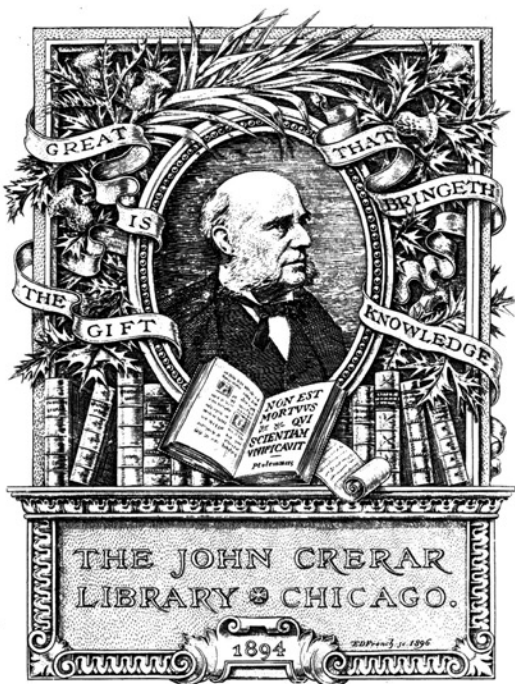


537.87

Q 402



Über Starkstromanlagen und electromedicinische Anschlussapparate

mit besonderer Berücksichtigung neuer
Gleichstromumformer für Galvanokaustik.

Von

Dr. med. M. Ruprecht

Specialarzt für Nasen-, Ohren- und Halskrankheiten
in Bremen.

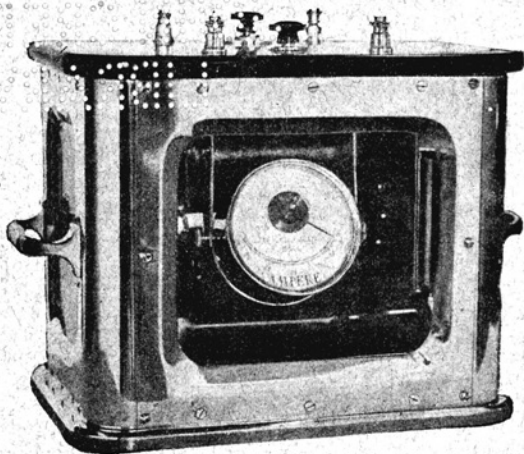


BERLIN SW. 11.

Verlag von Vogel & Krienbrink.

1904.

Weltausstellung Paris 1900 Goldene Medaille.



Weltausstellung Paris 1900 Goldene Medaille.

Moderne Anschluss-Apparate

mit Klingelfuss' Pat.-Transformatoren von höchstem Nutzeffekt, fast geräuschlosem Gang, grösster Haltbarkeit (langjährig erprobt).

Für Endoscopie und Galvanokaustik, bis 50 Amp. gebend.
Für Galvanisation, Elektrolyse, Kataphorese u. Faradisation.

Ferner Universal-Apparate für Kaustik, Endoscopie, Galvanisation, Elektrolyse, Kataphorese, Faradisation und Galvanofaradisation.

Umformer für reine sinusoidale Ströme.

Schalttafeln für elektro-physikalische Bäder.

Elektromotore und biegsame Wellen für kleine und grosse Knochen-Chirurgie.

Beleuchtungskörper für Operationssäle.

Röntgenapparate mit Klingelfuss' Pat. abgestimmten Induktoren, von höchster Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit.

Fr. Klingelfuss & Co., Basel (Schweiz).

Für Deutschland: Post St. Ludwig i. Els.

Über Starkstromanlagen und electromedicinische Anschlussapparate

mit besonderer Berücksichtigung neuer
Gleichstromumformer für Galvanokaustik.

Von

Dr. med. M. Ruprecht

Specialarzt für Nasen-, Ohren- und Halskrankheiten
in Bremen.



BERLIN SW. 11.

Verlag von Vogel & Kreienbrink.

1904.

A 20

Inhalts-Uebersicht.

	Seite
I.	
Einleitung. — Ohmsches Gesetz im Allgemeinen	1—6
II.	
Erzeugung und Lieferung des Starkstromes. — Zweileiter- und Dreileitersystem. — Gleichstrom, Wechselstrom, Spulenumformer, Drehstrom. — Umformung und technischer Werth des Drehstromes	6—16
III.	
Verwerthung des Wechsel- und Drehstromes für electromedicinische Anschlussapparate, für Endoskopie, Faradisation, sinusoidale Voltäisation, Kaustik, Galvanisation und Electrolyse. — Verwerthung für Motore, Röntgenapparate und die Dermolampe	17—25
IV.	
Verwerthung des Gleichstromes. — Allgemeines über Rheostaten. — Innerer und äusserer Widerstand. — Widerstände unserer Praxis. — Nachtheile der hohen Spannung, besonders bei der Galvanokaustik. — Einfache	

Vorschalt rheostaten. — Rheostaten mit Nebenschluss. — Spannung und Theilspannung. — Berechnung der Widerstands-, Spannungs- und Stromstärkenverhältnisse eines Nebenschlussrheostaten nach dem Ohmschen Gesetz und den Kirchhoffschen Regeln. — Rheostat mit Nebenschluss für Galvanokaustik . . .	Seite 25—38
---	----------------

V.

Mittel zur Verminderung der Gleichstromspannung. — Vortheile der Gleichstrom-Wechselstromumformer für Kaustik. — Der Umformer von Klingelfuss-Basel. — Der Umformer von Reiniger, Gebbert & Schall. — Technische Beschreibung des Apparates von Reiniger, Gebbert & Schall. — Verbesserte Einrichtung für Electrolyse bei beiden Apparaten. — Polarisationserscheinungen bei deren Gebrauch	38—55
---	-------

VI.

Allgemeine Anforderungen an Universalanschlussapparate. — Vergleich der bisherigen und der Umformerapparate. — Vergleich des Klingelfuss'schen und des Umformerapparates von Reiniger, Gebbert & Schall, insbesondere der Einrichtung für Faradisation. — Nutzeffectmessungen beider Apparate. — Umformer von Hirschwald. — Schluss . . .	55—77
---	-------





I.

Die Zahl der electricen Centralen ist in allen grösseren und mittleren Städten, sowie in kleinen Industrieorten und überall da, wo geeignete Betriebskräfte billig zur Verfügung stehen, in rascher Zunahme begriffen. Dieser Zunahme entsprechend muss auch das Interesse der Aerzte in steigendem Maasse darauf gerichtet sein, den von diesen Centralen gelieferten Strom für ärztliche Zwecke in möglichst vortheilhafter Weise zu benutzen.

Wenn wir im Folgenden das Problem einer möglichst zweckmässigen Ausnutzung des electricen Starkstromes eingehender erörtern, so werden wir uns dabei des Oeffteren mit den Beziehungen zu beschäftigen haben, welche obwalten zwischen Strom-Spannung, Strom-Intensität und Widerstand der Leiter. Diese Beziehungen sind im Ohmschen Gesetz dargelegt. Dieses lautet in Formel ausgedrückt

$$i = \frac{e}{w}$$

Betrachten wir zunächst die einzelnen Factoren dieser Formel: Unter e verstehen wir den Spannungsunterschied der beiden Pole, seien es die eines galvanischen Elementes, die des Contactes einer Starkstromleitung oder seien es die Polklemmen einer Dynamomaschine. e wird hervorgerufen durch die electromotorische Kraft (E. M. K.) der Stromquelle z. B. bei Berührung von Metallen und Säuren, wie beim galvanischen Element, oder durch Bewegung geschlossener Leiter in magnetischen Feldern, wie bei der Dynamomaschine. e ist direct proportional der E. M. K. eines Stromerzeugers. Die E. M. K. einer Stromquelle setzt sich zusammen aus der inneren Spannung, welche die Widerstände im Innern der Stromquelle bedingen, und der äusseren Spannung, die den Widerständen des äusseren Stromkreises entspricht. Unter e verstehen wir nur die äussere Spannung. Wenn im Folgenden schlechthin von Spannung gesprochen wird, ist stets diese äussere Spannung gemeint, mit welcher wir ja in erster Linie zu thun haben. Das Ohmsche Gesetz lautet in seiner Grundfassung:

$$i = \frac{\text{E. M. K.}}{w}$$

Da der innere Widerstand für uns aber eine constante Grösse ist, konnten wir auch einfacher setzen $i = \frac{e}{w}$. Die Maasseinheit für e ist das Volt = V. Ein Volt entspricht, praktisch ausgedrückt, etwa der Spannung, welche die E. M. K. eines Daniellelementes erzeugt.

Unter w verstehen wir den Widerstand eines Leiters, welchen er der Fortleitung des Stromes entgegensetzt. Dieser ist gleich einem specifischen Widerstand W_s , multiplicirt mit seiner Länge L und dividirt durch seinen Querschnitt Q , in Formel

$$w = \frac{W_s \cdot L}{Q}$$

Practisch gesprochen bedeutet das: Je länger und dünner ein Leiter, um so grösser ist bei sonst gleichen Verhältnissen sein Widerstand, um so viel schlechter leitet er; je dicker und kürzer, desto geringer ist sein Widerstand, desto besser leitet er also. Die Maasseinheit für w ist das Ohm = Ω ; das ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,06 m Länge und einem mm^2 Querschnitt bei einer Temperatur von 0° Celsius.

Unter i verstehen wir die Intensitätsstärke des electricen Stromes oder genauer: die Menge des in der Zeiteinheit durch irgend einen Widerstand fliessenden Stromes. Sie ist, wie die Spannung von der E. M. K. der Stromquelle abhängig und wird in ihrer Grösse bedingt durch das Verhältniss der Spannung e zum Widerstand der Leiter im Stromkreis. Sie ist e direct und w umgekehrt proportional. Die Maasseinheit für die Stromstärke i ist das Ampère, d. i. die Stromstärke, welche ein Strom von der Spannung e durch einen Leiter von 1Ω Widerstand hindurchgehen lässt.¹⁾

¹⁾ Ich habe es vermieden, die Maasseinheiten nach dem C. G. S. System physikalisch-mathematisch exact abzuleiten. Eine solche Ableitung würde ohne eingehende Darstellung des ganzen absoluten Maass-

Betrachten wir nun unsere Formel $i = \frac{e}{w}$, so lautet das Ohmsche Gesetz:

Die Stromstärke ist (im einfachen geschlossenen äusseren Stromkreis) gleich der Spannung dividirt durch den Widerstand.

Aus diesem Gesetz ergeben sich ohne Weiteres eine ganze Reihe von practischen Nutzanwendungen. Will ich z. B. eine möglichst grosse Stromstärke erzielen, so muss ich einen Strom von möglichst hoher Spannung und eine Leitung von recht geringem Widerstand, d. h. von möglichst gut leitendem Metall, möglichst geringer Länge und möglichst grossem Querschnitt haben.

Ein anderes Beispiel: Die Spannung sei als unveränderliche Grösse gegeben, z. B. in zwei Anschlusspolklemmen einer 110 V.-Stromleitung. Wünsche ich aus diesen einen möglichst grossen Strom zu beziehen, so brauche ich ja nur einen Platinbrenner, dessen Widerstand sehr klein — etwa $0,02 \Omega$ — ist, zwischen dieselben zu schalten. Vorsicht wäre aber bei diesem Experiment am Platze. Ein starkes zischendes Geräusch, ein blendendes Aufblitzen, das Schmelzen des Metalles und gewaltige Verbrennungen in der Umgebung würden die Folge sein, denn ich

systemes für den nicht orientirten Leser werthlos sein. Für eine solche Darstellung fehlt aber der Raum im Rahmen dieser Arbeit. Für die practische Anschauung dürften die gegebenen Maassbegriffe genügen, zumal sie sich ja in der Grösse annähernd mit den absoluten decken.

hätte einen sogenannten Kurzschluss verursacht. In diesem Falle wäre theoretisch

$$i = \frac{110}{0,02} = 5500 \text{ Ampère, d. h. der}$$

electrische Strom wäre in gewaltiger Stärke, practisch natürlich nur, soweit sie die Maschine durch die Leitung zu liefern im Stande ist, entfesselt worden. Was ein Strom von 5500 Ampères bei 110 V Spannung zu bedeuten hätte, kann man daraus entnehmen, dass eine gewöhnliche 16 N.K.-Lampe 0,5 Ampère Strom verbraucht. Man vergegenwärtige sich nun die Licht- und Wärmewirkung von 11000 16 N. K. - Glühlampen! Durch sogenannte Sicherungen sind indessen unsere Starkstromleitungen und ihre Umgebung genügend gegen leichtsinnige Experimentatoren und Kurzschlüsse geschützt. Es sind einfach an allen passenden Stellen Bleiplättchen in die Leitung eingefügt, welche nur eine bestimmte Strommenge — selten mehr als 15 Amp. in einer Hausleitung — hindurchlassen und sofort schmelzen und dadurch die Leitung unterbrechen, wenn mehr Strom in Anspruch genommen wird. — Wünsche ich nun aber aus denselben Polklemmen der 110 V.-Leitung einen möglichst schwachen Strom zu beziehen, so werde ich zwischen dieselben einen dünnen langen Leiter von schlecht leitendem Metall einschalten, etwa einen Neusilber- oder Nickelindraht oder auch einen dünnen Graphitstift, wie dies beides bei der Anwendung sogenannter Rheostaten geschieht oder ich werde den Strom, ehe ich ihn entnehme, durch den Kohlefaden einer

Glühlampe gehen lassen und diese so als sogenannten Vorschaltwiderstand benutzen, denn auf diese Weise vergrössere ich den Nenner des Bruches $\frac{e}{w}$ und mache so i kleiner.

Endlich eine weitere Nutzenanwendung des Ohmschen Gesetzes $i = \frac{e}{w}$: Kann ich e verdoppeln, so kann auch w doppelt so gross sein, ohne dass i geringer ausfällt. Denn $i = \frac{2e}{2w}$. Mit anderen Worten: Kann ich statt eines Stromes von 110 V. Spannung einen solchen von 220 V. verwenden, so braucht der Querschnitt der Leitung nur halb so gross zu sein, um die gleiche Stromstärke liefern zu können. Bei dem hohen Preis der zur Leitung verwendeten Kupferkabel ist dies ein Punkt von erheblicher ökonomischer Bedeutung, wie wir später sehen werden.

II.

Im Anschluss an diese Betrachtungen wollen wir nun den electrischen Strom von seiner Quelle an verfolgen bis zu den Apparaten, mit denen wir ihn uns nutzbar machen.

Von den Centralen wird der Strom als Gleichstrom oder als Wechsel- bzw. Drehstrom geliefert. Erörtern wir, was diese Arten der Stromlieferung für Vortheile und Nachtheile für unsere medicinischen Anschlussapparate bieten.

Der Gleichstrom wird in der Regel durch Dynamomaschinen erzeugt in Verbindung mit Accumulatorenbatterien, welche den das Verbrauchsquantum übersteigenden Ueberschuss des erzeugten Stromes aufspeichern und in die Leitung abgeben, sobald die Maschinen ausser Thätigkeit treten. Die Spannung beträgt meist 110—220 V. Bei grossen Bezirken liegt es im Interesse der Verwaltungen, die Spannung möglichst hoch zu wählen, und zwar umsomehr, je ausgedehnter das Stromnetz ist. Denn, wie wir oben bereits sahen, muss, je geringer die Spannung, desto grösser bei sonst gleichen Verhältnissen der Querschnitt des Leitungskabels sein. Da man wegen der vortheilhafteren Ausnutzung für den Kleinbetrieb eine Spannung von 110 V. nicht gern überschreitet, hat man sich genöthigt gesehen, bei grossen Stromnetzen auf jeden Bezirk von 800 m Radius eine electricische Kraftstation zu setzen; denn bei weiterer Fortleitung würde die dann nothwendige Verdickung der Kabel mehr Kosten verursachen als ein solches Netz von Centralen. Um nun diese Centralen etwas weniger dicht vertheilen zu müssen, benutzt man meistens das Dreileitersystem, dessen Princip darin besteht, in zwei Hauptkabeln einen Strom von 220 V. circuliren zu lassen und zwischen diese beiden ein drittes einzufügen, welches mit der Dynamomaschine so verbunden ist, dass zwischen ihm und jedem der beiden Hauptkabel eine Spannungsdifferenz von nur 110 V. herrscht.

