**V. Ueber die Wirkung und Anwendung hoch-
gespannter Ströme von starker Wechselzahl
(d'Arsonval-Tesla-Ströme).¹⁾**

Von A. Eulenburg.

M. H.! Die Erscheinungen, die an hochgespannten Strömen von starker Wechselzahl beobachtet werden, haben innerhalb der letzten zehn Jahre in immer steigendem Maasse ein nicht bloss

¹⁾ Vortrag (mit Demonstrationen) im Verein für innere Medicin am 5. Februar 1900.

wissenschaftlich-theoretisches, sondern auch technisch-praktisches Interesse auf sich gezogen. Es hat sich dies insbesondere nach zwei Seiten hin in hervorragender Weise bethätigt. Einmal nämlich hat Tesla — auf dessen Arbeiten und Leistungen ich noch zurückkommen werde — in grösserem Maassstabe erfolgreiche Versuche gemacht, Ströme von ungeheurer hoher Spannung und Wechselzahl direkt zu Beleuchtungszwecken, als Quelle seines „Lichts ohne Wärme“, d. h. ohne oder doch fast ohne messbare Wärmeschwingungen — des vielbesprochenen „Lichts der Zukunft“ oder „Tesla-Lichts“ — zu verwerthen. Sodann aber hat, unabhängig davon, der berühmte französische Physiolog d'Arsonval seit Jahren Untersuchungen über die physikalischen und physiologischen Leistungen derartiger Ströme angestellt und ist im Laufe dieser Untersuchungen allmählich zu hochbedeutsamen Ergebnissen auch hinsichtlich der ärztlich-therapeutischen Verwerthbarkeit dieser Ströme gekommen — worauf dann Apostoli, Oudin und andere weitergebaut haben. Es sind das Untersuchungen und Arbeiten von noch ziemlich neuem Datum; die Technik dieser Untersuchungen, die mit ihrer Anwendung verknüpfte Methodik erscheint ziemlich schwierig und complicirt; das zu ihrem Gebrauch erforderliche, weitläufige und kostspielige Armamentar war bisher bei uns kaum zu beschaffen — und so mag es denn wohl gekommen sein, dass über den Gegenstand (von einzelnen kurzen, theilweise recht unkritischen Excerpten abgesehen) im ganzen bisher so wenig verlautete und von einer selbständigen Aufnahme und Fortführung der von d'Arsonval und seinen Schülern in Angriff genommenen Untersuchungen noch gar nicht die Rede gewesen ist. Nun hat, auf meine Anregung, seit längerer Zeit unser auf dem Gebiete der medicinischen Elektrotechnik so verdienstvoller und stets dienstbereiter Helfer, Herr Georg Hirschmann, sich der Sache angenommen und hat mit dem ihm eigenen erfinderischen Scharfsinn ein in mancher Beziehung verbessertes und vereinfachtes, praktisch handgerechtes Armamentar für die therapeutische Benutzung hochgespannter Ströme von starker Wechselzahl hergestellt, das ich mir erlauben werde, Ihnen hier vorzuführen und mit einigen Versuchsdemonstrationen zu begleiten.

