

Die Fortschritte
der
elektrischen Beleuchtung.

Von

MAX JÜLLIG,

dipl. Ingenieur, Docent an der technischen Hochschule in Wien.

Vortrag, gehalten am 5. November 1884.

Mit 10 Abbildungen im Texte.

Sie wissen, meine geehrten Damen und Herren, wie oft die Vertreter der reinen Theorie hochmüthig herabschauen auf diejenigen, welche nicht einzig um der Wissenschaft willen sich mühen, und wie andererseits der Praktiker die grübelnde Theorie verachtet und sie als einen Ballast betrachtet, welcher ihn hemmt in seinem Ringen nach Erwerb.

Indess in unseren Tagen verschwindet dieser alte Gegensatz immer mehr und mehr. Die magischen Fäden, die sich vom Gehirne des Denkers fortzuspinnen scheinen zu der Hand des Arbeiters, die Gebilde, die diese letztere hervorbringt, indem sie oft der Theorie intuitiv voraneilt, dies sind die geistigen Brücken von der Wissenschaft zur Arbeit.

Niemand verschliesst sich heute der Wechselwirkung zwischen Theorie und Praxis für den Fortschritt, und wir können es als ein Gesetz aufstellen, dass glückliche theoretische Forschungsergebnisse ebenbürtige Erfolge auf praktischem Gebiete nach sich ziehen, und glückliche Resultate des Praktikers dem Denker neue Anregung geben und oft auch die Mittel zu neuen Experimentalforschungen. Auf dem jungen elektro-

technischen Gebiete haben wir schon mehrfache Belege für dieses Gesetz. So z. B. hat die erste wirklich gelungene transatlantische Kabelanlage sich nicht nur mit 25 % reinen Gewinnes rentirt, sondern auch die intensivsten Impulse gegeben zu neuen Studien. Ja, wie auf wenigen Gebieten, geht auf demjenigen der Elektrizität der Forscher mit dem Praktiker Hand in Hand, und das elektrische Licht, dem die Menschheit so Grosses und Heilsames heute schon verdankt und von welchem sie noch um so viel mehr zu erwarten berechtigt ist, es kann nur Gemeingut Aller werden durch solche Vereinigungen von Geist und Thatkraft.

Doch vermeiden wir jeden Blick in die Zukunft, betrachten wir das heute schon Geschaffene. Ich will Sie nicht zurückführen in die Zeit der ersten Versuche — mehr oder minder gelungener Versuche — zur Verwerthung des neuen Lichtes.

Meinem heutigen Zwecke wird es genügen, anzuknüpfen an die erste elektrische Ausstellung — diejenige von Paris 1881. Indess halte ich eine kleine Richtigstellung über das Geburtsjahr des elektrischen Lichtes für wichtig genug, um Ihnen dieselbe mitzutheilen.

Als Zeitpunkt der Entdeckung des galvanischen Lichtbogens wird gewöhnlich das Jahr 1813 genannt. Nach den neuesten Forschungen von Professor Sylvanus Tompson scheint es jedoch sicher, dass der elektrische Lichtbogen schon viel früher beobachtet wurde. Im *Philosophical Magazine* vom Jahre 1804 werden

Experimente Davy's mit dem elektrischen Lichtbogen schon erwähnt, und nach einer Notiz im Laboratoriumskalender der Royal Institution scheint es wahrscheinlich, dass Davy seine Entdeckung schon 1802 gemacht habe. Andererseits bringt das Journal de Paris vom Jahre 1802 eine Ankündigung, dass Etienne Gaspard Robertson — seinem Vaternamen zufolge ein Schotte — das brillante Licht von glühenden Kohlenspitzen, welche durch den elektrischen Strom erhitzt werden, zu zeigen beabsichtige.¹⁾

Jedenfalls hatte die Kenntniss des elektrischen Lichtes schon zwei Menschenalter erreicht, bevor die Praxis es lebensfähig gestaltete. Als solches sahen wir es im vollen Glanze auf der Pariser Ausstellung, wo die Theorie durch die Schaffung des absoluten elektrischen Masssystems Ordnung und Gesetz brachte für die Arbeiten in der Werkstatt.

Nach Volta, Ampère, Coulomb, Ohm und Faraday nennen wir unsere Einheiten, so nicht nur dem Genius dieser grossen Männer huldigend, sondern auch die Arbeit von vier mächtigen Culturstaaten in einem Gedanken zusammenfassend. Kaum drei Jahre nach jener ersten grossen Schauausstellung hat schon das elektrische Licht eine geradezu überraschende Verbreitung gefunden. Nicht allein in zahllosen Werkstätten, in Theatern und Vergnügungslöcalen, auf Strassen, an Seehäfen, auf Schiffen und Leuchtthürmen, sondern auch schon

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 1883, S. 183.

in den entlegensten Gewerken der Alpen und Karpathen, in Bergwerken und Minengängen und selbst tief unter der Meeresoberfläche in der Hand des Tauchers dient es uns als Leuchte, als Führer.

Doch um den Werth und die Bedeutung des elektrischen Lichtes erfassen zu können, wollen wir die jetzt üblichen Beleuchtungsmethoden überblicken. Dieselben beruhen ausnahmslos auf der physikalischen Thatsache, dass beliebige Körper, seien sie nun fest, flüssig oder gasförmig, bei entsprechend hoher Temperatur zu leuchten beginnen.

Es ist dies eine Erscheinung, die wir aus dem täglichen Leben wohl kennen. Wir sprechen von glühender Kohle, von rothglühendem und weissglühendem Eisen, und gewiss kennen viele von Ihnen das blendende Licht, das von schwer schmelzbaren flüssigen Metallen ausgestrahlt wird. Die Spectralanalyse hat es möglich gemacht, den Charakter des Glühens bei verschiedenen Temperaturen durch Angabe der dabei ausgestrahlten Lichtarten streng wissenschaftlich zu definiren. Nach Pouillet beginnen alle Körper bei 525° zu glühen. Bei 1000° ist die Farbe hell kirschroth, bei 1300° Grad tritt Weissgluth ein.

Draper untersuchte das Spectrum glühender Körper und fand, dass dasselbe mit steigender Temperatur immer mehr an Ausdehnung gewinne. Beim Beginnen des sichtbaren Glühens erscheinen nur rothe Strahlen. Mit steigender Temperatur gesellen sich diesen der Reihe nach orangegelbe, gelbe, grüne, blaue, violette

und schliesslich auch unsichtbare, chemisch wirkende (ultraviolette) Strahlen bei.

