
ektro-technische
BIBLIOTHEK.
XLII. BAND.
Die
GLÜHLAMPE.
Ihre Herstellung
und
Anwendung in der Praxis.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reichillustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Ko
Eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.
Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen un die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Constructio Von Gustav Glaser-De Cew. Vierte Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraf übertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf d Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. Zwei Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zwei Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren un Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermoelektrischen Stromquelle mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. Zwei Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf d Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon un Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Vo Theodor Schwartze. Zweite Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvano plastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendun in der Praxis. Von Eduard Japing. Zweite Aufl. — VIII. Band. Die elektrische Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Vo A. Wilke. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksic auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Aufl. — X. Band. Elek trisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie i deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Ban Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihre praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Aufl. — XII. Band. Di elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Vo L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Tele graphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militä rische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Le tungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Vo Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heil kunde. Von Prof. Dr. Rudolf Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs Elektricität, ihre Gesetze. Wirkungen und technischen Anwendungen Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektricität un des Magnetismus, 1860 bis 1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motore der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Vo Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elek tricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und sein Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Vo J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von M. Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne d Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektricität. Von Dr. Gustav Albrecht — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urba nitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung de fabriksmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band Die Laboratorien der Elektrotechnik. Von Aug. Neumayer. — XXXIV. Band Elektricität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus u. Hypnotismus. Von G. Gessmann. — XXXVI. Band Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten. Von Dr Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektricität und Magnetismus als kosmo tellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungs gesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektrischer Lich anlagen. Von Etienne de Fodor. — XXXX. Band. Die Zeittelegraphen und di elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren, mit besonderer Berücksichtigung de elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glüh lampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias etc. et

---

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die

GLÜHLAMPE.

Ihre Herstellung

und

Anwendung in der Praxis.

Von

J. ZACHARIAS.

Mit 51 Abbildungen und 3 Tafeln.

WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1890.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Ueber die Herstellung der Glühlampe ist besonders in deutschen Zeitschriften bisher nur sehr wenig mitgetheilt worden. In ausländischen, besonders englischen Zeitschriften dagegen finden sich zwar zahlreiche Angaben in den Berichten über die mehrfachen Glühlampenprocesse; eine systematische Darstellung über die gesammte Herstellung ist jedoch bis jetzt noch nicht erschienen. Der Verfasser hat es daher unternommen, die hauptsächlichsten Gesichtspunkte, welche für ein gutes Fabrikat und sachgemässe Anwendung maassgebend sein müssen, übersichtlich zu ordnen und nach eigenen Erfahrungen darzustellen.

Es kann nicht die Aufgabe dieses Buches sein, alle in den verschiedenen Fabriken angewendeten Arbeitsweisen zu beschreiben, da dieselben vielfach auch möglichst geheim gehalten sind, sondern es soll gezeigt werden, wie man eine allen billigen Ansprüchen genügende Glühlampe, bei sachgemässem Vorgehen und eigenem Nachdenken, erzeugt. Andererseits soll allen Denjenigen, welche die Glühlampe zur Beleuchtung benutzen, Aufschluss darüber gegeben werden, in welcher Weise eine Lampe entsteht, worin vorkommende Fehler

ihre Ursache haben, und wie man denselben abhilft. Eine genauere Kenntniss der gedachten Vorgänge wird mancherlei Misshelligkeiten beseitigen, die öfter zwischen Fabrikanten und Käufern von Glühlampen vorkommen.*

Verfasser hat darauf verzichtet, seine Ausführungen durch zahlreiche Hinweise auf die Fachliteratur zu ergänzen, da leider gar manches, besonders in deutschen Zeitschriften, was etwa hier für die Fabrikation in Betracht käme, falsch, ungenau oder unvollständig wiedergegeben ist.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, dürfte das Buch umsomehr Interesse gewinnen, als ja in Kurzem die schwebenden Glühlampenprocesse entschieden, und in wenig Jahren die so viel umstrittenen Patente abgelaufen sein werden.

Unzweifelhaft wird dann eine umfangreiche Glühlampen-Industrie sich bilden, für deren Vorbereitung und Entwickelung diese Blätter von einigem Nutzen sein mögen.

Berlin. J. Zacharias.

---

*) Um irgend welchen Missverständnissen vorzubeugen, erlaube ich mir hier zu bemerken, dass ich selbst weder an der Herstellung noch am Verkauf von Glühlampen zur Zeit betheiligt bin und mich in jeder Beziehung unparteiisch gehalten habe.

Inhalt.

Verzeichniss der Abbildungen im Text.

Index.

DIE GLÜHLAMPE.

Ihre Herstellung

und

Anwendung in der Praxis.

I. Einleitung.

1. Die historische Entwickelung

der Glühlampe einem rein der Praxis gewidmeten Werke ausführlich voranzuschicken, halte ich nicht für erwünscht, weil sie für ein solches Werk wenig Werth hat. Ich will daher über dieselbe nur das Wesentlichste bemerken.

Die ersten Glühlampen hatten keinen Kohlenfaden als Leuchtkörper, sondern eine Platinspirale, wie z. B. die Lampen von Lontin, de Changy, King, Lodyguine. Auch Edison hatte ursprünglich es mit einer Metallspirale versucht, bis er schliesslich zu der Erkenntniss kam, dass nur ein Kohlenfaden eine längere Haltbarkeit des Glühkörpers ermöglicht. So entstand unsere heutige Glühlampe, wie sie Edison, Sawn, Maxim und Andere construirt haben.

Sawyer und Man waren in 1878 die Ersten, welche an Stelle der bis dahin versuchten Retortenkohle Holzkohle anwendeten, jedoch erst Edison hatte Erfolg mit seinen Versuchen, nachdem er anstatt der zuerst gebrauchten Papierkohle solche aus Bambusrohr fertigte in 1879. Es sind jetzt also rund 10 Jahre vergangen, seit die Glühlampe in die Praxis eingeführt wurde.

Der Aufschwung, welchen die Elektrotechnik in dieser so kurzen Zeit genommen hat, ist in der Culturgeschichte ohne Gleichen. Zufolge der Erfolge, welche man in New-York 1882 mit den Centralen und in Paris bei der elektrischen Ausstellung von 1881 hatte, sind Systeme der Glühlichtbeleuchtung in veränderten Formen über die ganze Erde verbreitet worden; eine sehr grosse Anzahl von Ortschaften und grösseren Städten hat Anlagen geschaffen, welche Strassen und Häuser mit elektrischem Licht versorgen. Noch vor wenig Jahren war man erstaunt, die grossen Dynamos von Edison zu sehen, und heute hat man nicht solche Maschinen für 1000 Lampen, sondern für 1000 Pferdekräfte in Gebrauch, d. h. also Dynamos, welche den Strom für 10.000 Glühlampen liefern. Maschinen dieser Grösse sind z. B. in den Berliner Elektricitätswerken in Betrieb.

So gross auch alle diese Fortschritte und Errungenschaften sind, welche die Erfindung der Glühlampe überhaupt erst ermöglicht hat, so sind wir doch erst am Ende der Einführungsepoche. Eine nicht minder wichtige zweite Epoche wird ihr in Kurzem folgen und damit erst das Glühlicht einen in jeder Beziehung allen Ansprüchen genügenden Abschluss erreicht haben. Es ist dies die allgemeine Einführung und Anwendung der Accumulatoren, deren Haltbarkeit man nunmehr so weit erhöht hat, dass man sie in Kürze als Ergänzung für die Centralen aufstellen wird. Von diesem Zeitpunkt an wird es erst möglich sein, zu jeder Zeit Glühlicht zu haben, ohne dass Dynamos beständig in Betrieb zu sein brauchen. Für die Sicherheit des Betriebes war dies zwar nicht mehr so dringend erforderlich, weil man alle Einrichtungen so vorzüglich

getroffen hatte, dass Störungen zu den seltensten Ausnahmen gehörten, aber der ökonomische Betrieb, der doch schliesslich erst das Glühlicht ganz populär machen kann, wird nur durch die Anwendung der Accumulatoren zu erreichen sein.