Zu diesem Zwecke werden 2 Dynamomaschinen, die jede für sich 110 V. Strom-

spannung haben, hintereinander, d. h. so gekuppelt, dass ihre nicht gekuppelten Pole gegen einander eine Spannungsdifferenz von 220 V. haben. Diese freien Pole haben aber gegen die gekuppelten immer nur die Spannung einer Maschine, also 110 V. (S. Fig. 1.) Wie die drei Kabel von diesen Maschinen abgeleitet werden, ist ohne Weiteres aus der Zeichnung ersichtlich.

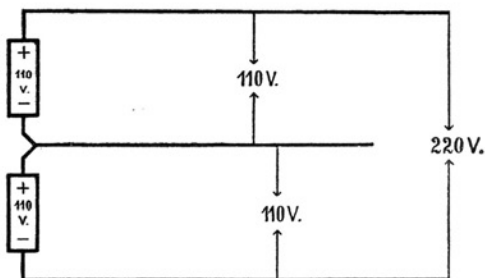


Fig. 1.

Ein solches Dreileitersystem erlaubt einmal eine dem Bedarfsquantum gut anzu-
passende Stromlieferung, indem sowohl 220 V.
wie 110 V. Strom abgegeben werden kann.
Sodann bedingt sie eine sehr erhebliche
Ersparniss an Leitungsmaterial trotz dreier
Kabel aus folgenden Gründen: Entsprechend
der verdoppelten Spannung dürfen die beiden
Aussenkabel ja um die Hälfte dünner sein,
würden also zusammen einem 110 V.-Kabel
von gleicher Länge entsprechen. Das Mittel-
kabel oder Ausgleichskabel aber kann noch
dünner sein als die Aussenkabel, da es

immer nur geringe Strommengen führt. Die Anschlüsse an die Kabel werden nämlich so vertheilt, dass zwischen jedes Aussenkabel und das Ausgleichskabel ungefähr gleich viel Widerstände — also etwa gleichviel Hausanschlüsse und innerhalb dieser wieder gleich viel Lampen u. s. w. — geschaltet werden. Die Summe der Widerstände zwischen dem einen Aussenkabel und dem Ausgleichskabel und die Summe der Widerstände zwischen diesem und dem anderen Aussenkabel sind also durch Vermittelung des Ausgleichskabels gewissermaassen hintereinander zwischen die beiden Aussenkabel geschaltet. Sind diese beiden Summen gleich, so führt das Ausgleichskabel überhaupt keinen eigenen Strom in ganzer Länge, sondern dient nur zur Herstellung der Verbindung der beiden Widerstandssummen. Sind diese Summen ungleich, so gleicht das Mittelkabel den Unterschied der Strommenge aus und ersetzt ihn. Bei guter Vertheilung der Anschlüsse wird also das Ausgleichskabel immer nur in sehr geringem Maasse in Anspruch genommen. Die Kupferersparniss bei diesem System ist so erheblich, dass der Wirksamkeitsradius einer Kraftstation mit Dreileitersystem von 110 V. auf 1200—1700 m bei gleicher Nutzleistung und gleichem Vortheil ausgedehnt werden kann, obwohl eine zweite Maschine erforderlich ist. Auch die 220 V.-Leitungen werden jetzt meist nach dem Dreileitersystem hergestellt. Die Aussenleiter haben dann eine Spannungsdifferenz von 440 V.

Da wir bei unseren medicinischen Apparaten immer nur mit geringem Stromverbrauch zu rechnen haben, ist es klar, dass wir bei Dreileitersystem immer die geringere Spannungsdifferenz, also ein Aussenkabel, und das Ausgleichskabel zum Anschluss wählen werden.

Zur Erzeugung sehr hoher Spannungen sind die complicirten Gleichstrommaschinen, welche einen in stets gleicher Richtung fließenden Strom liefern, wegen Schwierigkeiten der Isolirung wenig brauchbar. In hohem Maasse aber eignen sich dazu die einfachen Wechselstrommaschinen, bei welchen man die bei einfachster Art der maschinellen Stromerzeugung (Vgl. z. B. die ganz einfachen magnetelectrischen Maschinen, wie sie in jedem Lehrbuch der Physik abgebildet sind) ja ohnehin stets wechselnde Richtung des Stromes in Kauf nimmt und auf die Stromwender, welche bei den complicirten Gleichstrommaschinen dem Strom immer die gleiche Richtung geben, verzichtet. Gleichstrommaschinen baut man höchstens bis zu Spannungen von 1000 V., Wechselstrommaschinen aber können Spannungen von 10 000 V. und darüber erzeugen. Ausserdem ist man bei Wechselstrom aber in der Lage, die Spannungen in der einfachsten Weise zu vermehren oder zu vermindern und in Stromstärke umzuwandeln. Diesem Zwecke dienen die sogenannten Transformatoren.

Wie diese wirken, das können wir uns an jedem der allbekanntesten Schlitteninductionsapparate klarmachen. Wir haben da über einem

Eisenkern eine primäre und eine secundäre Spule, die erstere in der letzteren steckend. Durch eine Unterbrechungsvorrichtung wird der primäre Gleichstrom in rascher Folge unterbrochen und wiederhergestellt. Bei jeder Oeffnung und Schliessung wird in der secundären Spule ein Inductionsstrom erzeugt, der durch die von dem Eisenkern ausgehenden Kraftlinien gesteigert wird. Der bei der Schliessung des primären Stromes erzeugte Inductionsstrom läuft dabei in umgekehrter Richtung, wie der bei der Oeffnung erzeugte. Schicke ich nun statt des Gleichstromes einen Wechselstrom in die primäre Spule, so brauche ich keinen Unterbrecher und erhalte in der secundären Spule ohne Weiteres einen entsprechenden Inductionswechselstrom. Wähle ich für die secundäre Spule einen recht dicken Wicklungsdraht und gebe ihr weniger Windungen als der primären, von einem hochgespannten Strom durchflossenen Spule, so wird dieser secundäre Strom grössere Stärke und geringere Spannung haben, denn $i = \frac{e}{w}$. Wähle ich einen möglichst dünnen Draht mit möglichst vielen Windungen für die secundäre Spule und schicke einen starken Strom durch die primäre Spule, so werde ich einen secundären Strom von grösserer Spannung und geringerer Stärke erhalten, denn $e = i \cdot w$. Die Veränderung der Stromstärke ist also bedingt durch das Verhältniss der Drahtdicken auf der primären und secundären Spule. Die Veränderung der Spannung hingegen ist im Wesentlichen durch das Verhältniss der Zahl

der Windungen auf beiden Spulen bedingt. Jede volle Drahtwindung ist gewissermaassen ein Spannungselement.

Wir haben damit das Princip der Spulen-Umformer oder Transformatoren, wie sie in einfachster Weise zur Umformung von Wechselstrom gebräuchlich sind, kennen gelernt und dabei gesehen, dass ein gewöhnlicher Inductionsapparat eigentlich auch nichts anderes ist als ein Umformer. Nur ist er im gewöhnlichen Gebrauch auch noch ein sogenannter Umwandler oder Converter dazu, denn er verwandelt eine Stromart in die andere, Gleichstrom in Wechselstrom.

Noch grössere Vortheile als der einfache Wechselstrom bietet für die Technik der Drehstrom oder Mehrphasenstrom. Man erzeugt diesen, indem man zwei oder mehr Wechselströme, meist drei, von gleicher Stärke in gesonderten Leitungen an ihren Bestimmungsort führt und sie vereint auf die dort befindlichen Maschinen einwirken lässt.

Um uns die Wirkung eines solchen Drehstromes ein wenig näher zu bringen, wollen wir zunächst einen einfachen Wechselstrom durch eine Curve darstellen :

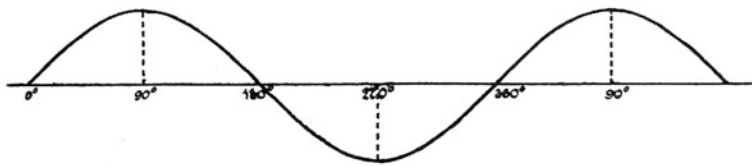


Fig. 2.

Der Strom steigt von $0-90^{\circ}$ zu einem Maximum, wechselt dann bei 90° die Richtung und fällt dann wieder auf 0 ab und steigt in entgegengesetzter Richtung bis 270° zu einem Maximum, um nach Richtungswechsel abermals auf 0 abzufallen und dasselbe Spiel wieder zu beginnen. In dem Augenblick des Richtungswechsels, also bei 90° und 270° , wirkt kein Strom auf die Maschinen ein. Diese Stromumkehren sind tote Punkte. Die Zeit einer vollständigen Stromumkehr, also von 0° bis 360° , nennt man eine Periode. Die Periode zerlegt man in ihre einzelnen Abschnitte oder *Phasen*. Würden nun die Phasen der drei einfachen Wechselströme, aus denen ein Drehstrom sich zusammensetzt, gleich sein, d. h. würden Richtungswechsel, Stromab- und -zunahmen zeitlich übereinstimmen, so hätte ich nur wieder einen einfachen Wechselstrom, der die Summe der drei ihn zusammensetzenden Wechselströme darstellte. Werden aber die Phasen dreier sonst nach Periode, Spannung und Stärke gleicher Wechselströme gegeneinander verschoben, wie die folgende Curve hier veranschaulicht, so erhalten wir den sogenannten Mehrphasen- oder Drehstrom:

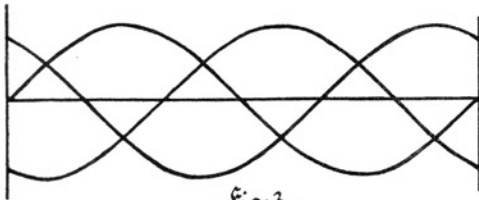


Fig. 3.

Statt nun drei Wechselstrommaschinen zu verwenden, kann man einen solchen 3 phasigen Wechsel- oder Drehstrom auch durch eine einzige entsprechend gebaute Maschine erzeugen lassen. Und statt je zwei Leitungen (hin und zurück) für jeden der einzelnen Wechselströme, also in Summa 6 Leitungen zu benutzen pflegt man die 3 einzelnen stromgebenden Spulen mit je einem Pol hintereinander zu kuppeln. Dabei erspart man 3 Leitungen und lässt so die Stärkedifferenzen der drei Ströme untereinander sich ausgleichen und vereinigen. Um den Effect dieser Drehströme nun genauer kennen zu lernen, müssten wir uns in die dabei zu berücksichtigenden Phasenverschiebungen, Phasenunterschiede, Inductions- und Extrastrome und all deren Resultanten vertiefen, was uns im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen würde, zumal da uns diese Dinge für unsere Apparate und Zwecke vorläufig wenig nützen.

Als Drehstrom bezeichnete man den mehrphasigen Wechselstrom deshalb, weil er direkt und sehr vortheilhaft zum Betrieb sehr einfach construirter Motoren verwendet werden kann. Zwar kann man auch mit einfachem Wechselstrom sehr einfache Motoren treiben. Diese haben aber den Nachtheil, dass sie nicht von selbst mit Belastung angehen.

Die Einfachheit der Drehstrommotoren erleichtert es, den Drehstrom, sobald dies in grösseren Betrieben wünschenswerther ist, in Gleichstrom zu verwandeln, indem man einfach durch einen solchen Motor eine Gleich-

strommaschine treiben lässt. Bei geringem Stromverbrauch ist natürlich eine solche Verwandlung immer noch recht kostspielig. Zur Umformung ist der Drehstrom genau in gleicher Weise geeignet wie der Wechselstrom, also auch vermittelt einfacher Spulenumformer.

Die eigenartige physiologische Bedeutung der Wechselströme wurde früher gewürdigt, als ihre eminente technische Verwerthbarkeit. Was man durch Wechsel- bzw. Drehstrom zu leisten vermag, das bewies zum ersten Mal in klassischer und für jeden Besucher unvergesslicher Weise die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft in Berlin auf der Frankfurter Electrotechnischen Ausstellung im Jahre 1891. In drei über Telegraphenstangen laufenden Kupferdrähten von nur 4 mm Durchmesser wurde die durch eine Turbine nutzbar gemachte Kraft des Neckarfalles bei Lauffen auf 175 km Entfernung nach Frankfurt übertragen, um dort ein Pumpwerk für einen mächtigen Wasserfall von 10 m Höhe und daneben 1000 Glühlampen zu speisen. Und dabei betrug der Kraftverlust in dieser 175 km langen Leitung nicht mehr als 15%. Die Stromspannung in der Leitung betrug 14 000 V., die Stärke 4,3 Amp. In Frankfurt wurden die Ströme umgeformt auf ca. 100 V. und ca. 600 Amp. und in dieser Form nutzbar gemacht.

Wie fruchtbringend diese Demonstration gewirkt hat, dafür liefert die Schweiz den besten Beweis: Fast auf Schritt und Tritt,

möchte ich sagen, begleiten den aufmerksamen Wanderer dort die Hochspannungsleitungen und die Umformerhäuschen. Fast jedes Dorf hat auf diese Weise seine elektrische Kraftversorgung. Die Jungfraubahn wird in entsprechender Weise betrieben, indem durch mächtige Turbinenanlagen die Kräfte eines Gletscherbaches, der schwarzen Lutschine, dienstbar gemacht werden. Durch diese wird im Lüttschinenthal ein Drehstrom von 7000 V. Spannung erzeugt, der in drei dünnen Drahtleitungen bis in die Regionen ewigen Eises zu den einzelnen Umformerstationen geleitet und hier auf eine Spannung von 600 V. umgeformt, den Drehstromlokomotiven der Bahn zugeführt wird. — Bei Thun ist nach gleichem Princip eine elektrische Vollbahnstrecke zu Versuchszwecken eingerichtet, und es ist wohl eine Frage der nächsten Jahrzehnte, dass die Schweiz, die ja keinerlei eigene Kohlenproduction hat, sich in dieser Beziehung vom Auslande unabhängiger macht, indem sie ihre riesigen Wasserkräfte zum electrischen Betrieb ihrer Bahnen heranzieht. — Ganz merkwürdig muthet es besonders an, dass sogar Drahtseilbahnen, welche früher mit einfacher Wasserbelastung betrieben wurden, jetzt mit grösserem practischen Nutzen nach Umsetzung der Wasserkraft in electrische Energie electrisch betrieben werden. Man sollte eigentlich annehmen, eine vortheilhaftere Betriebskraft als jene einfachste Umsetzung potentieller in kinetische Energie könne es nicht geben!

III.

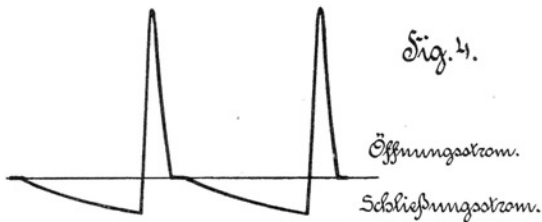
Für den geringen Electricitätsbedarf unserer electro-medicinischen Apparate können wir uns nun nicht gut Wechselstrom-Gleichstrom-Umwandler und Umformer anschaffen und deshalb ist das Beste an den Wechsel- und Drehströmen, wenn wir sie bezüglich ihres Werthes für unsere Anschlussapparate betrachten, dass sie zur selbstständigen Ausnutzung für kleinere Betriebe in kleinen, über den Bereich des Stromnetzes vertheilten Umformerstationen meist nicht nur auf eine gewöhnliche Spannung von ca. 110 V. umgeformt, sondern auch gleich in Gleichstrom umgewandelt und als Gleichstrom abgegeben werden. Denn Wechselstrom ist für alle electrolytischen Betriebe, Vernickelung, Galvanoplastik, Laden von Accumulatoren etc. nur indirect, d. h. nach Umwandlung in Gleichstrom verwerthbar. Wir haben dann im Zuleitungsnetz die oben beim Gleichstrom geschilderten Verhältnisse. Auf die Ausnutzung des Gleichstromes für unsere Zwecke werden wir unten genauer eingehen.

In Industriegegenden aber, wo die motorische Verwerthung des Stromes alles Andere in den Hintergrund drängt und auch in manchen grösseren Städten muss der Arzt auch den Wechsel- oder Drehstrom für seine Apparate ausnutzen, denn er bietet gegenüber Batterien und Accumulatoren doch noch viele Vortheile. Wir müssen daher doch seine Verwerthbarkeit in dieser Hinsicht untersuchen.

