

Über physikalische und physiologische Erscheinungen der oszillierenden Ströme.

Von

Prof. Dr. **Rumpf** (Bonn).

In der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn habe ich am 23. Juli 1906 einige Erscheinungen an einer neuen Art hochfrequenter Ströme, die ich als oszillierende bezeichnet habe, demonstriert. Diese Ströme haben bis jetzt nur von seiten der ärztlichen Therapie Beachtung gefunden, sodass ich einige ältere und neuere Beobachtungen physikalischer und physiologischer Art hier mitteilen möchte.

Die von mir gewonnenen Ströme unterscheiden sich von den bekannten Teslaströmen dadurch, dass der Tesla-Transformator mit Leydener Flasche, Funkenstrecke, Primär- und Sekundärspirale, welche letztere hier den Strom liefert, fehlen und die Hochfrequenz durch Schwingungen von sehr dünnwandigem Glas hervorgerufen wird. Werden von den Polen eines kräftigen Induktors die Leitungen den verschiedenen Seiten einer dünnen Glasplatte oder einer dünnwandigen Flasche zugeleitet, von welchen eine Seite am besten mit Stanniol belegt ist, so findet durch das Glas ein Ausgleich des Stromes in der Art statt, dass die durch die primäre Unterbrechung hervorgerufenen Stromschwankungen je nach der Grösse der Kapazität des Glases oder der Flasche resp. des elektrischen Feldes eine hochgradige Steigerung der Frequenz erfahren. Diese Entladungen scheinen zuerst von Fred Touton beobachtet und auf die Grösse der Zeitdauer berechnet zu sein und können auch nach persönlicher Mitteilung meines Bonner Kollegen Bucherer eine Million in der Sekunde und mehr erreichen.

Diese hochfrequenten Ströme sind nun nicht völlig gleichmässig, da die Induktionen der primären Stromquelle neben den sekundären Oszillationen eine teilweise Entladung durch das Glas erfahren und so ein Strom entsteht, der neben den Induktionsschlägen superponierte Wechselströme bis zu einer Million und mehr in einer Sekunde enthält. Demgemäss muss auch die Energie des Stroms, welcher durch Glas ein

oszillierender wird, grossen Schwankungen unterworfen sein. An Stelle einer Glasflasche kann auch eine Glasröhre dienen, welche teilweise evakuiert ist. Bei einer längeren derartigen Röhre bedarf es nicht einmal einer metallischen Einleitung des Stroms in das Vakuum, sondern nur einer kurzen metallischen Hülse, da eine dünne Glaswand den von dem Induktor zugeleiteten Strom leicht eintreten und an der beabsichtigten Austrittsstelle ebenso leicht austreten lässt. Die partiell evakuierte Röhre strahlt dann in rötlich-violetttem Licht.

Das von mir zur Hervorrufung der oszillierenden Ströme seither benutzte Instrumentarium ist folgendermaassen gestaltet:

a) Ein Induktor mit Platinunterbrecher, welcher mit einer Mindestspannung von 10—12 Volt bei 2 Ampère Stromverbrauch Funken von 50—80 mm gibt. Der Strom wird entweder aus der Lichtleitung oder aus Akkumulatoren entnommen. Man wird naturgemäss auch stärkere Ströme verwenden können.

b) Von dem Induktor wird der eine Pol in eine mit Leinen überzogene Fussplatte geleitet, welche bei Benutzung des Stroms an empfindlichen Menschen vereinzelt mit einem dünnen Holzbrett belegt wird. Auf diese Platte werden die Füsse gesetzt. Es genügt aber auch, den einen Pol nur zur Erde zu leiten; der Strom wird dadurch etwas schwächer.

c) Der Glasunterbrecher, bestehend in verschieden grossen Glasflaschen, deren Boden 0,25 bis 0,3 mm dick und auf der einen Seite mit Stanniol belegt oder versilbert ist. Zwischen der freien (nicht mit Stanniol belegten) Glasfläche und dem anderen Pol wird nun die Wirkung des Stroms geprüft. An Stelle der Glasflasche wird zu manchen Versuchen eine teilweise evakuierte Glasröhre von gleicher Wandstärke ohne Stanniolbelag benutzt.