Bevor ich auf die näheren Einzelheiten eingehe, erscheint es zum besseren Verständniss geboten, einige einleitende Bemerkungen über die geschichtliche Entwicklung unserer Anschauungen auf diesem Sondergebiete der Elektrizitätslehre vorzuschicken. Wenn wir uns auf dieses Gebiet hinausbegeben, meine Herren, so stossen wir ziemlich bald auf Thatsachen und Erfahrungen, die dem durchschnittlichen Schulwissen von den elektrischen Erscheinungen mehr oder weniger fern liegen und mit manchen unserer herkömmlichen Vorstellungen und Begriffe, mit den Ueberlieferungen einer dogmatischen Elektrostatik und Elektrodynamik schwer vereinbar erscheinen. In der That haben wir es hier mit einem weiten und neuen Gebiete elektrischer Energiewirkungen zu thun, die anscheinend ganz eigenen, erst ungenügend erforschten Gesetzen folgen und wobei denn auch die bisher üblichen Erklärungsversuche zum Theil wenig passen oder sich doch bald als unzulänglich herausstellen. Ich will nur an die Thatsache erinnern, dass für diese hochgespannten Ströme von rascher Wechselzahl die Luft unter Umständen einen vorzüglicheren Leiter darzubieten scheint, als die beste metallische Leitung, dass sie sich daher in manchen Fällen in Wellenform durch weite Räume hindurch fortpflanzen, statt sich durch eine kurze Metallleitung auszugleichen (wovon Tesla den Grund in einer durch die hohe Wechselzahl begünstigten Selbstladung der Leiter gefunden zu haben glaubt); dass ferner — vielleicht auch eben dieser „Selbstladung“ wegen — derartige Ströme von hunderttausenden oder Millionen Volt Spannung für den menschlichen Körper ganz unschädlich bleiben, ja auf ihn überhaupt in den meisten Fällen kaum wahrnehmbar einwirken! — In der That haben wir es dabei nicht sowohl mit Erscheinungen elektrischer Ströme im gewöhnlichen, wohlgekannten Sinne, als vielmehr mit Erscheinungen elektrischer Energieübertragung in Wellenform zu thun. Ein genaueres Studium aller dieser interessanten und wichtigen Erscheinungen war daher auch erst möglich geworden, als durch die epochemachenden Arbeiten des allzufrüh verstorbenen Bonner Physikers Heinrich Hertz die Elektrizität (wie dies schon früher Faraday geahnt und Maxwell mathematisch dargethan hatte) auf experimentellem Wege als eine Erscheinung des den Raum continuirlich erfüllenden Aethers, als eine in Wellenform fortschreitende Bewegung des

Aethers erkannt wurde, die sich dem Lichte gleich nach allen Richtungen des Raumes ausbreitet und deren Ausbreitungsgeschwindigkeit (310 000 km in der Sekunde) auch mit der des Lichtes genau übereinstimmt, so dass die Unterschiede zwischen den elektrischen Wellen und den Lichtwellen lediglich in der viel grösseren — bis zu mehreren Metern anwachsenden — Länge der ersteren gesucht werden mussten.

Gehen wir bezüglich der Wirkungen und Anwendungen hochgespannter Ströme etwas weiter zurück, so hatten bekanntlich Hittorf, Crookes und andere zuerst die Leuchtkraft elektrischer Strahlen im luftverdünnten Raum untersucht und sich dabei zur Hervorrufung der Lichterscheinungen bereits hochgespannter Ströme von stärkerer Wechselzahl bedient, die aber für den luftverdünnten Raum noch keine allzuhohe zu sein brauchte. Die Elektrizitätsquelle bestand dabei in starken Ruhmkorff'schen und ähnlichen Inductoren, die mit Stromunterbrechungen von 1000 bis 2000 in der Minute und mit Voltspannungen von 30 000 bis 50 000 arbeiteten. Zu einer weiteren erheblichen Steigerung darüber hinaus gelangte man erst durch eine wesentliche Bereicherung und Vervollkommnung der Apparate; zunächst durch die Zuhilfenahme von spannungshäufenden Vorrichtungen (Condensatoren, oder Leidener Flaschen) — sodann aber hauptsächlich durch die ebenfalls an Hertz anknüpfende Verwerthung einer eigenthümlichen Eigenschaft des elektrischen Funkens. Wie nämlich Feddersen und Helmholtz zuerst gezeigt hatten, ist bei einer gewissen Ladung der Condensatoren der überspringende Entladungsfunke nicht einfach, sondern vielmehr aus einer ungeheueren Anzahl partieller Entladungen (Oscillationen oder Vibrationen) zusammengesetzt, die als solche wegen der Trägheit unseres Sehorgans nicht zur Wahrnehmung kommen und deren Dauer nur ungefähr den millionsten Theil einer Sekunde in Anspruch zu nehmen braucht. Zur Erzeugung solcher elektrischen Schwingungen verwandte Hertz seinen mit einer Stromquelle (Batterie) und der primären Spirale eines Inductors verbundenen Oscillator, der aus zwei an Metalldrähten in einem regulirbaren Abstand von einander befindlichen Zinkkugeln besteht, wie wir sie in der „regulirbaren Funkenstrecke“ unseres Armamentars benutzt finden werden; und er vermochte mit dessen Hilfe elektrische Wellen zu erzeugen, die sich nach allen Richtungen des Raumes ausbreiten und die sich durch eine besondere Vorrichtung, den elektrischen Resonator, als solche nachweisen lassen. — Auf dieser Grundlage, unter Zuhilfenahme der genannten, in entsprechender Weise modificirten Vorrichtungen haben dann sowohl Tesla wie auch d'Arsonval weiter gearbeitet; ihre Errungenschaften (ebenso wie die neuerdings zu so grosser Bedeutung gelangte Marconi'sche Wellentelegraphie) sind in diesem Sinne unzweifelhaft als Früchte des von Hertz erschlossenen neuen und grossen Forschungsgebietes zu betrachten.