Eine dritte Periode in den Fortschritten der Glühlichtbeleuchtung ist zwar schon angebahnt, jedoch noch sehr im Versuchsstadium begriffen, so dass von einer Einführung in die Praxis noch gar keine Rede sein kann. Ich meine die Verwendung des Glühlichts im Hause ohne Anwendung von Dynamos, so dass man entweder den erforderlichen Strom durch eine galvanische, respective thermoelektrische Batterie billig erzeugen kann, oder den Strom in einer Flüssigkeit aufspeichert, die man am Verwendungsorte in eine Batterie füllt, in der sie sich zersetzt und dadurch Strom liefert. Vielleicht gelangt man durch eine geschickte Combination beider Erzeugungsarten zum Ziele, oder es gelingt später einmal, aus der Steinkohle direct Strom zu erzeugen. Die Erfüllung dieser hier gedachten Aussichten wird allerdings erst das Glühlicht zum Allgemeingut Aller machen, da man dann auch an solchen Orten elektrisches Licht erzeugen kann, welche weder Maschinenbetrieb haben, noch von einer Centrale Strom erhalten können.

Edison war sicher der Erste, welcher der Glühlampe eine praktische Brauchbarkeit und grosse Verbreitung gegeben hat. Dass Edison nicht der Erste war, welcher das Princip der Glühlampe gefunden hat, dürfte allbekannt sein. Es ging damit wie mit allen wichtigen Erfindungen. Schon Jahre zuvor, und mit ihm zugleich, haben Andere die Idee verfolgt und praktisch versucht, er war auch kaum der Erste,

welcher die Glühlampe mit einem feinen Kohlenfaden versah, sondern Sawyer und Man haben zuerst eine Lampe von hohem Widerstande erzeugt. Edison's erste Lampen, mit einer Kohle aus Papierfaser, hatten einen viel zu geringen Widerstand und brauchten in Folge dessen für 10 oder 16 Kerzen noch viel zu viel Strom, als dass man ein ganzes Leitungsnetz zum Betriebe derselben hätte anlegen können. Erst mit der Einführung der Bambusfaser war es Edison möglich, Lampen zu fertigen, welche bei 100 Volts etwa 0·80 Ampère Strom für 16 Kerzen benöthigten.

Mit diesem wichtigen Schritt that Edison den zweiten, nämlich seine Centralstation in New-York zu errichten. Von diesen beiden grossartigen Neuerungen hatten wir in Europa schon Vieles gehört, ohne es recht zu glauben, so dass einer unserer ersten Elektriker, als er von der Erfindung der Edison'schen Lampe hörte und die damals noch mangelhafte Lampe mit Papierkohle sah, erklärte, die Glühlampe wäre der grösste amerikanische Humbug, der ihm je vorgekommen wäre. Das war etwa Ende 1879. Mitte 1881 kam die Pariser elektrische Ausstellung und mit ihr eine Installation von 1000 Lampen mit einer der bekannten grossen Edison-Dynamos. Man fuhr nach Paris in der vorgefassten Meinung, dass Edison's Erfindung nichts Besonderes bedeute, man sah die grossartige und eigenartige Einrichtung mit allen wohldurchdachten Einzelheiten in praktischer Anwendung; man staunte die Sache beschämt an und — beeilte sich, in Berlin schleunigst auch Glühlampen etc. zu fertigen, und hiermit begann eine neue, umfangreiche Industrie.

2. Physikalische Bedingungen.

Drei Hauptbedingungen mussten zuvor erkannt und festgestellt sein, ehe man brauchbare Glühlampen fertigen konnte. Die erste war das hohe Vacuum, um die Ausstrahlung der Wärme zu hindern, die zweite der Kohlenfaden von hohem Widerstand, und die dritte die Regulirung des Widerstandes durch Aufschlagen von Kohlenstoff. Mit diesen drei Hauptbedingungen war die Grundlage zu unserer heutigen Glühlampe gelegt, deren Vervollkommnung jedoch erst möglich wurde durch Verbesserung der Luftpumpen und der Zubereitung des Kohlenfadens. In letzterer Beziehung waren Cheasborough und Maxim die Ersten, welche einen möglichst gleichen Widerstand in den Fäden durch gleichmässiges Niederschlagen der Kohle aus kohlenwasserstoffhaltigen Gasen erzeugten.

Fast allgemein findet man, selbst in Fachschriften, ganz unklare Vorstellungen über die Bedingungen, unter denen es möglich ist, eine gute ökonomische Glühlampe herzustellen. So gibt z. B. in 1890 ein bekannter Kalender für Elektrotechnik folgende Beschreibung einer Glühlampe: „Schaltet man in einen guten Elektricitätsleiter ein kurzes Stück mit sehr hohem Widerstand, so erhält man nach dem Joule'schen Gesetze in jenem kurzen Stück bedeutende Wärmeentwickelung, die ein Glühen und in weiterer Folge ein Leuchten des Körpers zur Folge hat." Bis hierher ist die Erklärung vollkommen richtig. Verfasser fährt jedoch folgendermaassen fort: „Schliesst man nun einen so leuchtenden Körper in einen sauerstofffreien Raum

ein, so dass jeder Oxydationsprocess hintangehalten ist, so erhält man eine der gebräuchlichen Glühlampen."

Dieser Schluss ist in mehrfacher Hinsicht durchaus falsch. Zunächst kommt es nicht allein darauf an, dass der Raum, in welchem der Körper glüht, keinen Sauerstoff enthält, sondern vor Allem darauf, dass er überhaupt ein Vacuum bildet, warum, werden wir weiter unten sehen. Wenn ferner das leuchtende Stück des Leiters nur kurz ist, so haben wir noch lange keine der gebräuchlichen Glühlampen, sondern es ist durchaus wesentlich, wie ich vorhin schon bemerkte, dass dieses Stück glühenden Leiters einen verhältnissmässig hohen Widerstand hat, also ziemlich lang im Verhältniss zum Durchmesser ist; der glühende Körper muss eben einen Faden bilden.

Eine weitere, fast allgemein verbreitete falsche Ansicht ist die über die Eigenschaften des Vacuums einer Glühlampe. Man findet nämlich oft als Fortschritt in der Fabrication angegeben, dass man die Lampen innen mit Stickstoff füllt, um das Verbrennen des Kohlenfadens möglichst zu verhindern. Auf den ersten Blick scheint diese Neuerung auch ganz plausibel, jedoch Alle, welche dies so ohneweiters als richtig verbreiten, haben gewiss noch niemals den Erfolg einer solchen Stickstofffüllung probirt. Ueber diesen Punkt will ich folgende interessante Thatsachen hier mittheilen: Für einen ganz bestimmten Zweck kam es einst darauf an, einige Lampen herzustellen, welche kein Vacuum enthielten. Es lag also ganz nahe, sie mit Stickstoff zu füllen. Für die ersten Versuche nahm man einige Lampen, die sonst bei 100 Volts 16 Kerzen hatten, evacuirte sie stark und führte dann

eine geringe Menge trockenen Stickstoffs ein, den man durch abermaliges Evacuiren sehr stark verdünnte.

Zu allgemeiner Freude gelang dieser Versuch scheinbar glänzend, aber — die Lampen wurden sehr heiss und brauchten nun nicht 100, sondern circa 200 Volts! Ja, sie wurden so heiss, dass ein Stück Holz nahe bei den Lampen verkohlte, so dass man sich die Finger am Glase verbrannte.

Es war hierdurch der untrügliche Beweis geliefert, dass man eine solche Gasfüllung durchaus nicht anwenden darf, nicht allein wegen der Hitze, die eine solche Lampe ausstrahlt, sondern auch, weil durch die Ausstrahlung die Lampe sehr unökonomisch wird. Man erreicht also weder die so viel gepriesene Feuersicherheit, noch die für eine praktische Lampe erwünschte Oekonomie. Es folgt hieraus weiter, dass ein sehr hohes Vacuum für eine gute Lampe eine unumgängliche Bedingung ist. Gerade die Entfernung aller Gase, auch der atmosphärischen Luft, ist deshalb so wichtig, weil hierdurch die Ausstrahlung der von dem glühenden Faden erzeugten Wärme verhindert wird. Der Faden einer normal brennenden Glühlampe erscheint beinahe weissglühend, woraus sich mit Sicherheit schliessen lässt, dass die Temperatur in diesem Glühzustande sicherlich über 1000° C. beträgt. Wenn man also dieser so grossen Hitze den Weg nach aussen nicht durch Entfernung aller Gase sorgfältig abschneidet, so wird eine beträchtliche Wärmemenge nach aussen abgegeben, und die Lampe ist eben sehr unökonomisch, weil so viel Wärme, als nach aussen abgegeben wird, auch wieder ersetzt werden muss, um die Lampe auf die gewünschte Leuchtkraft zu bringen.