Physikalisches.

Bei den meisten Versuchen, insbesondere solchen, bei welchen der Strom durch kleinere Funken in längere Berührung mit der Luft kommt, fällt alsbald der Geruch von Ozon dem Untersucher auf. In Hinsicht auf diese Bildung haben ja die hochgespannten Ströme vielfach Verwendung gefunden.

Dagegen erscheinen die sonstigen physikalischen Wirkungen dieser Ströme zunächst sehr gering zu sein. Durch einen grösseren Hirschmann'schen Galvanometer geleitet, rufen dieselben auch dann keine Ablenkung der Magnetnadel hervor, wenn man

den Schliessungsstrom durch Vorschaltung eines Kohl'schen Widerstandsapparates ausschaltet, was vermutlich als Beweis dafür betrachtet werden kann, dass der Öffnungsinduktionsstrom durch die Oszillationen des Glases zum Wechselstrom wird. Leitet man aber den Strom durch eine Flüssigkeitssäule, so tritt eine Erwärmung dieser ein.

Die Versuchsanordnung war folgende:

Ein Becherglas mit dünnen Wänden und einem Durchmesser von 5 cm, dessen äusserer Boden mit Stanniol belegt ist, wird teilweise mit Flüssigkeit gefüllt. Der Strom wird von dem einen Pol des Induktors durch Metall dem Stanniolbel agzugeführt, von dem anderen Pol wird ein Kupferdraht in die Flüssigkeit geführt. Als solche wird benutzt:

a) NaCl-Lösung von 5,8 % 140 ccm; Anfangstemperatur 18,7° C. Nach zehn Minuten langem Durchgang des Stroms beträgt die Temperatur 20° C. oder pro Minute 0,13° C. Erwärmung.

b) Destilliertes Wasser 140 ccm; Anfangstemperatur 18,7° C. Nach acht Minuten langem Durchgang des Stroms zeigt das Thermometer 20° C. oder pro Minute 0,162° C. Erwärmung.

c) NaCl-Lösung von 11,6 % 140 ccm; Anfangstemperatur 18,8° C. Nach vier Minuten langem Durchgehen des Stroms beträgt die Temperatur 20° C., nach zehn Minuten langem Durchgehen des Stroms beträgt die Temperatur 21,2° C. oder pro Minute 0,24° C. Erwärmung.

Da die Erwärmung der Flüssigkeitssäule von Versuch zu Versuch stieg, musste an die Möglichkeit gedacht werden, dass die stärkere Erwärmung der 11,6 % igen NaCl-Lösung nicht an dem höheren Kochsalzgehalt, sondern an der Erwärmung der Umgebung lag, welche sich dem Glas mitteilte. Es wurde deshalb bei einer weiteren Versuchsreihe das Becherglas durch einen Hartgummiring isoliert und in der Luft schwebend gehalten und mit Durchströmung der stärkeren NaCl-Lösung begonnen:

100 g NaCl-Lösung von 11,6 % mit einer Anfangstemperatur von 15,9° C. erfuhren nach zehn Minuten langem Durchströmen eine Erhöhung auf 17,6° C. oder in der Minute eine solche von 0,16° C.

100 g destilliertes Wasser mit einer Anfangstemperatur von 16° C. erfuhren in zehn Minuten langer Durchströmung eine Erwärmung auf 17,7° C. oder in der Minute eine solche von 0,17° C.

Man wird nach diesem Ergebnis dem höheren Chlornatriumgehalt keine stärkere Erwärmung bei der Durchströmung zuschreiben dürfen, aber die Erwärmung der Flüssigkeitssäule ist bei allen diesen Versuchen zweifellos.

Jedenfalls findet beim Hindurchgehen oszillierender Ströme durch Flüssigkeit eine Erwärmung dieser statt.