Für die Endoskopie ist es ziemlich gleichgiltig, ob wir Wechselstrom oder Gleichstrom haben. Denn die Wärmewirkungen, also auch Lichtwirkungen der electricischen Ströme in den Leitern sind von der Stromrichtung unabhängig. Wir werden später sehen, dass diese Thatsache uns bei der Ausnutzung des Gleichstromes für die Kaustik einen grossen Vortheil verschafft. Für Endoskopie liegen die Verhältnisse also ebenso, wie wir dies beim Gleichstrom sehen werden. Für Faradisation und Kaustik kommen wir mit unseren Anschlussapparaten sogar erheblich billiger weg, als bei Gleichstrom. Zur Faradisation braucht nur ein einfacher, die Spannung vermindern-der und die Stromstärke regulirender Rheostat eingefügt zu werden. Eventuell würde sogar der Lichtrheostat dafür genügen. Man hat dabei noch den Vortheil, dass die Faradisationsströme nicht aus den steil ansteigenden und ungleichen Stromstössen eines Inductionsapparates bestehen.

Bekanntlich läuft hier bei der Schliessung der durch Selbstinduction hervorgerufene Extrastrom dem Inductionsstrom entgegen und schwächt ihn. Bei Oeffnung läuft er in gleicher Richtung und verstärkt ihn. (Vgl. Fig. 4.) Die durch grosse Maschinen erzeugten Wechselströme bestehen aber aus gleichmässig nach Art einer Sinuscurve an- und abschwellenden Stromwellen, die bei Wechselstrom einphasig, bei Drehstrom mehrphasig sind. (Vgl. die Curven Seite 12 u. 13.) Bei Applicirung dieser sogenannten „sinu-

soidalen Voltaisation“ werden nun, da der Reiz geringer ist, grössere Stromstärken ertragen, als bei gewöhnlichen Inductionsströmen. Statt eines Rheostaten kann natürlich auch ein einfacher Spulenumformer zur Faradisation gebraucht werden.



Indessen ist die practisch - diagnostische oder therapeutische Sonderbedeutung dieser Ströme vorläufig wohl ziemlich unbedeutend. Der Physiologe wird im Allgemeinen bei seinem Du Bois Reymond'schen Schlittenapparat mit der Helmholtz'schen Modification des Wagner'schen Hammers bleiben. Diese sinnreiche Modification gleicht bekanntlich die Verschiedenheiten des Schliessungs- und Oeffnungsstromes annähernd aus. In der Praxis haben wir aber mit unendlich viel größeren Wirkungen zu rechnen als am Nerv - Muskelpräparat des Froschschenkels. Da stellt der inducirte Strom in erster Linie eine practisch verwerthbare Kraft dar, um auf dem Wege der Nervenleitung durch Reizung die Muskeln in irgend eine Thätigkeit zu setzen.

Etwas ganz Besonderes vermögen wir mit der „sinusoidalen Voltaisation“ weder in diagnostischer noch therapeutischer Hinsicht

zu leisten, wenn auch dem schwierigen und klangvollen Wort an sich eine kräftige suggestive Wirkung für Patienten einer gewissen Gruppe zukommen mag. —

Um den Wechselstrom für Kaustik nutzbar zu machen, braucht man ihn nur durch die Windungen einer primären Spule zu führen und darüber eine secundäre Spule zu schieben, deren Windungszahl und Drahtstärke eine möglichst vortheilhafte Umformung herbeiführt, ähnlich wie wir das bei der Besprechung des Gleichstromtransformators für Kaustik sehen werden.

Aber Galvanisation und Electrolyse — da beginnen bei Wechselstrom die Schwierigkeiten. Um dazu den Wechselstrom zu verwerthen, müssten wir einen Motorumformer, d. h. einen mit einer Gleichstrom-Dynamomaschine gekuppelten Wechselstrommotor haben, und dessen Beschaffung würde nicht nur die Ersparnisse bei Faradisation und Kaustik illusorisch machen, sondern den Anschluss eines Universalapparates für Kaustik, Faradisation, Licht und Galvanisation ca. um ein Drittel bis die Hälfte theurer machen als den entsprechenden Gleichstromanschlussapparat. Der Practiker wird daher in der Regel den theuern Motortransformer durch eine galvanische Batterie ersetzen. Accumulatoren wird er meist auch nicht nehmen können, denn diese können, wie schon erwähnt, nicht mit Wechselstrom geladen werden, müssten also zu diesem Zweck jedes Mal aus dem Hause geschickt und irgend einer Firma zum Laden übergeben werden.

Für Drehstrom gilt bezügl. der Galvanisation natürlich das Gleiche wie für Wechselstrom.

Was die Wechselstrommotoren für den ärztlichen und zahnärztlichen Gebrauch anlangt, so sind diese zum Theil zwar einfacher und auch billiger als Gleichstrommotoren. Die billigeren haben aber, wie schon oben erwähnt, den Nachtheil, dass sie nicht mit Belastung angehen, und alle kann man gegebenen Falles schwer verkaufen, denn sie sind immer für eine bestimmte Periodenzahl in der Minute gebaut und diese ist an verschiedenen Orten oft verschieden. Die neuen Wechselstrommotoren gehen auch mit Belastung an, was die älteren einfacheren Inductionsmotoren nicht thaten, sind aber dafür im Preise auch den Gleichstrommotoren ziemlich gleich geworden. Drehstrommotoren sind, da ihre Tourenzahl nicht so genau regulirbar ist, für medicinische Zwecke ausser bei Motortransformern nicht verwendbar. Man kann zwar Drehstrom stets als Wechselstrom benutzen, indem man zwei Leitungen ausschaltet und nur eine benutzt. Dann hat man aber wieder die oben erwähnten Nachtheile der Wechselstrommotoren.

Für den Anschluss von Röntgenapparaten ist der Wechsel- und Drehstrom zwar Accumulatoren wohl vorzuziehen, aber erheblich ungünstiger als Gleichstrom. Es muss entweder ein Wechselstrommotor aufgestellt werden, der durch Kuppelung mit einer Dynamomaschine Gleichstrom liefert oder es muss ein Turbinenunterbrecher verwandt werden, welcher durch einen kleinen synchron

laufenden Wechselstrommotor betrieben wird und dafür sorgt, dass immer nur Stromstösse gleicher Richtung durch die primäre Spule laufen. (S. Fig. 5)

Natürlich ist dabei eine Beschleunigung der Unterbrechungen ausgeschlossen. Die Unterbrechungsfrequenz entspricht vielmehr stets der Periodenzahl des Wechselstromes. Dies ist ein nicht zu unterschätzender Nachtheil; denn von der Frequenz der Unterbrechungen hängt beim Röntgenapparat die Helligkeit des Bildes auf dem Bariumplatin-cyanürschirm in erster Linie ab und dementsprechend bei Röntgenaufnahmen die Expositions-dauer. Dass der synchron laufende Motor nicht von selbst angeht, sondern durch eine Handkurbel erst in die richtige Geschwindigkeit gebracht werden muss, ist auch eine wenig angenehme Erschwerung der Handhabung. Die electrolytischen Unterbrecher arbeiten zwar auch bei Wechselstrom, aber viel ungleichmässiger als bei Gleichstrom, sind daher nicht zu empfehlen.

Dass ungenügende Unterbrechungsfrequenzen bei Röntgenaufnahmen nach dem oben Gesagten indirect einen Mehrverbrauch von Strom zur Folge haben müssen, ist ohne Weiteres einleuchtend. Denn je heller das Bild, desto kürzer die Besichtigungszeit und Expositions-dauer. Im Grossen und Ganzen ist dem Punkt Oekonomie im Stromverbrauch bei den Röntgenapparaten bislang nicht viel Beachtung geschenkt, da weniger der Stromverbrauch, als die Zerbrechlichkeit der Lampen und deren hoher Anschaffungspreis, Reparaturen und Ab-

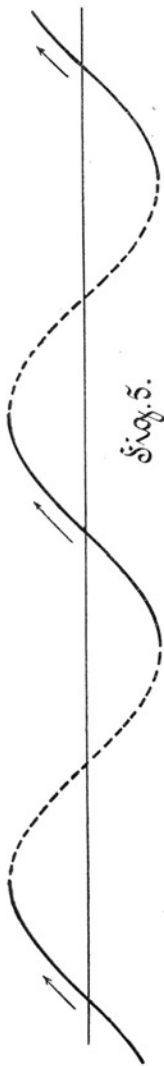


Fig. 5.

nutzung die Röntgenuntersuchungen und Aufnahmen und die Behandlung mit Röntgenstrahlen teuer machen.

Ich möchte an dieser Stelle noch eines anderen Apparates Erwähnung thun, der Dermolampe, welche durch die Electricitätsgesellschaft „Sanitas“ in Berlin unter Zuhilfenahme wenig erfreulicher Reclame eine ziemliche Verbreitung gewonnen hat. Die Dermolampe arbeitet ziemlich gleich gut mit Wechsel- oder Gleichstrom. Wenigstens bei der bisherigen senkrechten Anordnung der Electroden, die nur einen Theil des erzeugten Lichtes nutzbringend verwerthen lässt. Im Allgemeinen ist ja sonst Gleichstrom für Bogenlicht vortheilhafter, weil die Richtung des Lichtbogens dabei immer dieselbe bleibt. Die Dermolampe erfordert bei beiden Stromarten einen eigens für sie gebauten Rheostaten, da sie ziemlich viel Strom, ca. 5—10 Amp. bei ca. 40 V. Spannung, gebraucht. Eine solche Stromstärke würden unsere Umformer oder Rheostaten für Kaustik zwar hergeben, aber nicht mit der nöthigen Spannung. Im Uebrigen kann ich in technischer Hinsicht über die Dermolampe kein allzu günstiges Urtheil abgeben. Ich will nur die Thatsache feststellen, dass ich sonst noch von keiner deutschen Firma, die sich mit der Herstellung electromedicinischer, ernst zu nehmender Apparate befasst, eine dem Preise so wenig entsprechende, so ungenaue und unsaubere Arbeit gesehen habe, wie bei der mir vor ca. 1½ Jahren gelieferten Lampe nebst Zubehör. — Die Wirkung der Lampe ist ja

recht gut und übertrifft, wenn sie auch durchaus noch kein Allheilmittel gegen Lupus darstellt, doch die bisherigen Lupus - Behandlungsmethoden an Einfachheit Milde und Erfolg in den meisten Fällen.

Ich habe das Wenige, was ich über Röntgenapparate und Dermolampe sagen will, hier gleich erledigt, um bei der Besprechung der Gleichstromverwerthung nicht mehr auf sie zurückkommen zu müssen.

IV.

Wenden wir uns nun dem Gleichstrom zu, indem wir seine Vortheile und Mängel für unsere Zwecke betrachten. Bei der Besprechung des Wechselstromes wurde bereits erwähnt, dass die Verwendung des Gleichstromes in den Leitungsnetzen bei Weitem die des Wechselstromes überwiegt. Es wird daher von besonderer Wichtigkeit sein, dass wir für Gleichstrom möglichst zweckmässige Anschlussapparate erhalten. Ich hoffe darlegen zu können, dass wir in dieser Richtung einen sehr wesentlichen Schritt vorwärts gethan haben.

Einen Gleichstrom von 110 V. können wir bekanntlich nicht ohne Weiteres zum Betriebe unserer electromedicinischen Apparate benutzen, noch weniger einen solchen von 220 V.

Je geringer die Spannung, um so vortheilhafter, je höher, um so nachtheiliger für unsere Zwecke, denn alle Spannung durch

Widerstände vermindern den Apparat arbeiten unökonomisch. Höhere Spannungen als ca. 12 V. sind für uns kaum je erforderlich, und die geringste noch gebräuchliche Spannung in Starkstrom-Leitungsnetzen beträgt immerhin 55. V. Die Anpassung des Starkstromes für den Bedarf unserer Apparate geschieht bei den bisher gebräuchlichen Anschlussapparaten fast durchweg durch Rheostaten. D. h. in den Stromkreis werden regulirbare Widerstände von Nickelindraht oder Graphit eingefügt, welche einen Theil des überflüssigen Stromes zurückhalten, ihn gewissermaassen abdrosselnd wie ein enges Rohr die Menge des hindurchströmenden Wassers, und einen andern mehr oder weniger beträchtlichen Theil aus dem Nutzstromkreis ausschalten und unschädlich vernichten oder in Joule'sche Wärme verwandeln, d. h. nutzbar in eine andere Kraft umsetzen und somit verbrauchen. Um zu verstehen, in welcher verschiedener Weise dies bei den einzelnen Arten der Stromverwendung geschieht, müssen wir wieder auf das Ohm'sche Gesetz zurück-

kommen: $i = \frac{e}{w}$.

w setzt sich zusammen aus dem inneren Widerstand der Strom erzeugenden Maschine und dem äusseren Widerstand, den der äussere Stromkreis bietet, also der menschliche Körper, die Gewebssäfte, ein Kohlefaden, eine Platinschlinge oder der Widerstand der primären Spule eines Inductionsapparates.

Damit nun ein electricischer Strom unter möglichst vortheilhaften Be-

dingungen arbeiten könne, muss der innere Widerstand dem äusseren möglichst entsprechen, d. h. die Spannung, deren Grösse ja durch den inneren Widerstand der Stromquelle bedingt und sein indirecter Ausdruck ist, soll, soweit zugänglich, dem äusseren Widerstand, d. h. dem Widerstand im äusseren Stromkreis, angepasst sein, damit die Stromstärke möglichst zur vollen Ausnutzung kommt.

Der äussere menschliche Körper bietet Widerstände von ca. 500 - 6000 Ω , je nach Electrodengrösse und Hautfeuchtigkeit. Die Gewebsflüssigkeiten des Körpers von ca. 200 Ω , die gewöhnlichen endoskopischen Glühlampen ca. 25 Ω . Die gewöhnlichen Platinbrenner bieten dagegen nur ca. 0,02 Ω Widerstand, d. h. $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{300\,000}$ der gewöhnlichen

Widerstände des menschlichen Körpers. Bei den höheren Widerständen könnte ich also, rein vom Standpunkt des Energieverbrauches gesprochen, die 110 V.-Spannung des Starkstromes voll ausnutzen und brauchte nur die Stromstärke zu reguliren. Da die hohe Spannung aber ein unangenehmes Stechen und Brennen beim Aufsetzen und Entfernen der Electroden verursacht, muss ich sie auch bei der Galvanisation geringer machen. Auch die Endoskopie-lämpchen vertragen nicht ohne Schaden Spannungen über 12 V. Also auch da muss eine Spannungsverminderung eintreten.

Je geringer der äussere Widerstand wird, desto unvortheilhafter wird die hohe Spannung. Eine Glühlampe von 16 N. K. hat

ca. 220 Ω Widerstand und braucht bei 110 V. ca. 0,5 Amp. Das ist eine vorzügliche Ausnutzung der Spannung, denn $\frac{110}{220} = 0,5$. —

Ein Endoskopiellämpchen verbraucht bei 8 V. Spannung ca. 1 Amp. Strom. Die überschüssige Spannung von ca. 103 V. geht daher der Nutzwirkung verloren und wird durch besondere Rheostaten verbraucht und unschädlich gemacht, z. Th. auch in Wärme verwandelt. Das ist immerhin schon eine ökonomisch ziemlich schlechte Ausnutzung. Denn solch ein Lämpchen von ca. 3 N. K. verbraucht auf diese Weise ebenso viel Energie, wie etwa drei 16 kerzige Glühlampen, also in Geld ca. 9—12 Pfennig pro Stunde.

Ganz gewaltig viel schlechter ist es aber bei der Kaustik! Eine Platinschlinge von 16 mm Länge und 0,6 mm Querschnitt hat einen Widerstand von ca. 0,02 Ω und braucht, um weissglühend zu werden, eine Stromstärke von 27,5 Amp., wobei eine Spannung von 4—6 V. völlig ausreichend ist.

Die Stromstärke von 27,5 Amp., welcher die oben genannte Platinschlinge zur Weissgluth bedarf, würde genügen, um 55 Glühlampen von je 16 N. K. zu speisen. Eine solche Glühlampe hat 220 Ω Widerstand, verbraucht

also bei 110 V. nach der Formel $i = \frac{e}{w}$

$\frac{110}{220} = 0,5$ Amp. Mit 27,5 Amp. kann ich also

$\frac{27,5}{0,5} = 55$ derartige Lampen, also ein

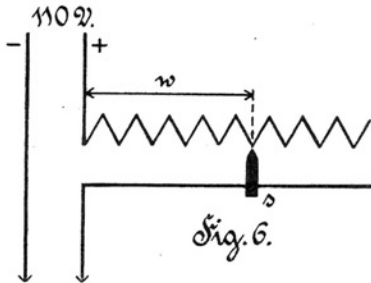
ganzes Glühlichtbad speisen!

