar. Das wird auch durch die Erfahrungen von Wittek, Siedentopf u. a. bestätigt, die ihre anfänglichen Mißerfolge auf die ungenügende Leistung der von ihnen gebrauchten Apparate zurückführen.

Die Behandlung im elektrischen Feld kann mit zwei äußeren Elektroden oder mit einer äußeren und einer vaginalen Elektrode durchgeführt werden. Im ersten Fall verwendet man zwei Elektroden mit einem Flächenausmaß von etwa 300 qcm, von denen eine vorne über der Symphyse, die zweite rückwärts über dem Kreuzbein angebracht wird. Bei starren Elektroden wird die Behandlung in Seitenlage, bei biegsamen in Rückenlage durchgeführt.

Eine bessere Tiefenwirkung wird erzielt, wenn man eine vaginale Elektrode benützt. Es gibt deren zwei Arten, solche, die mit einer Glasumhüllung versehen sind, also Kondensatorelektroden (Abb. 142), und metallisch blanke Elektroden, wie sie auch zur Diathermie gebraucht werden (Abb. 143). Bei Verwendung dieser ist natürlich eine Verbrennungsgefahr dadurch gegeben, daß die Elektrode während der Behandlung aus der Scheide gleitet. Das kann man durch Vorlegen eines Sandsackes verhindern. Als zweiter Pol wird rings um das Becken eine breite gürtelförmige Elektrode gelegt (Abb. 144),



Abb. 142. Vaginale Kondensatorelektrode (Siemens-Reiniger-Werke).

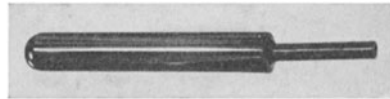


Abb. 143. Blanke Vaginalelektrode.

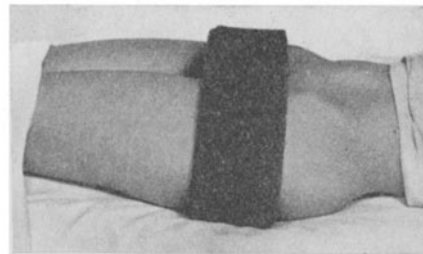


Abb. 144. Gürtelförmige Beckenelektrode.

um eine allseits gleichmäßige Verteilung des Feldes im Becken zu erzielen. Man achte darauf, daß die Gürtелеlektrode in der Höhe des kleinen Beckens, also etwa in Trochanterenhöhe, zu liegen kommt und nicht höher, da sonst das Feld gegen das Abdomen hin abgelenkt wird. Auch bei der Anwendung von zwei äußeren Elektroden wird von dem Hilfspersonal sehr häufig der Fehler gemacht, diese zu hoch einzustellen.

Die vaginale hat gegenüber der erstbeschriebenen Methode den Vorzug, daß bei ihr die größte Felddichte im Innern des kleinen Beckens zustande kommt, während das bei der Anwendung von zwei äußeren Platten nicht der Fall ist. Die vaginale Technik erfordert daher die größere Vorsicht bei der Dosierung des Stromes; denn die Erfahrung lehrt, daß durch sie leichter Schmerz- und Fieberreaktionen ausgelöst werden können als bei der äußeren Feldanwendung.

Auch das Spulengebiet kann zur Behandlung gynäkologischer Leiden Verwendung finden. Seine Anwendung geschieht in der Weise, daß man eine 4 m lange Binde in mehreren Windungen um das Becken legt. Wichtig ist es, durch Unterlegen von Zellstoff- oder Filzschichten für einen genügenden Hautabstand zu sorgen.

## Die Erkrankungen der Blutdrüsen.

**Anzeigen.** Von französischen Autoren wird der Kurzwellentherapie in Form der allgemeinen Feldbehandlung eine die Funktion der Blutdrüsen anregende Wirkung zugeschrieben. Sie wird darum bei Adipositas auf endokriner Grundlage empfohlen. Durch die Erhöhung der Bluttemperatur kommt es zu einer Steigerung des Stoffwechsels, die nach dem Pflügerschen Gesetz für eine Temperaturerhöhung von 1° C 8—10% beträgt. Wenn auch der durch Wasserausscheidung bedingte Gewichtsverlust zum Teil wieder ersetzt wird, so bleibt doch nach jeder Sitzung eine dauernde Gewichtsabnahme zurück, die nach Auclair sogar 500—600 g betragen soll.

Auch die Störungen der Zirkulation, wie Akrozyanose, oder solche der Menstruation, wie Amenorrhöe, die auf einer Unterfunktion endokriner Drüsen beruhen, bessern sich unter der allgemeinen Kurzwellenbehandlung. Dausset sah bei einem vorzeitigen Haarausfall eines jungen Mannes, den er auf Hypothyreoidismus zurückführte, ein Nachwachsen der Haare.

Auclair und Lamy beobachteten bei mehreren Kindern mit Dystrophia adiposo-genitalis einen sehr günstigen Einfluß der Kurzwellentherapie. Schon nach 10—15 Sitzungen konnte ein Schwinden des überschüssigen Fettes, eine Zunahme des Längenwachstums und eine Vergrößerung des Genitales wahrgenommen werden. Auch Dausset und Dognon beschreiben einen Fall einer solchen Erkrankung bei einem 13jährigen Knaben, bei dem eine allgemeine Kondensatorfeldbehandlung unter Einleitung der Pubertät eine völlige Umwandlung des äußeren Habitus bewirkte.

Auch Kranke mit Dermatalgie, die in der französischen Literatur als Cellulite généralisée beschrieben wird, erfahren eine Besserung durch die Kurzwellentherapie.



**Behandlungstechnik.** Die Behandlung erfolgt im allgemeinen Kondensatorfeld nach Art der Elektropyrexie, doch braucht die Temperatursteigerung nicht über 38° C getrieben werden. Die Dauer der Behandlung schwankt je nach der Stärke der Einwirkung, die man beabsichtigt, zwischen 30 und 60 Minuten. Darauf folgt eine Packung von etwa einer Stunde. Diese Prozedur wird dreimal in der Woche vorgenommen und etwa 15mal wiederholt. Es ist vorteilhaft, mit der allgemeinen Behandlung eine örtliche Behandlung jener Blutdrüsen zu verbinden, die im gegebenen Fall an der Störung beteiligt zu sein scheinen.