Elektrolytische Zersetzungen werden von den oszillierenden Strömen ebensowenig hervorgerufen wie von anderen Wechselströmen, wenn man nach Art der vorher geschilderten Versuchs-

anordnung den einen Pol durch den Stanniolbelag eines dünnwandigen Bechers, den anderen Pol direkt in die Flüssigkeit einleitet. Eine Lösung von Jodalkalien mit Stärkekleister lässt die charakteristische Jodzersetzung eines schwachen galvanischen Stromes durchaus vermissen.

Ganz anders gestaltet sich indessen das Resultat, wenn man Fliesspapier, welches mit einer Mischung von Jodalkalien und Stärke getränkt ist, auf den Boden des Gefässes legt, dessen Inhalt der Strom durch die äussere Staniolbelegung des Glases zugeführt wird, und nun von dem anderen Pol Funken auf das Fliesspapier überspringen lässt. Das in der Luft entstehende Ozon ruft alsbald eine Zersetzung der Jodlösung und eine Färbung des Stärkepapiers hervor. Man wird also sagen können, dass die oszillierenden Ströme beim Hindurchgehen durch Sauerstoff auch chemische Umänderungen in der Umgebung hervorrufen.

Physiologische Ergebnisse bei Tierversuchen.

Der Strom, welchen man dem menschlichen Körper durch die oben beschriebene, in ihrem Innern mit Stanniol belegte oder versilberte grössere Flasche zuleitet, während der zweite Pol auf den Fussboden geleitet wird, ruft nur sehr geringe Erregung der Hautnerven hervor. Anders gestaltet sich das Resultat, wohl durch den geringeren Querschnitt bedingt, wenn man mit einem naturgemäss kleineren Gefäss (einem mit Stanniol ausgelegten Reagenzglas) den Strom in das Hinterbein eines Frosches eintreten lässt. Das Zurückziehen des Beines zeigt eine stärkere und unangenehme Empfindung an, die naturgemäss aufhört, sobald der Ischiadicus des gereizten Beines durchschnitten ist.

Der Nervus ischiadicus selbst zeigt bei Reizung des peripheren Endes deutliche Zuckungen in den zugehörigen Muskeln, die wohl als regelmässige Folge der Ströme zu betrachten sind, während nach den Untersuchungen von R. v. Zeynek und E. v. Bernd¹⁾ die bei Teslaströmen vom Nerven aus entstehenden Zuckungen nicht auf die hohe Frequenz, sondern auf Schwankungen in der Amplitude zurückzuführen sind.

Ebenso zeigen die vom Strom getroffenen Muskeln deutliche Zuckungen.

Betrachtet man beim curarisierten Frosch die Gefässe

1) Pflüger's Arch. Bd. 132.

der Schwimmhaut bei geringer Vergrösserung, so sieht man, wie mit dem Eintritt des Stromes in die Schwimmhaut (durch die oben schon erwähnte Reagenzglaselektrode) die Zirkulation plötzlich eine Verlangsamung erfährt oder ganz stockt; die Kapillaren scheinen sich zu verengen, zunächst strömt das Blut nach den Venen zu, aber bei stärkerem Strom stockt die Zirkulation auch in diesen. Bei der Öffnung des Stromes stellt sich die Zirkulation meist sehr rasch wieder ein, um beim Schliessen erneut das gleiche Bild zu bieten.

Es war nun zu entscheiden, ob diese Erscheinung reflektorisch oder durch direkte Reizung der Gefässe und ihrer Nerven zustande kommt. Zur Entscheidung wurde an dem curarisierten Frosch der Nervus ischiadicus durchschnitten und der Versuch wiederholt. Das Resultat war das gleiche, wie ich es eben geschildert habe. Es ist also die durch oszillierende Ströme bedingte Änderung der Zirkulation in der Froschschwimmhaut nicht die reflektorische Folge sensibler Reize, sondern durch direkte Reizung der Gefässe oder Gefässnerven bedingt. Es dürfte von Interesse sein, dass die Teslaströme trotz starken Überströmens von Funken auf die Schwimmhaut des Frosches diese Einwirkung auf die Zirkulation bei meiner Versuchsanordnung vermissen liessen.

