

Über
den elektrolytischen Stromunterbrecher
von A. Wehnelt.

Von

Dr. Anton Lampa,

Privatdocent an der k. k. Universität in Wien.

Vortrag, gehalten den 29. November 1899.

Mit 7 Abbildungen im Texte.

Die Anwendung der Röntgenstrahlen zu medizinischen Zwecken hat die Anforderungen an die Stromunterbrecher in hohem Maße gesteigert. Erhält man ja umso ruhigere und hellere Bilder auf dem Phosphoreszenzschirm und gute photographische Wirkungen durch eine gegebene Röntgenröhre in umso kürzerer Gesamtzeit, je rascher die Unterbrechungen des Stromes, mit welchem der Ruhmkorff'sche Apparat gespeist wird, hintereinander folgen. Die Mechaniker haben aus diesem Grunde die alten Unterbrechertypen, die alle auf demselben Princip beruhen, den Strom durch einen von seiner eigenen magnetischen Wirkung bewegten Hebel zu unterbrechen, verlassen und sind dazu übergegangen, Unterbrecher zu bauen, welche durch einen eigenen kleinen Motor angetrieben werden und sehr hohe Unterbrechungszahlen (bis zu 2000 pro Minute) liefern können.

In jüngster Zeit ist nun ein neuer Unterbrecher bekannt gemacht worden, welcher, auf einem ganz anderen Principe beruhend, noch weit höhere Unterbrechungszahlen (mehrere hundert, bis 2000 pro Secunde) zu liefern vermag; es ist dies der so ge-

nannte elektrolytische Stromunterbrecher von A. Wehnelt.¹⁾

Leitet man starke Ströme mittels relativ kleiner Elektroden durch eine leitende Flüssigkeit, so treten eigenartige Licht- und Wärmeerscheinungen auf, welche von einer großen Zahl von Physikern studiert worden sind. Bei der Wiederholung hierher gehöriger Versuche war Wehnelt das summende Geräusch aufgefallen, das entstand, wenn die kleinere von zwei Elektroden (z. B. ein dünner Platindraht und eine große Bleiplatte in verdünnter Schwefelsäure) mit dem negativen Pole einer kräftigen Stromquelle verbunden war. Bereits von Richarz war (1890—1892) gezeigt worden, dass dieses summende Geräusch einer Unstetigkeit des den Apparat durchfließenden Stromes entspricht. Wehnelt untersuchte nun diese Unstetigkeit näher und fand, dass sie in einer vollständigen Unterbrechung des Stromes bestehe. Es zeigte sich dies auch vornehmlich in der Wirksamkeit einer solchen elektrolytischen Zelle als Unterbrecher, falls sie bei einem Ruhmkorff'schen Apparat an die Stelle des gewöhnlichen Unterbrechers gesetzt wurde. Bei höheren Spannungen (110 Volt) wurde die (negative) kleine Elektrode bald glühend und schmolz ab, während der Funkenstrom des Inductors überhaupt schwach und unregelmäßig war.

Wesentlich günstigere Ergebnisse wurden erzielt,

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin 1899, S. 76.
Wiedemann, Annalen 1899, Bd. 68, S. 233.

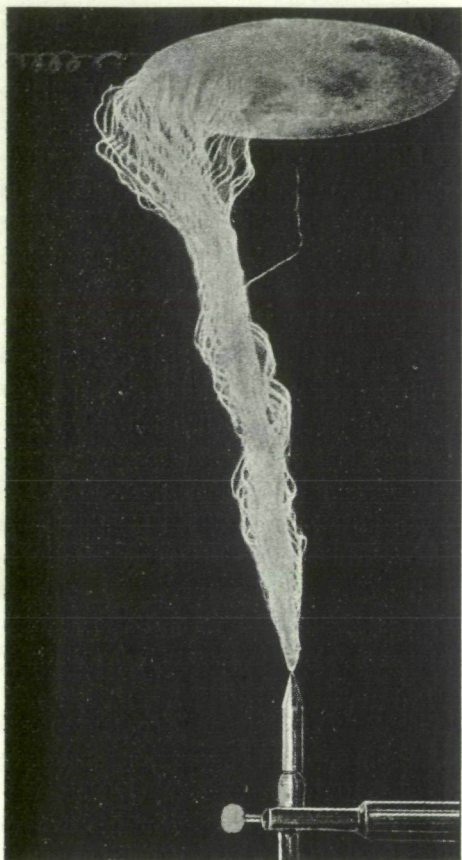


Fig. 1.