Der Zusammenhang zwischen der Ausdehnung des Spectrums und der Temperatur des Glühens ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Temperatur Grad Celsius	Charakter des Glühens	Länge des Spectrums
535	Anfang des Glühens	bis zur Linie <i>B</i>
654	Rothglühen	" " " <i>F'</i>
718	Hellrothglühen	bis zwischen <i>F'</i> und <i>G</i>
782	Gelbglühen	bis über <i>G</i>
1165	Weissgelbglühen	bis über <i>H</i>

Dabei sind unter *B*, *F*, *G*, *H* die charakteristischen Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums verstanden.

Zu seinen Untersuchungen bediente sich Draper eines Platindrahtes, der durch den elektrischen Strom zum Glühen gebracht wurde. Man hat später mehrfach glühende Drähte zu Beleuchtungszwecken versuchsweise verwendet. Indem ich mir vorbehalte, diesbezügliche Versuche später ausführlich zu besprechen, möchte ich zunächst die Materie, welche wir zu Beleuchtungszwecken erglühen lassen, ins Auge fassen.

Es ist fast ausnahmslos die Kohle.

Im leuchtenden Theile der Flammen von Kerzen, Oellampen, Petroleum und Gas erglühen zahllose feine Kohlenstäubchen, die durch Erhitzung der betreffenden organischen Substanzen ausgeschieden werden und erst im Rande der schwachleuchtenden Flamme vollständig verbrennen. Auch beim elektrischen Licht ist

es fast immer die Kohle, welche durch die Energie des elektrischen Stromes zum Glühen gebracht wird, sowohl beim galvanischen Lichtbogen, als auch bei der Vacuumglühlampe.

Betrachten wir zunächst das elektrische Glühlicht.

Bereits Volta, der grosse Entdecker des galvanischen Stromes und der nach ihm benannten Säule, fand, dass Drähte hellglühend wurden, wenn sie von starken elektrischen Strömen durchlaufen werden. Es ist später, wie ich schon zu erwähnen Gelegenheit hatte, vielfach versucht worden, diese Erscheinung zu Beleuchtungszwecken zu verwerthen. Grove, der berühmte Erfinder der nach ihm benannten galvanischen Batterie, hat sich bereits eingehend mit der praktischen Verwerthung des Glühlichtes beschäftigt und sowohl Platin-drähte als auch Kohlenplättchen in Vorschlag gebracht. Die Erscheinung des Glühens wird durch die continuirliche Wärmeentwicklung, welche jeder elektrische Strom in einem Leiter veranlasst, hervorgebracht.

Joule hat die in einem elektrischen Stromkreise auftretende Wärmemenge genau gemessen und nachgewiesen, dass dieselbe dem Producte des Leitungswiderstandes in das Quadrat der Stromintensität proportional sei.

Handelt es sich also darum, einen elektrischen Strom an bestimmter Stelle zu einer möglichst grossen Wärmeentwicklung zu veranlassen, so muss daselbst ein entsprechender Widerstand eingeschaltet werden. Dabei haben wir zu berücksichtigen, dass der Wider-

stand eines Drahtes der Länge desselben proportional ist und ausserdem gerade so wächst, wie der Querschnitt desselben abnimmt, mit anderen Worten, dass der Widerstand eines Drahtes dem Querschnitte desselben verkehrt proportional ist. Somit muss man möglichst dünne Drähte von sehr geringen Querschnittsdimensionen in Anwendung bringen. Nebst den Dimensionen ist auch die materielle Beschaffenheit des Leiters für seinen Widerstand massgebend. Vergleichen wir zunächst die Widerstände einiger oft verwendeter Körper mit jenem des Quecksilbers. Eine Quecksilbersäule vom 1 mm^2 ¹⁾ Querschnitt und 106 cm Länge dient als Einheit des Widerstandes ($\text{Ohm} = \Omega$).

Gleich geformte Prismen aus Kupfer haben bei-
läufig $\frac{1}{55} \Omega$, aus Eisen $\frac{1}{8} \Omega$, Platin $\frac{1}{6} \Omega$, Neusilber $\frac{1}{4} \Omega$, Kohle $40\text{—}110 \Omega$ Widerstand. Der spezifische Widerstand des Kupfers ist somit 55mal kleiner, jener der Kohle hingegen oft mehr als 100mal grösser als jener des Quecksilbers. Es empfiehlt sich somit, gewöhnliche Leitungen aus Kupfer zu machen, wobei meist nur kaum merkliche Erwärmungen eintreten, während umgekehrt die Bügel von Glühlampen am zweckmässigsten aus Kohle geformt werden. In richtiger Erkenntniss der werthvollen Eigenschaften der Kohle machte Jobard in Brüssel schon 1838 den Vorschlag, ein Kohlenstäbchen, das in einem luftleeren Glasgefäss eingeschlossen war, durch den elektrischen Strom zum

1) Quadratmillimeter.

Glühen zu bringen und diese kleine Vorrichtung als Lampe zu verwenden.

Ingenieur de Changy, ein Schüler Jobard's, nahm die Idee 1844 wieder auf und construirte eine Lampe mit einem Bügel aus Retortenkohle. Es ist dies eine Kohle von ganz ausserordentlicher Härte und Dichte, die immer entsteht, wenn flüchtige Kohlenwasserstoffe mit glühenden Körpern in Berührung gerathen und an diesen einen Theil ihres Kohlenstoffes in fester Form abscheiden.

Auch die neueren Glühlampenkohlen von Lane Fox, Edison, Swan, Maxim u. A. sind nichts Anderes als künstlich hergestellte Kohlenfäden, deren Textur jener der Retortenkohle sehr nahe kommt.

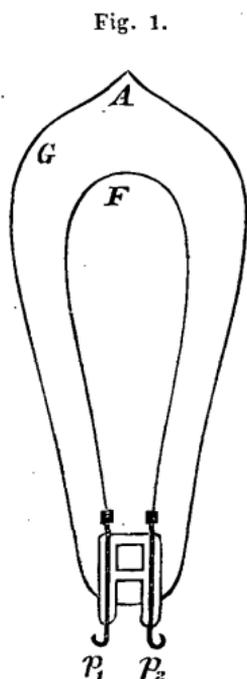


Fig. 1 zeigt eine Glühlampe nach dem bekannten vorzüglichen System Lane Fox. In dem birnenförmigen Glasgefäße *G* ist ein schlingenförmig gebogener Kohlenfaden *F* luftdicht eingeschlossen. Die Enden des Kohlenfadens sind an Platindrähten befestigt, die mit Glas umgeben und in die Glasbirne eingeschmolzen wurden. Durch dieselben findet die Stromzuleitung von aussen statt.