Legt man das Froschherz frei und appliziert nach einiger Zeit ruhiger Beobachtung die Glaselektrode an die Spitze des Herzens oder noch besser, zur Erzielung einer ruhigen Stellung, etwas unter die untere hintere Fläche, so sieht man, wie das Herz sofort sich etwas verkleinert und dann mit einer stärkeren systolischen Verkleinerung weiterschlägt.

In einzelnen Fällen gelang es auch, das schon zum Stillstand gekommene Herz durch Applikation des Stromes wieder zu regelmässigem Schlagen zu bringen.

In manchen Versuchen war die Verkleinerung des schlagenden Herzens auch deutlich, wenn der Strom nicht dem Herzen selbst, sondern der näheren oder weiteren Umgebung zugeführt wurde. Naturgemäss teilt sich der Strom auch bei diesem Versuch dem Herzen mit.

Die Versuche am freigelegten Hundeherz (bei künstlicher Atmung) ergaben das gleiche Resultat. Schon beim Aufsetzen der Glaselektrode auf die Reste der Thoraxwand oder auf die lateralen Blätter des Perikards trat die Verkleinerung

des in seiner Schlagfolge nur kurz gestörten Herzens auf. Meist wurde die Zahl der Herzschläge langsamer.

Bei einem Versuch (unter Mitwirkung von Kollegen Schmieden) war bei Applikation der Elektrode an die Herzspitze das Bild ein sehr auffallendes. Die Kontraktionen des Herzens erfolgten langsam und mit wesentlich grösserer Kraft, und man sah, wie die Kontraktion in einer spiralförmig von links unten nach rechts oben verlaufenden Welle gleichsam peristaltisch ablief, deutlich gemacht durch kleine Fältchen des aufliegenden Perikards.

Bei einem alten Karrenhund mit sehr grossem, schlaffem Herz (unter Mitwirkung von Herrn Dr. Capellen) waren die Erscheinungen weniger deutlich. Aber auch hier zeigten die Ventrikel eine kräftigere Kontraktion. Wurden aber die Vorhöfe von dem Ströme betroffen, so trat sofort fibrilläres Wogen ein, und die Herzkontraktionen wurden unregelmässig. Vereinzelt gelang es dann durch Perikard- oder Ventrikelreizung, die Schlagfolge unter Abnahme des fibrillären Wogens wieder regelmässig zu gestalten; nach mehrmaliger Reizung der Vorhöfe wurde aber das Wogen nicht mehr rückgängig, und unter zunehmender Unregelmässigkeit und Ungleichmässigkeit der Herzkontraktionen trat Stillstand des Herzens ein.

Bei einem dritten Hund, der ebenfalls von Herrn Dr. Capellen operiert wurde, liess sich die Verkleinerung des Herzens und eine Verlangsamung der Schlagfolge nach Applikation des Stromes besonders auf die obere vordere Rippengegend rechts immer wieder hervorrufen. Auch hier konnte das durch Reizung der Vorhöfe entstandene fibrilläre Wogen teilweise zum Stillstand gebracht, teilweise durch erneute Reizung des Ventrikels oder der Umgebung vermindert werden. Ich habe beide Versuche kinematographisch aufnehmen lassen und die Bilder auf der Naturforscherversammlung in Köln 1908 demonstriert.

Man muss also aus diesen Versuchen auf eine kräftige Einwirkung der oszillierenden Ströme auf den Herzmuskel und das Gefässsystem schliessen. Ich glaube, diese Einwirkung als eine beträchtliche Steigerung des auch in der Norm vorhandenen Tonus ansprechen zu müssen.

Physiologische Erscheinungen am Menschen.

Bis vor nicht langer Zeit war die Anschauung vorherrschend, dass die hochgespannten und hochfrequenten Ströme nicht in den

menschlichen Körper eintreten, sondern denselben nur umkreisen, wenn auch d' Arsonval dieser Auffassung widersprochen hat. Jedenfalls besteht aber die Überzeugung, dass sie im Verhältnis zu ihrer Frequenz zu geringe Maximalspannung resp. Intensität besitzen, um starke Reize für die Nerven oder Muskeln zu bilden.