## Die pyogenen Erkrankungen der Haut und des Unterhautzellgewebes.

**Anzeigen.** Seine Studien über die Wirkung der Kurzwellen auf Bakterien veranlaßten Schliephake dazu, zunächst pyogene Erkrankungen der Körperoberfläche, wie Furunkel, Karbunkel, Schweißdrüsenabszesse u. dgl., mit Kurzwellen zu behandeln. Die dabei erzielten Erfolge werden als ganz außerordentlich günstig bezeichnet. Als unmittelbare Wirkung tritt nach Schliephake ein Nachlassen der Schmerzen ein, in vielen Fällen erfolgt die Aufsaugung, ohne daß es zur Eiterung oder Nekrose kommt. Aber selbst wenn dies nicht der Fall ist, beansprucht die Heilung eines Furunkels durchschnittlich nicht mehr als 4—5 Tage, sehr häufig jedoch nur 2—3 Tage. Chirurgische Eingriffe werden so gut wie überflüssig, ja selbst die Ruhigstellung der erkrankten Körperteile erscheint, da die Kranken keine Schmerzen haben, nicht mehr notwendig. Schliephake sagt: „Ich habe viele Hunderte von Furunkeln, Furunkulosen, Karbunkeln in allen Größen behandelt, ferner Hidradenitiden, Panaritien, Tendovaginitis, Wundinfektionen, und kann sagen, daß das Ultra-Kurzwellenverfahren in keinem Fall versagt hat. Bei keinem der Kranken ist eine Inzision oder ein sonstiger operativer Eingriff nötig geworden.“ Dieser optimistischen Schilderung schließt sich vor allem Liebesny an. Einzelne ähnliche günstige Berichte stammen von Stieböck und Frühwald, Raab u. a.

Die Mitteilungen Schliephakes und Liebesnys erwecken den Eindruck, als ob wir in den Kurzwellen ein spezifisch wirksames, fast unfehlbares Heilmittel gegen pyogene Infektionen gefunden hätten, das allen anderen bisher bekannten Heilmethoden überlegen ist. Diesen Standpunkt kann ich leider nicht teilen.

Was zunächst die Behandlung von Furunkeln betrifft, so ist dazu folgendes zu sagen. Der Furunkel ist eine Erkrankung von ziemlich typischem Verlauf. Gelingt es nicht, ihn im Anfangsstadium zur Rückbildung zu bringen, so entwickelt er sich unter zunehmenden Entzündungserscheinungen bis zu einem Höhepunkt. Dann kommt es zum Durchbruch des Eiters, zur Abstoßung der nekrotischen Teile und schließlich zur Heilung. Ich habe bisher eine beträchtliche Zahl von Furunkeln und Karbunkeln mit Kurzwellen behandelt, und zwar in allen Stadien ihrer Entwicklung. Ich habe nicht den Eindruck gewonnen, daß die Kurzwellenbehandlung imstande wäre, die Infektion

in ihrem Beginn auch nur mit einiger Sicherheit aufzuhalten. Man sieht zwar hie und da, daß sich ein Infiltrat im Anfangsstadium resorbiert, ohne daß es zur Eiterung oder Nekrose kommt. Das ist jedoch ein Ereignis, das man auch bei Anwendung anderer Heilmethoden, ja selbst ohne solche zu beobachten Gelegenheit hat. Die Furunkel, die nicht zur Resorption kommen, verlaufen auch bei Anwendung der Kurzwellentherapie in der gewohnten typischen Weise.

Ich will nicht leugnen, daß die Kurzwellenbehandlung von dem Kranken angenehm empfunden wird, daß sie seine Schmerzen lindert, daß sie den Heilungsvorgang, die Einschmelzung, Abstoßung und Vernarbung beschleunigt, daß sie somit eine zweckmäßige Behandlungsform darstellt. Irgendeine überragende oder spezifische Wirkung, wie man sie nach den Schilderungen von Schliephake und Liebesny erwarten müßte, habe ich jedoch nicht feststellen können. Die Furunkel heilten in jener Weise, wie ich das seit mehr als 20 Jahren unter dem Einfluß strahlender oder anderer Wärme zu sehen gewohnt bin. Ich brauche wohl nicht erwähnen, daß ich bei den meiner Erwartung nicht entsprechenden Erfolgen im Verlaufe der Zeit die verschiedensten Dosierungen und Wellenlängen ausprobierte, ohne daß sich an der Sache etwas Wesentliches geändert hätte. Ganz die gleichen Erfahrungen habe ich auch mit den Karbunkeln gemacht.

Daß die Wärme ein durchaus zweckmäßiges Mittel ist, die Reifung und Ausheilung pyogener Prozesse zu beschleunigen, ist wohl hinreichend bekannt. Seit Jahrhunderten zählen warme Umschläge, Kataplasmen, Thermophore u. dgl. zu den beliebtesten und sicher auch wirksamsten Mittel zur Behandlung von Furunkeln und Karbunkeln. Schon bei der Anwendung dieser uralten Mittel empfinden die Kranken eine meist augenblickliche Schmerzlinderung. Daß die Kurzwellentherapie diesen Methoden in mancher Beziehung überlegen ist, soll keineswegs verneint werden. Sie hat vor allem den Vorteil der größeren Tiefenwirkung, sowie den, daß sie nicht, wie z. B. feuchtwarme Umschläge, die Haut in der Umgebung des Krankheitsherdes mazeriert und so die Ausbreitung des Prozesses begünstigt. Diesem Vorteil steht jedoch der Nachteil des ungleich größeren technischen Aufwandes gegenüber. Ob sich dieser Aufwand lohnt, erscheint mir fraglich. Zum mindesten nicht bei einfachen unkomplizierten Fällen. Bei bestehender Lebensgefahr wird man natürlich kein Mittel unversucht lassen.