Zur Herstellung der Kohlenfäden dienen fast ausnahmslos organische Fasern, die einem Verkohlungs-

process unterworfen werden.¹⁾ Edison verwendete Bambusfasern, Swan Baumwolle, Maxim Bristolpapier, Wetter in London sogar Menschenhaar. Die betreffende Faser wird in die gewünschte Form gebracht, sodann in einem Tiegel luftdicht verpackt und geglüht. Hierbei erhält man elastische, jedoch sehr zerbrechliche Fäden, welche aus aneinander gereihten verkohlten Zellwänden bestehen und vermöge ihrer Porosität dem Strome grossen Widerstand entgegensetzen. Um die Poren mit compacter Kohle auszufüllen, nimmt man nun den Process des Carbonisirens vor.

Dieser besteht im Allgemeinen darin, dass man den Kohlenfaden in glühendem Zustande mit Kohlenwasserstoffen in Berührung bringt. Dabei verwendet man entweder gasförmige Kohlenwasserstoffe (Leuchtgas) oder flüssige (Petroleum). Im ersteren Falle schliesst man eine Reihe von Kohlenbügeln in ein mit Leuchtgas gefülltes Kästchen luftdicht ein und lässt dieselben durch einen elektrischen Strom zum Glühen erhitzen. Dabei schlägt sich in den Poren der verkohlten Faser fein zertheilte Kohle nieder, füllt dieselben aus und erhöht so die Festigkeit und Leitungsfähigkeit des Bügels bis auf das gewünschte Mass. Im letzteren Falle wird der an metallenen Zuleitungsstücken befestigte Kohlenbügel in ein Petroleumbad versenkt und in diesem durch einen elektrischen Strom erhitzt. Dabei zeigt sich die merkwürdige

¹⁾ Wir können hier nur allgemeine Daten über die Erzeugung von Glühlampenkohlen geben, nicht aber jene über die Lane Fox-Lampe, da dieselben geheim gehalten werden.

Erscheinung, dass der Kohlenbügel in der Flüssigkeit erglüht, ohne dieselbe zu entzünden. Die Entzündung unterbleibt, da der zur Verbrennung nöthige Sauerstoff in der Flüssigkeit nicht vorhanden ist. Solche Bäder erhitzen sich rasch und müssen von Zeit zu Zeit behufs Abkühlung ausgewechselt werden. Der nun fertige Kohlenkörper soll an seinen Enden etwas dicker sein als in den übrigen Partien. Es erhöht dies die Lebensdauer einer Lampe nicht unbeträchtlich.¹⁾ Die fertigen Kohlenfäden werden nun mit den platinenen Zuleitungsdrähten verbunden. Eine der vielen gebräuchlichen Verbindungsmethoden besteht darin, dass man die Enden des Kohlenfadens zuerst galvanisch verkupfert und sodann in die spiralig gebogenen Enden der Platindrähte einsteckt und anlöthet. Sodann werden die schon mit Glasmasse umgebenen Platindrähte in die birnförmigen Glashüllen eingeschmolzen. Eine Glasröhre, welche an die Hülle der Lampe (bei A Fig. 1, S. 196) angeschmolzen ist, stellt die Verbindung zu einer Quecksilberluftpumpe her, mit Hilfe deren nun die Luft so weit als möglich aus der die Kohle umgebenden Glashülle entfernt wird. Zuletzt sendet man einen kräftigen Strom durch den Kohlenbügel, wobei derselbe erglüht und die von der porösen Kohle absorbirten Gase ausgetrieben werden. Dabei lässt man die Quecksilberluftpumpe fortarbeiten, bis die äusserste Grenze der erzielbaren Luftverdünnung erreicht ist.

¹⁾ Vorzügliche Glühlampen brennen bis zu 2000 Stunden.

In ganz eigenthümlicher Weise ist der Kohlenbügel der Glühlampe von Cruto eingerichtet. Derselbe ist hohl und besitzt einen ringförmigen Querschnitt. Bei der Erzeugung wird zuerst auf einem Platindraht Kohle niedergeschlagen und sodann das Platin durch einen kräftigen elektrischen Strom ausgeschmolzen.

Die Lichtstärke der Glühlampen wählt man gewöhnlich zwischen 8 und 30 Kerzenstärken. Bei einer Lichtstärke von beiläufig 18 Kerzen beträgt die Stromintensität im Durchschnitt 1·1 Ampère, die Differenz der elektrischen Spannungen an beiden Enden des Kohlenbügels 50 Volt.¹⁾

Dies entspricht einem inneren Widerstande von nicht ganz 50 Ohm. Dabei ist noch zu bemerken, dass der Leitungswiderstand der Lampen in kaltem Zustande bedeutend grösser²⁾ ist, als wenn dieselben glühen. Multiplicirt man die Stromstärke mit der Spannungsdifferenz, so erhält man den Arbeitsaufwand. Derselbe wird mit einer Einheit gemessen, die den Namen Volt-Ampère oder Watt führt. 736 Watt geben eine Pferdekraft (75 Kilogramm-meter per Secunde). Bei richtigem Betriebe der Glühlampen kann man mit einem Arbeitsaufwand von einer (elektrischen) Pferdekraft eine Lichtmenge erhalten, welche jener von 200—250 Kerzen entspricht. Allerdings gelingt es, durch sehr starke Ströme

1) Es werden jedoch auch Lampen mit 100 und mehr Volt Spannung erzeugt.

2) Beiläufig doppelt so gross.

eine höhere Arbeitsausnützung zu erzielen. So z. B. ergab eine Swan'sche 20 Kerzen-Lampe nachstehende Resultate:¹⁾

Lichtstärke in englischen Normkerzen	Stromstärke in Ampères	Potentialdifferenz in Volts	Widerstand in Ohms (heiss)	Absorbirter elektr. Effect in Voltampères	Anzahl der Voltampères für die Normkerzen	Anzahl der Normkerzen für die elektr. Pferdekraft	Anmerkung
λ	i	e	$r = \frac{e}{i}$	ei	$\frac{ei}{\lambda}$	$\frac{736 \lambda}{ei}$	Normal bei 20 Kerzen
7.63	0.568	90.73	159.07	51.54	6.76	109	
9.85	0.596	94.15	158.07	56.44	5.73	128	
14.47	0.636	100.04	157.08	63.85	4.41	167	
18.29	0.665	104.03	156.07	69.37	3.79	104	
25.12	0.709	110.03	155.06	78.14	3.11	237	

Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass die Lampe in der Nähe der normalen Lichtstärke (18.29 Normkerzen) einen Arbeitsaufwand vom 3.79 Watt per Normkerze forderte, während bei einer Lichtstärke von 25.12 Normkerzen nur 3.11 Watt, also beiläufig $\frac{4}{5}$ der früheren Arbeit benöthigt wurden. Trotzdem ist es ökonomisch vortheilhafter, mit geringen Stromstärken zu arbeiten, da durch die zu starken Ströme die Lampenkohlen sehr bald zu Grunde gerichtet werden.