Dass die oszillierenden Ströme unbehindert (bei dem nicht zu rechnenden Widerstande der Haut) in den Körper eindringen, lässt sich durch folgende Versuche zeigen:

1. Versuch. Ich führte eine kleine Geissler'sche Kugelhöhre mit Leitungsschnur und möglicher Isolierung in meinen Mund ein, die Röhre leuchtet in geringem Grade. Leite ich nun den zweiten Pol des Induktors zu den Füßen oder durch die Glasflasche in den Körper (Hand, Nacken, Wange), so nimmt das Leuchten der Röhre deutlich zu. Weit angenehmer ist aber der

2. Versuch. Die Füße sind mit dem einen Pol des Induktors in Kontakt. Ich führe in meine Mundhöhle ein starkes Hartgummirohr ein, welches als Isolator gegen die Lippen, Zähne und Zunge dient. Dann führe ich eine durch das Gummi isolierte Geissler'sche Röhre in meinen Mund, dessen Metallkontakt den Gaumen berührt. Ich nähere den zweiten Metallstift der Geissler'schen Röhre dem andern Pol (nicht einmal bis zur Berührung), und sie leuchtet hell auf.

Diese beiden Versuche, von welchen der letzte vielfach demonstriert wurde, dürften zeigen, dass die oszillierenden Ströme in den menschlichen Körper leicht eintreten. Nach der oben geschilderten Erwärmung von Salzlösungen durch die oszillierenden Ströme wird es auch nicht zweifelhaft sein können, dass durch dieselben geringe, durch Steigerung der Energie noch wesentlich zu steigernde Wärmemengen dem Körper zugeführt werden können.

Allerdings sind die Reizungserscheinungen des Stroms nur gering. Die Reize, welche von den sensiblen Nerven der Haut dem Zentral-Nervensystem zugeleitet werden, beruhen wohl darauf, dass die oszillierenden Ströme auch Unterbrechungen von geringerer Zahl neben der Hochfrequenz aufweisen.

Von einzelnen Autoren scheint beobachtet zu sein, dass unter dem Einfluss wechselnder magnetischer Felder Andeutungen von Lichterscheinung am Auge auftreten. Doch sind diese Beobachtungen nicht unbestritten¹⁾. Ich selbst konnte bei Tagesbeleuchtung Lichterscheinungen durch die oszillierenden Ströme nicht nachweisen. Dagegen gelang es durch eine Versuchsanordnung, welche Curie, nach Mitteilung von Kollegen Bucherer beim Radium angewandt hat. Ich selbst oder die betreffende Versuchsperson wurde in ein Dunkelzimmer gesetzt, in welchem alle Vorkehrungen so getroffen

1) Vgl. Boruttau und Mann S. 468.

waren, dass ohne Beleuchtung der oszillierende Strom ein- und ausgeschaltet werden konnte. Die Stellung der Versuchsperson wurde so gewählt, dass sie dem Funken des Unterbrechungshammers den Rücken zukehrte. Nach $\frac{1}{4}$ stündigem Aufenthalt im Dunkelraum wurde der Strom in der Art durch den Körper geleitet, dass der eine Pol mit den Füßen in Verbindung war, der andere wurde als evakuierte Röhre (durch eine längere Hartgummihülse in der Hand gehalten) oder eine anders gestaltete Vakuumelektrode auf das Auge bei geschlossenem Lid aufgesetzt. Sofort tritt das Bild einer erhellten Scheibe von grünlich-gelbem Schimmer in Erscheinung, am deutlichsten beim Aufsetzen der Elektrode etwas entfernt von dem äusseren Augenhöhlenrand mehr dem Zentrum der Cornea zu, weniger stark nahe dem inneren Augenwinkel. Die Lichterscheinung schwand, sobald die Elektrode auf den Nasensattel zwischen beide Augen gesetzt wurde, um bei Näherung an das Auge sofort wieder aufzutreten. Ein Unterschied durch Stromwechsel liess sich nicht nachweisen.