Wenn einzelne Autoren erklären, daß die Kurzwellentherapie jede chirurgische Behandlung überflüssig mache, ja daß selbst die Ruhigstellung und Schonung des erkrankten Körperteiles nicht mehr nötig sei, so ist das eine bedenkliche Überwertung der Methode, vor der im Interesse der Kranken gewarnt werden muß. Jede schwere Infektion der Haut, besonders dann, wenn sie eine Neigung zur Ausbreitung zeigt, wie das so häufig bei Karbunkeln und Phlegmonen der Fall ist, gehört von vornherein unter die Aufsicht eines erfahrenen Chirurgen. Dieser und nicht der Kurzwellenspezialist hat zu entscheiden, wie lange eine zuwartende Therapie fortzusetzen und wann ein chirurgischer Eingriff zu erfolgen hat.

Auch die Ansicht, daß es für die Kurzwellentherapie keine Kontraindikationen gäbe, und daß daher jede akute Infektion bedingungslos mit Kurzwellen behandelt werden kann, ist ein grober Irrtum. Eine Methode kann nicht auf der einen Seite effektiv wirksam und auf der anderen absolut harmlos sein. Es unterliegt keinem Zweifel, daß man mit den Kurzwellen bei akut eitrigen Prozessen auch schweren Schaden stiften kann. Schon ein gewöhnlicher Thermophor kann unter Umständen die Schmerzen des Kranken steigern und die Ausbreitung des Prozesses begünstigen. Diejenigen, die besonderen Wert auf Laboratoriumsversuche legen, möchte ich übrigens daran erinnern, daß Reiter auch im Tierversuch nachgewiesen hat, daß die Kurzwellen ausgesprochen „entzündliche“ Eigenschaften besitzen. Auch durch die Kurzwellenbehandlung kann es daher, sei es in ungeeigneten Fällen, sei es bei ungeeigneter Anwendung, zu einer Ausdehnung des lokalen Infektionsherdes und durch Resorption toxischer Produkte zu gefährlichen Allgemeinerscheinungen kommen. Auf diese Gefahr haben vor allem Haas und Lob aufmerksam gemacht.

Das, was wir über Furunkel und Karbunkel gesagt haben, gilt grundsätzlich auch für die Schweißdrüsenentzündung, die Hidradenitis. Ich schließe mich auch hier der Anschauung von Haas und Lob an, daß sich kleinere Infiltrate sehr rasch zurückbilden, daß aber Rückfälle nicht selten sind, was auch Weissenberg bestätigt. In schweren hartnäckigen Fällen ist die Wirkung der Kurzwellentherapie nicht wesentlich verschieden von der anderer thermischer Methoden.

Bei Panaritien, Sehnenscheidenentzündungen und Phlegmonen erfordert die Anwendung der Kurzwellen besondere Vorsicht, da diese Erkrankungen vielfach die Neigung zu fortschreitender Ausbreitung zeigen. Es wäre gefährlich, hier im Vertrauen auf die unfehlbare Wirkung der Kurzwellen die Einschmelzung und den spontanen Durchbruch des Eiters abzuwarten. Ebenso zwecklos und schädlich ist es, bei einem bereits vorhandenen Eiterherd eine Aufsaugung des Eiters erreichen zu wollen. Die elektrochirurgische Eröffnung des Abszesses schafft meist eine augenblickliche Veränderung des Krankheitsbildes, die durch ein Schwinden der Schmerzen und einen Rückgang der Allgemeinerscheinungen gekennzeichnet ist.

Ganz die gleichen Überlegungen gelten für die Entzündung der Lymphdrüsen, Schleimbeutel und ähnlicher Organe. Ist ein eventueller Eiterherd eröffnet oder ist es zum spontanen Durchbruch des Eiters gekommen, so leistet die Kurzwellentherapie zur rascheren Ausheilung des Prozesses recht wertvolle Dienste.

Liebesny beschreibt einige Fälle von Aktinomykose, die mit Kurzwellen geheilt wurden. Aus einem Fall, der sich unter der Behandlung mit einer 15 m-Welle anfänglich verschlechterte und dann unter dem Einfluß einer 4 m-Welle besserte, glaubt Liebesny den Schluß ziehen zu können, daß bei Aktinomykose nur die 4 m-Welle zulässig, die 15 m-Welle dagegen kontraindiziert sei. Da Besserungen und Verschlechterungen bei Krankheiten auch ohne ärztliches Zutun vorkommen, scheint mir der Schluß Liebesnys in keiner Weise zwin-

gend zu sein. Das umsoweniger, als z. B. Weissenberg 5 Fälle von Aktinomykose mit verschiedenen Wellenlängen zur Ausheilung brachte und mir das gleiche in 2 Fällen mit einer 15 m-Welle gelang.

Die Wirkung der Kurzwellen auf Erysipele und Erysipeloide ist bei dem wechselnden Verlauf dieser Erkrankungen schwer zu beurteilen. Da Erysipele, ohne daß man das vorausszusehen vermag, fortschreiten und ebensooft plötzlich haltmachen, so muß man mit der

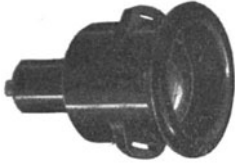


Abb. 145. Elektrode zur Behandlung von Furunkeln.

Bewertung seiner therapeutischen Erfolge vorsichtig sein. Ob die Kurzwellen hier den älteren Methoden, wie der Ultraviolett- oder Röntgentherapie, überlegen sind, läßt sich einstweilen nicht mit Sicherheit feststellen.

Fassen wir die Bedeutung der Kurzwellen für die eitrig-infektiösen Entzündungen der Haut und Unterhaut zusammen, so können wir sagen, daß die Methode bei der Behandlung dieser Erkrankungen in mancher Beziehung recht gute Dienste leistet, daß ihr aber irgendeine überragende oder spezifische Wirkung, wie sie von einzelnen Autoren behauptet wird, nicht zukommt. Es besteht nach den klinischen Beobachtungen kein Grund, anzunehmen, daß die Wirkung auf andere Weise als durch Wärme zustande kommt.

Es muß auffallen, daß die Behandlung bakterieller Hautinfektionen mit Kurzwellen in der deutschen Literatur so in den Vordergrund des Interesses gerückt wurde, während sie im Schrifttum des gesamten Auslandes eine ganz untergeordnete Rolle spielt.

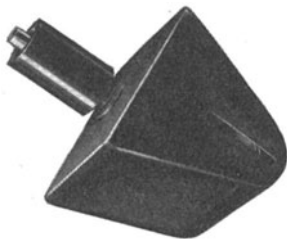


Abb. 146. Elektrode zur Behandlung von Schweißdrüsenabszessen in der Achselhöhle.