Der Energieverbrauch, welcher seinen Ausdruck im Product der verbrauchten Volts und Ampères in dem Watt oder Voltampère genannten Maasse findet, würde mithin $= 110 \times 27,5 = 3025$ Watt sein. Es hätten aber 6 V. Spannung genügt, also ein Effect von $6 \times 27,5 = 165$ Watt. Von 3025 verbrauchten Watt sind also in diesem Falle nur 165 nutzbar verwerthet, das sind 5,4%. Die Betriebskosten eines solchen Brenners pro Stunde würden sich bei 27,5 Amp. Stromverbrauch und dem durchschnittlichen Preis von 7 Pfennig pro Ampèrestunde auf 1,92 M. stellen.

Das ist zwar schlimm, aber viel schlimmer als das ist der Umstand, dass wir eine solche Stromstärke von 27,5 Amp. aus unseren gewöhnlichen Lichtleitungen garnicht entnehmen können. Wir müssen uns dazu eine besondere kostspielige Leitung mit gröberen Sicherungen und 3,5 mm starken Leitungsdrähten legen lassen, denn die vorschriftsmässigen Lichtsicherungen würden bei solchem Stromverbrauch schmelzen, bei gröberen Sicherungen aber würden sich die gewöhnlichen Leitungsdrähte erhitzen und doch nicht genug Strom liefern.

Da uns nun in allen Fällen und besonders da, wo wir geringe äussere Widerstände haben, der Spannungsüberschuss durch Gefahr oder Schmerz bei Handhabung der Instrumente sowie durch Funkenbildung und schnellere Abnutzung der Contacte erheblichen Nachtheil bringen würde, müssen wir ihn unschädlich verbrauchen. Dies geschieht dadurch, dass

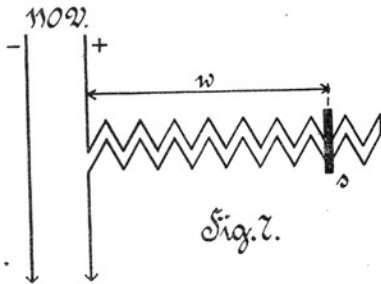
wir nicht die volle Spannung, sondern nur Theilspannungen im Nutzstromkreise verwerten. In welcher Weise das geschieht, wollen wir erörtern, nachdem wir die Wirkung eines einfachen Vorschalt rheostaten skizzirt haben. Einen solchen zeigen die folgenden Figuren. Figur 6 stellt einen Rheostaten mit einfacher Wickelung dar, Figur 7 einen



solchen mit bifilarer Wickelung, wie er gebräuchlich ist, wenn man eine Selbstinduction zu vermeiden wünscht. In jeder Spule entstehen, wie bereits beim Inductionsapparat und Spulentransformator erwähnt, beim Durchfliessen eines Stromes in einer Richtung von Windung zu Windung Inductionsextraströme. Da diese den Strom bei Oeffnungen und Schliessungen ungleichmässig machen würde, wickelt man die Windungen eines Schieber rheostaten bifilar. Wie aus Figur 7 ersichtlich, muss der Strom die Windungen dann hin und zurück durchlaufen. Dadurch heben sich die entstehenden Extraströme wieder auf.

Je mehr Rheostatenwindungen ich durch Verstellung des Schiebers in den Stromkreis einschalte, desto grösser wird der veränder-

liche Widerstand w . Dabei sinkt die Stromstärke i im gleichen Verhältniss, denn sie ist, wie wir gesehen haben, stets dem Widerstand proportional. Das Product $i w$



bleibt mithin, da es aus zwei sich immer in gleicher Weise beeinflussenden Factors besteht, bei allen Schieberstellungen in seinem Werth unverändert, das heisst, da

$$e = i \cdot w \text{ ist:}$$

die Spannung wird durch diesen Rheostaten nicht verändert. Zwar verbraucht der Rheostat im Maasse der Stromstärke auch fortwährend Spannung, aber diese wird beständig wieder aus der Leitung ersetzt, sinkt also bei erheblichem äusseren Widerstande nicht viel unter 110 V.

Ein derartiger Rheostat allein würde bei geringeren äusseren Widerständen unbrauchbar sein, da er sich zu stark erhitzen würde. Aber selbst bei grossen äusseren Widerständen, z. B. bei der Galvanisation, hat die hohe Spannung noch recht unangenehme Wirkungen, z. B. ein Stechen und Brennen auf der Haut beim Aufsetzen und Ent-

fernen der Elektroden. Wir müssen daher für alle Formen der Starkstromverwendung, mit Ausnahme der Faradisation, Einrichtungen treffen, durch welche auch die Spannung auf ein gewünschtes Maass vermindert werden kann. Das geschah bisher dadurch, dass wir nur einen Theil der Gesamtspannung benutzen.

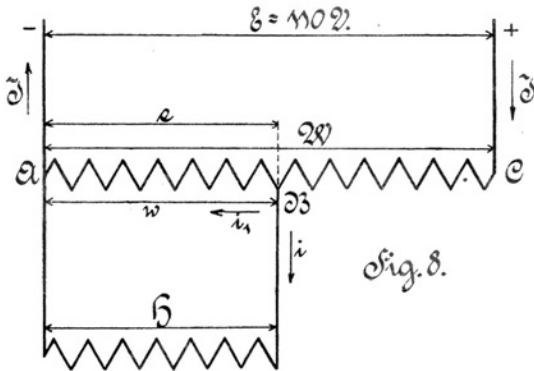


Fig. 8.

In der Figur 8 sehen wir 2 Anschlussleitungen mit einer Spannungsdifferenz von 110 V. Wir wollen von den geringen Leitungswiderständen absehen und annehmen, alle unsere Leitungen seien widerstandsfrei. Zwischen den Punkten A und C herrscht dann die Spannung.

$$E = 110V.$$

Zwischen A und C ist nun der Widerstand W eingeschaltet. Dieser lässt einen Strom von der Stärke I durch sich hindurchfließen. Wir haben also in der Strecke ABC, die wir als 1. Stromkreis bezeichnen wollen, nach dem Ohmschen Gesetz die Verhältnisse $E (= 110 V.) = I. W.$

Wir zweigen nun einen zweiten Stromkreis ab von B durch den Widerstand H nach A. Zwischen A und B herrscht nicht die gleiche Spannung, wie zwischen A und C. Je näher vielmehr B nach C zu liegt, desto grösser, je mehr B nach A zu liegt, desto kleiner wird die Theilspannung zwischen A und B. Fällt B mit A zusammen, so ist die Spannung $A \leftrightarrow B = 0$, fällt B mit C zusammen, so ist sie $= E = 110 \text{ V}$. — Dies wird die durch folgende Betrachtung bewiesen: Von A über B nach C fliesst ein Strom von der Stärke I. Zwischen A und B herrscht also nach dem Ohmschen Gesetz die Theilspannung $I \cdot w = e$. Da w als Theil von W kleiner ist als W, so ist auch $I w$ stets kleiner als $I W$, also als $e < E$. Und zwar ist, da $e = I w$ und I bei unverzweigtem Strom als constante Grösse angesehen werden kann, die Theilspannung e direct der Grösse des Widerstandes w proportional. Sind Widerstände und Stromstärken bekannt, so lässt sich die Theilspannung zwischen A und jeder Lage der Abzweigungsstelle B leicht berechnen.

Schliesse ich nun den 2. Stromkreis, so fliesst in diesem nicht die volle Stromstärke I, sondern der Theilstrom i. In diesem 2. Stromkreis B H A ist nach dem Ohmschen Gesetz

$$i = \frac{e}{H}.$$

Für die Stromstärke in dem 2.

Stromkreis ist somit die Grösse des Widerstandes H in erster Linie maassgebend. Setzen wir also an die Stelle von H einen einfachen Rheostatenwiderstand, so können wir durch

diesen die Stromstärke im 2. Stromkreis beliebig reguliren. Ist der Widerstand H kleiner als w , so wird i stärker als der Theilstrom i , in der Strecke w ; im umgekehrten Falle schwächer.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Spannungsverhältnissen. Zwischen den Punkten A und B herrscht, wie schon auseinandergesetzt, die Theilspannung $e = I w$. Verändert sich der Widerstand zwischen A und B , so verändert sich auch e . Verzweige ich nun bei B den Strom, indem ich ihm ausser der alten Bahn w noch eine neue H gewähre, so vermindere ich den Gesamtwiderstand zwischen A und B . Nach dem Ohm'schen Gesetz vermindert sich die Spannung proportional der Abnahme des Widerstandes. Denken wir uns w als unveränderlich, so wird bei Einschaltung des abgezweigten Stromkreises der Widerstand H für die Grösse der Spannung zwischen A und B maassgebend sein. Je kleiner H ist, desto geringer wird auch die Theilspannung zwischen A und B . Denken wir uns nun den galvanokaustischen Handgriff, mit einem Platinbrenner versehen, in den 2. Stromkreis $B H A$ eingeschaltet, so wird im Moment des Schlusses dieses Stromkreises die Spannung zwischen A und B um so tiefer sinken, je weniger Widerstand der Brenner und der Rheostattwiderstand H bieten. Im Moment der Stromunterbrechung wird sie wieder zur Grösse $e = I w$ anwachsen.

Die Spannung zwischen A und B bei Schluss des abgezweigten Stromkreises ist also nicht gleich e , sondern einer neuen kleineren Grösse ε gleich zu setzen. Nur ε ist die

nutzbar verwerthete Spannung. Da E die Gesamtspannung war, bezeichnet mithin $E - \varepsilon$ die vergeudete bzw. nicht ausgenutzte Spannung.

Fassen wir die Stromstärken und Spannungsverhältnisse nun noch einmal in kurze Formeln zusammen, um dann Zahlenwerthe einsetzen zu können. Zu diesem Zwecke wolle man Figur 8 einmal dem in Figur 9 dargestellten Schema eines der gebräuchlichen Kaustikrheostaten mit Nebenschluss vergleichen. In dem Rheostatenschema sind die Widerstände in Ω angegeben. Die Buchstabenwerthe beziehen sich auf Figur 8, die Zahlenwerthe auf Figur 9.

Ist der Brenner K nicht eingeschaltet, der zweite oder Nutzstromkreis also nicht geschlossen, so ist

$$I = \frac{E}{W} = \frac{110}{4,5} = 24,5 \text{ Amp.}$$

Die Spannung zwischen A und B ist dann $= e$

$$e = I \cdot w = 24,5 \cdot 0,8 = 19,6 \text{ V.}$$

Wird nun der Brenner eingeschaltet und der Nutzstromkreis geschlossen, so ändern sich die Verhältnisse wie folgt:

Der Gesamtwiderstand \mathfrak{B} setzt sich nun zusammen aus einem unverzweigten Theil $= (W - w)$ und dem Widerstand des verzweigten Theiles zwischen B und A , dessen Summe wir mit w bezeichnen wollen. Also

$$\mathfrak{B} = (W - w) + w. \quad (1)$$

Für die Summe der Widerstände der einzelnen Verzweigungsbahnen zwischen zwei

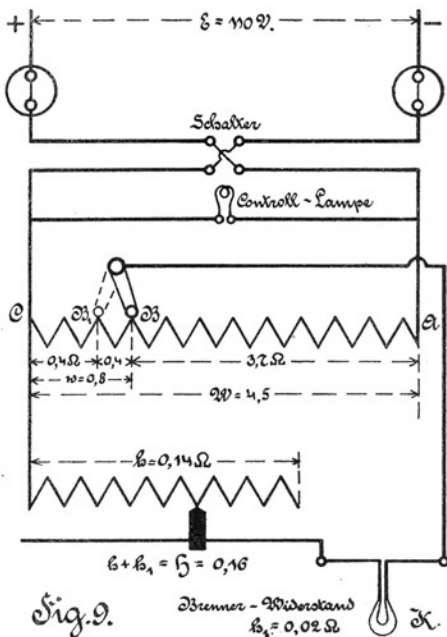
Punkten gilt nun nach der Kirchhoffschen*) Regel die Formel

$$\frac{1}{w} = \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} \dots \frac{1}{w_n}$$

also in unserem Falle ist die mit w bezeichnete Widerstandssumme zwischen A und B

$$\frac{1}{w} = \frac{1}{w} + \frac{1}{H} \text{ oder}$$

$$w = \frac{1}{\frac{1}{w} + \frac{1}{H}} = \frac{1}{\frac{w + H}{w \cdot H}} = \frac{w \cdot H}{w + H}$$



*) Kirchhoff gab die Grundlage zur Anwendung des Ohm'schen Gesetzes auf alle Arten verzweigter Leitungen.

Setzen wir diesen Werth für \mathcal{R} in die Gleichung (1) ein, so erhalten wir

$$\mathcal{R} = (W - w) \frac{w \cdot H}{w + H} \quad (2)$$

Diesem Gesamtwiderstand entsprechend ist die gesammte Stromstärke I nach dem Ohmschen Gesetz bei geschlossenem Nutzstromkreis

$$\begin{aligned} I &= \frac{E}{(W - w) \frac{w \cdot H}{w + H}} = \frac{110}{(4,5 - 0,8) + \frac{0,8 \cdot 0,16}{0,8 + 0,16}} \\ &= \frac{110}{3,833} = 28,6 \text{ Amp.} \quad (3) \end{aligned}$$

Diese Gesamtstromstärke I vertheilt sich nun auf den Nebenschluss $A B$ und den Nutzstromkreis $B H A$ wie folgt:

Im 1. Stromkreis ist die Stromstärke

$$i_1 = \frac{e}{w} = \frac{3,8}{0,8} = 4,8 \text{ Amp.}$$

Im Nutzstromkreis ist die Stromstärke

$$i = \frac{e}{H} = \frac{3,8}{0,16} = 23,8 \text{ Amp.}$$

Berechnen wir nun den Nutzeffect, d. h. die Leistung des Stromes, indem er den Brenner zum Glühen bringt, so beträgt diese $23,8 \text{ Amp.} \times 3,8 \text{ Volt} = 90,44 \text{ Watt}$. Der Verlust im Rheostaten H ist dabei nicht als Verlust gerechnet, denn eine Abstufungsmöglichkeit müssen wir in jedem Falle haben. Der Gesamt-Stromverbrauch beträgt aber, wie in Gleichung (3) berechnet, $28,6 \text{ Amp.}$; bei 110 V. Spannung, somit $28,6 \times 110 = 3146 \text{ Watt}$. Der Nutzeffect beträgt also nur ca. $2,8\%$!

Zur Erläuterung der Figur 9 will ich noch bemerken, dass der Strom zunächst durch zwei Bleisicherungen zum Schalter geht. Dann kommt die parallel geschaltete Controllampe, welche die Schalterstellung durch ihr Leuchten oder Nichtleuchten anzeigt. Von B wird der Nutzstromkreis mittelst eines Schalters abgezweigt, der es ermöglicht, durch Stellung auf B (schraffirt) den Widerstand im Nebenschluss auf die Hälfte zu verringern und dementsprechend Spannung und Stromstärke im Nutzstromkreis zu vergrössern.

V.

Diese Berechnungen und ihr Resultat lassen es natürlich erscheinen, dass man die Stromausnutzung zweckmässiger zu gestalten gesucht hat. Durch Rheostaten war nicht mehr zu leisten. Es standen daher nach dem jetzigen Stande der Technik nur drei Wege offen: 1. Zwischenschaltung von Accumulatoren. 2. Anwendung von Gleichstrommotor-umformern. 3. Anwendung von Spulen bezw. Inductionsumformern. —

Accumulatoren haben allbekannte Schatten-seiten. Sie erfordern eine aufmerksame Behandlung, müssen oft geladen werden und verlieren auch bei Nichtgebrauch ihre Ladung allmählich. Endlich ist die Wirkung doch nicht genügend constant, wenn nicht sehr starke, also auch recht theure und schwer transportable Zellen genommen werden. —

Gleichstrommotorumformer sind bis jetzt zu theuer, um ernstlich als Ersatz in Betracht zu kommen. Auch ist die Handhabung weniger bequem.