Eine weitere eigentlich höchst selbstverständliche Bedingung ist die, dass man auch für einen dauernden Luftabschluss sorgt, nachdem die Lampe evacuirt ist. Auch die Wandstärke des Glases und die glatte Oberfläche spielen eine wohl allgemein nicht bekannte Rolle; Lampen mit zu starkem Glase, als auch Lampen aus mattem Glase erwärmen sich viel mehr, als solche aus dünnem Glase und mit glatter Oberfläche.

Was nun die Stärke und Länge des Fadens anbetrifft, so richtet sich beides ausser nach dem Material auch nach der gewünschten Helligkeit und der Spannung, für welche die Lampe bestimmt ist; jedenfalls muss die Länge für alle Lampensorten den Durchmesser des Kohlenkörpers ganz bedeutend übertreffen, es muss eben mehr oder weniger ein fadenförmiger Kohlenkörper sein.

Eine weitere sehr wichtige Bedingung für gute Lampen ist die, dass alle Lampen gleicher Spannung und Kerzenstärke möglichst den gleichen Widerstand haben, weil sonst die Lampen nicht mit gleicher Temperatur glühen. Sie erhalten sonst nicht allein ungleiche Kerzenstärke, sondern werden auch nicht die gewünschte Dauer haben, sondern alle Lampen, welche zu hell glühen, werden früher zugrunde gehen als die normal glühenden Lampen. Auch muss der Faden in seiner ganzen Länge völlig gleichmässig glühen, denn an denjenigen Stellen, wo er etwa stärker glüht, wird er frühzeitig zerstört, weil seine Ausdehnung dann sehr ungleich ist und dadurch gewisse Arbeitscentren entstehen, die die Festigkeit des Materials höher beanspruchen, als es in den übrigen Theilen geschieht.

3. Aeussere Formen, Befestigungen, Fassungen der Glühlampe.

Man hört gar oft die äussere Gestalt oder Form der Glasbirnen von Laien, als auch Fachleuten kritisiren, ohne dass diese Kritiker auch nur ahnen, in welchem engen Zusammenhange alle diese Aeusserlichkeiten mit dem einmal gewählten System stehen.

Man möchte fast behaupten, dass alle Einzelnheiten z. B. bei der bekannten Edisonlampe wohl durchdacht und so vortheilhaft angeordnet sind, dass sie sich Jeder zum Muster nehmen könnte. Dies ist nun aber leider nicht angängig, weil Herr Edison sich seine Lampe wohlweislich in ihren Theilen hat durch Patente in allen Ländern schützen lassen. Infolge dessen hat die Menge seiner Nacherfinder andere Constructionen wählen müssen, und wir haben, anstatt der so wünschenswerthen Einheitlichkeit, eine Unzahl von verschiedenen Einrichtungen, die nicht eher einem allgemeinen Normalsystem weichen werden, bis entweder die zahlreichen Glühlampenprocesse entschieden oder Herrn Edison's Patente abgelaufen sind.

Hauptsächlich ist ein Umstand für die allgemeine Form der Birne und ihrer Theile massgebend. Dies ist die Entscheidung, ob man die Lampe bei den Drähten unten oder am oberen Ende evacuiren will, d. h. ob die Spitze oben oder unten sein soll. Mit dieser Entscheidung steht nämlich in engstem Zusammenhang die Einschmelzung der Drähte. Zur Evacuation ist, wie bekannt, das Anblasen einer Röhre nothwendig, die man an dem weiteren, oberen Theile der Birne natürlich sehr leicht anbringen kann, so dass man am unteren Ende

Platz genug für die Drähte behält. Hat man sich jedoch für Anblasen des Rohres am unteren Ende entschlossen, so ist man dadurch genöthigt, die Drähte in grösserem Abstande voneinander einzuschmelzen, man kann sie dann nicht mehr in einen Körper zuvor vereinigen (Fig. 31*b*), sondern man muss sie einzeln in die Birne einfügen (Fig. 11). Edison hat dies durch seine Construction in vortheilhafter Weise wie folgt erreicht: Um eine gute Isolirung der Drähte voneinander zu erhalten (Fig. 30*a*), hat er beide in eine kurze, unten flachgedrückte Röhre eingeschmolzen, die dann später als Ganzes in den Ballon eingeführt und verschmolzen wird. Er erreicht hierdurch noch den weiteren Vortheil, dass nur sehr kurze Platindrähte zum Einschmelzen nöthig sind. Dies ist insofern von Wichtigkeit, als der sehr hohe Preis dieses Materials äusserst sparsame Anwendung verlangt. Der Preis eines Kilogramms Platindraht ist augenblicklich rund 1200 Mark, so dass bei einzelnen Lampensystemen etwa 25 Pfennige allein Materialkosten auf Platin entfallen, während in der Edisonlampe etwa nur für 10 Pfennige enthalten ist.

Zu den Lampen ohne hervorragende Spitze gehören zur Zeit nur die Lampen von der de Kohtinsky- und der Seel-Compagnie, während fast alle anderen Fabriken die Spitze am oberen Ende anwenden. Für manche Zwecke ist es sehr angenehm, die Lampen ohne Spitze oben zu erhalten, besonders da, wo, wie auf Schiffen, die Lampen fast ohne Ausnahme in Glasglocken eingeschlossen werden. Die Lampen ohne Spitze sind kürzer und nicht so leicht Verletzungen ausgesetzt.

Von vielen Laien hört man auch oft die schöne gefällige Form einiger Fabrikate rühmen. Man liebt

vielfach Lampen von möglichst kleiner, rundlicher Form, ohne zu wissen, dass auch die Dimensionen der Birne bis zu einem gewissen Grade eine gegebene Grösse sind. Die Grösse der Birne, d. h. also das Volumen des Glases, steht in engem Zusammenhange mit der Kerzenzahl der Lampen. Man kann nicht einen Faden von 50 Kerzen z. B. in ein Glas für eine 16kerzige Lampe einschmelzen, weil einmal die Grösse des Ballons von der Länge des Fadens abhängig ist und weil die Wärme eine gewisse Oberfläche verlangt, damit die Lampe nicht zu heiss wird. Auch hat man gefunden, dass Lampen mit zu kleinen Gläsern nicht so lange halten, als solche mit entsprechend grösseren Birnen. Für die Form der Gläser sind also nicht allein Geschmack und gefälliges Aussehen, sondern ganz besonders Haltbarkeit und Helligkeit massgebend. Ja selbst der enge Hals der Birne richtet sich nach der Einschmelzung der Drähte. Wo diese einzeln mit Abstand eingefügt sind, muss der Hals nicht nur wegen der grösseren Entfernung beider Drähte voneinander grösser sein, sondern auch wegen der Erwärmung etwas weiter gemacht werden, damit die Gläser nicht durch die Hitze sich zu stark ausdehnen und in Folge dessen springen.

Die Verbindung des Platindrahtes mit den Contacten, zur Einführung des elektrischen Stromes in die Lampen, bewirkt man in zweierlei Form. Entweder lässt man die Drähte ohneweiters lang und glatt herausragen, oder man biegt sie vor dem Einschmelzen in Form einer Oese. Die letztere Art verdient insofern den Vorzug, als die Drähte gegen Abbrechen beim Transport sehr gut geschützt sind, während bei der anderen Art leicht und oft die Lampe unbrauchbar wird, indem der Draht kurz am Glase wegbricht.

Die Form des Contactes, respective der Metalltheile im Contactkörper, welcher in die Fassung eingeführt wird, muss sich vor Allem nach der Helligkeit, d. h. nach der Stromstärke richten. Der schlechteste Contact ist die Oese, wie sie in den alten, ursprünglichen Swanlampen so beliebt war. Die Platinöse liegt in dem Haken der Fassung beinahe nur an einem Punkte auf, die Berührung ist sehr gering und leicht dem Verschmutzen ausgesetzt.

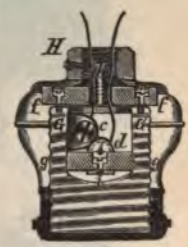
Für jede Stromstärke ist zur sicheren Fortleitung des Stromes ohne wesentliche Erwärmung eine gewisse Berührungsfläche erforderlich. Ist diese Fläche zu klein, so tritt Erwärmung und damit Spannungsverlust ein, der mitunter bis zu 5 Volts betragen kann, oder die Erwärmung kann so stark werden, dass der Contact verbrennt, beides Vorkommnisse, die unter allen Umständen vermieden werden müssen.