Das gleiche lässt sich nach $\frac{1}{4}$ stündigem Aufenthalt im Dunkeln auch bei hochgespannten Strömen mit Tesla-transformator nachweisen. Doch war die Applikation (was möglicherweise bei anderer Anordnung vermieden werden kann) weniger angenehm.

Diese Versuche dürften hinreichend zeigen, dass die oszillierenden Ströme bei entsprechender Anordnung ständige schwache Reize auf das Sehorgan ausüben, wobei ich es einstweilen unentschieden lassen möchte, ob durch die Reizung die Netzhaut oder der Sehnerv betroffen wird.

Wie oben schon erwähnt, sind die Empfindungen der Hautnerven bei Eintritt des Stromes an der betreffenden Stelle sehr gering. Die meisten motorischen Nerven zeigen am Menschen keinen Reizungseffekt beim Aufsetzen der grossen Glaselektrode auf die sogenannten motorischen Punkte. Nur der N. accessorius zeigt bei einzelnen Menschen eine gewisse Reizempfindlichkeit, wenn die Glaselektrode über ihn geführt wird. Auf die übrigen motorischen Punkte, insbesondere den N. ulnaris, cruralis, ischiadicus an ihren Reizungsstellen, kann man die Glasplatte bei den meisten Menschen aufsetzen, ohne dass ein Effekt sich bemerkbar macht.

Man könnte nun denken, dass der Strom in dieser Form überhaupt keine Reizungserscheinungen ausübt. Das ist aber keineswegs der Fall, wie der folgende, häufig wiederholte Versuch ergibt:

Hält man die Beine des im Liegen zu Untersuchenden leicht in der Kniekehle gebeugt und prüft die Patellarreflexe einmal ohne Strom und weiterhin so, dass der Strom durch die Glasflasche in der Schenkelbeuge über dem N. cruralis eingeführt, durch die Ferse derselben Seite ausgeführt wird, so tritt eine deutliche Steigerung beider Patellarreflexe auf, die auf der gereizten Seite entschieden stärker ist. Dass auch der Patellarreflex der anderen Seite gesteigert wird, dürfte daran liegen, dass der Übergang von Stromschleifen nicht zu vermeiden ist.

Diese Steigerung der Patellarreflexe unter der Einwirkung der oszillierenden Ströme ist besonders in solchen Fällen auffallend, in welchen die Patellarsehnenreflexe fehlen oder sehr schwach sind.

Bei einem 19jährigen Mädchen, das im 11. Jahre eine schwere Kopfverletzung erlitten hatte, liessen sich bei der Untersuchung trotz aller Handgriffe keine Patellarreflexe nachweisen. Tabes oder eine tabesähnliche Erkrankung musste ausgeschlossen werden. Sobald nun der oszillierende Strom fünf Minuten in der oben geschilderten Weise eingeleitet war, zeigten sich beide Patellarreflexe deutlich und kräftig.

Das gleiche gelang bei einem 32jährigen Mann, der eine Brustquetschung erlitten hatte, und bei dem es zweifelhaft war, ob das Beklopfen der Patellarsehnen von einem Reflex oder von einer fortgeleiteten geringen Erschütterung der Quadricepsmuskulatur gefolgt war. Hier zeigten sich wenige Minuten nach der Applikation des Stromes kräftige Patellarreflexe.

Versuche, bei einem Tabeskranken Patellarreflexe zu erzielen, blieben ergebnislos; auch gelang es bisher nur einmal den fehlenden Achillessehnenreflex in Erscheinung treten zu lassen.

Die Frage, ob diese Wirkung der Ströme eine direkte oder indirekte (durch die sensiblen Erregungen hervorgerufene) ist, muss ich unentschieden lassen. Ich neige aber der Auffassung zu, dass es sich hierbei um eine Steigerung des Tonus handelt.

Auf die Erscheinungen am Zirkulationsapparat des Menschen unter der Einwirkung der oszillierenden Ströme möchte ich nur kurz eingehen.