Der österreichische Ingenieur Nicolaus Tesla (1857 zu Smiljan in Croatien geboren, seit vielen Jahren in Amerika ansässig) ging bei seinen Untersuchungen von den überraschenden Lichterscheinungen aus, die durch die Kathodenstrahlen bekanntlich im luftverdünnten Raum hervorgebracht werden. Es handelte sich für ihn zunächst um das Problem, durch eine Verbesserung und Verstärkung der Apparate diese im luftverdünnten Raum hervortretenden Lichterscheinungen auch für den gewöhnlichen, luft erfüllten Raum zur Geltung zu bringen. Zu diesem Zwecke arbeitete Tesla mit besonders starken, oft meterlange Funken liefernden Inductoren; er benutzte ausserdem den Kunstgriff, die vom ersten Inductor gelieferten, durch Condensator und Oscillator verstärkten und vervielfachten Impulse in die Primärrolle eines zweiten Inductors (Transformators) hineinzu-schicken, um in dessen sekundärer Spirale abermals Ströme von jetzt ganz ausserordentlich erhöhter Spannung — „Millionen-voltströme“ — zu induciren. Wir finden dieses Prinzip in unserm Armamentarium in der Form des kleinen Solenoids des Transformators, wie auch des sogenannten grossen Solenoids angemessen verwerthet. Schon Tesla selbst hatte dabei die überraschende Erfahrung gemacht, dass diese „Millionenvoltelektrizität“ für den menschlichen Körper absolut unschädlich zu sein schien, so dass er besonderer Isolirvorrichtungen — von den stromerzeugenden Vorrichtungen abgesehen, für die Tesla eine Oelisolirung verwandte — beim Hantiren damit überhaupt nicht bedurfte. Er hatte die Ursache dieser eigenthümlichen Wahrnehmung in einer Art von Selbstladung oder Selbstinduction des Körpers zu finden geglaubt, die als Schutzmittel gegen das Eindringen hochgespannter

Ströme sich wirksam erweise. Brachte Tesla sich selbst in Berührung mit den Polen seines Transformators, so wurde er selbst gewissermaßen zum Pol; die sonst an Metallpolen beobachteten oder von diesen ausstrahlenden Lichterscheinungen zeigten sich an seinem eigenen Körper; jede von ihm in die Hand genommene Vacuumlampe begann zu leuchten — während der Körper selbst, bis auf ein leichtes Wärmegefühl, von diesen Einflüssen gänzlich unberührt blieb. (Vgl. u. a. die kleine, von Tesla revidierte und mit Anmerkungen versehene Schrift von Etienne de Fodor „Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz“, Wien, A. Hartleben's Verlag, 1894.) Den weiteren Entdeckungen Tesla's auf dem Gebiete der Lichterzeugung durch Elektrizität und ihrer technischen Verwerthung können wir hier, so interessant sie auch sind, natürlich nicht nachgehen. Doch zeigt das Angeführte wohl schon zur Genüge, dass Tesla, wenn ihm auch jede ärztlich-therapeutische Verwerthung seiner Ergebnisse ursprünglich fernlag, doch auf diese Dinge einen mächtigen Einfluss geübt hat und sein Name damit in hervorragender Weise für immer verknüpft bleibt.