Behufs genauer Vergleichung der Lichtergiebigkeit verschiedener Glühlampensysteme geben wir nach-

¹⁾ Vergl. „Elektrotechnische Zeitschrift“, Organ des „Elektrotechnischen Vereins in Wien“, Hartleben 1884, S. 513.

stehend eine diesbezügliche Tabelle. Die einzelnen Zahlen sind Mittelwerthe, welche aus den von der wissenschaftlichen Prüfungscommission der Wiener elektrischen Ausstellung ermittelten Daten berechnet wurden, dabei sind jedoch nur die bei normaler Lichtstärke der gemessenen Lampe erzielten Resultate berücksichtigt worden.

Lampe	Arbeitsaufwand in Watt per Lichteinheit
Lane Fox	2·95
Gatehouse	3·19
Swan	3·21
Müller (Hamburg)	4·09
Cruto	4·29
Gebr. Siemens (Charlottenburg)	4·37

Das Glühlicht zeichnet sich durch eine milde, etwas gelbliche Färbung aus und nähert sich in seinem Charakter einigermaßen dem Gaslichte. Dies gilt insbesondere von den Edisonlampen.

Zur Erzielung bedeutender Lichtstärken von 1000 bis 100.000 Kerzen bedient man sich ausnahmslos des elektrischen Flammenbogens. Derselbe entsteht, wenn man zwei zugespitzte Kohlenstäbe an den Spitzen zur Berührung bringt, sodann einen kräftigen elektrischen Strom von einer Kohle zur andern gehen lässt und schliesslich die Kohlen von einander ein wenig entfernt.

Die Kohlenspitzen gerathen in heftiges Glühen und erhitzen die zwischen ihnen befindliche Luft, welche beim Auseinandergehen der Kohlenspitzen den elek-

trischen Strom in Form eines blauen Lichtbogens von der einen Kohle zur andern fortleitet. Dabei brennen beide Kohlenstäbe langsam ab; die positive Kohle brennt jedoch fast zweimal so schnell als die negative. Auch die Gestalten der beiden Kohlenspitzen zeigen schon wenige Minuten nach dem ersten Anglühen charakteristische Unterschiede. Die positive Kohlenspitze wird nämlich kraterförmig ausgehöhlt, die negative Kohle hingegen behält ihre convexe Form bei. Die grösste Lichtmenge wird von der positiven Kohle ausgestrahlt. Aus diesem Grunde wird bei praktischen Anwendungen des Lichtbogens zur Beleuchtung grösserer Räume die positive Kohle oberhalb der negativen angebracht.

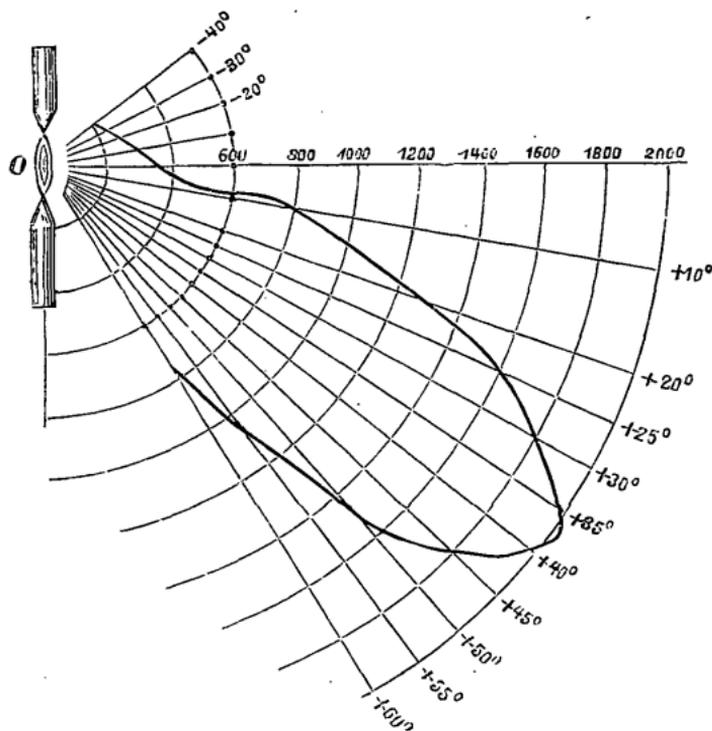
Dabei ist die Intensität der in horizontaler Richtung gehenden Strahlen weit geringer als jene der Strahlen, welche schief nach abwärts fallen. In Fig. 2 ist die Vertheilung der Lichtintensität nach verschiedenen Richtungen graphisch dargestellt. Die Lichtmessungen wurden an einer Bogenlampe mit 11 mm dicken Kohlenstäben vorgenommen. Die Stromstärke betrug 9.4 Ampères, die Spannungsdifferenz 45 Volt.

Die Lichtstärken (in Normalkerzen gemessen) wurden auf den durch den Lichtbogen *O* gehenden Radien aufgetragen und die erhaltenen Punkte durch eine Curve verbunden. Aus dem Verlaufe dieser Curve ist zu entnehmen, dass das Maximum der Lichtwirkung in einer Richtung auftritt, die gegen den Horizont beiläufig um 37° geneigt ist. Dieses Lichtmaximum ist

mehr als sechsmal so gross als die horizontal gemessene Lichtintensität.¹⁾)

Die mittlere Lichtintensität ist beiläufig doppelt so gross als die in horizontaler Richtung gemessene.

Fig. 2.



Die elektrische Spannungsdifferenz an den beiden Kohlenspitzen beträgt im Mittel 50 Volt und variiert nur wenig mit der Länge des Lichtbogens. Fröhlich

¹⁾ Vergl. v. Hefner-Alteneck, Ueber elektrische Lichtmessungen und über Lichteinheiten. Berliner elektrotechnische Zeitschrift 1883, S. 446.

gibt für den Zusammenhang zwischen Lichtbogenlänge und Spannungsdifferenz folgende Formel:

$$\text{Spannungsdifferenz (in Volts)} = 39 + 1.8 L,$$

wobei L gleich der Länge des Lichtbogens in Millimeter gesetzt wird.