**Behandlungstechnik.** Da es sich bei den verschiedenen Erkrankungen der Hautdecke meist um umschriebene Krankheitsherde handelt, werden wir in der Regel zwei verschieden große Elektroden, eine aktive und eine inaktive, benützen. Da man bei dem oberflächlichen Sitz dieser Infektionen auf eine größere Tiefenwirkung verzichten kann, braucht auch der Abstand der wirksamen Elektrode von der Haut kein sehr großer zu sein. In manchen Fällen werden wir mit der unipolaren Behandlung unser Auslangen finden.

Mit Rücksicht auf die große Schmerzhaftigkeit und den Umstand, daß Furunkel, Karbunkel u. dgl. über das Hautniveau hervorragend oder geschwürig zerfallen sind, wird man eine unmittelbare Berührung der Elektrode mit dem Entzündungsherd vermeiden. Für die Behandlung von Furunkeln und nicht zu ausgedehnten Geschwüren hat man daher Elektroden mit konkav gewölbten oder becherförmigen Elektrodenschuhen konstruiert, die über die erkrankte Stelle gestülpt werden (Abb. 145).

Zur Behandlung von Schweißdrüsenabszessen in der Achselhöhle eignet sich am besten eine keilförmige Elektrode (Abb. 146), die bei leicht abduziertem Arm angelegt wird. Die inaktive Elektrode befindet sich in Form einer starren oder biegsamen Platte über der Schulter.

Bei der Behandlung von Gesichtsfurunkeln achte man darauf, daß die inaktive Elektrode unterhalb der Nacken-Haar-Grenze steht, damit eine Durchströmung des Gehirns möglichst vermieden wird.

## Die Erkrankungen der Zähne und der Mundhöhle.

**Anzeigen.** Schliephake preist die Wirkung der Kurzwellentherapie bei den Parodontosen. „Wenn auch nicht in allen Fällen eine völlige Heilung verzeichnet werden konnte, so waren die Ausnahmen doch selten. Oft trat ein voller Erfolg schon nach wenigen Tagen ein.“ Dazu bemerkt E. Wagner: „Für einen Zahnarzt, der sich mit der Behandlung dieser chronischen Krankheit abgemüht hat, mußten diese Schilderungen fast wie ein Wunder klingen.“ Wagner hat eine größere Zahl von Parodontosen behandelt und kommt zu dem Schluß: „Erfolge, wie sie Schliephake beschreibt, konnten in keinem Fall erzielt werden. Subjektiv glaubten die Patienten in manchen Fällen eine geringe Besserung zu verspüren. . . . Objektiv war jedoch nur eine leichte Besserung im Aussehen des Zahnfleisches eingetreten.“ Der Kurzwellentherapie kommt im Rahmen der Parodontosebehandlung nur eine unterstützende Wirkung zu. Die therapeutischen Maßnahmen, wie sie bisher angewendet wurden, bleiben nach wie vor die wichtigsten.

Auch die auffälligen Erfolge, welche Schliephake bei Granulomen gesehen haben will, konnten von E. Wagner nicht bestätigt werden. „Auffällige und gegenüber anderen Therapien vorzügliche Erfolge konnten nicht nachgewiesen werden. Was erzielt wurde, ließ die zur Behandlung aufgewendete Zeit, Arbeit und die Kosten ungerechtfertigt erscheinen. Mit anderen billigeren Mitteln wäre mindestens das gleiche zu erreichen gewesen.“ Die Kurzwellenbehandlung der Granulome als alleinige Therapie ist in jedem Fall ungenügend, sie kann nur im Verein mit einer sorgfältigen Wurzelbehandlung einen Zweck haben. Auch Stein, der die von Liebesny behandelten Fälle zahnärztlich begutachtete, ist der Anschauung, daß die Kurzwellentherapie die älteren und einfacheren Behandlungsmethoden, wie Wärme- und Röntgentherapie, nicht übertrifft.

Was die Peridentitis anlangt, so waren die Erfolge so wechselnd, daß nach E. Wagner ein endgültiges Urteil über den Heilwert der Kurzwellen bei dieser Erkrankung noch nicht abgegeben werden kann.

In zwei Fällen von Stomatitis ulcerosa, die Wagner behandelte, trat durch die Kurzwellentherapie eine gewisse Besserung, vor allem ein Nachlassen der Schmerzen ein. Eine endgültige Heilung konnte jedoch erst durch die gleichzeitige Anwendung von Medikamenten erzielt werden. Ganz das gleiche konnte ich selbst in einem Fall ulzeröser Stomatitis feststellen. Dagegen konnte bei mehreren Kranken mit Dentitio difficilis des unteren Weisheitszahnes durch die Kurzwellenbehandlung ein rasches Nachlassen der Schmerzen, des Trismus und der Eiterung erreicht werden.

**Behandlungstechnik.** Die Durchwärmung der Mundhöhle und der Zähne kann in querer Richtung von Wange zu Wange oder in sagittaler

Richtung von vorne nach rückwärts erfolgen. Zur Querdurchwärmung verwendet man zwei gleich große runde Elektroden mit einem Durchmesser von 6—8 cm. Bei dieser Technik wird jedoch der frontale Abschnitt des Gebisses, vor allem die Schneidezähne, nur wenig beeinflußt. Sind diese gleichfalls oder vielleicht vornehmlich erkrankt, dann ist eine Durchströmung in sagittaler Richtung vorzuziehen. In diesem Falle soll die vordere Elektrode kleiner sein, etwa  $6 \times 9$  cm, die hintere dagegen ungefähr doppelt so groß. Es ist darauf zu achten, daß diese Elektrode mit ihrem oberen Rand die Nacken-Haar-Grenze nicht überragt, um eine Durchwärmung des Gehirns und verlängerten Marks möglichst zu vermeiden. Auf eine unmittelbare Beeinflussung dieser Teile ist es wohl zurückzuführen, daß viele Kranke, wie E. Wagner angibt, während der Behandlung sehr stark schwitzen, so daß sich ihr Gesicht mit Schweißperlen bedeckt, ja die ganze Unterwäsche durchnäßt wird. Dies soll nach E. Wagner besonders bei der Anwendung der kürzeren Wellen von 4—5 m Länge der Fall sein.