Von ganz anderer Seite her und mit anderen leitenden Gesichtspunkten ging dagegen der Physiolog d'Arsonval, unabhängig von Tesla, an das Studium dieser Fragen. D'Arsonval hatte — wie er selbst u. a. in einer Mittheilung an die Société des électriciens vom April 1897¹⁾ ausführt — sich seit 1878 mit dem Mechanismus der elektrischen Nerven- und Muskeleirregung beschäftigt und ursprünglich die Factoren bei der Einzelerregung, die dafür charakteristische Form der Erregungswelle studirt — dann den Einfluss immer häufiger auf einander folgender Erregungen in der Zeiteinheit experimentell verfolgt. Ein von ihm zu diesem Zwecke benutzter (1892 beschriebener) mechanischer „Alternator“ gab bereits bis zu 10 000 Stromwechsel in der Sekunde. Dabei stellte sich nun heraus, dass von einer gewissen Häufung der Unterbrechungen ab die Wirkungen auf den thierischen Organismus, speziell auf das Nervensystem, keine entsprechende Steigerung, sondern im Gegentheil eine Abnahme erfuhren und allmählich sogar gänzlich versagten. Den Grund dieser überraschenden Erscheinung suchte d'Arsonval darin, dass die menschlichen Bewegungs- und Gefühlsnerven gewissermaßen auf bestimmte Schwingungszahlen elektrischer Erregungen eingestellt seien, durch diese in spezifischer Weise getroffen würden — ähnlich wie es für Gesichts- und Gehörnerven in Bezug auf Licht- und Schallwellen von bestimmter Wellenlänge und Schwingungszahl ausschliesslich der Fall ist. Zu bedeutend höheren Frequenzen gelangte d'Arsonval, als er seinem mechanischen Alternator den oben erwähnten Hertz'schen Oscillator substituirte und auch sonst mannigfache Veränderungen und Verbesserungen der Versuchsanordnung und des dazu dienenden Instrumentenapparates vornahm, in deren Verlaufe er allmählich zu dem jetzt vor Augen stehenden Armamentarium gelangte. Uebrigens beansprucht d'Arsonval auch zeitlich eine Priorität Tesla gegenüber, da er seine ersten Beobachtungen in der Société de biologie am 24. Februar und 25. April 1891 vortrug, während die erste Publication Tesla's in New-York vom 23. Mai 1891 stammt. Wir haben also ausreichenden Grund, für die durch d'Arsonval's Verdienst auf Grundlage seiner Versuche und des von ihm ausgebildeten Armamentars geschaffenen therapeutischen Verwendungen dieser hochgespannten Ströme von starker Wechselzahl, die (wenn ich mich nicht irre, von Benedikt²⁾ zuerst gebrauchte) Bezeichnung „Arsonvalisation“ als zutreffend und den bekannten elektrotherapeutischen Analogieen entsprechend zu acceptiren.

An dieser Stelle darf ich mir wohl gestatten, zunächst die genauere Beschreibung und Demonstration des in einzelnen Theilen selbständig abgeänderten Hirschmann'schen Armamentars einzuschalten und dessen Benutzungsweise und Wirkung durch einige — zum Theil im verdunkelten Zimmer anzustellende — Versuche kurz zu erläutern.

Beschreibung des Armamentariums.

Das vorgeführte Armamentarium besteht, wie Sie sehen, aus zwei von einander getrennten Hauptstücken: dem Apparatens-

schränk mit allen seinen Nebenvorrichtungen und dem sogenannten „grossen Solenoid“ in der Form eines aufrecht stehenden Käfigs.