wenn die kleinere (auch active genannte) Elektrode zur positiven (Anode), die große zur negativen (Kathode) gemacht wurde. „Das Resultat war überraschend. Bei Einschaltung des Stromes (ca. 100 Volt) entstand momentan zwischen Spitze und Platte des Inductoriums ein intensiver Lichtbogen, der sich, wenn Spitze und Platte bis zu ca. 25 cm von einander entfernt wurden, in einen Funkenstrom von zahllosen ineinandergeflochtenen Funken auflöste.“ Fig. 1 gibt eine Vorstellung von der Erscheinung.

Schaltet man den Ruhmkorff'schen Apparat aus dem Stromkreise aus, so tritt keine Unterbrechung ein, die active Elektrode geräth alsbald ins Glühen; mit Zuschaltung desselben lässt sich das Glühendwerden vermeiden, man hört einen lauten, scharfen Ton, dessen Höhe der Unterbrechungszahl entspricht; die active Elektrode selbst ist von einer röthlich gelben Lichthülle umgeben; doch auch wenn die active Elektrode negativ ist, tritt eine, jedoch anders, und zwar blau weiß gefärbte Lichthülle auf. Die spectralanalytische Untersuchung liefert in dem letzteren Falle das Spectrum des Platins, im ersten das des Wasserstoffes.

Wie aus den vorstehenden Bemerkungen ersichtlich ist, muss, um ein gutes und dauerndes Functionieren des elektrolytischen Unterbrechers zu erzielen, die active Elektrode mit dem positiven, die nichtactive mit dem negativen Pole der Stromquelle verbunden sein. Um die wirksame Oberfläche der activen Elektrode, d. i. jenen Theil derselben, durch welche der elektrische Strom in

die Flüssigkeit eintritt, vergrößern oder verkleinern zu können, führt man dieselbe säuredicht durch ein Rohr in das Innere der Flüssigkeit ein, aus welchem man sie mittels einer Regulierschraube je nach Bedarf herauschiebt. Von der Größe der wirksamen Oberfläche hängt unter sonst gleichen Umständen die Zahl der Unterbrechungen ab; sie steigt bei Verkleinerung derselben. Die weiteren Factoren, von welchen die Unterbrechungszahl abhängt, sind der Widerstand und die Selbstinduction des an den Unterbrecher angeschlossenen Stromkreises. Die Rolle dieser beiden Größen ist in dem Umstande begründet, dass das Eintreten der Unterbrechung bei einer bestimmten, durch die Flächeneinheit der wirksamen Oberfläche hindurchgehenden Stromstärke erfolgt. Diese Stromstärke muss also stets erreicht werden, ehe eine Unterbrechung erfolgt. Die hiezu nöthige Zeit hängt nun wesentlich von dem Widerstande und der Selbstinduction des Stromkreises ab, wie die Theorie der Stromschließung lehrt. Ohne auf dieselbe hier näher einzugehen, sei daran erinnert, dass die Stromstärke in einem Stromkreise von bestimmtem Widerstand nicht im Augenblicke des Schließens den Wert hat, welcher dem Ohm'schen Gesetze (Stromstärke = Elektromotorische Kraft dividirt durch Widerstand) entspricht, weil ja der entstehende Strom in seinem eigenen Stromkreise einen Strom induciert, welcher nach dem Lenz'schen Gesetze entgegengesetzte Richtung hat, also schwächend wirkt. Erst wenn dieser inducierte Strom abgeklungen ist, erreicht die Stromstärke den vollen, dem Ohm'schen Gesetze entsprechenden

Wert. Je stärker der Inductionsstrom im eigenen Leiterkreise, desto länger die hiezu nothwendige Zeit. Die von der Form des Leiters abhängende GröÙe, welche die Stärke des Inductionsstromes bestimmt, heißt sein Selbstinductionscoefficient.¹⁾

Für die Erkenntnis der Vorgänge in dem Unterbrecher ist die Untersuchung der an den Elektroden desselben auftretenden Gase auf Menge und Art von Bedeutung, wie Voller und Walter²⁾ gezeigt haben. Ich führe die Resultate eines ihrer Versuche an, bei welchem sie zwei Zellen, einen Wehneltunterbrecher und eine gewöhnliche Zersetzungszelle, in welcher die Anode ein großes Platinblech war, hintereinanderschalteten. Sie erhielten dann folgende Gasmengen bei 9·4 Ampère Stromstärke in 7 Minuten:

	Normale Zelle	Wehnelt'sche Zelle
Anode	226 cm^3	475 cm^3
Kathode	457 cm^3	452 cm^3

Auf Grund von Faradays Gesetz müssten unter den gegebenen Verhältnissen an der Anode 229 cm^3 Sauerstoff, an der Kathode 458 cm^3 Wasserstoff auftreten. Von den oben genannten Zahlen stehen drei mit

¹⁾ Schließen wir einen Leiter vom Widerstand w Ohm, dem Selbstinductionscoefficienten l Henry bei einer elektromotorischen Kraft von v Volt, so beträgt die Stromstärke zur Zeit t : $\frac{v}{w} \left(1 - e^{-\frac{w}{l}t}\right)$ Ampère.

²⁾ Wiedemann, Annalen 1899, Bd. 68, S. 526.

dieser theoretischen Forderung in Übereinstimmung, bloß die an der Anode der Wehnelt'schen Zelle entwickelte Gasmenge übertrifft den theoretischen Wert um 249 cm^3 , d. i. um mehr als 100% . An der activen Elektrode spielt sich also ein anormaler Vorgang ab. Dies wird auch durch die Analyse des von ihr aufsteigenden Gases bekräftigt. Dieses enthält nämlich außer Sauerstoff, der ja an der Anode auftreten soll, auch Wasserstoff, der bei normaler Elektrolyse an der Kathode auftritt.

Dieser anormale Vorgang dürfte dahin gedeutet werden, dass die starke locale Wärmeentwicklung in der Umgebung der activen Elektrode, wie sie durch den engen Querschnitt der dem Strome zur Verfügung stehenden Bahn bedingt ist, eine Verdampfung und Zersetzung des Wassers herbeiführt, so dass außer dem elektrolytisch abgeschiedenen Sauerstoffe noch Wasserstoff und Sauerstoff, die dem durch die Stromwärme zersetzten Wasser entspringen, auftreten müssen. In der Bildung einer solchen Dampf- und Gashülle um die active Elektrode liegt nun auch die Ursache der Stromunterbrechung. Sobald aber der Strom und mit ihm die Erwärmung abgeschnitten ist, findet eine Rückbildung der Dampfhülle statt, wodurch die Stromleitung wieder hergestellt wird. Dieser Vorgang wird jedenfalls durch den die Dampf- und Gashülle durchschlagenden Öffnungsfunken (daher die leuchtende Hülle) beschleunigt, indem er die Wiederverbindung von Wasserstoff und Sauerstoff, sofern sie nicht entwichen sind, befördert.

Diese Sätze geben im Umriss die Anschauungen,

welche sich schon Wehnelt über die Wirkungsart seines Unterbrechers gebildet hat. Auch Simon hat die eben geschilderte Wirkung der vom Strome an eingeschnürten Stellen seiner Bahn besonders lebhaft entwickelten Wärme als die allein maßgebende Ursache der Unterbrechungswirkung angesehen und darauf eine Theorie des Wehnelt'schen Unterbrechers aufgebaut,¹⁾ welche in guter Übereinstimmung mit dem Experimente steht, soweit die Unterbrechungszahlen in Betracht kommen.²⁾ Auf Grund dieser Anschauung muss eine durch eine Querwand, die nur eine kleine Öffnung enthält, in zwei Theile getheilte Zelle mit zwei großen Elektroden auch als Unterbrecher functionieren. Dies ist in der That der Fall, wie Wehnelt auch schon gezeigt hat. Der Unterbrechungsvorgang findet nun an der kleinen Öffnung statt, durch welche der Strom hindurchzugehen gezwungen ist.

Ich wende mich nun zur Vorführung einiger effectvoller, von Herrn Prof. Lecher angegebener Versuche,³⁾ welche alle darauf beruhen, dass der Funkenstrom des Ruhmkorff'schen Apparates auch bei Benützung des elektrolitischen Unterbrechers, sowie bei den gewöhnlichen Unterbrechern immer gleiche Richtung hat. Dieser Umstand gestattet es, den lichtbogenartigen Funkenstrom zur Demonstration der Bewegung eines stromdurch-

¹⁾ Wiedemann, Annalen 1899, Bd. 68, S. 273.

²⁾ Ruhmer, Physikalische Zeitschrift 1, Nr. 14, S. 166.