Meine erste Erfahrung bestand darin, dass in Fällen von Herzschwäche mit Vergrösserung der Herzdämpfung und des Herzschattens im Röntgenbild unter labiler lokaler Applikation sich die Herzdämpfung verkleinerte, d. h. lufthaltige Lungen wieder mehr das Herz überlagerten, während der Herzschatten im Röntgenbild zunächst keine Veränderung, dagegen im Laufe der Zeit bei einzelnen eine Rückkehr zur normalen Grösse erfuhr. Mit diesen Erscheinungen schwanden in vielen Fällen die subjektiven Herzbeschwerden.

Diese Erfahrungen gaben Veranlassung, mannigfache Untersuchungen über die Entstehung dieser Erscheinung zu machen. Zunächst maass ich in vielen Fällen vor und nach der Behandlung den Umfang des Brustkorbes durch die Höhe der Brustwarzen und konstatierte nach zehn Minuten dauernder labiler Behandlung der Brust und des Rückens vereinzelt eine Zunahme des Brustumfangs um 2 cm. Ich dachte zunächst daran, dass durch Verbesserung der Atmung die Lungenränder wieder lufthaltig geworden seien; indessen nahm der

Brustumfang in einzelnen Fällen sicher nicht zu, und doch trat diese Erscheinung auf, die vereinzelt nach ein bis zwei Stunden wieder dem früheren Verhalten Platz gemacht hatte. Man wird also neben der Einwirkung der Atmung noch an andere Momente, Beeinflussung der Gefäße, der Alveolarluft usw. denken müssen.

Sodann wurde das Verhalten des Blutdrucks kontrolliert. Dabei zeigte sich, dass die Einleitung der oszillierenden Ströme in die Gegend unterhalb der linken Brustwarze innerhalb von etwa fünf Minuten von einer Erhöhung des systolischen Blutdrucks gefolgt ist. Das gleiche war der Fall, wenn der Strom in der Fossa epigastrica eintrat und statt durch die Fersen durch eine Mastdarmelektrode abgeleitet wurde, so dass möglicherweise die Blutdruckerhöhung auf einer Verengung der Abdominalgefäße beruht. Jedenfalls wirkt der Strom auf den Blutdruck ein; in manchen Fällen folgt aber der Erhöhung im Laufe der Zeit eine Senkung, besonders in solchen, welche zuvor eine pathologische Steigerung des Blutdrucks zeigten. Interessant dürfte auch sein, dass bei stärkerer Durchströmung der Bauchhöhle mit den oszillierenden Strömen bei nicht besonders kranken Nieren eine starke Vermehrung der Urinausscheidung auftritt.

Dass auch das menschliche Herz selbst auf den Strom reagiert, liess sich an Beobachtungen des Herzschatens und der Herzbewegung auf dem Röntgenschirm zeigen. Leitet man den Strom im rechten Brustbein-Schlüsselbeinwinkel ein und an den Füßen aus, so wurde beobachtet, wie das ruhig schlagende Herz mit dem Eintreten des Stroms eine Änderung der Schlagfolge zeigte und meist nach einigen langsamen und stärkeren systolischen Zusammenziehungen in etwas verkleinertem Zustand zu schlagen fortfuhr.

Die Aufgaben, welche die Erforschung der verschiedenen Wirkungen oszillierender Ströme stellt, sind mit den vorstehenden Mitteilungen gewiss nicht erschöpft. Noch viele Untersuchungsfragen harren der Lösung, ich meine von den nächstliegenden nur die Untersuchung des Gefäßsystems im Pletysmographen, weiterhin den Einfluss der Ströme auf das Verhalten der Aktionsströme des Herzens, die Frage nach der Einwirkung der Ströme auf die Zellen und etwa unter ihrem Einfluss verlaufende Stoffwechselvorgänge. Ich kann hinzufügen, dass in letzterer Beziehung meine seitherigen Versuche negativ waren. Das kann aber sehr wohl bei anderer Anordnung anders werden.