1. Der Apparatenschränk (Figur 28).

Fig 28.

a) Er enthält zunächst in seinem obersten Theile den Ruhmkorff'schen Funkeninductor nebst den (im Innern des Kastens untergebracht, nicht sichtbaren) Condensatoren. Die dazu gehörige Stromquelle (Accumulatorbatterie von 20 Zellen) befindet sich im untersten Theile des Schrankes und ist durch Leitung mit dem Inductor sowie mit den gleich zu erwähnenden Nebenapparaten verbunden. Der Inductor liefert Funken bis zu 35 cm Länge, die bei voller Ausnutzung Voltspannungen von 50 000 Volt und darüber entsprechen.

b) Zum Betriebe des Funkeninductors dient ein Quecksilberunterbrecher von neuer und originaler Construction (Hirschmann's „rotirender Quecksilberunterbrecher mit Gleitcontacten“), der durch einen kleinen Elektromotor in Thätigkeit gesetzt wird. Er besteht im wesentlichen aus einem rotirenden Cylinder mit zwei Kupfercontacten, von denen der eine rotirt, während der andere, feststehende durch eine Feder gegen den rotirenden Contact angepresst wird. Um den Kupfercontact gleichmässig zu gestalten und die Reibung bei der Rotation aufzuheben, wird Quecksilber benutzt, das sich am Boden des Gefässes befindet. Dieses wird durch eine besondere Vorrichtung centrifugenartig gehoben und an die Stelle des gleitenden Contactes hingeführt, so dass beide Contacte stets mit einer die innige Berührung ermöglichenden Quecksilberschicht überzogen werden. Der Unterbrecher arbeitet daher sehr gleichmässig, wie sich schon an der Art des die Unterbrechungen begleitenden Geräusches kundgiebt. Bei jeder vollen Umdrehung wird der Strom auf diese Weise durch die Contacte zweimal geschlossen und geöffnet. Die damit erreichbare Zahl der Unterbrechungen beträgt 1600 in der Minute. Da nun, wie bereits erwähnt wurde, jeder einzelnen Funkenunterbrechung des Inductors zehntausende der wellenförmigen Oscillationen oder Vibrationen entsprechen, so ist klar, dass wir auf diese Weise leicht zu mehreren hunderttausenden von Unterbrechungen in der Sekunde gelangen. — Dieser Quecksilberunterbrecher ist übrigens auch für Röntgeneinrichtungen in gleicher Weise benutzbar. Platinunterbrecher, wie sie für die gewöhnlichen medicinischen Inductionsapparate genügen, sind zur Herstellung eines andauernden und regelmässigen Ganges der Untersuchungen bei den grösseren Funkeninductoren nicht geeignet.

c) Die primäre Leitung verläuft durch einen Stromschalter, der den Inductor und den Quecksilberunterbrecher ein- und ausschaltet, zum

d) Stromwender —

e) Metallrheostat (der mittels Kurbeldrehung Widerstände von ca. 10 Ohm einschaltet) und

f) Ampèremeter, das die Stärke des primären Stromes in Ampères (bis zu 5 Ampères) durch Nadelablenkung direkt anzeigt.

Die unter c bis f beschriebenen Nebenvorrichtungen befinden sich dicht bei einander im mittleren Theile des Apparatenschranks.

¹⁾ d'Arsonval, Action physiologique et thérapeutique des courants à haute fréquence. Archives d'électricité médicale 1897, S. 165.

²⁾ Benedikt, Die „Arsonvalisation“ in der Medicin. Wiener med. Wochenschrift 1899, Nr. 5.