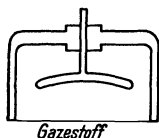


Abb. 147. Zahnelektrode nach E. Wagner (schematisch).

Zur Behandlung von Granulomen und ähnlich umschriebenen Krankheitsherden benützt man kleinere konvex gekrümmte Elektroden. Auch mit Elektroden, die in die Mundhöhle eingebracht werden und dem Zahnfleisch unmittelbar anliegen, wurden bereits Versuche gemacht.

Die Entfernung der Elektroden von der Haut soll bei allgemeinen Durchwärmungen der Mundhöhle 2—3 cm betragen, nur bei ganz kleinen Elektroden, wie sie zur Granulombehandlung dienen, wird ein Abstand von etwa 0,5 cm genügen.

Um die Ansammlung von Schweiß unter der Elektrode und damit die Gefahr einer Verbrennung zu verhüten, hat E. Wagner einen Elektrodenschuh angegeben, der an der dem Körper zugewendeten Seite nur einen Abschluß von Gazestoff besitzt (Abb. 174). Dieser Stoff liegt der Haut an, ohne die Schweißverdunstung zu verhindern. Mit einem solchen Schuh kann die Elektrode selbst unmittelbar über dem Mund ohne Belästigung des Kranken angebracht werden.

Die Befestigung der Elektroden am Schädel mittels Binden macht einige Schwierigkeiten. Darum ist es besser, sich eines besonderen Stativs zu bedienen, an dem die Elektroden befestigt werden. Auch ein Behandlungsstuhl mit Kopfstütze ist sehr vorteilhaft.

Will man die Zähne und die Kieferknochen hinreichend durchwärmen, so erfordert das ziemlich starke Felder. Was die Wellenlänge betrifft, so gibt Schliephake an, die besten Wirkungen von Wellen unter 6 m gesehen zu haben, während E. Wagner der Ansicht ist, daß sich ein Unterschied in der therapeutischen Wirkung der von ihm verwendeten Wellen zwischen 4,2—10,8 m Länge nicht feststellen ließ.

Die Mundhöhlentemperatur steigt bei der Behandlung auf  $38,0$  bis  $38,5^{\circ}$  C, wobei sich die Zähne stärker erwärmen als die Schleimhaut. Metallfüllungen, Kronen und nichtentfernbar Prothesen nehmen im Kurzwellenfeld keine übermäßig hohe Temperatur an.

## Literaturverzeichnis.

(In diesem Verzeichnis sind nur jene Arbeiten enthalten, auf die in dem Buch Bezug genommen wurde).

Atzler, E.: Neues Verfahren zur Funktionsbeurteilung des Herzens. Dtsch. med. Wschr. 1933, Nr. 35.

Biermann, W.: Radiothermy. Arch. phys. Ther. 1932, Nr. 13.

Carpenter, C. M. a. A. B. Page: Production of Fever in Man by Short Radio Waves. Science 71 (1930), P. 450. — Christie, R. V. a. A. L. Loomis: The relation of frequency to the physiological effects of ultra-high frequency currents. J. of. exper. Med. 49 (1929), 303.

Dalchau, K.: Kurzwellentherapie in der Gynäkologie. Dtsch. med. Wschr. 1931, Nr. 46. — Dausset, H.: Sur la thérapeutique par la D'Arsonvalisation à ondes courtes. Bull. Soc. d'Électrothér. 1933 nov. — Dausset, H. et Dognon: Les ondes courtes en biologie et en médecine. Paris méd. 1934, I, 99.

Fredrikson, H.: Kurzwellendiathermie in der Gynäkologie. Sv. Läkartidn. 1934, 937.

Gebbert, A.: Über die Abhängigkeit der Oberflächen- und Tiefenwirkung der Ultrakurzwellenströme von Elektrodenart und Elektrodenabstand. Klin. Wschr. 1934, Nr. 25. Der Einfluß der Wellenlänge auf die Wärmeverteilung im Körper bei Ultrakurzwellentherapie. Klin. Wschr. 1934, Nr. 44. — Groag, P. u. V. Tomberg: Zur Kurzwellentherapie. Wien. klin. Wschr. 1933, Nr. 30 und 31. Zur biologischen Wirkung kurzer elektrischer Wellen. Wien. klin. Wschr. 1934, Nr. 9.

Haas, M. u. A. Lob: Die Kurzwellendiathermie und ihre Anwendung in der Chirurgie. Dtsch. Z. Chir. 243. H. 4 und 5. Die sogenannten spezifischen Effekte der Kurzwellen bei der Behandlung bösartiger Geschwülste. Strahlentherapie. 50 (1934). — Haase, W. u. E. Schliephake: Versuche über den Einfluß elektrischer Wellen auf das Wachstum von Bakterien. Strahlenther. 40 (1931), 133. — Halphen A. et J. Auclair: Les ondes courtes en pyrétothérapie. Ann. de l'Inst. Actinol. 7 (1932), 199. — Halphen, A., J. Auclair, M. Poittevin et E. H. Henrad: Contribution à l'étude physique de la diathermie à ondes courtes. Électr. méd. 1932, Nr. 40. — Heller, R.: Zur Frage der spezifisch elektrischen Wirkung ultrakurzer Wellen. Wien. klin. Wschr. 1931, Nr. 25. Lokalisierte Durchwärmung und Gewebszerstörung mittels Ultrakurzwellen. Z. exper. Med. 83 (1932), H. 3 u. 4. — Hicks, R. A. a. W. T. Szymanowski: The biologic action of ultrahigh frequency currents. J. inf. Dis. 50 (1932), 466. — Hinsie, L. E.: Radiothermische Behandlung der progressiven Paralyse. Wien. klin. Wschr. 1931, Nr. 22. — Hoff, H. u. E. Weißenberg: Experimentelle Beeinflußung von Hirnfunktionen durch Kurzwellenbesendung beim Menschen. Z. Neur. 141 (1932), H. 3. Experimentelle Beeinflußung der Kleinhirnfunktion durch Kurzwellenbesendung. Wien. klin. Wschr. 1932, Nr. 14. — Holzer, W. u. E. Weißenberg: Grundriß der Kurzwellentherapie. Verlag W. Maudrich. Wien 1935 (mit Schriftennachweis). — Horn, L., O. Kauders u. P. Liebesny: Klinische und experimentelle Erfahrungen mit der Kurzwellenbehandlung des Gehirns. Wien. klin. Wschr. 1934, Nr. 30 u. 31.