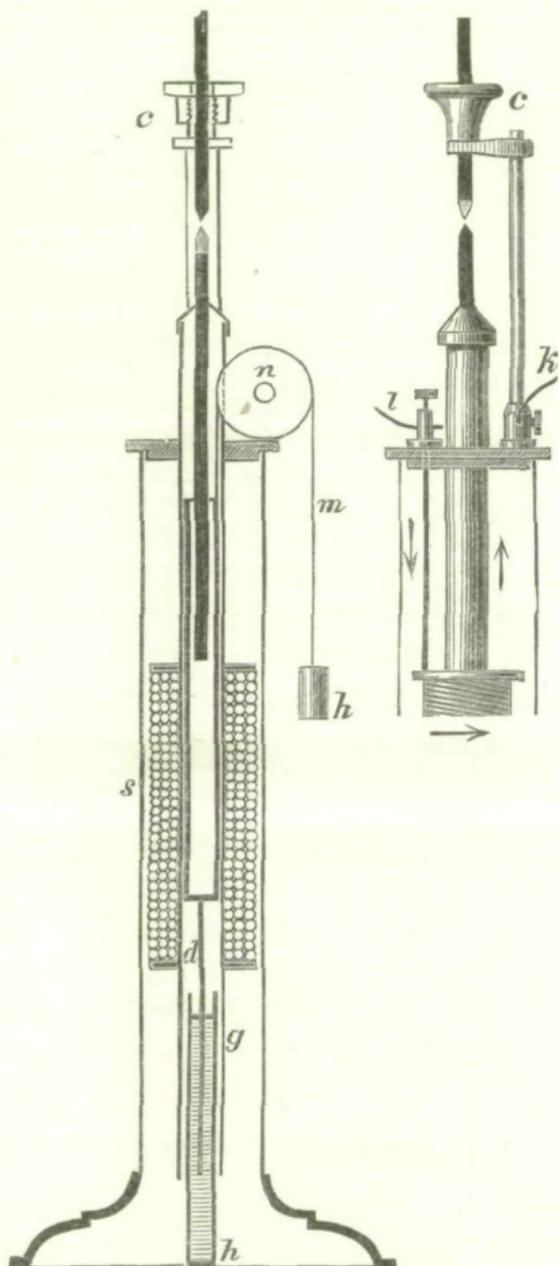
Die Temperatur der glühenden Kohlenspitzen ist ausserordentlich hoch; sie beträgt nach Rosetti 2400 bis 3700⁰ C an der positiven, 2100—2500⁰ C an der negativen Kohle.

Die beiden Kohlen müssen während des Brennens von Zeit zu Zeit gegeneinander geschoben werden, da sonst, wenn die Entfernung der Kohlenspitzen ein gewisses Mass überschreitet, der Lichtbogen erlischt.

Die Regulirung der Entfernung der Kohlenspitzen kann entweder mit der Hand oder unter Vermittlung eigenthümlicher Mechanismen (Stromregulatoren) durch den elektrischen Strom selbst bewerkstelligt werden.

Handregulatoren müssen unausgesetzt von einer Person bedient werden und kommen heute nur sehr selten mehr in Verwendung. Eine um so höhere Bedeutung hingegen besitzen die automatischen Stromregulatoren. Die Wirkung derselben beruht zumeist darauf, dass durch ein Wachsen der Länge des Lichtbogens die Intensität des elektrischen Stromes abnimmt. An jedem Stromregulator unterscheiden wir zwei Kohlenträger, in welche die Lichtkohlen eingeklemmt werden. Man macht entweder beide Träger beweglich oder nur den einen.

Fig. 3.



Die letztere Anordnung sehen Sie an einer kleinen Laboratoriumslampe, die mir Herr Frenzel, Mechaniker am Wiener Polytechnicum, freundlichst zur Verfügung gestellt hat. (Fig. 3.) Der obere Kohlenträger *c* ist fix, der untere besteht aus einem hohlen Eisenkern, der in der Höhlung einer Drahtspule *s*¹⁾ verschiebbar ist. Ein an den Eisenkern angelötheter Kupferdraht *d* taucht in die mit Quecksilber gefüllte Glasröhre *g*. Der Strom wird durch die Klemme *k* zum oberen (fixen) Kohlenträger geführt, läuft dann von der oberen Kohlenspitze zur unteren, gelangt in den unteren Kohlenträger und durch das Quecksilber im Glasgefäße *g* zum metallischen Boden *h*. Von diesem führt eine Leitung zum unteren Ende des Solenoids *s*. Das obere Solenoidende ist mit der Klemme *l* verbunden. Das Gegengewichtchen *h* zieht unter Vermittlung der Schnur *m* und Rolle *n* den unteren Kohlenträger nach aufwärts, so dass beide Kohlenspitzen sanft aneinander gepresst werden. Sobald nun die Polklemmen *k* und *l* durch Leitungen mit einer Elektrizitätsquelle verbunden werden, wirkt das Solenoid *s* auf den Eisenkern *c* und zieht denselben tiefer in die Höhlung der Spule hinein.

Dadurch entfernen sich die Kohlenspitzen und der Lichtbogen entsteht. Allmähig nimmt die Länge des Lichtbogens zu, da die Kohlenspitzen abbrennen, und gleichzeitig vermindert sich fortwährend die Intensität des Stromes und mit ihr die Anziehungskraft des

¹⁾ Solenoid.

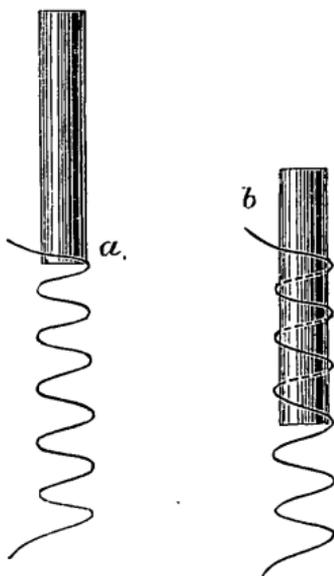
Solenoids, so dass endlich das Gewichtchen *h* den unteren Kohlenträger wieder nach aufwärts treibt, bis der Lichtbogen seine ursprüngliche Länge erreicht hat.

In ähnlicher Art waren die grossen Bogenlampen construiert, mit welchen Archerau und Deleuil in den vierziger Jahren in Paris, auf der „place de la concorde“, Beleuchtungsversuche anstellten.