Im unteren Theile desselben haben wir ausser den Batterien und dem Quecksilberunterbrecher noch

g) Zwei Leidener Flaschen von zusammen ca. 2400 qcm Belegfläche, die zur Aufnahme der Spannungen, die von der secundären Spirale des Funkeninductors dem Transformator zugeleitet werden, bestimmt sind.

h) Im mittleren Schranktheile, links von den unter c bis f beschriebenen Vorrichtungen, finden wir zunächst nach vorn die regulirbare Funkenstrecke (dem Hertz'schen Oscillator nachgebildet) — einen sehr wichtigen Theil des Apparates, der aus zwei gegenüberliegenden kleinen Zinkkugeln besteht, deren Abstand von einander sich durch eine Schraubenvorrichtung bis zum Maximum von 2 cm beliebig verändern und an einer Skala ablesen lässt. In der Regel kommen nur Funkenstrecken von etwa 5—10 mm zur Verwendung.

i) Dahinter befindet sich ein Haupttheil des Apparates, das sogenannte kleine Solenoid oder der Transformator. Man versteht unter „Transformatoren“ bekanntlich Inductionsapparate, die zur Umwandlung grösserer Spannungsmengen — in der Regel zur Spannungssteigerung, gelegentlich auch zur Spannungsherabsetzung — dienen. Der hier benutzte Transformator entspricht ebenfalls einem Inductor mit zwei Spiralen, hat aber äusserlich die Gestalt eines Solenoids, indem seine äussere Rolle nur aus acht dicken von einander isolirten Windungen blanken Kupferdrahtes besteht, die horizontal nebeneinander gewickelt sind, und durch Leitungen mit der secundären Spirale des Funkeninductors sowie mit Funkenstrecke und Leidener Flasche im Zusammenhang stehen. Diese primären Solenoidwindungen umschliesst — wie Sie das an einem zweiten, freistehenden Exemplare sehen können — eine zweite (innere) Spirale, die aus 400 Windungen eines nur 0,5 mm dicken Kupferdrahtes besteht und die im wesentlichen der gewöhnlichen secundären Rolle unserer Inductionsapparate analog ist. — Da es nicht immer zweckmässig ist, die sämtlichen primären Solenoidwindungen zu benutzen und also mit voller Hochspannung der secundären Spirale zu arbeiten, so hat Herr Hirschmann an dem Apparat noch eine besondere Regulirvorrichtung angebracht, nämlich einen beweglichen Contact, in Gestalt einer Metallfeder, der durch Umdrehung in Bewegung gesetzt auf den einzelnen Windungen hinschleift und bei der Umdrehung von rechts nach links diese der Reihe nach aus-, bei entgegengesetzter Drehung sie dagegen successiv einschaltet. Diese Vorrichtung erfüllt also denselben Zweck wie die Rollenverschiebung bei unseren gewöhnlichen Inductionsapparaten; wie an diesen durch Herausziehen der secundären Spirale nur ein kleinerer Theil der primären Windungen mit den secundären zur Deckung gelangt und somit eine Abschwächung der Stromstärke im secundären Stromkreise bewirkt wird, so wird hier bei Verminderung der eingeschalteten Primärwindungen weniger Spannung auf die secundären Windungen des Transformators und somit auf den im Kreise des letzteren eingeschalteten Körper übertragen. — Durch entsprechende Benutzung der regulirbaren Funkenstrecke, des Rheostaten, und endlich des beweglichen Contactes lässt sich jede für besondere Zwecke erwünschte Veränderung der primären Stromstärke und der secundären Spannungen für die Körperableitung in ausgiebigster Weise erzielen. — Endlich haben wir

k) Die Ableitungsvorrichtungen für den Körper, in der Form von Leitungsschnüren, Handgriffen verschiedener Art und zur lokalen Anwendung bestimmter Elektroden. Die letzteren sind insgesamt mit einem starken und hinreichend langen isolirenden Handgriff versehen, wie wir ihn von der Benutzung bei der Franklinisation bereits kennen; sie sind spitzenförmig, röhrenförmig, knopf- und kolben- oder flächenförmig in verschiedenen Grössenverhältnissen gestaltet. Ein Theil davon ist mit besonderen Condensatorvorrichtungen versehen („Condensatorelektroden“), auf die an anderer Stelle — vergl. „Methodologisches“ — noch zurückzukommen sein wird.