³⁾ Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien 1899, Abth. IIa, Bd. 108.

flossenen Leiters im magnetischen Felde zu benützen. Außer der Einwirkung des Magnetfeldes wirken noch die durch die Wärme des Funkens hervorgerufenen Luftströmungen und die richtende Kraft des Funkens selbst bestimmend auf seine Bahn.

Zunächst seien die eigenthümlichen Funkenformen erwähnt, die rechtwinkelig umgebogene und die spitz-

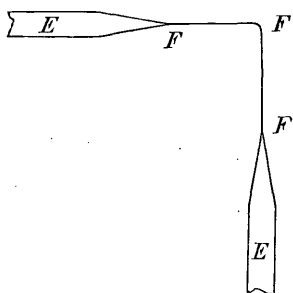


Fig. 2.

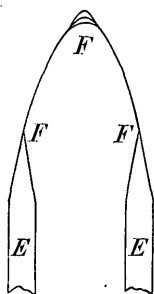


Fig. 3.

bogenartige, wie sie bei den aus den Fig. 2 und 3 ersichtlichen Stellungen der Elektroden *E E* erhalten werden. Die Linien *F F F* geben dann die Bahn der Entladung.

Bei zwei schwach gegeneinander geneigten, in einer Verticalebene liegenden Drähten (*a* und *b* in Fig. 4) setzt die Entladung unten, wo die Bahn am kürzesten ist, ein und läuft dann, durch den von ihr erregten Luftstrom getrieben, in die Höhe. Ist der Luftstrom sehr stark, so kann er die Entladung in ihrer oberen Stellung ausblasen, worauf sie dann unten von Neuem einsetzt, u. s. f.

Bringt man die beiden Drähte vor die ebene Stirnfläche ($M M M M$) eines auf einem Schenkel eines starken Hufeisenelektromagneten aufsitzenden Polschuhes, so erfolgt bei passender Wahl der Polarität eine Beschleunigung des geschilderten Wanderns der Funkenbahn statt. Einsetzen des Funkens, Hinaufwandern, Abreißen, und erneutes Einsetzen finden jetzt in so rascher Aufein-

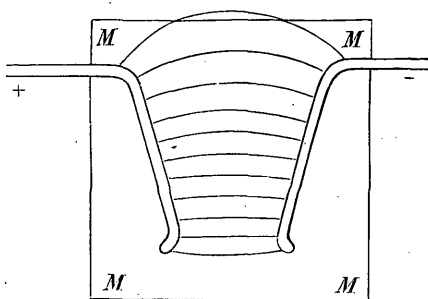


Fig. 4.

anderfolge statt, dass das Ganze eine breite flammende, von zartblauen und röthlichgelben Querstreifen, wie sie in der Fig. 4 angedeutet sind, erfüllte Fläche darstellt. Kehrt man die Richtung des magnetisierenden Stromes und damit die Polarität des Magneten um, so ist die Wirkung der nun entgegengesetzten magnetischen Kraft die umgekehrte: sie drückt die Funkenbahn hinab, dieselbe verharret in dem tiefsten Punkte.

Sehr schön sind die Analogien zu jenen Versuchen über die Bewegung von stromdurchflossenen Leitern im

magnetischen Felde, welche unter dem Namen Faradays Pendel und Barlows Rädchen bekannt sind.

Zur Nachahmung des ersteren stellen wir auf einen Schenkel unseres Elektromagneten einen Cylinder aus weichem Eisen (*C* in Fig. 5); über denselben stülpen wir einen passenden Glasstutzen zur Isolation. Ein über den Stutzen geschobener Metallring *R* dient als die eine Elektrode, während die andere durch eine auf den Stutzen ange kittete Metallscheibe *S*, die seinen Rand allseitig etwas überragt, gebildet wird. Der Funkenstrom setzt nun irgendwo zwischen Scheibe und Ring ein und verläuft vertical längs der Glaswand. Im Momente, wo der Magnet erregt wird, setzt sich der Funkenstrom in Bewegung und umkreist den Cylinder in dem der Stromrichtung und der vorhandenen Polarität entsprechenden Sinne. Umkehrung einer dieser beiden Größen verursacht Drehung im entgegengesetzten Sinne, während natürlich gleichzeitige Umkehrung beider nichts ändert.

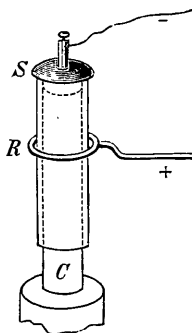


Fig. 5.