Eine weitere Rücksicht bei Gestaltung des Contactkörpers ist die sichere Befestigung der Birne durch Einkitten in den Contacttheil. Dies soll derart geschehen, dass zwar ein sicheres Festhalten des an sich sehr glatten Glases gesichert ist, andererseits aber auch das Glas beim Erwärmen sich genügend leicht ausdehnen kann.

Mit der Gestaltung der Contacte einer Glühlampe steht die zu denselben gehörende Fassung naturgemäss in engstem Zusammenhange. Abgesehen von äusserer Form, Preis und Haltbarkeit, soll die Fassung zunächst die Lampe unter allen Umständen sicher festhalten und die Einführung des Stromes in den Kohlenfaden vermitteln, d. h. die Lampe darf sich weder mit der Länge der Zeit durch Zufall, noch in Folge von häufigen oder zufälligen Erschütterungen, wie auf Schiffen oder in Mühlen, in der Fassung lockern.

Eine weitere, nicht unwichtige Bedingung, der leider nur sehr wenige Constructionen Rechnung tragen, ist die, dass die Lampen sich um ihre Längsachse drehen lassen. Bei fast jeder Lampe krümmt sich der Kohlenfaden bei längerem Gebrauch. Diese Krümmung wird mit der Zeit so stark, dass der Faden die Glaswand berührt, diese wird sehr heiss, und die Lampe ist sicher verloren, weil das Glas springt. Kann man dagegen bei Zeiten die Lampe so drehen, dass die Krümmung des Fadens nach oben geht, so streckt sich der Faden wieder in eine gerade Lage. Bei Lampen, die sehr lange halten, kann man dieses Drehen bei einiger Aufmerksamkeit einigemale wiederholen und auf diese Weise nicht unwesentlich ersparen.

Fig. 1.



Die allbekannte und auch am meisten verbreitete Edison-Fassung (Fig. 1) trägt diesen zuvor genannten Anforderungen nicht in allen Punkten Rechnung. Der Contact zwischen den Theilen der Lampe und der Fassung ist zwar sehr innig, er lockert sich jedoch bei dauernden Erschütterungen; auch das Drehen der Lampen bei Krümmung des Fadens ist nur bei den Spiralfassungen möglich, während die gewöhnlichen Fassungen mit Metallhülse dies nur in sehr beschränktem Maasse erlauben. Die Swan-Fassung mit Bayonettverschluss gewährt eine unter allen Umständen sichere Befestigung der Lampe und gestattet auch, wenigstens in einer Richtung die Lampe zu drehen; allen Ansprüchen jedoch dürfte nur die Construction von Huber genügen, die vom Erfinder sowohl als auch von der Mailänder Firma B. Cabella in den Handel

gebracht wird. Fig. 2 zeigt diese Fassung mit dem Lampencontact. Der äussere Metallring hat eine Einschnürung, in welche starke Federn der Fassung greifen, während in der Mitte ein gespaltener Stift an der Fassung in eine federnde kleine Hülse in dem Lampencontact passt. Auf diese Weise ist eine sichere Verbindung aller Theile mit grosser Berührungsfläche erzielt, während die Lampe in jede beliebige Lage in ihrer Achsenrichtung sich drehen lässt.

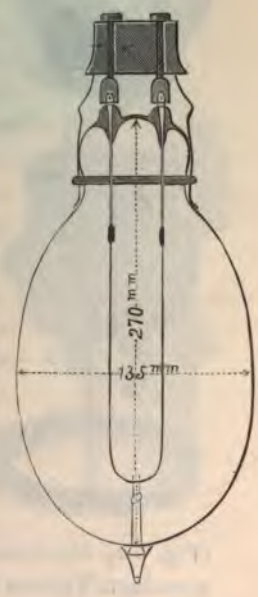
Fig. 2.

Eine ähnliche Construction findet man in Amerika. Dieselbe hat noch insofern einen Vorzug, als der Metallring und der Stift an der Lampe durch eine runde Glasscheibe voneinander isolirt sind. Dieses Isolirmittel hat man hauptsächlich viel in England in Gebrauch, sowohl für die Contacte an den Lampen als sogenannte „vitrit caps", als auch in den Lampenfassungen. Eine weitere, ganz solide Construction ist die von Bernstein mit zwei hervorragenden, am Ende eingeschnürten Stiften, die vielfach in Süddeutschland in Gebrauch ist. Die alten Oesenfassungen habe ich nur noch in Ungarn vielfach gefunden, aber auch hier fängt man an, sie allmählich gegen bessere Constructionen auszuwechseln. Welcher Umschwung sich in der Lampenfabrication in den zehn Jahren ihres Bestehens vollzogen hat, geht am besten daraus hervor, dass wir die ersten Swan-Lampen aus England mit 20, dann mit 10 Mark bezahlten, während sie heute nur noch 2·0 Mark kosten.

Allgemein pflegt man die metallische Berührung der Contacte an der Lampe mit den entsprechenden Contacttheilen in der Fassung durch Federn zu bewirken, nur Edison hat die Schraube zu diesem Zwecke. Diese Art der Verbindung ist jedoch bei den federnden

Fig. 3.

Fig. 4.



Contacten nur zulässig für Lampen bis etwa 32 Kerzen, bei der Schraube höchstens bis 50 Kerzen, darüber hinaus müssen grossflächige, stark federnde Contacte, wie Siemens sie für Lampen von geringer Voltzahl und grosser Kerzenzahl fertigt, gebraucht werden, oder

Fig. 5*b*.

Fig. 5*a*.

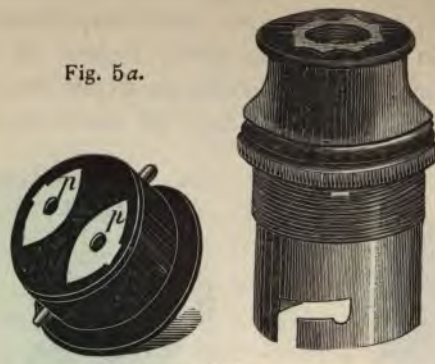
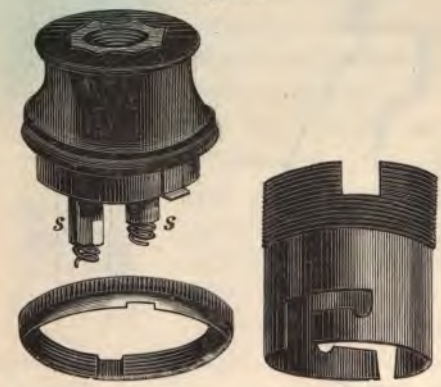


Fig. 5*c*.



man muss die Drähte der Lampe, wie es die Sunbeamlamp-Company macht, an die Fassung durch grosse Schrauben befestigen. Beide Constructionen sind in den Fig. 3 und 4 abgebildet und ohne Erklärung verständlich.

Eine sehr haltbare, gut isolirende und praktische Fassung ist in den Fig. 5 *a* bis *c* abgebildet. Fig. 5 *b* zeigt die zusammengesetzte Fassung, in welche der Lampencontact (Fig. 5 *a*) hineinpasst. In Fig. 5 *c* ist die Fassung in ihren einzelnen Theilen dargestellt. Die Leitungsdrähte werden unter die Muttern *s* untergeklemmt, die an den Enden der Muttern *s* befindlichen kleinen Spiralfedern drücken auf die Contactplatten *p* der Contactkappe. Der die einzelnen Theile zusammenhaltende, isolirende Körper besteht aus einem sehr gut gekühlten, schwarzen Glasfluss, allgemein „Vitrit" gena

Mitunter, besonders in Privaträumen, ist es erwünscht, die Glühlampe mit der Fassung direct an der Leitung aufzuhängen und die immerhin schweren Beleuchtungskörper aus Metall ganz zu vermeiden. Zu diesem Zweck verwendet man die Fassung, wie sie Fig. 6 darstellt. Die Leitungen, welche aus biegsamer Schnur bestehen, werden zunächst durch ein Loch im Isolirkörper gezogen und dann an den Enden festgeschraubt. Ueber beide Verbindungen wird dann die Schutzkappe gedreht, welche das Eindringen von Staub verhindert. Durch diese Einrichtung ist das Abbrechen der Leitungsenden verhindert, da sie durch die Schlingen theilweise entlastet sind. Es ist nicht möglich, hier auch nur annähernd die gebräuchlichsten Constructionen der Lampenfassungen zu beschreiben, sie sind sehr zahlreich und je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollen, sehr verschieden. In England verwendet man z. B. noch eine Menge verschiedener Oesenfassungen, während man am Continent sie kaum mehr gebraucht.