Somit kamen Spulen- bezw. Inductions- umformer in Betracht. Für Wechselstrom leistete ja der Spulenumformer alles Wünschenswerthe und war bereits allgemein im Gebrauch. Ueber Inductionsumformer für Gleichstrom sprach sich der letzte Catalog von Reiniger, Gebbert & Schall noch recht wenig ermuthigend aus. Wegen des störenden Geräusches, der Säurendünste und der Unhaltbarkeit des electrolytischen Unterbrechers werden sie nur empfohlen, wenn die Zuleitungen zu dünn waren, um einen Kaustikrheostaten mit Nebenschluss anzuschliessen und wenn aus irgend welchen Gründen Accumulatoren oder ein Gleichstrommotortransformator nicht angebracht erschienen. Ich bemerke im Voraus, dass die Firma heute die damals stiefmütterlich empfohlenen Apparate in ganz anderer Ausführung und Vollendung liefert. Die rotirenden Quecksilberunterbrecher, wie sie bei den Funkeninductoren Verwendung finden, können für die electrolytischen Unterbrecher keinen Ersatz bieten, da sie stets einer sehr sorgfältigen regelmässigen Revision bedürfen.

Energischer und verheissungsvoller trat schon vor ca. 2 Jahren die Firma Klingelfuss für ihre Gleichstromumformer ein.

Nach den Angaben ihres Prospectes transformiren ihre Apparate den Gleichstrom in die für Kaustik günstigsten Verhältnisse und

arbeiten mit 86,5 % Nutzeffect. Eine von mir vorgenommene Messung ergab nun freilich, dass die Stromausnutzung doch nicht so gross ist. Den Angaben des Prospectes entsprechend wurde diese Messung in folgender Weise angestellt. Eine Platinschlinge von 0,3 mm Dicke und 64 mm Länge bedarf, um hellroth zu erglühen, einer Stromleistung von 165 Watt. Würde man die volle Spannung von 100 Volt ausnutzen können, um diese Platinschlinge zur hellrothen Gluth zu bringen, so würde man $\frac{165}{110} = 1,5$ Amp.

Strom verbrauchen. Arbeitet der Apparat also mit 86,5 % Nutzeffect, so würde man $\frac{1,5 \cdot 100}{86,5} = 1,74$ Amp. verbrauchen. Bei

Nachprüfung dieses Versuches ergab sich aber ein Stromverbrauch von 5 Amp. Dies Messergebniss entspricht also einem Nutzeffect von $\frac{5}{1,5} = 33\frac{1}{3}\%$. Spätere genaue

Messungen mit Praecisionswattmetern, die aus den später folgenden Versuchsprotocollen zu ersehen sind, bestätigten dies Resultat. Vom idealen Standpunkt aus ist nun allerdings zwischen 86,5 % und 33 $\frac{1}{3}$ % Nutzeffect ein gewaltiger Unterschied. Deshalb erforderte dieser Punkt eine Klarstellung. Für die Praxis ist der Unterschied vorläufig von geringerer Bedeutung. Denn es ist weniger die bessere Stromausnutzung an sich, welche die Bedeutung der Umformer ausmacht, als vielmehr der hochwichtige Umstand, dass wir

sie in Folge des geringeren Stromverbrauches direct an jede Lichtleitung anschliessen können. Und dies können wir auch bei $33\frac{1}{3}\%$ Nutzeffekt. Natürlich würde 86% Nutzeffekt bei starker Inanspruchnahme auch eine, wenn auch in Geldeswerth nicht erhebliche, so doch erfreuliche Stromersparniss geben. Aber so weit sind wir vorläufig noch nicht, und wir werden auch kaum so weit kommen aus technischen Gründen. Was erreicht ist, ist also viel wesentlicher als das, was noch zu erreichen wäre.

Als ich den Klingelfussschen Umformer, der nur für Kaustik und Endoskopie eingerichtet war, als Universalapparat, also auch für Faradisation und Galvanisation, eingerichtet haben wollte, kam die Firma meinen Wünschen in bereitwilligster Weise entgegen. Doch war der Apparat, wie er mir dann geliefert wurde, für Electrolyse noch nicht fein genug abzustufen. Meinen Wünschen und Vorschlägen entsprechend wurde nun von der Firma noch ein Zusatzapparat angefertigt, der diesem Mangel abhalf, und nachdem seine Brauchbarkeit durch längere Benutzung bei mir erwiesen war, mit weiteren sich dabei als zweckmässig herausstellenden Verbesserungen, z. B. einer Mikrometertriebschraube versehen, auf den Hauptapparat montirt wurde. Bei dieser Vorrichtung dient ein Rheostat dazu, eine gewisse Spannung und Stromstärke zunächst einzustellen, welche dann durch einen zweiten Rheostaten variirt werden kann. Auf diese Weise kann man die Abstufung beliebig fein wählen. So entstand der Universal-

apparat, wie er hier abgebildet ist, welchen ich zugleich mit einem Versuchsapparat der Firma Reiniger, Gebbert & Schall im Juni 1902 im hiesigen ärztlichen Verein demonstrieren konnte.

Um einen Apparat aber in jeder Beziehung empfehlen zu können, um seiner im Gebrauch stets sicher zu sein, ist es erforderlich, seine Construction genau zu kennen. Und deshalb muss ich mein Bedauern aussprechen, dass die Firma Klingelfuss mir jeden Aufschluss über die innere Einrichtung*)

*) Nachtrag bei der Correctur.

Erst jetzt, nach begonnenem Druck dieser Arbeit, habe ich einen Einblick in das Innere des Klingelfuss'schen Apparates erhalten. Ein in den letzten Wochen bemerkbares, spratzelndes und zischendes Geräusch (vgl. S. 66) beim Gebrauch des Brenners hatte sich verstärkt, und dabei war letzthin die 3 Amp.-Sicherung mehrmals durchgeschmolzen. Bei wiederholten Versuchen schmolz auch die dahinter liegende 6 Ampère-Sicherung des Hauptschalters. Da mir die Firma Klingelfuss vor Kurzem gelegentlich einer Anfrage wegen einer schadhaft gewordenen Rheostatenspule schrieb, dass die marmorne Deckplatte ohne Schaden für den Apparat theilweise abgehoben werden dürfe, öffnete ich diese und fand, dass einige zur Isolirung dienende Glimmerscheiben am Brennercontact schadhaft geworden und schliesslich durchgeschlagen waren. Die Scheiben konnten durch einen tüchtigen hiesigen Electriciker ersetzt werden, wonach der Apparat wieder gut arbeitete, wenn auch das Spratzeln immer noch etwas bemerkbar war. Einige Wochen später trat indessen nochmals die gleiche Störung ein. Wir haben dieses Mal die Isolirung verstärkt, und da die Funken eine Strecke von 1,5 cm übersprangen, etwas vergrössert. Zwei Umstände scheinen zum Vorkommen einer derartigen Störung mit Veranlassung zu geben. Einmal enthält Glimmer mitunter Metalleinsprengungen, die ihn als ein nicht immer absolut sicheres Isolationsmaterial erscheinen lassen.

des Apparates vorenthalten hat. Da wegen jeder inneren Änderung oder Reparatur der Apparat an die Firma eingeschickt werden muss und die Zolleschwierigkeiten nicht unerheblich sind, wäre umsomehr eine genaue Darlegung der Construction im Interesse sicherer Handhabung erwünscht. Man müsste doch z. B. wissen, ob der Faradisationsstrom ein unterbrochener Gleichstrom oder ein inducirter Wechselstrom ist u. dergl. mehr. Zur Ermittlung dieser und vieler anderer Fragen war ich aber lediglich auf Vermuthungen und

Sodann aber werden die Contactflächen des Platinunterbrechers nach sehr andauerndem Gebrauch durch kleine Rauheiten und chemische Veränderungen weniger gut leitendfähig, so dass stärkere Spannungen entstehen. Eine Reinigung der Contactflächen hat wenigstens das Spratzeln vollständig beseitigt.

Jedenfalls zeigt dies Vorkommniss, dass es auf alle Fälle wünschenswerth ist, dass der Unterbrecher leicht zugänglich sei, wie dies bei dem Apparat der Firma Reiniger, Gebbert & Schall der Fall ist, bei dem auch der ganze Unterbrecher sowie auch die Contactfläche erheblich grösser ist, so dass solche Störungen voraussichtlich nicht eintreten dürften. Sie dürften indessen auch bei dem zierlichen Bau des Klingelfusschen Apparates durch eine stärkere Isolirung wohl mit Sicherheit zu vermeiden sein. Von der einfachen Auswechslung eines schadhafte Rheostaten abgesehen, ist dies übrigens nach fast 2 jährigem starken Gebrauch die einzige Betriebsstörung beim Gebrauch des Klingelfusschen Apparates gewesen. Ich muss gestehen, dass ich gelegentlich dieses Einblickes die compendiöse Arbeit des Apparates und die vortreffliche Wirkung des Condensators, welcher mit dem, aus gegeneinander isolirten dünnen Platten zusammengesetzten Electromagneten in geschickter Weise vereinigt ist, bewundert habe. Dagegen finde ich es wenig zweckmässig, dass das Innere des den Apparat umschliessenden Kastens mit gewöhnlichem Filz ausgeschlagen ist. Die bei einem Schadhafte

Versuche angewiesen. Gelegentlich zeigte ich den Apparat im Gebrauch in meinem Behandlungszimmer auch einem Vertreter der Firma Reiniger, Gebbert & Schall. Seitdem hat sich diese deutsche Firma bemüht, einen gleichwerthigen Apparat zu construiren, wozu ich ihr meine Erfahrungen zur Verfügung gestellt habe. Nachdem ich zwei Versuchsapparate der deutschen Firma längere Zeit in Gebrauch gehabt und über alle sich dabei ergebenden Punkte eine ausführliche Correspondenz mit der Firma gepflogen habe, hat diese den Apparat nun in vortrefflicher Form in den Handel gebracht. Die Construction dieses Apparates ist im Gegensatz zu der des Klingelfuss'schen offenkundig. Ich gebe bei der folgenden Beschreibung in verkürzter Form private Mittheilungen der Firma Reiniger, Gebbert & Schall mit deren Genehmigung wieder:

Der transportable Universalanschlussapparat der Firma Reiniger, Gebbert

werden von Isolirungen des Unterbrechers entstehenden Funkenbüschel sind nicht unerheblich. Eine Asbestauskleidung wäre daher besser am Platze, zumal der Apparat keine eigene empfindliche Sicherung hat.

Bei Gelegenheit dieser kleinen Reparatur zeigte sich sehr deutlich der Vorzug einer leicht zugänglichen, in diesem Falle der einfachen im Wandcontact liegenden 3 Amp.-Sicherung. Die Ersatzplättchen zu dieser Sicherung kosten nur 3—6 Pf., die grossen Sicherungen aber 40—60 Pf. Um den Sitz des Fehlers zu erkennen, opferten wir einfach einige der billigen Sicherungen. An dem überspringenden Funken war die schadhafte Stelle sofort erkannt. Irgend eine Gefahr war dabei nicht vorhanden, weil der Strom ja die Stärke von 3 Ampères nicht überschreiten konnte.

& Schall befindet sich in einem Kasten mit verschliessbarem Deckel. Die zur Regulierung und Messung nöthigen Apparate befinden sich in der Regel auf einer Marmorplatte, welche den Untertheil des Apparates in diesem Kasten abdeckt.

Nur in Fällen, wo eine ausnahmsweise feine Abstufung des galvanischen Stromes für Elektrolyse verlangt wird, was einen kleinen Zusatzapparat bedingt, wird dieser auf der Vorderwand des Kastens montirt. Die Vorschaltlampen und -Widerstände, welche bei den einzelnen Stromarten nothwendig sind, ebenso wie auch der Platinunterbrecher-Umformer und ein Inductionsapparat für Faradisation befinden sich zugänglich im Innern des Kastens, welcher zur Verminderung der Feuersgefahr innen mit Asbest ausgeschlagen ist. Zur Dämpfung des Geräusches, welches der Platinunterbrecher verursacht, ist der Umformer auf Gummifüsse gesetzt.

Die Dimensionen dieses Anschlussapparates für genannte Stromarten sind: 400 mm Breite, 440 mm Länge und 342 mm Höhe incl. Deckel. Unter die Grenze dieser Abmessungen und dieses Gewichtes glaubt die Firma mit Rücksicht auf die wichtigsten Forderungen als: Solidität in der Ausführung, Betriebssicherheit, sowie Sicherheit gegen Feuersgefahr nicht hinuntergehen zu dürfen.

An Apparaten und Instrumenten enthält der Universalanschlussapparat folgende:

1. Für Kaustik: einen doppelpoligen Dosenschalter und einen Regulirrhéostaten. Sollen auch aussergewöhnlich grosse Kauter,

wie z. B. Prostata-Incisoren, benutzt werden, so kommt noch ein weiterer Kurbelrheostat für diese Brenner hinzu.

2. Für Galvanisation und Electrolyse: einen Schalter, zwei sogenannte Voltregulatoren für besonders feine Abstufung des Stromes, einen Kurbelumschalter, durch den bewirkt wird, dass einmal der zweite Voltregulator nur als Vorschaltwiderstand und das andere Mal als Voltregulator wirkt, einen Stromwender und ein Milliampèremeter, welches eventl. für mehrere Messbereiche eingerichtet wird.

3. Für Faradisation: einen Schalter, einen kleinen Unterbrecher mit eigenem Electromagnet, einen Metallschieber mit Scala, der mit der Secundärspule des zur Faradisation benutzten kleinen Inductionsapparates in Verbindung steht und durch dessen Verschiebung eine Regulirung des faradischen Stromes bewerkstelligt wird; ferner einen Umschalter, um sowohl den primären Extrastrom des Inductionsapparates, als auch den secundären Inductionsstrom desselben appliciren zu können. Der vorerwähnte Stromwender für Galvanisation wirkt gleichzeitig auch als solcher für Faradisation.

4. Für **Endoskopie**: einen Schalter und einen Regulirwiderstand. — Sämmtliche Stromkreise sind durch eine nicht auswechselbare Sicherung gesichert.

Wie aus dem Schaltschema des Apparates hervorgeht, ist nur ein Anschluss für sämtliche Stromarten vorgesehen und die Anordnung so getroffen, dass eine Abhängigkeit der einzelnen Stromarten von einander nicht besteht.

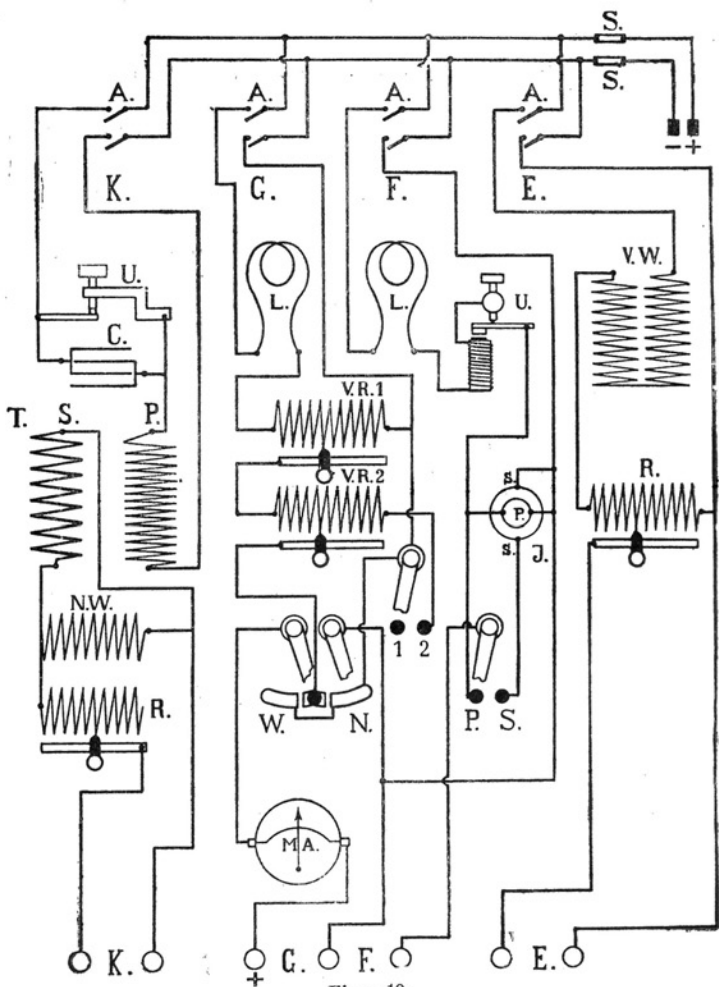
Die Anschlussdose des Apparates liegt verdeckt in der Seitenwand des Kastens.