Seit dieser Zeit hat die Solenoidlampe mannigfache Verbesserungen erfahren, die hauptsächlich dar-

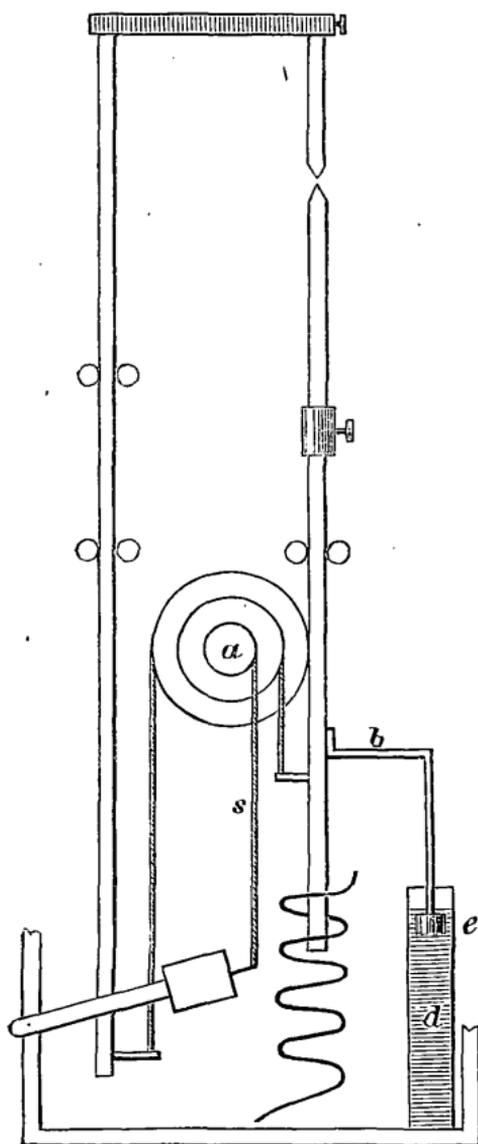
auf hinzielen, die anziehende Kraft zwischen dem Eisenkern und dem Solenoid constant zu erhalten. Es zeigt sich nämlich, dass ein Solenoid einen cylindrischen Eisenkern (Fig. 4) in der Lage *a* weit kräftiger anzieht als in der Lage *b*. Zur Ausgleichung dieser Differenz hat man sehr verschiedenartige Mittel verwendet. So hat Jaspard (Fig. 5) an Stelle des freischwebenden Gewichtes einen beschwerten Hebel gesetzt, der — den verschiedenen Lagen des

Fig. 4.



Eisenkerns entsprechend — die Spannung der Schnur *s* successiv verändert, und zwar derart, dass die zur Bewegung der Kohlenträger dienende Kraft nahezu constant ist. Auf der Achse *a* stecken noch zwei andere Rollen fest, welche durch Schnüre mit den beiden

Fig. 5.



Kohlenträgern verbunden sind. Vermöge des ungleichen Durchmessers dieser Scheiben bewegt sich die obere (positive) Kohle rascher als die untere (negative), so dass der Lichtbogen immer an der nämlichen Stelle bleibt. Der untere Kohlentträger ist durch den Arm *b* mit einem Kolben *e* verbunden, der sich im Innern des Cylinders *d* bewegen kann.

Dabei ist zu bemerken, dass der innere Durchmesser des Cylinders *d* etwas grösser sein muss als jener des Kolbens *e*. Der Cylinder *d* wird mit Quecksilber angefüllt, wodurch rasche, stossweise Bewegungen des Kolbens *e*, somit auch der beiden Kohlenträger verhindert werden. Die beschriebene Flüssigkeitsbremse wirkt zwar nicht so regelmässig wie ein Uhrwerk mit Windflügel, ist aber weit einfacher und billiger als dieses und wird deshalb bei vielen neuen elektrischen Lampen mit Vorliebe angebracht. Ein anderes Mittel, um die anziehende Kraft des Solenoids unabhängig von der Stellung des Eisenkernes zu machen, besteht darin, dass man die Solenoidspule kegelförmig wickelt. (Fig. 6.)

Diese Construction findet man an der Gaiffe'schen Lampe. Noch einfacher ist die von Križik angegebene Anordnung. (Fig. 7.) Der

Eisenkern wird als Conus, die Solenoidspule mit gewöhnlicher cylindrischer Bewicklung hergestellt.

Fig. 6.

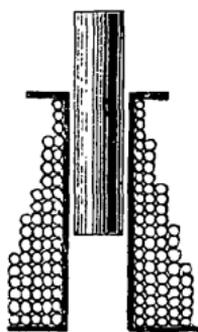
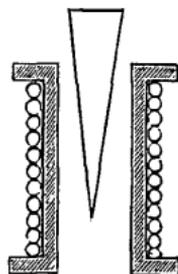


Fig. 7.