Fig. 6.

4. Die Materialien zur Herstellung.

Zur Anfertigung der Ballons nimmt man fast nur das leicht schmelzbare Bleiglas, da es sich leicht und sicher verarbeiten lässt, oder überhaupt ein Glas, das zur Anfertigung von Röhren und den Glasbläserarbeiten geeignet ist. Für die Einschmelzung der Drähte ist

dieses Glas jedoch nicht geeignet. Es gibt nur ein Metall, welches die gleiche Ausdehnung wie gewisse Glassorten hat, dies ist das Platina, und die mit diesem zusammenpassende Glassorte ist entweder eine ganz bestimmte Sorte Pariser Bleiglas, die in dünnen Stängelchen roth oder weiss in den Handel kommt, oder ein Chrysolitglas. Andere Glassorten, die sich nicht mit dem Platina gleichmässig ausdehnen, würden nach kurzer Zeit an den Drähten undicht werden und der Luft den Zutritt nicht genügend absperren. Sehr wichtig ist hierbei, dass der Platindraht möglichst rein ist, so dass er höchstens 1 bis 2 Procent fremde Bestandtheile enthält. Wollte man Draht verwenden, der noch mehr fremde Beimischungen hat, so liefe man Gefahr, dass die Ausdehnung mit dem Glase nicht ganz gleich wäre und also viele Lampen bald Luft enthalten würden.

Als Material zur Herstellung der Kohlenfäden verwendet man in den verschiedenen Fabriken sehr verschiedene Stoffe. Jedenfalls nimmt man bis jetzt Stoffe vegetabilischen Ursprungs, die sich in der Hitze verkohlen lassen. So verwendet die Brush-Company in London nitrirte Pflanzenfaser, de Kohtinsky Gelatine oder Collodium, die Swan-Company Baumwollfaden oder gleichen Stoff wie Brush. Die meisten deutschen Fabriken nehmen natürliche Holzfaser von Bambus, Indiafaser, Piassawa, Kittul etc. Es ist sehr wichtig, dass die Pflanzenfaser in gutem, trockenem Zustande geliefert wird, dass die Structur des Holzes nicht durch Pilze oder Fäulniss zerstört ist. Es ist vorgekommen, dass eine Fabrik einst eine Woche lang keine gute Lampe fertig bringen konnte, weil man aus China verfaulten Bambus er-

halten hatte. Mit Ausnahme des Bambus kommen die oben genannten Pflanzenfasern nur in sehr dünnen Stücken vor, so dass man die Kohlenfäden höchstens bis zu 50 Kerzen aus denselben fertigen kann. Für hochkerzige Lampen mit Fäden von 1 bis 3 *mm* Stärke muss man stets zu künstlichem Material greifen, ähnlich demjenigen, aus welchem die Kohlenstifte für das Bogenlicht gemacht werden, wie z. B. Coaks, Graphit, Russ, die mit Theer oder sonstigen Bindemitteln zu einem Brei verarbeitet und zu Fäden geformt werden. Nur eine Fabrik hat neuerdings Versuche angestellt, den Glühfaden aus Mineralsalzen der seltenen Erden darzustellen, doch ist mir nicht bekannt, ob dieses Verfahren sich allgemein bewährt hat, es ist dies die Fabrik der Herren Langhans & Co. in Berlin.

Die Contacte an den Glühlampen stellt man noch heute in vielen Fabriken aus Messing und Gyps her; neuerdings jedoch nimmt man auch gerne Contacte, deren Metalltheile durch Glas (Vitrit) von einander isolirt sind. Dieselben eignen sich vorzüglich für die Benutzung der Lampen in feuchten Räumen. Es liegt in der Natur des Materials, dass eine Anzahl der Contacte beim Verarbeiten zerspringt, doch ist dies nicht erheblich. Die sonstigen kleinen Nebenmaterialien, welche man in der Lampenfabrication gebraucht, will ich hier nicht näher aufführen, sondern dieselben mit ihren Eigenschaften und den Anforderungen, denen sie zu genügen haben, bei den verschiedenen Arbeiten selbst besprechen.

II. Die Herstellung der Glühlampen.

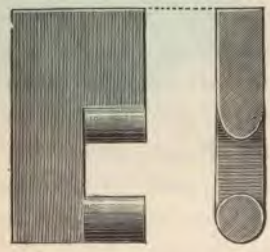
Ehe ich dazu übergehe, die einzelnen Stadien, welche die Glühlampe bei ihrer Herstellung zu durchlaufen hat, zu beschreiben, will ich im Allgemeinen Einiges über die Einrichtung einer Glühlampenfabrik vorausschicken. Die erste Bedingung für eine solche Fabrik ist Raum, Luft und Licht, demnächst Uebersicht und geignete Reihenfolge der Räume, sowie strenge, systematische Controle und Aufsicht; wo letztere nicht absolut zur Geltung kommen, wird man nie eine gute Lampe fertig bringen und auch keinen guten Gewinn erzielen. Es ist nicht nur nöthig, dass der Fleiss und die Güte der Arbeit unter steter Aufsicht sich befinden, sondern sehr wesentlich ist es, dass von jeder Abtheilung die gefertigten Stücke eine Centralstelle passiren, in welcher die Anzahl und die gute Beschaffenheit aufs Genaueste controlirt werden; nur die guten Theile werden dann bei der Lohnberechnung berücksichtigt und etwa sich zeigende Mängel sofort abgestellt. Selbstverständlich ist für eine solche Aufsicht auch eine ganz eigenartige Buchführung nothwendig, aus der täglich zu ersehen ist, wie die Fabrikation steht, und welche Vorräthe an Rohmaterialien und fertigen Halb-, respective Ganzfabrikaten vorhanden sind.

5. Die Bearbeitung des Fadenmaterials.

Je nach der Beschaffenheit des Materials richtet sich naturgemäss auch dessen Bearbeitung. Erste Bedingung ist: Herstellung eines in seiner ganzen Länge gleichmässig starken und gleichmässig festen Fadens. Wo man Gelatine oder Collodium anwendet, wird der Teig zunächst in flache Schichten ausgewalzt, die man dann mit einem Messer in geeignet schmale Streifen schneidet. Man erhält hierdurch viereckigen Querschnitt. Bei Verwendung der Baumwollenfaser sind kleine Walzen aus Marmor in Gebrauch, welche ein ganz gleichmässiges Caliber erzeugen. Die Herstellung dieser Walzen ist bei der Feinheit des Fadens natürlich sehr schwierig, sie nutzen sich schnell ab und müssen oft erneuert werden. Einen viereckigen Querschnitt haben auch die Fäden aus Bambus, welche durch Spalten des Holzes gewonnen werden. Sehr viele Fabriken wenden runde Fäden an, die man durch Zieheisen auf die erforderliche Stärke bringt. Diese Eisen nutzen sich jedoch sehr schnell ab, sie müssen sehr bald erneuert werden. Verhältnissmässig leicht ist der dreieckige Querschnitt herzustellen, den man am leichtesten bei Anwendung von Messern mit entsprechenden Rinnen erhält. Bei allen den aufgeführten Herstellungsmethoden ist die Entfernung aller Marktheile oder sonstiger Ungleichmässigkeiten in der Structur erste Bedingung. Jeder Faden muss auf seine Stärke vor dem Verkohlen mit einem Mikrometermasse genau untersucht sein. Man nimmt hierzu die kleinen Apparate, welche die Uhrmacher zum Messen der Räderwellen und Zapfen haben, welche noch Hundertstel-Millimeter genau angeben.

Je nach der Art des Materials zieht man die Fäden in Längen für ein bis vier und mehr Lampen, schneidet die Stücke in passende Längen und trocknet sie, falls sie beim Ziehen angefeuchtet worden sind. Diese Stücke werden mit Hilfe eines heissen Eisens entweder einmal in Form eines Bügels oder zweimal in Form einer Schleife gebogen. Die Art der Biegung ist für die Haltbarkeit bei richtiger Ausführung nicht von Belang. Bis zu 120 Volts genügt eine Biegung, bei Lampen für 150 Volts, wie sie de Kohtinsky fertigt, muss man die Schleife anwenden, weil die Lampe sonst eine unbequeme Länge erhalten würde. Auch das Glühen der Holzfasern ist leichter bei einfacher Biegung. Fäden mit Schleife pflegt man auf ein Stück Coaks wie in Fig. 7 in grösserer Anzahl aufzuwickeln, damit die Schleifen in ihrer Form erhalten bleiben.