Der Gang der primären Stromleitung und der darin erzeugten secundären Hochspannungen ist also, schematisch zusammengefasst, folgender:

1. Die primäre Leitung verläuft von den Stromquellen (Accumulatoren, oder centrale Gleichstromleitung) durch Rheostat, Stromschalter, Ampèremeter, Stromwender zur primären Rolle des Funkeninductors und durch diese hindurch zu den zugehörigen Condensatoren, sowie zum Quecksilberunterbrecher und zur Stromquelle zurück.

2. Die secundäre Spannung entsteht in der secundären Rolle des Funkeninductors, geht von hier zu den inneren und äusseren Belegen der Leidener Flaschen, zur regulirbaren Funkenstrecke, zu den Primärwindungen des kleinen Solenoids und zur secundären Spirale des Funkeninductors zurück.

3. Die tertiäre Spannung entsteht in den secundären Windungen des Transformators, geht von hier durch die Leitungsschnüre und Elektroden zum Körper und direkt (oder mittels Erdableitung des anderen Polendes) zur secundären Spirale des Transformators zurück.

Ausserdem kann der Körper auch parallel zur primären Spirale des Transformators, also in Verbindung mit den Polen derselben, als „Extrastrom“ eingeschaltet werden; vergl. „Methodologisches“ unter 3.

Ich will nun, bevor wir uns zu dem zweiten Hauptstück des Instrumentars, dem sogenannten grossen Solenoid, wenden, Ihnen mit den bisher geschilderten Apparaten zunächst eine kleine Anzahl von Versuchen vorführen, wobei mich Herr G. Hirschmann freundlichst unterstützen wird.

Für die ersten Versuche ist eine Verdunkelung des Zimmers erforderlich, um die Lichtausstrahlungen besser sichtbar zu machen. Es handelt sich zunächst um die büschelförmigen Ausstrahlungen, die von den Polen der primären Spirale des Solenoids erhalten werden (Verdunkelung, Demonstrationen). Noch schöner kann ich diese Erscheinungen hervorrufen, wenn ich jeden dieser Pole mit einem frei auslaufenden Kupferstab oder Kupferbügel armire. (Geschieht.) Ferner sehen Sie die Lichterscheinungen, die in luftverdünnten Röhren entstehen, sobald ich diese einem der Pole des Transformators annähere. Auch Vacuumlampen können in gleicher Weise leicht zum Glühen gebracht werden. (Demonstration.)

Wir wollen nun das Zimmer wieder erhellen (geschieht), und ich zeige Ihnen jetzt drei Versuche hintereinander, um die Erscheinungen der Hochspannung in einem geschlossenen Stromkreise, der parallel zu den Solenoidwindungen geschaltet ist (also gewissermaassen als „Extrastrom“ derselben), nachzuweisen. Zuerst verbinde ich die beiden Polen der primären Solenoidwindungen durch zwei Metalldrähte, in welchen eine Glühlampe von 65 Volt Spannung eingeschaltet ist. Sobald ich den Unterbrecher in Thätigkeit setze, beginnt die Lampe sehr stark weissglühend zu werden. — Ich verbinde nun die Metalldrähte in der Weise, dass ich zwischen ihnen ausser der Lampe auch noch ein Wassergefäss einschalte, in das der eine Draht eintaucht; die Lampe glüht ebenfalls stark. — Nun ersetze ich das Wassergefäss durch meinen Körper; ich nehme die beiden mit Kugelhandgriffen armirten Leitungsdrähte in die Hand, von denen der eine direkt, der andere durch die eingeschaltete Lampe zum Transformator zurückgeht; Sie sehen auch hier ein noch recht starkes Roth- und selbst Weissglühen der Lampe. Der den abgeleiteten Stromkreis durchfliessende Strom, der die Lampe zum Glühen bringt, hat eine Stärke von mindestens 0,4 Ampère, und doch habe ich dabei, ausser einem ganz leichten Wärmegefühl und einem leisen Kribbeln in den die Griffe umfasst haltenden Händen, absolut keine Empfindung! (Schluss folgt.)