Um eine möglichst weitgehende Trennung der einzelnen Stromkreise zu erreichen, ist für Faradisation ein eigener Inductionsapparat vorgesehen, obgleich diese Stromart auch von dem Platinunterbrecher-Umformer abgenommen werden könnte. Würde in diesem Falle aber z. B. Kaustik bei gleichzeitiger Entnahme von Strom für Faradisation benutzt werden, so würden sich beide Stromarten offenbar sehr beeinflussen. Die Verwendung eines besonderen Inductionsapparat es macht es ausserdem möglich, nicht nur die Intensität des Stromes, sondern auch die Zahl der Unterbrechungen in der Zeiteinheit variiren zu können.

Figur 10 stellt ein Schaltungsschema des **Reiniger, Gebbert & Schall'schen Apparates** dar, welches wir nun in seinen Einzelheiten verfolgen wollen

S. S. bedeutet die doppelpolige Sicherung für den ganzen Apparat, die auch dann für diesen Zweck vollkommen ausreicht, wenn einerseits Kaustik und Endoskopie und andererseits Galvanisation und Faradisation combinirt gebraucht werden.

Betrachtet man zunächst die Schaltung für Kaustik K, so bedeutet A den Ausschalter, U den Platinunterbrecher, C den zur Unterbrechungsstelle parallel gelegten Condensator, T die Windungen des Unterbrechertransformators, die mit P (Primär) und S (Secundär) noch extra bezeichnet sind. NW ist ein Nebenschlusswiderstand, der lediglich zum Ausgleich bei starken Belastungsschwankungen



des Transformators dient. R bedeutet in demselben Stromkreise den Regulirrhoeostaten und schliesslich K die Abnahmeklemmen für Kaustik.

Verfolgt man in gleicher Weise den Verlauf des Stromes für Galvanisation, Electrolyse etc., so kommt man, den doppelpoligen Ausschalter passierend, zunächst über eine Vorschaltlampe L zum Voltregulator V R 1.

Die Spannung, die von diesem Instrumente abgenommen wird, kann bei der Stellung des zugehörigen Umschalters auf 2, wie aus dem Schaltschema a hervorgeht, nochmals abgestuft werden, während bei Stellung 1 des Kurbel - Umschalters der Voltregulator V R 2 nur als Vorschaltwiderstand dient.

Durch diese Anordnung ist eine ausserordentlich feine Abstufung des galvanischen Stromes möglich, was vor allen Dingen für Electrolyse von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Vom Umschalter bzw. vom Voltregulator 2 geht der Strom zum Stromwender und von hier aus durch das Milliampèremeter zu den mit G bezeichneten Abnahmeklemmen. Die Buchstaben N und W am Stromwender bedeuten „Normal“ und „Umsenden“. Bei Stellung „Normal“ entspricht die Stromrichtung im äusseren Stromkreise den bei den Abnahmeklemmen stehenden Zeichen.

In dem Stromkreise für Faradisation geht der Strom zunächst auch über eine Vorschaltlampe L durch den besonderen, oben auf der Marmorplatte angebrachten Unterbrecher U zum Inductionsapparat I, der hier

durch zwei mit S S und P bezeichnete Ringe dargestellt ist.

Von hier aus geht von der Secundär- und Primärspule ein gemeinschaftlicher Draht zu dem mit S und der zweite Draht der Primärspule zu dem mit P bezeichneten Contactknopf des zugehörigen Umschalters. Von dem Mittelpunkt dieses Kurbelschalters führt ein Draht zur zweiten Abnahmeklemme für Faradisation.

Verfolgt man die Schaltung, so sieht man deutlich, dass bei Anschluss der Ableitungsdrähte an der Klemme für Galvanisation und an der rechten Klemme für Faradisation die Application vom galvanischen, combinirt mit faradischem Strom möglich ist, wobei, wie schon erwähnt, der Stromwender für beide Stromarten wirkt.

Wird an die mittlere und rechte Klemme angeschlossen, so erhält man nur faradischen Strom.

Was schliesslich das Schema für Endoskopie angeht, so fliesst hier der Strom zunächst durch den Vorschaltwiderstand V W und passirt dann den als Voltregulator geschalteten Rheostaten R. Die Ableitungsdrähte führen zu den mit E bezeichneten Abnahmeklemmen.

Der Stromverbrauch des Anschlussapparates beträgt bei 110 Volt für Kaustik unter Anschluss eines mittelgrossen Brenners für 25 Ampère Stromstärke bei Hellrothglut ca. 2,8 und bei 220 Volt 1,5—1,8 Ampère. Bei grösseren Brennern ist der Primär-Stromverbrauch dem vermehrten Effectbedarf dieser

Brenner entsprechend grösser, wobei der Wirkungsgrad des Umformers so ziemlich derselbe bleibt. Die Leistungsfähigkeit des Unterbrecherumformers charakterisirt am besten die Thatsache, dass selbst bei Stromentnahme von 100 Ampère bei 3,7 Volt Spannung der Platinunterbrecher noch nicht über Gebühr feuert.

Um die Abmessungen des Apparates zum Zweck besserer Tragbarkeit, so weit als es bei solider Ausführung möglich, herabzusetzen, ist der Platin - Unterbrecher direct auf dem Transformator für Galvanokaustik befestigt und wird durch dessen Magnetfeld in Schwingung versetzt.

Zu diesem Zwecke ist es natürlich nothwendig, dass der Eisenkern des Umformers nicht ganz geschlossen ist, da ja sonst die magnetischen Kraftlinien zum grössten Theile im Eisen selbst verlaufen würden und also eine magnetische Kraftwirkung nach aussen hin nicht erzielt werden könnte. Das rahmenförmige Transformatoreisen ist also an der Stelle, wo der Anker aus weichem Eisen des Platinunterbrechers sitzt, offen, und zwar nur so viel, als es zur guten Function des Unterbrechers nothwendig ist.

Die durch den Luftzwischenraum bedingten Verluste im Transformator sind dadurch auf das geringst mögliche Maass beschränkt. — Bei der Construction des Unterbrecher-Umformers waren nun eine Reihe von Punkten besonders zu berücksichtigen :

1. Geringes Gewicht.
2. Möglichst geräuschloser Gang des Unterbrechers.
3. Geringster Platinverbrauch.
4. Grösstmögliche Betriebssicherheit.

Die erste Bedingung konnte verhältnissmässig leicht durch die höchstzulässige Materialbeanspruchung und Verwendung eines Eisens von vorzüglichen magnetischen Eigenschaften erfüllt werden, während die zweite ebenfalls wichtige Eigenschaft durch die Construction eines Platinunterbrechers von geringster Trägheit der beweglichen Theile erreicht wurde.

Nebenbei musste bei der Construction des Unterbrechers auch darauf geachtet werden, dass der Gang desselben möglichst regelmässig war, was ja im Interesse der Gleichmässigkeit des Glühzustandes des eingeschalteten Galvanokauters nothwendig ist.

Diese Nebenbedingung steht scheinbar im Widerspruch zu der Bedingung möglichst geräuschlosen Ganges, da bei gleichzeitiger Gewichts- und Trägheitsverminderung der beweglichen Theile des Unterbrechers offenbar auch die Regelmässigkeit der Unterbrechungen abnimmt.

Es musste hier eben durch Versuche ein Mittelweg gefunden werden, der beiden Bedingungen gerecht wurde.

Der geringe Platinverbrauch des Unterbrechers während des Betriebes ist von mehreren Factoren abhängig: Einmal von der Regelmässigkeit der Unterbrechungen selbst bei stark wechselnder Belastung des Umformers, zum zweiten von der Grösse der Ausschläge des Unterbrecherankers, drittens von der Capacität des zur Funkenlöschung verwendeten Condensaters und schliesslich von den Abmessungen des Umformers in Bezug auf Eisenquerschnitt, Zahl der primären Windungen und Uebersetzungsverhältniss.

Die Bestimmung aller dieser Verhältnisse war besonders schwierig deshalb, weil die Grösse der einzelnen Factoren sich durch Rechnung, wie z. B. bei Dynamomaschinen und einfachen Wechsel- oder Drehstromumformern nicht bestimmen liess.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die Vermeidung zu starken Feuerns am Unterbrecher (gleichbedeutend mit geringem Platinverbrauch) ist offenbar die Grösse des Condensators, der unter Berücksichtigung des Gesamtgewichtes und möglicher Sicherheit gegen Durchschlagen des Dielectricums so gross als irgend zugänglich gemacht wurde.

Die nach Abschluss der Versuchsarbeiten vorgenommenen Prüfungen des Apparates ergaben, dass zu allen Vortheilen, die der Apparat durch seine Kleinheit und Beweglichkeit bot, auch die Oekonomie beim Stromverbrauch für Kaustik gegenüber den bisher gebräuchlichen Kaustikrheostaten mit Nebenschluss um mehr als das Zehnfache gewonnen hatte.

Dem Klingelfusschen wie dem Reiniger Gebbert & Schallschen Apparat gemeinsam und nach gleichem Princip construiert ist die auf meine Anregung zuerst von Klingelfuss ausgeführte, besonders Seite 41, 46 und 49 kurz beschriebene feine Abstufung des Stromes zu electrolytischen Zwecken. Thatsächlich lässt sich damit die Stromstärke um Zehntel und Zwanzigstel Milliampère genau reguliren. Die langwierige electrolytische Zerstörung eines Schädelbasisfibromes, dessen unglücklicher Besitzer bei jedem Stromsprung, der ein Viertel

Milliampère überschritt, schon heftige Schmerzen empfand, veranlasste mich zu dieser Einrichtung, welche zumal bei Anwendung einer Mikrometerschraube zum Bewegen des Schiebers jeden Sprung der Stromstärke ausschliesst. Ich will hier eine Beobachtung erwähnen, die auch allen Collegen auffallen dürfte, sobald sie mit einem so genau arbeitenden Instrument arbeiten, die ich aber bisher nirgends erwähnt gefunden habe. Wenn ich die beiden die Pole bildenden starken Stahlnadeln, wie ich dies im Anfang zu thun pflegte, mit ca 1—2 cm Abstand in die Geschwulst hineinstiess und nun den Strom auf 30 M.-Amp. oder mehr ansteigen liess, dann aber an der Stellung der Rheostatenschieber nichts mehr veränderte, so vermehrte sich trotzdem die Stromstärke noch weiter, und zwar in 3—4 Minuten um etwa 3—4 Zehntel M.-Amp. Bei den nun der Reihe nach folgenden Manipulationen: Ausschliessen des Stromes, Ausschaltung, Wendung und Wiedereinschaltung war Folgendes wahrzunehmen: 1. Stromstärke 0 war erreicht, bevor der Widerstand bis zur vorherigen 0-Stellung eingeschaltet war. Wurde nun der Strom völlig ausgeschaltet, so blieb die Nadel des Galvanometers nicht etwa auf 0 stehen, sondern schlug um mehrere Zehntel M.-Amp. nach entgegengesetzter Richtung aus. Führt ich nun, ohne die Stellung des Rheostatenschiebers zu verändern, die Stromwendung aus und schaltete wieder ein, so verstärkte sich der Ausschlag der Nadel um etwa das Doppelte. Dann aber ging die Nadel ziemlich

rasch wieder zurück, und zwar erst schneller, dann ganz allmählich bis auf 0. Lässt man nun wieder den Strom anschwellen bis auf ca. 30 Amp., so muss man den Schieber sehr viel weiter vorrücken als das erste Mal, und trotzdem geht die Stromstärke auffallend rasch wieder auf 4—8 M.-Amp. zurück.

Die Erklärung dieser Erscheinung scheint mir in zwei Umständen zu liegen: 1. verändert sich unter der Einwirkung des Stromes die Leitungsfähigkeit des Gewebes. 2. wird bei der electrolytischen Zersetzung durch Polarisation chemische Energie aufgespeichert, die sich genau wie beim Accumulator wieder in electricen Strom umsetzt, so dass in der Zuleitung, soweit sie geschlossen ist, ein vom Tumor ausgehender Eigenstrom kreist.

VI.

Eine weitere Forderung, welche ein Universalanschlussapparat erfüllen muss, hat nach meinem Dafürhalten bisher keine genügende Berücksichtigung gefunden aus dem einfachen Grunde, weil die meisten Apparate mehr nach technischen, als nach ärztlichen Gesichtspunkten construirt sind. Das ist die Forderung geringster Raumbeschränkung, leichtester Handhabung und bester Uebersehbarkeit vom Platz aus. Eine rühmenswerthe Ausnahme machen in dieser Hinsicht die in Deutschland wenig bekannten, von Krönlein angegebenen Apparate der Firma Klingelfuss, welche für Operationszimmer ganz in Glas

eingebaut sind und nur die sehr einfach gestalteten Schalter zu Tage treten lassen.*) Es fehlte aber an einem Universalapparat, der durch das Streben nach einer möglichst vollkommen zu erreichenden Asepsis nicht zu gewaltig vertheuert war. Für das Operationszimmer z. B. eines Specialarztes für Ohren-, Nasen- und Halskrankheiten sind die Krönlein-Kingelfusschen Apparate ein recht kostspieliger Luxus. Gerade wir Specialisten dieses Faches brauchen aber am allerhäufigsten und nöthigsten einen möglichst wenig Raum beanspruchenden, leicht zu handhabenden übersichtlichen Universalanschlussapparat. Ein Wandtableau ist für uns höchst unpractisch. Denn wir müssen entweder die Einstellungen nach Commando durch einen Assistenten vornehmen lassen oder beständig aufspringen und wieder niedersitzen, eine Unruhe, die weder der Sicherheit der Hand, noch der Stimmung der Patienten zum Vortheil gereicht. Die bisher gebräuchlichen Schrankapparate sind meist zu hoch und zu umfangreich und schwerfällig, um bequem verwendet zu werden. Auch erschweren sie die Reinhaltung des Fussbodens in unangenehmer Weise. Viel angenehmer sind in dieser Bez. nun die neuen kleinen Universalumformerapparate von Klingelfuss und Reiniger, Gebbert und Schall, von denen der erstere, nicht durch einen Deckel verschliessbare 20,25 kg, der letztere 27 kg mit Deckel wiegt. Setzt man diese Apparate

*) Neuerdings scheint die Firma W. A. Hirschmann-Berlin Apparate in gleichem Sinne zu construiren.

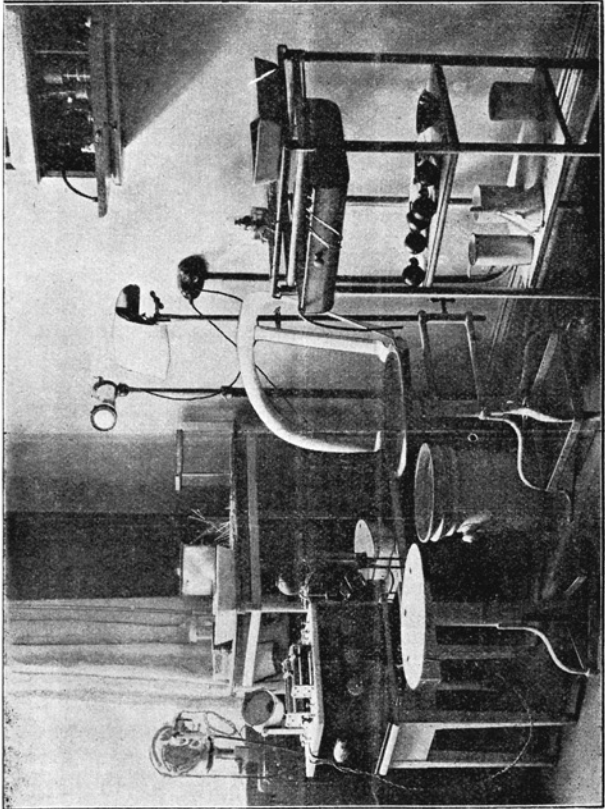
auf kleine, 40—45 cm hohe, mit einer Schieb-
lade versehene Tischchen, deren Beine zweck-
mässig mit Rollen versehen werden, so hat
man einen nicht zu schwer zu tragenden und
sehr leicht zu rollenden, ein Minimum von
Platz beanspruchenden Apparat, der vor Allem
den Vorzug hat, dass die Einstellung aller
einzelnen **Rheostaten**-Schaltungen etc. und die
Scala des Galvanometers mit einem Blick auch
im Sitzen leicht und sicher übersehen werden
kann. Ebenso kann die linke Hand alle
nöthigen Manipulationen: Einschalten, Aus-
schalten, Einschleichen und Ausschleichen des
Stromes allein ausführen, während die rechte
ihren Platz nicht zu verlassen braucht. Wie
der Apparat aufzustellen ist, zeigt die beigefügte
Abbildung 11, welche eine Ecke meines Opera-
tionszimmers darstellt. Der darauf dargestellte
Apparat ist der von Klingelfuss nach
meinen Angaben gebaute, welcher jetzt seit
2 Jahren in jeder Beziehung tadellos ge-
arbeitet hat.*) Der Stöpselcontact an der Wand
enthält eine sehr empfindliche, bei 3 Amp.
schmelzende Sicherung. Ich vermeide auf
diese Weise, dass mir im Apparat ein Kurz-
schluss Schaden stiften kann, was einen
Transport dieses ganzen, leider innen unzu-
gänglichen*) Umformers nöthig machen würde.