Izar, G. u. P. Moretti: Die Wirkung der kurzen Wellen auf den Verlauf des Maltafiebers (*Brucella hominis*). *Klin. Wschr.* 1935, Nr. 2. Über die biologische Wirkung der kurzen Wellen. Die Wirkung auf die anorganischen Kolloide. *Klin. Wschr.* 1934, I, 773. — Jellinek, St.: Biologische Wirkungen ultrakurzer Wellen. *Wien. klin. Wschr.* 1930, Nr. 52. Biologische Wirkungen der ultrakurzen Wellen. *Wien. klin. Wschr.* 1933, I, 646. — Jorns, G.: Über die biologische Wirkung kurzer elektrischer Wellen. *Bruns' Beitr.* 152 (1931) 31. Weitere Untersuchungen über die biologische Wirkung kurzer elektrischer Wellen. *Bruns' Beitr.* 159 (1934) I.

Kauders, O.: Vorläufige Mitteilung über die Anwendung physikalischer Heilverfahren bei progressiver Paralyse. *Jb. Psychiatr.* 49, 218. — Kauders, O., P. Liebesny u. F. Finaly: Kurzwellenbestrahlung des Gehirns bei progressiver Paralyse. *Wien. klin. Wschr.* 1932, Nr. 30. — Kellner, D. u. A. Herzum: Über die Wirkung elektrischer Kurzwellen auf die Entwicklung und Oestrus von infantilen weiblichen Mäusen. *Orv. Hetil. (ung.)* 1934, Nr. 59. — Kowarschik, J.: Versuche mit Kurzwellendiathermie. *Klin. Wschr.* 1933, Nr. 44 u. 45. Physikalisches und Technisches zur Kurzwellenbehandlung. *Balneol.* 1934, H. 2. Vergleiche zwischen Lang- und Kurzwellentherapie. *Wien. klin. Wschr.* 1934, Nr. 26. Neue Wege der Kurzwellentherapie. *Klin. Wschr.* 1934, Nr. 42. Eine neue Methode der Kurzwellentherapie. *Med. Klin.* 1934, Nr. 50 u. 51. Über die selektive Wirkung der Kurzwellen. *Münch. med. Wschr.* 1935, Nr. 29. — Krainik R.: Traitement des névralgies et des névrites par les O. C. *Ann. de l'inst. Actinol.* 7 (1932), 208.

Ladame, Ch., F. Morel et R. de Montmollin: Traitement de la paralysie générale par l'électropyrexie. *Rév. méd. suisse rom.* 1934, Nr. 4. — Laqueur, A.: Über Kurzwellenbehandlung. *Jkurse ärztl. Fortbildg.* 24, H. 8 (1933). Laqueur, A. u. R. Remzi: Klinische Erfahrungen mit der Kurzwellenbehandlung. *Med. Welt.* 1933, Nr. 22. Leistner, K. u. H. Schaefer: Über ein Kurzwellen-Applikationsverfahren zur Erzielung extrem hoher Tiefendosen. *Klin. Wschr.* 1935, Nr. 25. — Levaditi, C., H. de Rothschild, J. Auclair, F. Haber, A. Vaisman et R. Schoen: Étude expérimentale de la thermothérapie par les radiations à ondes courtes. *Rev. d'Actinol.* 9, 462 (1933). — Liebesny, P.: Kurz- und Ultrakurzwellen. Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien 1935 (daselbst weiterer Schriftennachweis).

Mahlo: Ist Kurzwellenbehandlung beim Ulcus ventriculi angezeigt? *Dtsch. med. Wschr.* 1934, 403. — McLennan, J. C. a. A. C. Burton: The heating of electrolytes in high frequency fields. *Can. J. Res.* 1930, Nr. 3. Selective heating by short radio waves and its application to electrotherapy. *Canad. J. Res.* 1931, Nr. 5. — May, E. u. H. Schaefer: Untersuchung des dielektrischen Verhaltens einfacher biologischer Stoffe im Bereich ungedämpfter Ultrakurzwellen von 1 bis 10 Meter Wellenlänge. *Z. exper. Med.* 84, 240.

Nagell, H. u. F. Berggreen: Über Kurzwellentherapie bei Gonorrhoe. *Dermat. Z.* 67, 151.

Oettingen, v. Kj.: Pflanzen und tierexperimentelle Untersuchungen im elektrischen Wechselfeld eines Kurzwellensenders. *Strahlenther.* 41 (1931) 2. Oettingen, v. Kj. u. H. Hock: Einwirkung kurzer elektrischer Wellen auf die Keimdrüsen der männlichen Maus. *Z. Gynäk.* 1930, Nr. 37. Oettingen v. Kj. u. F. Schultze-Rhönhof: Die Einwirkung kurzer elektrischer Wellen auf das strömende Blut des Kaninchens. *Z. Gynäk.* 1930, Nr. 36. — Ostertag, B.: Die Beeinflussung vegetativer Zentren im Kurzwellenfeld. *Dtsch. med. Wschr.* 1932, II, 1240.

Pätzold, J.: Die Erwärmung der Elektrolyte im hochfrequenten Kondensatorfeld und ihre Bedeutung für die Medizin. *Z. Hfrqztechn.* 36 (1933) 3. Die physikalischen Grundlagen der Ultrakurzwellentherapie. *Med. Klin.* 1934, Nr. 17. Pätzold, J. u. P. Betz: Der Einfluß der Elektrodenanordnung in der Ultrakurzwellentherapie auf die Wärmeverteilung im Körper. *Z. exper. Med.* 94 (1934), 5 u. 6. — Pflomm, E.: Kurzwellenbestrahlung



des Rattensarkoms. Münch. med. Wschr. 1930, Nr. 43. Experimentelle und klinische Untersuchungen über die Wirkung ultrakurzer elektrischer Wellen auf die Entzündung. Arch. f. klin. Chir. 166 (1931) 1. u. 2.

