Zur technischen Kritik der Hochfrequenz-Therapie.¹⁾

Von Dr. Paul Grabley in Woltersdorfer Schleuse bei Berlin.

Die Stellungnahme vieler Internisten ist zur Hochfrequenztherapie noch abwartend und die Aufnahme der veröffentlichten Resultate vielfach noch skeptisch. Das ist bei der Vielseitigkeit der darauf bezüglichen Literatur auch erklärlich, zum Teil auch begründet durch negative Resultate bei einzelnen Nachprüfungen. Und doch müssen wir diesem jüngsten Zweig der Elektrotherapie Bedeutung beilegen.

Nach meinen Erfahrungen erklärt sich die Unstimmigkeit der Resultate aus der Schwierigkeit der Materie in physikalischer und technischer Beziehung. Ja, meine Herren, wenn Sie den gewiegtesten Physiker von Fach um die Erklärung bitten: „Was ist Elektrizität überhaupt?“, so wird er Ihnen sagen müssen: Das wissen wir nicht, aber wir wenden sie an.

Es ist hier also noch ein physikalisches Problem von

hoher Bedeutung zu lösen! Damit könnten wir Mediziner uns ja nun trösten, wenn wir in der Elektrotherapie Faktoren kinetischer Energie anwenden, über deren Wesen sich viele von uns nicht immer klar sind. Um diese Materie zu ergründen, könnten wir auch die schöne Frage stellen: „woher sie kam der Fahrt, und wie ihr Nam' und Art?“ Den Namen wissen wir stets, woher sie kommt zuweilen, — aber die Art?

Die Wesensart der hochfrequenten Ströme unterscheidet sich physikalisch von anderen elektrischen, kinetischen Vorgängen in charakteristischer Weise.

Wir demonstrieren das am besten durch die graphische Darstellung des Bewegungsvorganges, d. h. durch das Wellenbild, was ich nachher im Vergleich mit dem anderer Stromarten tun will. Erzeugt werden die hochfrequenten und hochgespannten Wechselströme dadurch, daß wir einen hochgespannten, sekundären Induktionsstrom auf ein System Leydener Flaschen (Kondensator) aufladen. Die aufgeladene Kapazität bringen wir durch eine Funkenstrecke zur Entladung und erzeugen dadurch in einem primären Schwingungskreise der Primär- oder Außenspule (Solenoid) primäre, hochgespannte und hochfrequente Wechselströme. Die Spannungsdifferenz zwischen den Enden der Primärspule beträgt etwa 2000 Volt. Diese Spannungsdifferenz transformieren wir in der sekundären (Innenspule) auf 20 000—30 000 Volt Spannung, d. h. wir erzeugen durch Induktion und Resonanz in der Innenspule einen noch höher gespannten, hochfrequenten, sekundären Wechselstrom. D'Arsonval hatte zunächst von der primären Spule den Strom entnommen, also mit primären Hochfrequenzströmen gearbeitet. Oudin schloß an die Primärspule eine zweite Spule an, in der durch Resonanz die Spannung verstärkt wurde. Die neueren Apparate schieben die Sekundärspule in die Primärspule ein, erzielen also eine höhere Spannung im sekundären Schwingungskreise durch Resonanz plus Induktion. Wenn wir vom freien Ende der sekundären Spule des Hochfrequenzapparates den Strom zur Behandlung entnehmen, so kann das in der verschiedensten Weise geschehen, und wir müssen uns dabei klar sein, daß jede Modifikation der Applikation eine solche der physiologischen Wirkung bedeutet. Wir können unterscheiden: 1. Auto-Konduktion auf dem Kondensatorbett oder durch unipolare Anwendung mit feuchten Metall-Elektroden; 2. Applikation mit Kondensator- und Vakuum-Elektroden; 3. durch Büschelentladung und Effluvia; 4. durch Funken.

Die Anwendungsweisen zu 1 und 2 können durch Erdung oder Nichterdung des behandelten Patienten modifiziert werden. Der menschliche Körper verhält sich dem kontinuierlichen, ihn durchströmenden Hochfrequenzstrom gegenüber wie ein echter Elektrolyt, d. h. wir können den isolierten Organismus aufladen mit Energie oder bei Erdung des Patienten die hochfrequenten Ströme im gleichen Sinne ihrer Bewegungsformen wie in Flüssigkeiten den Organismus durchfließen lassen.

Die Form der Elektronenwelle wird also nicht in ihrem Charakter, sondern nur in ihrer Schnelligkeit modifiziert.