Fig. 7.



6. Das Verkohlen der Fasern.

Die in die gewünschte Form gebogenen Fäden packt man zu 300 bis 500 Stück in eine Muffel aus Chamotte oder in einen feuerfesten hessischen Tiegel; indem man jede Lage Fäden mit Kohlenstaub oder Graphit bedeckt, füllt man den Tiegel völlig an, giebt ihm einen Deckel aus gleichem Material wie der Tiegel und verschmiert die Fugen sorgfältig. Ist der Thon getrocknet, so werden ein bis zwei solcher Tigel in den Glühofen gebracht, und darin etwa fünf Stunden lang einer möglichst hohen Temperatur von 1000 bis

1200° C. ausgesetzt. Es ist für die Güte des Fadens sehr wichtig, dass die Temperatur möglichst hoch und gleichmässig erhalten wird; je höher, desto besser. Früher hatte man für diesen Zweck einfache Herde aus Backstein, welche mit Coaks beschickt wurden, während man jetzt complicirte Glühöfen mit Gasfeuerung anwendet, bei denen eine Regulirung der Hitze durch Ventile und Klappen in der Gasleitung und in den Luftcanälen möglich ist. Ist der Glühofen völlig erkaltet, so nimmt man die Tiegel heraus und schüttet den Inhalt aus. Die Fäden sind jedoch noch mit kleinen anhängenden Kohlenpartikelchen verunreinigt, die man leicht auf einer Trommel, wie man sie bei der Infanterie benutzt, abklopfen kann. Bis zu diesem Stadium der Fabrikation unterscheiden sich die Fäden für die verschiedenen Lampen nur durch ihren Querschnitt und ihre Länge. Für Lampen von 8 bis 32 Kerzen und 50 bis 120 Volts, Sorten, die ja am meisten gebraucht werden, kommt man mit etwa sechs bis acht Sorten aus. Erst in der nächsten Station, in welcher der Widerstand der Fäden regulirt wird, erhält jede Lampensorte einen anderen Widerstand. Die Sorten verschiedener Fäden mehren sich hierdurch derart, dass man gut thut, täglich nur ein bis drei Sorten zu fertigen, und nicht die Kräfte durch Herstellung der verschiedensten Sorten an einem Tage zu zersplittern.

7. Die Regulirung des Widerstandes (Präpariren).

Eine gute Präparatur ist die Seele einer guten Fabrikation. Wer dies nicht recht gründlich versteht, der wird niemals eine gute haltbare Lampe erzeugen. Ehe man in der Fabrikation der Lampen hinreichende

Erfahrung hatte, verfuhr man in folgender höchst primitiver Weise, die ich hier nicht etwa anführe, weil sie heute noch massgebend ist, sondern weil sie Vielen sehr lehrreich sein wird, worauf es bei einer Glühlampe besonders ankommt.

Der rohe verkohlte Faden wurde in üblicher Weise in die Ballons eingefügt und die Lampen nun auf den Pumpen evacuirt. Sobald man ein gewisses Vacuum erzeugt hatte, liess man Kohlenwasserstoffgas in die Lampen aus einem mit den Pumpen verbundenen Glasgefäss. Hierauf wurde der Faden zum Glühen gebracht und dadurch ein Niederschlag von Kohlenstoff auf dem Faden erzeugt. Mit Hilfe eines Voltmeters und einer Normallampe taxirte man, ob der Niederschlag genügend stark war. Hierdurch erzeugte man unzweifelhaft einen Faden, der an sich gar nicht schlecht war, aber — die Lampen waren nichts, gar nichts werth. Auf der ganzen Länge des Fadens wurde zwar ein ziemlich gleichmässiger Niederschlag erzeugt, jedoch dicht an der Befestigungsstelle des Fadens mit dem Platindraht glühte er wenig oder gar nicht. Die Folge davon war, dass sich hier kein Niederschlag bildete, der Faden blieb hier schwächer, wurde auch innerlich nicht in seiner Structur fester, mit einem Wort, er hatte hier einen anderen Widerstand, als sonst in seiner ganzen Länge, mithin glühte er hier an einer ganz kleinen kurzen Stelle anders als in seiner übrigen Länge. So lange man nun noch Lampen von 80 bis 100 Watts für 16 Kerzen machte, also dicke Fäden nahm, ging die Sache noch an, aber sobald man ökonomische Lampen von 55 bis 65 Watts machen wollte, kam der grosse und doch scheinbar so kleine Fehler schnell zur Geltung; alle Lampen ohne

alle Ausnahme gingen rettungslos an diesem angeborenen Fehler zugrunde, kein Aussuchen, kein Abhelfen an anderen Orten wollte helfen, die Lampen hielten eben nicht länger als etwa 100 Stunden, dann brachen die Fäden am Knoten ab. Zunächst suchte man die Ursache ausserhalb der Fabrikation, in der Behandlung, beim Betriebe etc., bis man endlich zur Erkenntniss kam, dass die Lampen an dem gedachten Geburtsfehler zugrunde gingen. Es ist eben absolut nothwendig, dass auch das kurze Stück des Fadens in dem Knoten selbst, welcher den Faden mit dem Platindraht verbindet, von gleicher Beschaffenheit ist, wie der Faden in seiner freien Länge, oder man muss auf umständlichem Wege die Enden der Fäden besonders verstärken.

Um mit Sicherheit die Fäden für die verschiedenen Kerzenzahlen und Spannungen herstellen zu können, sind für jedes Fadenmaterial gewisse Vorversuche erforderlich. Man sucht auf empirischem Wege die günstigsten Bedingungen für eine normale Lampe von z. B. 100 Volts und 16 Kerzen zu ermitteln, d. h. es ist durch Versuche festzustellen, welchen Widerstand der Faden haben muss, um bei der gedachten Spannung und Stromstärke normal zu leuchten, ohne dass die Hitze die Lebensdauer beeinträchtigt. Den als richtig erkannten Widerstand erhält man nun, bei gleichem Querschnitt und gleichem Material, durch Niederschlag von Kohlenstoff bei einer gewissen Stromstärke und gewissen Spannung. Die Stromstärke wird sich im Allgemeinen nach der Stärke des Fadens, die Spannung nach seiner Länge und überhaupt seinem Widerstand in verkohltem Zustande richten. Natürlich muss man auch die Haltbarkeit oder, wie man sagt, die „Lebensdauer" einer solchen Normallampe vorher prüfen,

ehe man dazu übergeht, andere Lampen aus den Constanten der Normallampe abzuleiten. Bezeichnet man mit λ die Leuchtkraft einer genügend haltbaren Lampe, mit δ die Spannung, i die Stromstärke, l die Länge und mit d den Durchmesser des runden Fadens, und besitzt die Lampe die Oekonomie $\eta = \left(\frac{i\,\delta}{\lambda}\right)$, so berechnet sich nach Strecker eine andere Lampe von gewünschter Helligkeit, Spannung etc. aus nachstehenden Formeln:

$$d_1 = d\sqrt[3]{\left(\frac{\delta\,.\,\lambda_1}{\delta\,.\,\lambda}\right)^2} \quad \Big| \quad l_1 = l\sqrt[3]{\frac{\delta_1{}^2\,.\,\lambda_1}{\delta^2\,.\,\lambda}} \quad \Big| \quad i_1 = i\,.\,\frac{\delta}{\delta_1}\,.\,\frac{\lambda_1}{\lambda}$$

Verlangt man nun, dass $\frac{i^2}{r^3}$ constant etwa $= 800$ sei, so hat man, falls die Stromstärke i gegeben ist:

$$d_1 = d\sqrt[3]{\left(\frac{i_1}{i}\right)^2} \quad \Big| \quad l_1 = l\,\frac{\lambda_1}{\lambda}\sqrt[3]{\left(\frac{i}{i_1}\right)^2}$$

$$\delta_1 = \delta\,.\,\frac{i}{i_1}\,.\,\frac{\lambda_1}{\lambda}$$

Hat man z. B. bei einer Lampe die Constanten wie folgt ermittelt:

$\eta = 3{\cdot}0$ dann ist $i\,\delta = 150$ $d = 0{\cdot}376\ mm.$

$\delta = 65$ V. $i = \frac{150}{65} = 2{\cdot}31$ A.