Raab, E.: Die Kurzwellen in der Medizin. 2. Aufl. Radionta Verlag, Berlin. — Rausch, Z.: Über die Beeinflussung der renalen Hypertonien durch Diathermie bzw. Kurzwellendiathermie. Z. physik. Ther. 45 (1933) 4. — Réchou, Wangermez, Halphen, Auclair et Dausset: Les ondes courtes et ultracourtes en thérapeutique. Arch. Électr. méd. 41 (1933) 291. — Reiter, T.: Über spezifische Wirkungen der Ultra-Kurzwellen. Dtsch. med. Wschr. 1933, I, 160.

Saidman, J.: Zona et ondes courtes. Ann. de l'Inst. Actinol. 7 (1932), 218. Saidman, J. et R. Cahen: Hautes fréquences hertziennes en thérapeutique. Ann. de l'Inst. Actinol. 1929, Jänner. — Schaefer, H.: Absolutmessung der Hochfrequenzleitfähigkeit von Flüssigkeiten bei 3 m Wellenlänge. Z. Phys. 77 (1932), 1 u. 2. Hochfrequenzleitfähigkeit des Blutes bei Ultrakurzwellen von 3 bis 6 m Wellenlänge. Klin. Wschr. 1933, I, 102. Messung der Hochfrequenzabsorption des Blutes und seiner Komponenten im Bereich kurzer elektrischer Wellen von 3 bis 6 m Wellenlänge. Z. exper. Med. 92 (1933) 3 u. 4. — Schereschewsky, J. W.: The physiological effects of currents of very high frequency. Publ. Health Rep. 41 (1926), Nr. 37. The action of currents of very high frequency upon tissue cells. Publ. Health Rep. 43 (1928), Nr. 16. Heating effect of very frequency condenser fields on organic fluids and tissues. Publ. Health. Rep. 48 (1933), Nr. 29. — Schliephake, E.: Kurzwellentherapie. Verlag von G. Fischer. Jena. 2. Aufl., 1935 (daselbst ausführlicher Schriftennachweis). Schliephake, E. u. A. Compère: Spezifische Wirkungen des Ultra-Kurzwellenfeldes. Klin. Wschr. 1933, II, 1729. Schliephake, E. u. E. Weißenberg: Versuche über Beeinflussung des Blutzuckerspiegels durch kurze elektrische Wellen. Wien. klin. Wschr. 1932, Nr. 18. — Siedentopf, H.: Erfahrungen mit der Kurzwellenbehandlung gynäkologischer Entzündungen. Münch. med. Wschr. 1935, Nr. 10. — Straßburger, A. u. E. Schliephake: Der Einfluß von Ultrakurzwellen auf die Wärmeregulierung der Kaninchen. Arch. f. exper. Path. 177 (1934), Nr. 1. — Szymanowski, W. T. a. R. A. Hicks: The biologic action of ultrahigh frequency currents. J. inf. Dis. 50 (1932), 1.

Vogt, E.: Erfahrungen mit der Kurzwellentherapie in der Gynäkologie, besonders bei Adnextumoren. Strahlenther. 51 (1934).

Wagner, E.: Über Erfahrungen mit der Anwendung der Kurzwellentherapie bei Zahn- und Mundkrankheiten. Verlag E. Klinz. Halle a. S. 1934. — Weißenberg, E.: Beeinflussbarkeit angio-trophoneurotischer Symptomen durch Kurzwellen. Wien. klin. Wschr. 1934, I, 302. — Weisz, H.: Physikalisches zur Kurzwellenbehandlung im Spulenfeld nach Kowarschik. Balneol. 1935, Nr. 4.

## Sachverzeichnis.

Abstimmung 15.  
Adnexitis 126.  
Akrozyanose 113, 128.  
Aktinomykose 131.  
Allgemeinwirkungen 81.  
Amenorrhoe 127.  
Angina, akute 116.  
— pectoris 110.  
Anodenstrom 29.  
Appendicitis 122.  
Arthritis, deformans 106.  
— gonorrhoeica 105.  
— infectiosa 105.  
— traumatica 106.  
— tuberculosa 106.  
Asthma bronchiale 118.

**Bakterien, Erwärmung von 76.**  
—, Wirkung auf 87.  
Behandlung, allgemeine 59.  
— im Kondensatorfeld 41.  
— im Spulenfeld 60.  
—, unipolare 44.  
Behandlungstisch 58.  
Behandlungszeit 57.  
Blut, Wirkung auf das 85.  
Blutdrüsenenerkrankungen 128.  
Blutgefäße, Erkrankungen der 111.  
—, Wirkung auf die 83.  
Brachialneuralgie 98.  
Brechung der Feldlinien 54.  
Bronchiektasien 118.  
Bronchitis 118.

Cellulite generalisée 128.  
Cholangitis 121.  
Cholecystitis 121.

Darmspasmus 121.  
Dentitio difficilis 133.  
Dielektrikum 5.  
Dielektrizitätskonstante 5.  
Dielektrogramm 84.  
Dreielektrodenröhre 29.  
Drosselspule 17, 32.  
Dystrophia adiposo-genitalis 128.

Elektroden 38.  
Elektronenröhre 28.  
Elektropyrexie 60, 102.  
Emphysem 118.  
Empyem der Pleura 119.  
Endarteriitis 111.  
Endocarditis 110.  
Enzephalitis 101.  
Epididymitis 125.  
Erfrierung 113.  
Erwärmung von Bakterien 76.  
— von Elektrolyten 64, 74.  
— von kolloiden Lösungen 75.  
—, selektive 68, 73.  
—, Stärke der 56.  
Erysipel 132.

Feld, elektrisches 3.  
—, elektromagnetisches 9, 40.  
—, magnetisches 6.  
Fièvre artificielle 60, 102.  
Fistel des Mastdarnes 121.  
—, paraurethrale 125.  
Frequenz 1, 13.  
Funkenstrecke 25.  
Funkenstreckenapparate 25.  
Furunkel 129.