Vergleichen wir nun in kurzer Zusammen-
fassung die bisher gebräuchlichen Universal-
anschlussapparate und die neuen hier geschil-
derten bezüglich ihrer allgemeinen Zweck-
mässigkeit :

*) Vgl. Anm. S. 42.

1. Die bisher gebräuchlichen Wandtableaux sind an ihren Platz völlig gebunden, die Schrarkapparate auf Rollen sind in Folge ihres sehr hohen Gewichtes schwer beweglich und erschweren die Reinhaltung des Fussbodens; auch sind sie meist zu hoch, um im Sitzen gut überblickt werden zu können. Kann daher der Patient nicht unmittelbar neben den Apparat gesetzt oder gelegt werden — was bei Operationen oft unausführbar ist, so ist eine zweite Person zum Einschalten und Reguliren erforderlich oder der Arzt muss hin und her gehen. Dagegen sind die Umformerapparate leicht transportabel, da sie in Folge Wegfalles des schweren Kaustikrheostaten nur 20—27 kg wiegen und handlich zum Tragen für eine Person eingerichtet sind. Sie können auf jeden Stuhl oder Tisch und so an jedem gewünschten Platz handgerecht aufgestellt werden. Alle Schaltungen sind leicht zu übersehen und mit einer Hand zu reguliren.

2. Die bisher gebräuchlichen Apparate erfordern eine 3,5 mm dicke Zuleitung für Kaustik. Eine solche besondere Leitung lohnt sich aber — von den Anlagekosten ganz abgesehen — nur dann, wenn der Stromverbrauch für electromedicinische Zwecke anderthalb Mal mehr als die Miete einer zweiten Stromuhr beträgt, vorausgesetzt, dass die Kosten für Kraftstrom, wie üblich, nur $\frac{1}{3}$ derer für Lichtstrom betragen. Die Umformerapparate dagegen sind an jede Lichtleitung anzuschliessen. Wo eine Glühlampe vorhanden ist, kann mittelst eines einfachen Anschlusszwischenstöpsels auch ohne Weiteres der Umformeranschlussapparat angebracht werden.



Figur 11.

3. Bei den bisher gebräuchlichen Apparaten ist der Stromverbrauch für Kaustik höchst unöconomisch. Nur etwa 3% der electricischen Energie werden ausgenutzt. In Folge der Nebenschlusschaltung geht auch bei Unterbrechung am Brennerhandgriff noch sehr viel Strom verloren. Wird gar die Ausschaltung des Nebenschlusses vergessen, was mitunter trotz Controllampe vorkommt, so entsteht ein sehr erheblicher Stromverlust. Die Umformerapparate hingegen arbeiten bei Kaustik mit einem Nutzeffect von 33—50%. Der Verbrauch im Leerlauf ist sehr gering. Das im Uebrigen nicht im geringsten störende Surren des Unterbrechers veranlasst, dass man die Ausschaltung nicht vergisst.

4. Die bisherigen Anschlussapparate erfordern sehr grobe Sicherungen von 25 - 40 Amp., um die für Kaustik nöthige Stromstärke herzugeben. Dadurch können Kurz- und Erdschlüsse unangenehmer werden und die ganze Handhabung wird gefährlicher. Bei den Umformerapparaten hingegen genügen Sicherungen von 3—4 Amp. Auch bei gleichzeitiger Anwendung von Kaustik und Endoskopie wird ein Stromverbrauch von 3 Amp. kaum je überschritten.

5. Ein vollständiges, den neuen Universalapparaten entsprechendes Anschlusstableau oder ein solcher Schrankapparat alter Art kostet ohne besonders elegante Ausführung 625 bis 850 Mk. Die neuen Apparate werden sich auf etwa 385 bis 430 Mk. stellen einschliesslich alles Zubehörs.

6. Bei 220 V.-Stromleitungen liegen die Verhältnisse für die bisher gebräuchlichen Apparate, was Kaustik anlangt, relativ noch ungünstiger im Vergleich zu den Umformerapparaten, als beim Anschluss an 110 Volt-Leitungen. —

* * *

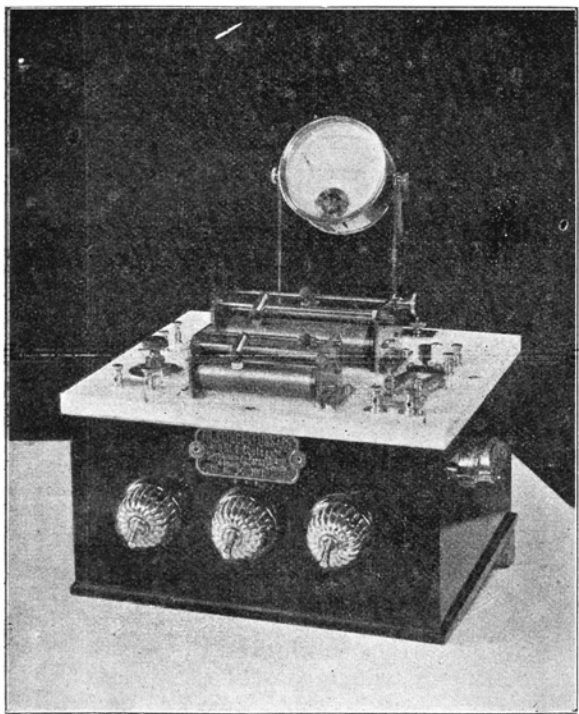
Ich will nun noch die beiden neuen in Fig. 12 und 13 abgebildeten Apparate mit einander vergleichen. Es ist ein, m. E., selbstverständlicher nationaler Standpunkt, wenn man bei gleichwerthigen Apparaten dem im Vaterland producirt den Vorzug giebt. Dieser nationale Standpunkt wird gestützt durch die Zollschwierigkeiten bei Auslandssendungen, deren Erledigung stets eine persönliche Bemühung verursacht. Dies gilt für den Schweizer Apparat (Figur 12) ebenso wie für den deutschen Apparat (Figur 13). Die Schweizer Firma Klingelfuss hat das Verdienst, die Verwendung eines Inductionstransformators für Kaustik als erste in zweckmässiger, allen berechtigten Anforderungen entsprechender Form ermöglicht zu haben, allerdings unter Geheimhaltung der Construction. Die Firma Reiniger, Gebbert & Schall hat zuerst einen Gleichstromtransformator für Kaustik unter genauer Darlegung der Constructionsverhältnisse der Oeffentlichkeit übergeben.

Bezgl. des Gewichtes ist festzustellen, dass der Schweizer Apparat erheblich leichter

ist. Er wiegt nur 20 kg gegen 27 kg Gewicht des deutschen Apparates. Da seine innere Einrichtung nicht zugänglich und seine Construction nicht bekannt ist, lässt sich nicht bestimmt sagen, ob die Rücksicht auf Solidität und Sicherheit der Function aller einzelnen Theile dabei genügend in den Vordergrund gestellt ist. In der äusseren Erscheinung im Ganzen wie der einzelnen Theile ist der Apparat zierlicher als der deutsche. Zweifellos könnten viele Theile des deutschen Apparates ohne Schaden leichter gearbeitet sein. Ich nenne z. B. die Klemmschrauben, die Handgriffe, bei denen dies ausser allem Zweifel steht. 14 Pfd. sind doch ein sehr erheblicher Unterschied.

Die beigegebenen Ampèremeter sind bei beiden Apparaten vorzüglich. Das schweizerische hat den Vorzug, nur nach einer Seite auszuschlagen, wodurch die Zeigerbewegung bedeutend breiter und auffälliger wird. Dafür zeigt es aber eine Wendung des Stromes nicht durch entgegengesetzten Ausschlag an, wie das der deutschen Firma.

Die Rheostaten und Voltregulatoren des deutschen Apparates haben einen gleich mässigeren Gang und solidere Führung als die des Schweizer Apparates. Der feine Electrolysenrheostat des Schweizer Apparates ist jetzt nach fast 2jährigem Gebrauch reparaturbedürftig, ein Uebelstand, der durch Wahl nur ein klein wenig dickeren Rheotandrahtes, der wohl immer noch eine vollauf genügend feine Abstufung erlauben würde, vermieden werden könnte.



Figur 12.

Der Polwender des deutschen Apparates gleitet mittelst einer Schleppfeder gleichmässig ohne Stösse, während der Klingelfusschen gegen die Contactknöpfe stösst und dadurch ruckweise arbeitet, was ohne grosse Schwierigkeit zu ändern wäre.

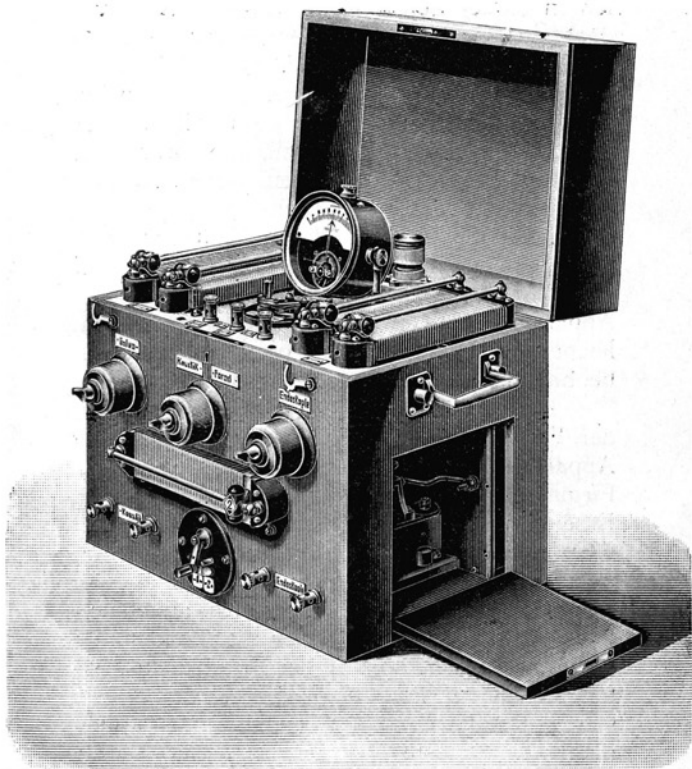
Sehr wesentlich ist die Verschliessbarkeit des deutschen Apparates, die zugleich einen wirksamen Staubschutz gewährt. Es wäre wünschenswerth, dass bei dem Klingelfusschen die beiden Rheostatenpaare mit abnehmbaren Schutzkappen aus farblosem Celluloid oder dergl. versehen würden.

Ein Vorthail des deutschen Apparates ist es, dass die Sicherung aussen und zugänglich angebracht ist. Ob der Schweizer Apparat im Innern eine eigene Sicherung hat, weiss ich nicht, bezweifle es aber, da die Firma rieth, die Zuleitung mit einer empfindlichen Sicherung zu versehen.*) Ich habe das, wie schon erwähnt, in der Weise ausgeführt, dass ich einen mit einer einfachen billigen, leicht ersetzbaren Bleidrahtsicherung versehenen Wandcontact für den Apparat benutze. Besser aber wäre es, der Umformerapparat hätte selbst eine aussen liegende eigene Sicherung wie der deutsche, damit man ihn ohne Gefahr auch sofort an jede beliebig gesicherte oder ungesicherte Leitung anschliessen kann.

Für electrolytische Zwecke sind beide Apparate als gleichwerthig anzusehen.

Wie die Unterbrechervorrichtung bei dem Klingelfusschen Apparat beschaffen ist, ent-

*) Vgl. Anm. S. 44.



Figur 13.

zieht sich meiner Beurtheilung.***) Thatsächlich arbeitet der Unterbrecher jetzt nach fast 2jähr. starken Gebrauch noch sehr gut. Nur habe ich in letzter Zeit gelegentlich ein etwas verächtiges spratzelndes Nebengeräusch bemerkt. Zweifellos hat auch der Kl.'sche Apparat einen schwingenden Platinunterbrecher. Ein solcher unterliegt aber auch, wenn die Funkenbildung durch Condensatoren vorzüglich beschränkt ist, unbedingt einer gewissen wenn auch sehr geringen Abnutzung. Auch können sich an schwingenden Theilen die Schraubenmuttern unter Umständen lockern. Ich halte es für einen wesentlichen Vorzug des deutschen Apparates, dass die Unterbrechungsvorrichtung leicht zugänglich ist und ohne Schwierigkeit beobachtet und eingestellt werden kann.

Ein wesentlicher Unterschied besteht in der Einrichtung für Faradisation bei beiden Apparaten. Da mir seitens der Schweizer Firma alle Mittheilungen über die Art der Erzeugung des Inductionsstromes vorenthalten werden, war ich, um überhaupt zu erfahren, mit was für einem Strom ich arbeitete, auf Versuche angewiesen. Legte ich angefeuchtetes Polreagenspapier über die Polklemmen für Faradisation, so trat bei Stromschluss sofort an einem Pol, also der Kathode, eine starke Rothfärbung auf, während der andere nicht die leiseste Färbung aufwies. Daraus war zu schliessen, dass der zur Faradisation

**) Auch in der secundären Spule überwiegen ja die Oeffnungsströme an Spannung und Stärke, aber die entgegengerichteten Schliessungsströme werden doch nicht ganz aufgehoben.

verwendete Strom nicht der secundäre Inductionswechselstrom, sondern ein unterbrochener Gleichstrom war. Schaltete ich nun ein Voltmeter zwischen die Polklemmen, so konnte ich leicht Spannungen von 20, 30 und mehr Volt erzielen. Daraus war zu schliessen, dass zur Faradisation der in der primären Spule inducirte Extrastrom verwendet wurde, indem von der ersten zur letzten Windung dieser Spule ein Schliessungsbogen abgeleitet wurde. Da der Schliessungsextrastrom durch den ihm entgegengesetzt verlaufenden primären Strom aufgehoben wird, kommt nur der Oeffnungsstrom mit Unterbrechungen zur Geltung. Daher die einseitige Stromrichtung.*) Bei erheblichen äusseren Widerständen kommt nun lediglich dieser hochgespannte inducirte Strom zur Wirkung. Ist aber der äussere Widerstand gering wie bei directem Anschluss des Voltmeters, so geht ein ganz erheblicher Theil des primären Gleichstromes mit durch den abgeleiteten Schliessungsbogen und bringt das auf den hochgespannten, aber schwachen Extrastrom allein nicht reagirende Messinstrument zum Ausschlag. Jedenfalls wird dieser Strom der primären Rolle des Kaustiktransformers entnommen, die ja eine dünne Wicklung hat und einen hochgespannten Extrastrom erzeugt.

Ob sich die Dinge genau so verhalten wie hier angegeben, muss ich der Firma Klingelfuss zu bestätigen, zu widerlegen oder zu verschweigen überlassen. Eine Klärung

*) Vgl. Anm. S. 70.

dieser Frage müsste von jedem Besteller gefordert werden.

An sich ist ja gegen die Verwendung des primären Extrastromes in dieser Weise nicht das geringste einzuwenden.***) Er wirkt in practischer Hinsicht genau so wie ein secundärer Inductionsstrom, nur dass ein differenterer und ein indifferenterer Pol deutlicher zu unterscheiden ist. Dies ist aber eher von Vortheil als von Nachtheil. Man muss aber die Art der Stromerzeugung kennen, schon damit man weiss, dass man sich vor einem Kurzschluss der Pole durch schwache Widerstände zu hüten hat.

Im Uebrigen lässt sich auch der Strom der secundären Spirale trotz seiner hohen Intensität ohne Umstände zur Faradisation brauchen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Kaustikklemmen und den Kaustikrheostaten zur Faradisation verwendet. Die bei Faradisation stets sehr grossen äusseren Widerstände lassen die hohe Intensität des Stromes garnicht zur Wirkung kommen. Wie das sich nicht färbende Polpapier anzeigt, haben wir es dann natürlich mit Wechselstrom zu thun, wenn auch die Oeffnungsströme wirksamer sind als die Schliessungsströme. Ich glaube, dass bei dem ersten mir von der Firma Klingelfuss gelieferten Transformator der Kaustikstrom auch direct zur Faradisation verwendet wurde. Denn damals konnte ich den Brenner auch von den Faradisationsklemmen aus zur Glut bringen, was jetzt nicht mehr möglich ist.