$\lambda = 50$ N. K. $r = \sqrt[3]{\frac{i^2}{800}} = 0{\cdot}188$

$\frac{65\text{ V.}}{2{\cdot}31\text{ A.}} = 28{\cdot}2\ \Omega$ Widerstand warm,

$1{\cdot}9 \,.\, 28{\cdot}2 = 53{\cdot}5\,\Omega$ Widerstand kalt. Ist der specifische Widerstand des Kohlenmaterials $= 29$, so hat man

$$l = \frac{w\,\vartheta}{c} = \frac{53{\cdot}5 \,.\, 0{\cdot}111}{29} = 0{\cdot}202\,m.$$

Die specifischen Widerstände verschiedener Kohlenmaterialien, bei Quecksilber $= 1$, giebt Uppenborn's Kalender wie folgt an:

Verkohlte Bambusfaser . . . . . $= 62{\cdot}56$

Präparirte Bambusfaser bei $\frac{i^2}{r^3} = 500$ . . . . $= 50$

$\frac{i^2}{r^3} = 820$ . . . . $= 29$

Unpräparirte Collodiumkohle . . . . . $= 39{\cdot}9$

Präparirte Collodiumkohle bei $\frac{i^2}{r^3} = 1100$ . . $= 22$

Chemische Retortenkohle für starke Fäden . $= 7{\cdot}17$

Das letztere wird hauptsächlich für hochkerzige Lampen von niedriger Spannung für Hintereinanderschaltung gebraucht.

Aus diesen Daten und dem vorher ermittelten Schwindmass des Materials kann man nach kurzen Versuchen gut Lampen anderer Constanten erhalten. Das Schwindmass für Bambus ist im Verhältnisse von 100 : 64. Hat man für alle zu fertigenden Lampensorten die gewünschten Constanten ermittelt, so legt man eine Tabelle an, in welche man alle gewonnen Daten übersichtlich für den täglichen Gebrauch zusammenstellt. Eine solche Tabelle sollte folgende Angaben enthalten: Volts, Kerzen, Stärke der Fäden: gezogen, carbonisirt, präparirt; Länge der Fäden: gezogen, verkürzt; Länge im Bügel vor dem Präpariren und nach dem Befestigen am Platin; ferner die Widerstände kalt und warm, sowie die Stromstärke. Nach dem Verkohlen pflegen die Fäden nur zwei Drittel so stark zu sein als vorher, und nach

dem Präpariren nehmen sie etwa $^1/_{100}$ *mm* an Stärke zu. Diese Tabelle muss für die verschiedenen Stationen mit verschiedener Anordnung und eventueller Weglassung der für die betreffende Station nicht erforderlichen Angaben aufgestellt werden, damit man schnell alle erwünschten Zahlen finden kann. In nachstehenden Tabellen findet man einige werthvolle Angaben über die gebräuchlichsten Glühlampensorten. Die meisten Fabriken fertigen heute ihre Lampen so an, dass sie 3 bis 4 Watts per Kerze brauchen, während die Swan-Company Lampen zu 3, 4, 5 Watts je nach der verlangten Lebensdauer herstellt.

Im Allgemeinen nimmt man jetzt als Oekonomie einer guten Glühlampe 3·3 Watts an per Kerze und erzielt damit eine Haltbarkeit von 800 bis 1000 Stunden. Verlangt man eine längere Dauer, so ist man genöthigt, die Oekonomie zu verringern, d. h. also die Wattzahl per Kerze zu erhöhen. Dies ist bei billiger Betriebskraft, kurzen Leitungen, und in Anlagen, wo es nicht darauf ankommt, dass die Lampen stets die gleiche Kerzenzahl geben, unter allen Umständen gerechtfertigt. Bei Elektricitätswerken jedoch, welche eine gewisse Kerzenzahl verbürgen, ist man genöthigt, schon etwa nach 600 Stunden die Lampen zu wechseln, weil die Helligkeit bei längerer Benutzung über diese Zeit hinaus sehr schnell abnimmt. Oekonomie und Lebensdauer stehen also im Gegensatze zu einander. Je mehr man einen Kohlenfaden beim Brennen der Lampen in Anspruch nimmt, um so eher geht er zugrunde. Man hat für den Zusammenhang dieser beiden Grössen noch kein allgemein giltiges Gesetz gefunden, sondern man ist hierin rein auf Versuche angewiesen, die in einem späteren Abschnitt besprochen

werden sollen. Diese Andeutungen dürften genügen, um von den in Rücksicht zu ziehenden Umständen und Anforderungen ein Bild zu geben. Es wäre zwecklos, hier an einem bestimmten System und bestimmten Material ganz genaue Zahlen zu geben, da jede Faser und jedes System andere Zahlenwerthe für die Constanten der Fäden, respective der fertigen Lampen erfordert. Es kann ja auch nicht Zweck dieses Buches sein, durch äusserste Ausführlichkeit jedem selbstständigen Denken abhelfen zu wollen, sondern es soll nur dem Denkenden eine allgemein verständliche Anleitung geben, welche Umstände in der Fabrikation mitwirken und zu berücksichtigen sind. Es genügt zu wissen, dass man zum Aufschlagen des Kohlenstoffes für Lampen von 8 bis 32 Kerzen und 50 bis 120 Volts mit einer Stromstärke von 1 bis 3 Ampères und einer Spannung von bis zu 250 Volts arbeiten muss. Die Dauer des Kohlenaufschlages wird darnach bemessen, dass die erforderliche Anzahl Watts den Faden passirt, um den als richtig ermittelten Widerstand zu erhalten. Wollte man mit derselben Spannung arbeiten, für welche die Lampe bestimmt ist, so würde man nicht einen in so hohem Grade widerstandsfähigen Faden erhalten, oder viele Fäden würden durch zu langes Glühen zugrunde gehen.

Letzteres ist überhaupt ein wunder Punkt in der ganzen Glühlampenfabrikation: der hohe Ausschuss in allen Stationen. So hat man von den im Ofen verkohlten Fäden beim Präpariren unter Umständen bis 75 Procent Ausschuss. Von den gut präparirten Fäden gehen wieder beim Befestigen und später beim Einschmelzen in die Lampen noch eine Menge zugrunde, so dass man für die Herstellung einer Lampe etwa zwei Fäden

rechnen muss. Für eine geordnete Fabrikation ist also vor allen Dingen bei aller Arbeit Vorsicht und äusserste Sparsamkeit nöthig.

Die besonderen Einrichtungen zum Präpariren richten sich zunächst nach dem Kohlenwasserstoff, aus welchem man den Kohlenniederschlag zu erzeugen beabsichtigt. Man nimmt hierzu ziemlich allgemein gereinigtes Leuchtgas; einzelne Fabriken präpariren auch zweimal, zunächst in Gas und dann in Benzin, andere wieder in Petroleum oder sonstigen flüssigen oder festen Kohlenwasserstoffen, wie Naphthalin oder Parafin. Das Gas bleibt aber immer das bequemste Mittel, es ist überall fertig zu haben und leicht zu reinigen und giebt vor allen Dingen auf dem Faden in seiner ganzen Länge einen höchst gleichmässigen Niederschlag, und dies ist schliesslich die Hauptsache. Die flüssigen Kohlenwasserstoffe erzeugen schwere Dämpfe, die langsam am Faden emporsteigen und oben stärkeren Niederschlag erzeugen als unten, in noch höherem Maasse ist dies der Fall bei den festen Kohlenwasserstoffen.