Bei isolierter Aufladung stelle ich mir die physiologische Wirkung so vor, daß die elektrische Gleichgewichtslage der Zellen des Organismus wiederhergestellt wird. Da wir physiologisch gewöhnt sind, alle kinetischen Funktionen unserer Zellverbände, also mehr oder weniger die Funktionen aller Organe überhaupt, als elektrische Bewegungsvorgänge aufzufassen — cf. galvanische Zuckung der Muskelbewegung, der Nervenfasern etc. —, so ist die Hypothese berechtigt, daß im Stadium der latenten Energie, d. h. im Ruhezustand der Organe, schon eine gewisse Gleichgewichtslage ihrer Energie-Koeffizienten vorhanden sein muß. Ist diese gestört, muß auch die Äußerung der Energie, also der Funktionen, gestört sein.

Wenn wir von dieser Anschauung ausgehen, sehen wir, daß viele, anscheinend nervöse, rein funktionelle Störungen, also mannigfache Erscheinungen der Neurasthenie, als im innersten, feinsten Zusammenhange mit dem Leben der Zellen als organisch bedingt erklärt werden können. Die Veränderungen im Zellplasma, was Affinität und Dichtigkeit der Moleküle anbetrifft, sind so fein, daß sie für unsere klinisch beobachtende Diagnostik noch nicht wahrnehmbar sind, sich aber doch schon in einer Veränderung der elektrischen Gleichgewichtslage der Zellen aufklären können. Beweis dafür ist, daß das Elektrokardiogramm uns schon Herzveränderungen zeigen kann, die wir früher als rein nervös deuten mußten, weil wir mit unseren bisherigen Untersuchungsmethoden nichts anderes wahrnehmen konnten.

Bei Erdung pflanzen sich die gedämpften Sinuswellen im Plasma des Körpergewebes fort, und zwar im ganzen Körper, einerlei, ob wir im Kondensatorbett oder mit unipolarer, lokaler

¹⁾ Vortrag in der Inneren Sektion des Vereins für Innere Medizin und Kinderheilkunde in Berlin, I. VII. 1912.

Applikation behandeln. Dieser Bewegungsvorgang muß mit einem Mitschwingen der Plasmaflüssigkeit verbunden sein, die in der Struktur der Zellsubstanz eine oszillierende Bewegung erzeugt. Eine solche Oszillation erklärt zur Genüge den tonischen Reiz auf innere Organe, Herz, Darm, Blutgefäße. Bei der Behandlung mit Kondensator oder Vakuum-Elektroden legen wir zwischen Organismus und Strom einen Widerstand: die dünne Glaswand oder Hartgummiplatte der Elektrode. Der Strom erzeugt durch die Spannung und intensive Schwingung im Vakuum der Röhren das Teslalicht und tritt nun durch die Glaswand in Form feinsten Fünkchenentladungen in den Körper über. Wir haben also keinen kontinuierlichen Uebertritt des Stromes, sondern eine auf die Hautzellen reflektorisch wirkende, feinste Fünkchenentladung. Zur Wirkung kommen dabei eben diese feinsten Fünkchen, die einen tonischen und chemischen Reiz auf die Hautzellen ausüben, die ultraviolett Strahlen des Teslalichtes, die chemisch stark aktiv sind, und eine chemische Wirkung in der Spaltung des Sauerstoffs aus der Luft (es bildet sich salpetrige Säure). Sowohl von den Vasomotoren der Haut wie der Schleimhäute kommt reflektorisch eine tonisierende Wirkung auf Gefäße, Muskulatur und Eingeweide zustande. Auf die verschiedenen Formen der Vakuum-Elektroden, die jeweilig dem Bedürfnis der Applikation angepaßt sind, will ich hier nicht weiter eingehen.

Lassen wir die Fünkchenentladung in weiterem Abstände, als Büschelentladung oder Effluven, auf die zu behandelnde Hautpartie überspringen, so erhöhen wir damit den thermischen und chemischen Reiz. Sammeln wir diese Effluven in einer Strahlen- oder Spitzen-Elektrode, so kann dieser Reiz so gesteigert werden, daß wir sogar damit destruieren, verbrennen können.

Aus dieser Verschiedenheit der Applikationsform und -wirkung erklärt sich die Vielseitigkeit der Verwendbarkeit der Hochfrequenzströme.

Wir können daraus nun die Indikationen für nervöse und organische Affektionen innerer Organe (reflektorisch-tonisierende Wirkung), für trophische Störungen der Haut (tonisierende und chemische Wirkung), für Neubildungen (thermische koagulierende bis destruierende Wirkung) erklären. Hierher gehört eine Modifikation der Hochfrequenztherapie, für die ein besonderes Instrumentarium nötig ist: die Diathermie.