Als ein nicht zu unterschätzender Vortheil in Bezug auf Einfachheit erscheint es mir auf jeden Fall, dass von der ganzen Einrichtung für Faradisation nur 2 Klemmschrauben und ein Knopf mit Zeiger und Skala zu sehen sind. Der durch Drehung des Knopfes zu verstellende Rheostat liegt im Innern und ist so vortrefflich geschützt.

Bei dem Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall liegen in dieser Beziehung klare Verhältnisse vor, indem auf die Verwendung der Transformatorströme zur Faradisation verzichtet und eins der bei den bisherigen Anschlussapparaten gebräuchlichen Schlitten-inductorien angebracht ist, welches jede gewünschte Stromart zu verwenden erlaubt und auch die Zahl der Unterbrechungen durch ein Metronompendel beliebig variiren lässt. Ich muss nun freilich sagen, dass ich in der Praxis noch nie das dringende Bedürfniss gefühlt habe, in einem Fall den primären, im andern Fall den secundären Inductionsstrom, im einen schnelle, im andern langsame Unterbrechung zu verwenden, und bin der unmassgeblichen Ansicht, dass im Grunde lediglich die quantitative Steigerung die Wirkungen bedingt, soweit nicht suggestive Momente in Frage kommen. Freilich giebt es entschieden auch „apparatgläubige“ Patienten, denen eine harmlose Spielerei sehr zu imponiren im Stande ist. Aber diese kann man meist auch auf andere Weise seinem Willen unterthan machen. Und gar so häufig sind sie schliesslich noch nicht. Warum soll man ihrer erst noch mehr erziehen? Ich lege daher von diesem Gesichts-

punkte aus dieser Beifügung eines besonderen Inductionsapparates wenig Werth bei und betrachte sie als unnöthige Complicirung. Von Wichtigkeit ist nur, dass man weiss, womit man arbeitet.*)

Um den Nutzeffect zu ermitteln, mit welchem die Umformer mit Kaustik arbeiten, ist es am zweckmässigsten, ein Wattmeter in den durch die primäre Spule laufenden Stromkreis und ein ebensolches Instrument in den Nutzstromkreis hinter den Brenner einzuschalten. Diese Messungen konnte ich Dank freundlicher Erlaubniss und unter gütiger Beihülfe des Physikers Herrn Oberlehrer Dr. Joh. Müller, dem ich für seine freundliche Unterstützung und mehrfache Hülfe herzlich danke, im hiesigen Technicum ausführen. Nur muss ich bemerken, dass von mir dabei ein älteres Modell des Reiniger, Gebbert u. Schall'schen Apparates benutzt worden ist, welches dem Klingelfusschen an Nutzeffect nicht unerheblich nachstand. Diese Messungen sind in Tabelle I enthalten. Tabelle II enthält Messungen,

*) Anmerkung bei der Correctur. Nach dem in der Anm. S. 42 mitgetheilten Vorkommniss muss aber noch ein anderer Gesichtspunkt berücksichtigt werden. Wird der Umformerunterbrecher oft zur Faradisation gebraucht, so wird er sehr erheblich angestrengt, denn die Funkenbildung am Unterbrechercontact ist bei erheblichem äusseren Widerstand wie bei Leerlauf des Umformers entsprechend der dann erhöhten Spannung viel stärker, als bei Einschaltung und Gebrauch des Brenners. Der Umformerunterbrecher wird also durch einen eigenen Inductionsapparat sehr geschont, die Isolation weniger hart auf die Probe gestellt. Wer den faradischen Strom oft braucht, wird gut thun, dies bei Anschaffung eines Apparates zu berücksichtigen.

welche in ähnlicher Weise von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall mit ihrem auf das Ergebniss meiner Messungen hin nochmals verbesserten und vergleichsweise mit dem Klingelfusschen Apparat vorgenommen und mir mitgetheilt worden sind.

I.

Beide Versuchsapparate waren für 110 V. Gleichstrom gebaut und an eine entsprechende Leitung angeschlossen. Zur Messung wurde in den primären und in den secundären (Nutz-) Stromkreis je ein Präcisionswattmeter der Allgemeinen Electricitätsgesellschaft in Berlin eingeschaltet. Als Belastung wurde im secundären Stromkreis einer der gebräuchlichen Flachbrenner für Behandlung der Nasenschleimhäute zum Glühen gebracht.

I.

	Klingelfuss		R. G. & Sch.	
	Prim.	Sec.	Prim.	Sec.
Leerlauf :	92 Watt	0	183 Watt	0
a) Hellrothgluth :	120 Watt	33 Watt	238 Watt	35 Watt
b) Weissgluth :	125 Watt	44 Watt	240 Watt	40 Watt
Nutzeffect.	bei a: = 27,5 %		bei a: = 14,6 %	
in Proc.	bei b: = 35,2 %		bei b: = 16,7 %	

Diese Leistung genügte zwar, um den Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall aus jeder Lichtleitung speisen zu können, stand aber noch bedeutend hinter der Nutzleistung des Klingelfusschen zurück. Auffallend und auf den Sitz des Fehlers hindeutend war namentlich der doppelt so hohe Effectverbrauch beim Leerlauf.

II.

Die bei Reiniger, Gebbert & Schall in Erlangen ausgeführte Prüfung des verbesserten Apparates, deren Versuchsprotocoll mir vorliegt, ergab folgende Resultate:

II.		Klingelfuss	R. G. & Sch.
Effectverbrauch	primär: 132 Watt		153 Watt
Stromstärke sec.:	15,71 Amp.		15,62 Amp.
Leistung sec.:	47,3 Watt		68,39 Watt
Wir- kungs- grad	$\left. \begin{array}{l} 132 \\ 47,3 \end{array} \right\} = 0,359 = 35,9\%$		$\frac{153}{68,39} = 0,447 = 44,7\%$

Beide Versuchsapparate waren für 220 V. Gleichstrom berechnet und entsprechend angeschlossen. Die Belastung im secundären Stromkreis war so bemessen, dass sie der normalen Beanspruchung bei Gebrauch eines grösseren Brenners gleichkam. Der Effectverbrauch wurde im primären und secundären Stromkreis durch Leistungsdynamometer gemessen, die secundäre Stromstärke wurde durch ein Stromdynamometer bestimmt.

Diese zweite Messung zeigt, dass der deutsche Apparat mit noch höherem Nutzeffect arbeitet als der schweizerische. Letzterer arbeitet aber mit einem stärkeren Umsetzungsverhältniss und bringt dadurch doch eine in praxi wohl gleichwerthige Leistung hervor. Aus obiger Tabelle II lässt sich sofort die Spannung im secundären Stromkreis berechnen und die Stromstärke im primären:

	Primär.	Secundär.
Klingelfuss	220 V. \times 0,6 Amp. : 3,0 V. \times 15,71 Amp.	
R. G. & Sch.	220 V. \times 0,7 Amp. : 4,4 V. \times 15,62 Amp.	

Somit dürften die Apparate in dieser Beziehung als durchaus gleichwerthig anzusehen sein.

Es ist noch zu erwähnen, dass auch die Firma W. A. Hirschmann im September 1901 einen Prospect über einen neuen „Gleichstromumformer zum Anschluss an Gleichstromleitungen für Galvanokaustik und Beleuchtung unter Verwendung einer selbstthätigen Unterbrechungsvorrichtung“ auf den Markt gebracht hat. Der Prospect giebt über den Nutzeffect kein ganz klares Bild, da nicht gesagt ist, ob der Stromverbrauch von 2 Amp. sich auf 220 oder 110 V. bezieht, und weil die Angaben des Prospectes sich selbst in einigen Punkten widersprechen. Er steht, auch wenn wir 110 V. Strom annehmen, etwas hinter dem der beschriebenen beiden Apparate zurück, genügt aber vollauf, um den Anschluss an jede Lichtleitung zu ermöglichen. Obwohl der Apparat nur für Kaustik und Endoskopie eingerichtet ist und das beigegebene Ampèremeter nur für den Gebrauch der grossen Bottinibrenner bestimmt und nicht für Galvanisation und Electrolyse zu benutzen ist, beträgt der Preis 320 bis 375 M. Die Form ist die eines allseitig geschlossenen Schrankes, der auf Rollen läuft, in den Abmessungen 45 cm Tiefe, 55 cm Breite, 81 cm Höhe. Von der Höhe entfallen ca. 20 cm auf den Apparat und 60 cm auf das leere Untertheil, welches fest mit dem Apparat ver-

bunden ist. Das Gewicht beträgt mit Untertheil 70 kg.

Der Apparat ist also, obwohl nur für Kaustik und Endoskopie bestimmt, erheblich grösser und um das 3fache schwerer als die beiden zuvor besprochenen Universalapparate. Das Untertheil ist höher als ich oben als wünschenswerth bezeichnet habe. Der Grund dafür liegt aber darin, dass die gesammten Schalter und Rheostaten, sowie das Ampèremeter auf der Stirnwand angebracht sind, so dass die Deckplatte als Tisch dienen kann. Im Interesse der Sauberhaltung des Fussbodens ist ein hochbeiniges Untertheil zweckmässiger als das schrankartig geschlossene. Eine feste Verbindung von Ober- und Untertheil ist nicht zweckmässig. Recht zweckmässig aber ist die Einrichtung, dass alle Widerstände im Innern des Kastens liegen und die Regulirung nur durch Drehen der Zeigerknöpfe erfolgt. Der Apparat ist dadurch gegen Staub in vortrefflicher Weise geschützt. — Ausser diesem Apparat hat die Firma W. A. Hirschmann noch ein kleineres einfacheres Instrumentarium für Kaustik und Endoskopie hergestellt, welches den gleichen Umformer enthält wie das grössere. Jedoch fehlt dabei ein Ampèremeter gänzlich. Die Abmessungen sind $26 \times 38 \times$ ca. 20 cm. Das Gewicht beträgt 21 kg. Der Apparat befindet sich auf einem ganz zweckmässigen kleinen Eisentischchen. Steht der Apparat auf diesem Tischchen, so ist die Deckplattenhöhe 78 cm. Die Regulirwiderstände liegen bei diesem Apparat nicht im Innern, sondern sind auf der Vorderwand an-

gebracht und mit Triebstiefern versehen. Der Preis beträgt 250 M. mit Tisch.

Im Einzelnen zeigen die Apparate manches Zweckmässige: Das Freibleiben der Deckelplatten, bei dem grösseren ferner die innere Anordnung der Rheostaten und die dadurch vermehrte Staubsicherheit. Doch ist der Preis beider Apparate im Vergleich zu dem der ausführlicher beschriebenen Universalapparate unverhältnissmässig hoch.

Ueber die innere Einrichtung, welche durch D. R. P. geschützt ist, hat mir die Firma bereitwilligst dahin Auskunft gegeben, dass ebenfalls eine schwingende Unterbrechung mit Platincontacten verwendet ist. Die Unterbrechungsvorrichtung ist zugänglich in verschliessbarem Kasten untergebracht.

Auch die Electricitätsgesellschaft „Sanitas“ in Berlin hat soeben einen Gleichstromumformer auf den Markt gebracht. Nach dem, was ich Seite 24 über die mir von dieser Firma gelieferte Dermolampe sagen musste, ist es mir nicht zu verdenken, dass ich kein Urtheil über Apparate derselben abgebe, die ich nur aus Abbildungen und Beschreibungen kenne.

* * *

Meine Absicht war ursprünglich, im Anschluss an einen im ärztlichen Verein zu Bremen gehaltenen kleinen Vortrag über Gleich-

stromumformer für Kaustik zu schreiben, mit deren Einrichtung und Verbesserung ich mich befasst hatte und deren allgemeinere Einführung mir wegen des in ihnen zu Tage tretenden wissenschaftlichen und practischen Fortschrittes am Herzen lag. Je mehr ich mich aber in die Sache vertiefte, desto mehr bemerkte ich die Lückenhaftigkeit der eigenen Kenntnisse auf dem betretenen Gebiete, und desto mehr sah ich ein, dass ich der Mehrzahl der Collegen, die sich für die Sache interessiren sollten, auch in gedrängter und leicht verständlicher Form einen gewissen Einblick in das allgemeine Verhältniss zwischen Starkstromleitungen und electro-medicinischen Anschlussapparaten und in die einfachen, bei der Construction der letzteren vorzunehmenden Rechnungen und Messungen verschaffen musste. Es fehlte bislang an einer zusammenfassenden Darstellung dieser Dinge für die speciellen Interessen des Arztes. Diese Lücke füllt nun zwar die vorliegende Arbeit keineswegs aus. Indessen vermuthe ich, dass ihr allgemeiner Inhalt die Collegen, die sich mit diesen Dingen beschäftigen müssen, interessiren wird, und hoffe, dass sie auch dem Collegen einen gewissen Ueberblick in begrenzter Form bieten wird, dem die Electricität in ihrer heutigen Entwicklung etwas zur terra incognita geworden ist.

Verlag von Vogel & Kreienbrink, Berlin SW. II.

Leitfaden des Röntgen-Verfahrens.

Unter Mitarbeit von:

Prof. Dr. Hildebrandt, Marburg, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. A. Hoffa, Berlin, Prof. Dr. A. Hoffmann, Düsseldorf, Dr. Guido Holzknacht, Wien, Privatdozent Dr. Heinrich Kraft, Strassburg, Dr. Metzner, Dessau, Dr. Karl Mohilla, Wien, Dr. Strebel, München.

Herausgegeben von Ingenieur Friedrich Dessauer
und Dr. B. Wiesner, Aschaffenburg.

==== Preis Mk. 7.80. ====

Das Buch soll hauptsächlich dem Anfänger zur Einführung, aber auch dem Praktiker zur Vertiefung seiner Kenntnisse dienen. Es gibt zunächst eine kurzgefasste, aber ausreichende Elektrizitätslehre, soweit sie auf das Röntgenverfahren Bezug hat. Insbesondere sind die Gesetze der Induktion, des Stromverlaufes im Instrumentarium (Selbstinduktion, Schliessungsinduktion) ausführlich dargestellt.

Eine zweite Abhandlung gibt das für Ausstattung und Einrichtung des Röntgenlaboratoriums Wichtigste, die Anleitungen zur Regulierung und Handhabung der Apparate und der Röhren, zur Ausübung der Durchleuchtung und photographischen Methode. Überall ist die Betonung eines „Systemes“ oder einer besonderen Konstruktion vermieden, nur das allgemein Gültige gesagt.

Der technische Teil umfasst weitere Arbeiten von Wiesner und Metzner über Blendenverfahren und transportable Apparate, von Hildebrandt und Hoffmann über Stereoskopie und Orthodiagraphie.

Der medizinische Teil unterscheidet sich von allen anderen Publikationen dadurch, dass jeder Autor sein Gebiet, auf dem er Autor ist, beschreibt. Hoffa und Mohilla Chirurgie, Holzknacht innere Medizin, Strebel die Therapie. Überall ist die Frage in den Vordergrund gestellt: Was leistet die Methode und was nicht?

Reiniger, Gebbert & Schall

Erlangen

Filialen: Berlin, München, Hamburg, Wien, Budapest

empfehlen:

Anschlußapparate nach Dr. Ruprecht

für

Galvanisation, Faradisation, Kaustik und Endoskopie mit Stromtransformierung für Kaustik durch Platinunterbrecher und Transformerspule.

Höchster Nutzeffekt. Geringer Stromverbrauch.
Kleines Gewicht.

Röntgen-Instrumentarien von höchster Leistungsfähigkeit selbst bei kleinen Funkenlängen des Induktors.

Apparate für sinusoidale Wechselstrombäder nach Dr. Smith zur Herzbehandlung.

Einrichtungen für elektromagnetische Therapie.

Lichtbäder für Glüh- und Bogenlicht.

Apparate nach Finsen-Reyn zur Behandlung von Lupus vulgaris.

Elektromotore für Vibrationsmassage und für chirurgische Operationen.

Cystoskope für Untersuchung, Irrigation und Photographie der Blase, sowie zum Katheterisieren der Ureteren.

==== Preislisten und Offerten kostenlos. ====

storage.lib.uchicago.edu/pres/2015/pres2015-0321.pdf

537.87 Q402 c.1

ber Starkstromanlagen und electrome



086 678 019

UNIVERSITY OF CHICAGO