Gallenblase, Erkrankungen der 121.  
Gefäßpausen 113.  
Gehirnerkrankungen 100.  
Gehirn, Wirkung auf das 86.  
Gelenkerkrankungen 104.  
Geschlechtsorgane, Erkrankungen  
der männlichen 125.  
—, Erkrankungen der weiblichen 126.  
Gitterkreis 31.  
Gitterableitungswiderstand 32.  
Glomerulonephritis 124.  
Glühkathodenröhre 28.  
Gonorrhoe 125.  
Granulom 133.

Harnblase, Erkrankungen der 125.  
Harnwege, Erkrankungen der 124.  
Hauteffekt 17.

- Haut, Erkrankungen der 129.  
Hemiplegie 101.  
Hepatitis 122.  
Hertz 2.  
Herz, Erkrankungen des 110.  
—, Wirkung auf das 84.  
Herzneuosen 111.  
Hidroadenitis 131.  
Hochfrequenzleistung 37.  
Hyperpyrexie 60, 102.  
Hypertension, essentielle 114.  
Hyperthyreoidismus 128.
- Induktanz 9.  
Induktion 7.  
Insuffizienz, sexuelle 125.  
Interkostalneuralgie 98.  
Ischias 98.
- Kapazität 4.  
Karbunkel 130.  
Kardiospasmus 121.  
Klappenfehler 110.  
Knochenkrankungen 104.  
Kondensanz 18.  
Kondensator 4.  
Kondensatorfeld, Behandlung im 41.  
Koppelung 14.  
Kurzwellen 11.  
Kurzwellenapparate 25.  
Kurzwellenbehandlung, athermische 95.  
—, Technik der 39.
- Lähmung 98.  
Laryngitis 116.  
Lechersystem 33.  
Leistung der Apparate 35.  
Leitfähigkeit, Einfluß der 66.  
Leitungsstrom 16.  
Luftwege, Erkrankungen der 118.  
Lumbago 108.  
Lungenabszeß 119.  
Lungentuberkulose 118.  
Lymphadenitis 131.
- Maltafieber 119.  
Mastdarmfistel 121.  
Mundhöhle, Erkrankungen der 133.  
Muskelerkrankungen 104.  
Myalgie 108.
- Nebenhöhlen, Erkrankungen der 117.  
Neoplasmen 91.  
Nephritis 124.  
Nephrosklerose 124.  
Nerven, Erkrankungen der 97.  
Nervensystem, Wirkung auf das 85.  
Neuralgie 97.
- Neuritis 97.  
Niere, Erkrankungen der 124.
- Oberflächeneffekt 17.  
Obstipation, spastische 121.  
Ösophagospasmus 121.  
Osteomyelitis 107.
- Panaritium 131.  
Paradentose 133.  
Paralysis progressiva 100.  
Parametritis 126.  
Parkinsonismus 101.  
Peridentitis 133.  
Periode 2.  
Peritonitis adhaesiva 121.  
Phasenverschiebung 19.  
Phlegmone 131.  
Pleuraempyem 119.  
Pneumonie, kruppöse 119.  
Polarisation, dielektrische 22.  
Poliomyelitis 102.  
Polyarthritits 105.  
Polyneuritis 98.  
Prostatitis 125.  
Pylorospasmus 121.
- Radiothermie 60.  
Raynaudsche Erkrankung 113.  
Resonanz 15, 80.  
Rhinitis 116.  
Ringfeldmethode 46.  
Rippenfell, Erkrankungen des 118.  
Röhrenapparate 28.  
Rückenmarkserkrankungen 100.  
Rückkoppelung 31.
- Sättigungsstrom 29.  
Schädigungen durch Kurzwellen 92.  
Schleimbeutelentzündung 108, 121.  
Schwingung, elektrische 1, 12.  
—, gedämpfte 13.  
—, ungedämpfte 13.  
Schwingungskreis 11, 13.  
Schwingungszahl 1, 13.  
Schwingungszeit 1, 13.  
Sehnscheidenentzündung 108, 131.  
Selbstinduktion 8.  
Selbstinduktionsstrom 8.  
Sinusitis 117.  
Skineffekt 17.  
Sklerose, multiple 102.  
Solenoidbinden 63.  
Spannung 19.  
Speiseleitung 33.  
Sperrkreis 21.  
Spitzenwirkung 51.  
Spulenfeld 60.  
Sterilität 127.  
Stomatitis ulcerosa 133.

- Strahlung, elektromagnetische 10, 34.  
 Streuung der Feldlinien 53.  
 Stromstärke 19, 49, 55, 56.
- T**  
 Tabes dorsalis 102.  
 Tendovaginitis 108, 131.  
 Thermotherapie 94.  
 Thromboarteriitis 111.  
 Thrombophlebitis 112.  
 Tiefenschädigungen 94.  
 Tiefenwirkung 52.  
 Tonsillitis 116.  
 Trigeminalneuralgie 97.  
 Triode 29.  
 Tuberkulose der Harnblase 125.  
 — der Lunge 118.  
 — der Niere 124.  
 Tumore, maligne 91.
- U**  
 Ulcus duodeni 121.  
 — varicosum 113.  
 — ventriculi 121.  
 Ultrakurzwellen 11.
- U**  
 Unterhautzellgewebe, Erkrankungen des 129.
- V**  
 Vasoneurosen 113.  
 Ventilröhre 29.  
 Verbrennungen 93.  
 Verdauungsorgane, Erkrankungen der 120.  
 Verschiebungsstrom 21.
- W**  
 Wärmewirkung 64.  
 Wechselfeld, elektrisches 6.  
 Welle, elektromagnetische 10.  
 Wellenlänge 10, 57, 67, 88.  
 Wellenmesser 16.  
 Widerstand, induktiver 9, 17.  
 — kapazitiver 18.  
 Wirkung, selektive 68.  
 — spezifisch-elektrische 78.  
 Wirkungsgrad 35.
- Z**  
 Zähne, Erkrankungen der 133.  
 Zystopyelitis 125.

---

*Von dem gleichen Verfasser sind früher erschienen:*

Elektrotherapie. Dritte verbesserte Auflage.  
 Mit 269 Abbildungen und 5 Tafeln. IX, 312 Seiten.  
 Berlin: Julius Springer. 1929.

Die Diathermie. Siebente verbesserte Auflage.  
 Mit 145 Abbildungen. VIII, 243 Seiten. Berlin:  
 Julius Springer. 1930.