Daß Thermopenetration und Hochfrequenzbehandlung miteinander nahe verwandt sind, sehen wir aus der Ähnlichkeit der Wellenbilder. Die Hochfrequenz benutzt gedämpfte Sinuswellen, die Diathermie ungedämpfte. Wenigstens sind in praxi die Intervalle so nahe aneinander gedrängt, daß das Abklingen der Amplituden möglichst vermieden wird.

Nun gestatten Sie zum Schluß einen Hinweis, der manche Fehlresultate erklären muß.

Wir müssen unser Handwerkszeug prüfen, ob wirklich der verwandte Apparat auch echte Hochfrequenzströme liefert. Zu prüfen ist das durch Aufnahme des Funkenbildes auf den rotierenden Spiegel. Bei der Prüfung eines sogenannten transportablen Hochfrequenzapparates, der für relativ wenig Geld auf den Markt gebracht wird, fand ich zum Beispiel, daß das Funkenbild dieses Apparates ganz anders aussah als das Bild gedämpfter Sinuswellen. An dem Bilde wird

Ihen der Unterschied verständlich werden: $x = 1/50$ Sekunde zeigt eine Schließungszuckung „a“ und eine Öffnungszuckung „b“. Die Amplituden beider sind unregelmäßig; außerdem sind die von „b“ verschieden hoch, weil der Platinunterbrecher dieser Apparate unregelmäßigen Kontakt gibt. Bei ziemlich hoher Belastung, also großer Intensität, aber relativ geringer Frequenz, wirken diese ungleichartigen Amplituden von „a“ und „b“ wie ungleiche Stöße, schmerzhaft und reizend. Sie erzeugen ein unangenehmes, faradisches Gefühl.

Anders bei gedämpften Sinuswellen echter Hochfrequenzströme. Hier haben wir „y“ = $1/50000$ Sekunde, also: $x = 1000$ „y“, zeitlich berechnet. Außerdem zeigt die Phase „y“ gleichmäßige Amplituden nach

plus und minus, die allmählich oszillierend abklingen. Das Intervall „y“ ist gleich dem Zeitraum einer Funkenentladung. Mit der zeitlich nebenherlaufenden

Aufladung von Induktor auf den Kondensator setzt eine neue Phase „y 2“ ein. Zwischen „y 1“ und „y 2“ liegt das Intervall „z“, die Schwingungspause bis zur nächsten Kondensatorentladung = Aufladungsintervall von schwankender Dauer je nach Konstruktion der Apparate und Stellung der Funkenstrecke, $1/100 = 1/1000$. Wir sehen ohne weiteres den Unterschied der groben Stromstöße und der gleichmäßig oszillierenden Schwingungen, außerdem den wesentlichen, physiologischen Effekt der viel höheren Frequenz (1 : 1000). Es wird also gut sein, jedes neue System von Hochfrequenzapparaten technisch zu prüfen.

Zur Diathermie verwendet man, wie oben erwähnt, möglichst ungedämpfte Sinuswellen, also Schwingungen gleichbleibender Amplituden mit noch höherer Frequenz. Die Stromintensität, d. h. die Belastung, ist dabei höher.

Es handelt sich also bei der Diathermie um eine möglichst schnell schwingende, gleichmäßige Oszillation im Plasma des durchströmten Gewebes, wobei wir uns den thermischen Effekt sehr wohl als kinetisch entstanden erklären können.

Die Technik mußte also bemüht sein, die Pause „z“ möglichst abzukürzen oder ganz auszuschalten. Am vollkommensten tut das der Poulsensche Lichtbogenunterbrecher, der reine ungedämpfte Sinuswellen liefert, im Gebrauche aber sehr empfindlich und deshalb technisch unvollkommen ist; sehr zusammengedrängte Amplituden mit sehr verkürzten Intervallen liefern die bisher am meisten benutzten, aber kostspieligen Wechselstromumformerapparate. Die Konstruktion unseres Diathermieapparates baut sich auf zwei gegeneinander so verschobene Systeme gedämpfter Sinuswellen auf, daß die Amplituden des zweiten Schwingungskreises die Intervalle des ersten decken! (vgl. Figur). — Wir erzielen da-

durch eine genügend hohe Frequenz, und der Effekt ist der ungedämpfter Sinuswellen. Die zur Diathermie nötige höhere Intensität wird da-

durch erreicht, daß die Spulen der übereinander gewickelten Schwingungskreise nicht aus dünnem Kupferdraht, sondern aus dicken Kupferrohren bestehen. Die Kapazität solcher Röhrenspulen ist der der in Querschnitt gleich starken Vollspulen gleich.

Das Problem, hochgespannte Wechselströme genügend hoher Intensität (man braucht $1\frac{1}{2}$ —2 Ampère) mit möglichst hoher Frequenz bei direkten Anschluß an das Röntgeninduktorium zu erzielen, ist mit unserem Apparat gelöst.