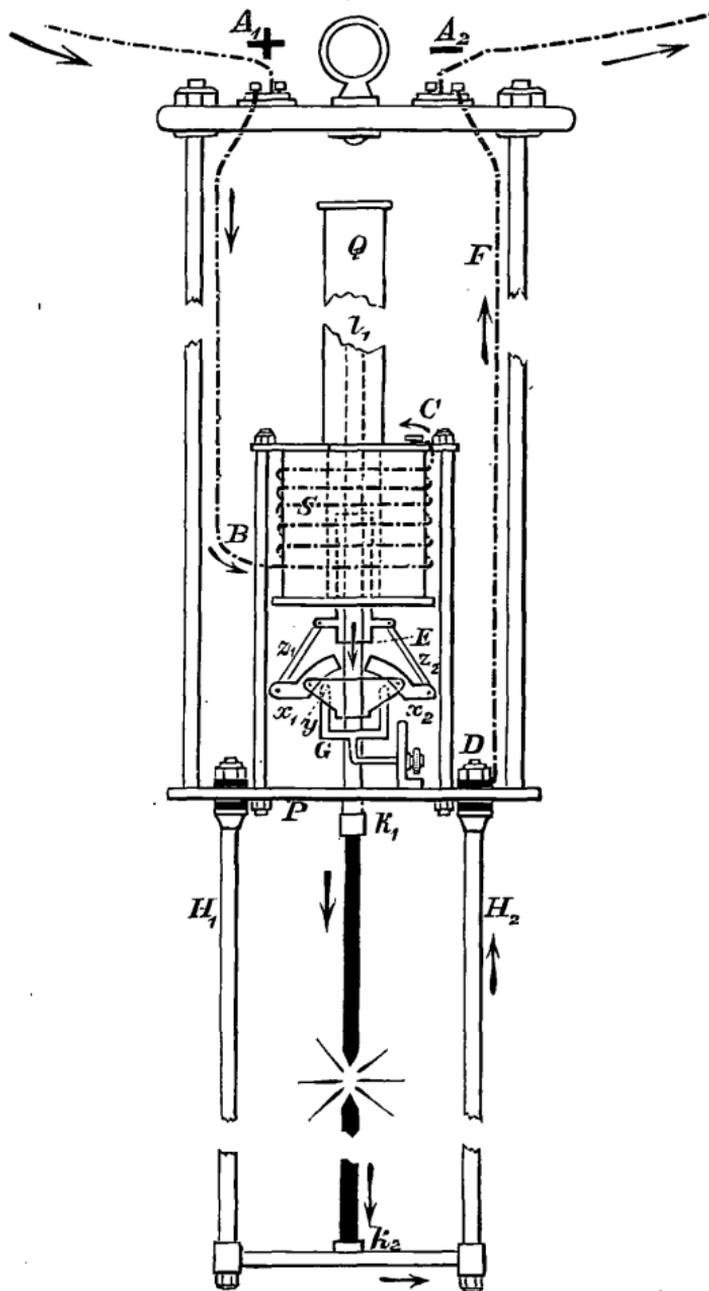


Will man sich von der Veränderlichkeit der Anziehungskraft zwischen Solenoid und Eisenkern ganz unabhängig machen, so kann dies einfach dadurch geschehen, dass man den Eisenkern nur eine ganz kleine Bewegung nach auf- oder abwärts machen lässt, wobei derselbe nahezu immer die gleiche relative Lage gegen das Solenoid beibehält. In dieser Weise reguliren die Klemmlampen von Brush, Naglo, Maxim und Kremenezky.

Die letztgenannte Lampe, welche sich durch Einfachheit des Baues und Sicherheit ihrer Function besonders auszeichnet, besitzt folgende Einrichtung: Der obere Kohlentträger K_1 (Fig. 8) wird von einem Eisenrohre umgeben, das im Innern der Drahtspule S beweglich ist. Die Stange $K_1 l_1$ geht ohne Reibung durch den Eisenkern E . An dem letzteren ist eine eigenthümliche Klemmvorrichtung (Froschmaul) befestigt. Dieselbe besteht aus den beiden Zugstängelchen z_1 und z_2 , welche mit den Klemmbacken x_1 und x_2 durch Charniere verbunden sind.

Durch zwei andere Charniere sind die Klemmbacken mit dem durchbohrten Metallstücke y verbunden. Der Strom tritt durch die Klemmen A_1 in die Lampe, gelangt über B in die Spule S und weiter von C aus in den oberen Kohlentträger, durchläuft diesen, sowie die positive (obere Kohle), bildet den Lichtbogen und geht dann weiter durch die untere Kohle in die Säule H_2 , welche ebenso wie H_1 von der Grundplatte P sorgfältig isolirt ist. Eine isolirte Leitung $D F$ führt

Fig. 8.



den Strom zur zweiten Klemme A_2 . So lange kein Strom vorhanden ist, berühren sich die Kohlenspitzen und der Eisenkern E übt, dem Gesetze der Schwere folgend, einen Druck nach abwärts aus.

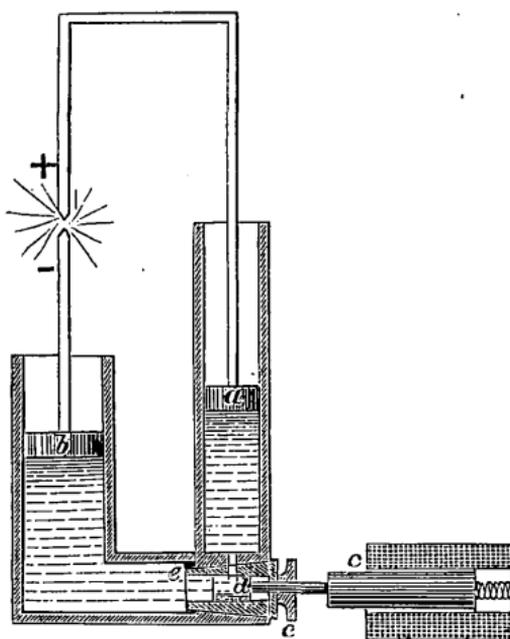
Die beiden Klemmbacken x_1 und x_2 legen sich auf die Zinken der Gabel G , wodurch die Stange $K_1 l_1$ frei beweglich wird. Bei Beginn des Stromes wird der Eisenkern E um ein kleines Stück in die Spule S hineingezogen. Dabei fassen die Klemmbacken x_1, x_2 den oberen Kohlenträger und heben denselben, wodurch der Lichtbogen entsteht. Der letztere verlängert sich nun allmählig, da beide Kohlenspitzen abbrennen; die Stromstärke nimmt ab, bis endlich das Solenoid nicht mehr den Eisenkern zu halten im Stande ist. Derselbe sinkt herab, die Klemmbacken öffnen sich, gestatten der Stange $K_1 l_1$ ein wenig nach abwärts nachzurücken, bis der Strom wieder kräftig genug ist, den Kern E neuerdings anzuziehen. Um stossweise Fallbewegungen des oberen Kohlenträgers zu verhindern, wird bei Q eine Quecksilberbremse (ähnlich der in Fig. 5, S. 208 gezeichneten) angebracht.

Grosse Aehnlichkeit mit den Solenoid-Klemmlampen besitzen die Elektromagnet-Stromregulatoren. Zu denselben gehören die altbewährten Bogenlampen von Foucault, Duboscq, Serrin, Fontaine, Gramme, Mersanne u. s. w. Die genannten Systeme functioniren sehr exact, sind jedoch ziemlich complicirt und deshalb auch theuer. Bezüglich einer Beschreibung derselben können wir auf die Compendien der Physik und Elek-

trotechnik verweisen und wollen uns hier des karg zubemessenen Raumes halber auf die Besprechung einer einzigen Elektromagnetlampe beschränken, die sich durch einen ebenso einfachen als sinnreichen Mechanismus auszeichnet. Es ist die Locomotivlampe von Sedlacek. Die genannte Lampe verdankt ihre Entstehung dem Bestreben,

Fig. 9.

einen Lichtregulator zu schaffen, der im Stande ist, die heftigen Stöße einer rasch bewegten Locomotive ohne Beeinträchtigung seiner Function auszuhalten. Die aus Rädern, Zahinstangen, Rollen und Schnüren zusammengesetzten Regulatoren haben sich zum



Gebrauche auf der Locomotive untauglich erwiesen. Sedlacek benützt als Regulator ein mit Glycerin¹⁾ gefülltes communicirendes Gefäß mit einem eigenthümlichen Kolben- und Hahnverschluss. Fig. 9 zeigt die Einrichtung der Lampe in schematischer Zeichnung.

¹⁾ Oder Oel.