Zur Ausführung des dem Barlow'schen Rädchen entsprechenden Versuches benützen wir einen mit einer Bohrung versehenen Polschuh, wie sie für optische Versuche im magnetischen Felde gebräuchlich sind. Die von dem einen Pole des Ruhmkorff'schen Apparates ausge-

hende Leitung führt gut isoliert durch den Polschuh hindurch und endet in einer kleineren Scheibe (*a* in Fig. 6, Durchmesser ca. 2 cm, Dicke 2 mm), mit abgerundeten Kanten in einiger Entfernung vor der Stirnfläche des Polschuhes; in der Ebene dieser Scheibe concentrisch mit ihr wird ein Drahring (*b*) als zweite Elektrode angebracht. Der Funkenstrom setzt irgendwo zwischen

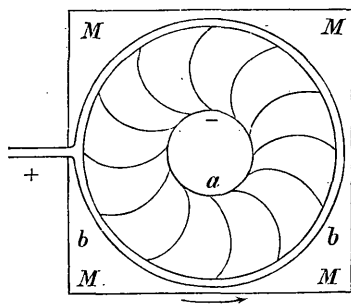


Fig. 6.

dem Umfang der Scheibe und dem Drahringe ein, stellt sich aber infolge der Luftströmung sogleich vertical, während seine Gestalt geradlinig ist. Erregt man den Magneten, so beginnt der Funkenstrom lebhaft zu rotieren, wobei seine Mitte sich nach der Richtung der Dre-

hung vorkrümmt, während die Ansatzstellen nachschleifen. Ähnlich wie bei einem früheren Versuche erscheint auch hier der ganze Zwischenraum zwischen Scheibe und Ring gleichzeitig von Flammen erfüllt, wie dies Fig. 6 andeutet (*M M M M* ist wieder die Stirnfläche des Polschuhes).

Das Phänomen erinnert an die bekannten Sonnenräder der Pyrotechnik. Umkehrung der Stromrichtung ändert den Sinn der Drehung, ebenso Änderung der Polarität des Magnetes, während gleichzeitige Umkehrung der Stromrichtung und der Polarität des Magnetes den

Drehungssinn unbeeinflusst lässt. Der Versuch scheint besser zu gehen, wenn der äußere Draht ring (b) den positiven Pol bildet.

Gibt man dem äußeren Ringe einen viel größeren Durchmesser und stellt ihn excentrisch zur Scheibe, so erhält man eine in Fig. 7 angedeutete Erscheinung. Der

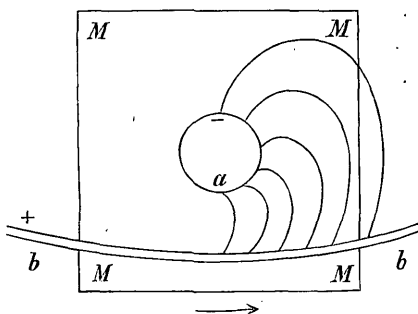


Fig. 7.

Funkenstrom sucht zu rotieren, reißt ab, wenn er eine gewisse Länge erreicht hat, setzt dann auf der anderen Seite wieder ein u. s. f.

Es ließen sich noch mannigfaltige Versuche dieser Art anführen. Da sie jedoch im Princip nichts Neues bieten, wollen wir uns mit den angeführten begnügen. Eine Bemerkung mag aber noch zum Schlusse Platz finden. Es wurde zum Betriebe des Ruhmkorff'schen Apparates Gleichstrom benützt. Aber wie d'Arsonval¹⁾

¹⁾ Compt. rend. 1899. 9, S. 531.

gezeigt hat, kann mit dem Wehnelt'schen Unterbrecher auch Wechselstrom zum Betriebe des Ruhmkorf'schen Apparates benützt werden; der Unterbrecher arbeitet scheinbar genau wie mit dem Gleichstrom. Die Erklärung liegt in dem eingangs geschilderten Verhalten der activen Elektrode; die Wirkung des Unterbrechers ist darnach unbedeutend für jene Phase des Wechselstromes, bei welcher die active Elektrode negativ ist; diese Wirkung verschwindet gegenüber jener der anderen Phase, bei welcher die active Elektrode die positive ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Lampa Anton

Artikel/Article: [Über den elektrolytischen Stromunterbrecher. 181-196](#)