Die beiden Kohlenträger sind an den Kolben *a* und *b* befestigt. Die Querschnittsfläche des Kolbens *a* ist halb so gross als jene des Kolbens *b*. Die Cylinder, in denen beide Kolben laufen, können durch den Hahn *e* und den Kolbenschieber *d* in Communication gebracht werden. Der Hahn *e* wird mit freier Hand, der Kolben *d* durch den Elektromagnet *c* bewegt. Der Strom geht von der Stange des Kolbens *a* zur positiven (mit + bezeichneten) Kohle, sodann zur negativen Kohle und weiter in die Elektromagnetspule. Der Anker des Elektromagnets wird durch eine Feder gegen den Kopf des Hahnes *e* gepresst. Sobald jedoch die Stromstärke genügend gross geworden ist, zieht der Elektromagnet den Anker an, der Kolbenschieber *d* geht nach rechts, wodurch 1. der negative Kohlenträger sich senkt und 2. die Communication zwischen *a* und *b* unterbrochen wird.

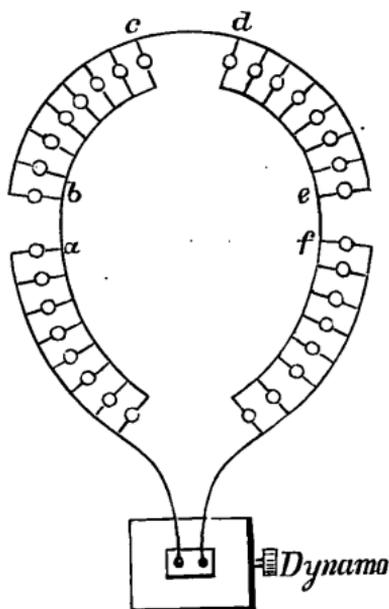
Durch die Senkung des Kolbens *b* entsteht der Lichtbogen. Die Kohlen brennen ab, die Lichtbogenlänge wächst allmähig und mit ihr der Widerstand im Stromkreise, bis endlich der Elektromagnet nicht mehr im Stande ist, den Anker festzuhalten. Nun geht der Kolbenschieber *d* wieder nach links und beide Cylinder sind in Communication. Der Kolben *a* sinkt nun durch sein eigenes Gewicht nieder; gleichzeitig steigt der Kolben *b* in die Höhe, legt jedoch in Folge der Verschiedenheit der Kolbendurchmesser einen Weg nach aufwärts zurück, der nur halb so gross ist als der Weg des Kolbens *a* nach abwärts. Dadurch wird der Lichtbogen immer an der gleichen Stelle festgehalten.

Das Problem der Theilung des elektrischen Lichtes ist sowohl für Bogenlampen als auch für Glühlampen glücklich gelöst; für die ersteren durch die Erfindung der Differential- und Nebenschlusslampen, für die letzteren durch Anwendung einfacher Parallelschaltung.

In höchst origineller Weise ist die Schaltung der Glühlampen bei den Beleuchtungsanlagen der Stadt Temesvár durchgeführt worden. Im Ganzen brennen daselbst 731 Glühlichter à 16 Kerzen, die von vier Dynamomaschinen gespeist werden.

Von jeder Maschine geht eine Drahtschleife aus, deren Enden mit den Polklemmen der Maschine verbunden sind. In jeder Schleife befinden sich im Mittel 184 Glühlampen à 50 Volt. Dieselben sind in Gruppen geschaltet, derart, dass immer acht Lampen eine Gruppe bilden, in welcher eine partielle Stromvertheilung stattfindet. Die Schaltung ist aus Fig. 10 zu entnehmen. Die Gesamtstromstärke beträgt 10 Ampères.¹⁾ In den Punkten *a* und *b*, *c* und *d* u. s. w. finden Stromverzweigungen statt, so dass auf

Fig. 10.



¹⁾ Z. B. im Leitungsstück *ab*.

jede Lampe nur $\frac{10}{8} = 1\frac{1}{4}$ Ampères entfallen. Man wählte diese Art der Anlage, um mit Strömen von hoher Spannung arbeiten zu können, die ja bekanntlich weit geringere Energieverluste in den Leitungen verursachen als Quantitätsströme¹⁾ von gleicher Wirkungsfähigkeit.

In jeder Strassenlaterne sind zwei Glühlampen angebracht, von denen die eine brennt, während die zweite als Ersatz dient und sofort automatisch eingeschaltet wird, wenn die im Gebrauche befindliche Lampe zu Grunde geht.

Für den Fall, dass unerwarteter Weise mehrere Ersatzlampen unbrauchbar werden sollten, ist auch gesorgt. Es wird dann ebenfalls automatisch an Stelle der acht Lampen, die eine Gruppe bilden, ein Ersatzwiderstand aus Draht eingeschaltet und hiedurch unter allen Umständen eine Stromunterbrechung vermieden.

In höchst eigenthümlicher und sehr störender Weise machten die Lichtleitungen ihren Einfluss auf die städtischen Telephonleitungen geltend. Während der Beleuchtungszeit hörte man in allen Telephonen einen tiefen summenden Ton, dessen Schwingungszahl mit der Zahl der Inductionsstöße in den Dynamomaschinen übereinstimmte. Dieses Geräusch machte es nahezu unmöglich, sich in den Abendstunden mit Hilfe des Telephons zu verständigen. Doch ist es den eifri-

¹⁾ Vergl. einen Aufsatz des Verfassers: Ueber elektrische Kraftübertragung. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse, 1882/3, Bd. XXIII, S. 449.

gen Bemühungen des Stadtpfarrers Herrn Josef Brand gelungen, ein Remedium ausfindig zu machen, mit Hilfe dessen auch während der Abendstunden telephonirt werden kann. Durch Anwendung eines eigenthümlichen Nebenschlusses an den Telephonen gelingt es nämlich, den summenden Ton in den Telephonen fast vollständig zum Schweigen zu bringen, und ich hatte selbst Gelegenheit, mich von der vorzüglichen Wirkung des Nebenschlusses zu überzeugen.

So ist denn begründete Hoffnung vorhanden, dass dieses — in Oesterreich bisher noch einzig dastehende — Städtebeleuchtungssystem in jeder Hinsicht den gestellten Anforderungen entsprechen werde, und wir dürfen mit Bestimmtheit behaupten, dass die allenfalls auftretenden Mängel nur als vorübergehende Kinderkrankheiten einer sowohl in technischer als auch ökonomischer Hinsicht durch und durch gesunden Einrichtung zu betrachten sind.

Nach alledem, was ich heute in gedrängter Kürze meinem verehrten Auditorium mitzutheilen die Ehre hatte, glaube ich, dass Sie mir beistimmen, wenn ich sage: Das elektrische Licht hat seinen Weg gemacht; wir brauchen ihm nicht erst eine glückliche Zukunft zu wünschen; es hat schon heute eine sichere Position im Culturleben errungen.

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: 1885

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Jüllig Max

Artikel/Article: [Die Fortschritte der elektrischen Beleuchtung. 187-217](#)