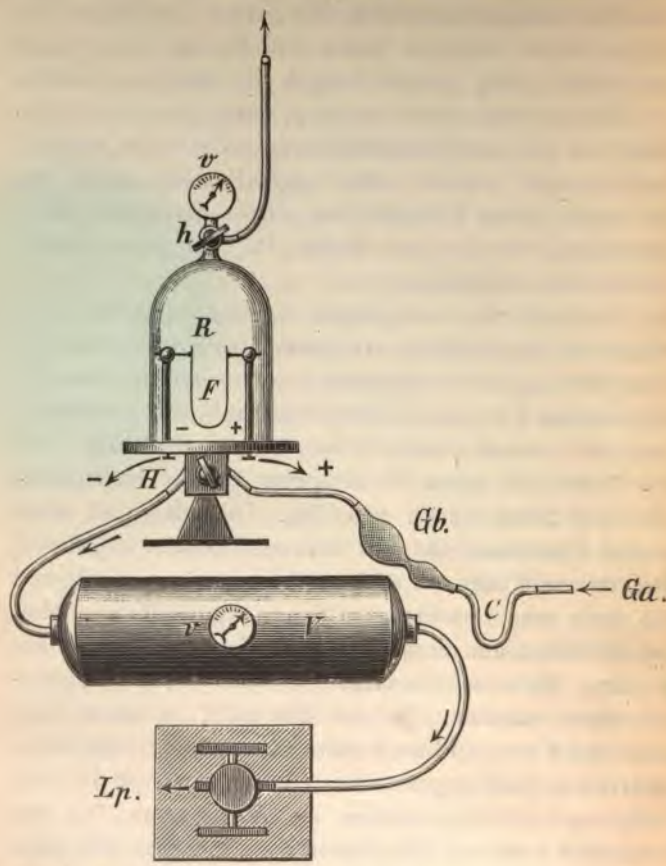
Die Vorrichtungen für den gedachten Zweck sind theilweise patentirt, meist jedoch Geheimniss der einzelnen Fabriken. Die Einrichtungen müssen ferner je nach dem Umfange der Fabrikation verschieden sein. Eine Fabrik, die täglich 1000 fertige Lampen erzeugt, kann noch mit Apparaten auskommen, die von Hand bedient werden und jeden Faden einzeln behandeln, während bei der doppelten Fabrikationsmenge schon automatische Apparate nothwendig werden, welche in kurzer Aufeinanderfolge mehrere Fäden verarbeiten, respective zugleich in sich aufnehmen. Bei Anwendung von Gas können die Fäden, fest eingeklemmt, in Ruhe

sich befinden, während bei Gebrauch der sonst genannten Kohlenwasserstoffe ein stetes Bewegen des Fadens in der flüssigen Masse nothwendig wird, damit man einen völlig gleichmässigen Niederschlag erzielt.

Es ist ferner sehr wichtig, dass die verkohlten Fäden bis zu ihrer Präparatur trocken erhalten werden. Kohle ist wie bekannt sehr hygroskopisch; auch das Gas muss durch Chlorcalcium zuvor getrocknet sein, anderenfalls werden die Fäden bei der momentanen starken Glut zerspalten.

Nachdem wir nun gesehen haben, worauf es beim Präpariren hauptsächlich ankommt, sollen die näheren Einrichtungen beschrieben werden, welche man im Allgemeinen für das Präpariren mit Gas anwendet. Zunächst bedarf man einer Dynamomaschine von 250 Volts und etwa 10 Ampères für die Herstellung von 1000 Stück Fäden pro Tag. Die Maschine muss in der Spannung in sehr weiten Grenzen regulirbar sein, da die Fäden ja sehr verschieden lang sind und also auch sehr verschiedener Spannung bedürfen. Man nimmt hierzu am einfachsten eine Compound-Dynamo, in deren Nebenschlusswickelung man einen Regulirwiderstand schaltet. Da das Gas nicht in seiner concentrirten Form und auch ohne Beimischung von atmosphärischer Luft angewendet werden muss, so ist eine Luftpumpe nöthig, welche die Recipienten für das Präpariren evacuirt. Für diesen Zweck eignen sich ganz vorzüglich die von Ernecke in Berlin gebauten Luftpumpen (doppelt wirkende Bianchi-Pumpe), welche selbst nach längerem beständigen Gebrauch noch bis zu 3 *mm* Quecksilberdruck Vacuum erzeugen, während die besten grossen Maschinen-Luftpumpen kaum mehr als 10 *mm*

Fig. 8.



ergeben. Die Pumpe arbeitet auf einen grösseren Behälter etwa von 1 bis 2 m^3 Inhalt, mit welchem die kleinen Präparirapparate verbunden sind. Fig. 8 giebt eine Ansicht dieser Einrichtungen. In dem Recipienten, der unten auf einer Glasplatte luftdicht aufsteht, ist ein

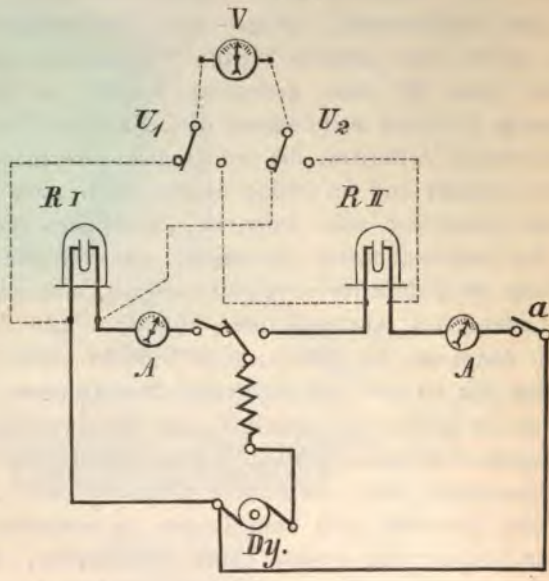
kleiner Galgen mit Klemmen, um die Fäden einzuspannen. Die Säulen gehen durch die Glasplatte luftdicht hindurch, haben aussen Klemmschrauben und sind mit der Dynamo verbunden.

Es mag an dieser Stelle gleich erwähnt werden, dass man in einer Glühlampenfabrik einer grossen Anzahl der verschiedensten Messinstrumente, wie Volt- und Ampèremeter, Spiegel- und Torsionsgalvanometer, sowie einer grossen Menge Widerstände bedarf, so dass man für eine geordnete Fabrik in diesen Apparaten durchaus nicht sparen darf. Fast jede Station braucht einige Voltmeter, die jedoch ganz verschiedenen Zwecken dienen und in Folge dessen auch ganz verschieden construirt sein müssen. Desgleichen bedarf man der verschiedensten Dynamos, eine für die Beleuchtung der Fabrik für etwa 150 Lampen, eine andere zum Laden von Accumulatoren für circa 150 Volts und 40 Ampères. Die Pumpstation braucht etwa zwei Dynamos für 65 und 200 Volts bei 200 Ampères; für alle diese Dynamos sind natürlich auch Messinstrumente und Regulirwiderstände nöthig. Es empfiehlt sich, für die Photometer eine besondere Dynamo für circa 150 Volts, die etwa auch zum Laden zu brauchen ist oder als Reserve mit dienen kann, aufzustellen, doch muss diese Dynamo stets mit einer Anzahl Lampen belastet sein, damit beim Photometriren keine Schwankungen eintreten, welche das Ablesen erschweren würden.

Beim Präpariren von Hand bedienen am besten zwei Mann die Apparate. Der eine handhabt den Recipienten mit dem Faden, der andere regulirt unter Beobachtung des Voltmeters den vorgeschalteten Wider-

stand. Sobald der Ampèremeter die nöthige Stromstärke zeigt, schaltet der Mann am Recipienten aus. Um schnell zu arbeiten, ist eine Umschaltung vorhanden, so dass der eine Mann am Voltmeter mindestens drei Apparate bedienen kann. Die soeben beschriebenen Handhabungen

Fig. 9.



gehen so schnell, dass für einen Faden etwa im Ganzen eine Minute genügt, während der Kohlenaufschlag nur einige Secunden in Anspruch nimmt. Fig. 9 zeigt die Schaltung für zwei Apparate mit den Messinstrumenten, Widerstand und Ausschalter. Da nur äusserst wenig Zeit für den Durchgang des Stromes nöthig ist, muss sehr gut aufgepasst werden, der Ausschalter muss so

eingerichtet sein, dass ein plötzliches Ausschalten leicht möglich ist. Es eignen sich hierzu alle kleinen Umschalter, welche durch eine Feder in ihrer geschlossenen Stellung festgehalten werden, wie z. B. die Construction von Edison. Bei Anwendung automatischer Apparate muss die Ausschaltung in dem Moment geschehen, wo die nöthige Wattzahl den Faden passirt hat. Diese Apparate arbeiten naturgemäss viel genauer, als die Ausschaltung von Hand es überhaupt bewirken kann, so dass die Lampen sehr genau in der Spannung ausfallen; man muss jedoch entweder eine grössere Zahl solcher Apparate für die verschiedenen Fäden haben, oder die Apparate müssen in weiten Grenzen veränderlich sein, so dass die Einrichtung ziemlich complicirt und kostspielig ist. Für eine gute Ventilation des Raumes, sowie für sichere Entfernung der Gase aus den Recipienten als auch aus dem Reservoir, respective der Pumpe muss von vorneherein Sorge getragen werden.

Zu diesem Zwecke ist nicht allein ein Ventilator, der von dem Vorgelege, welches die Luftpumpe treibt, mit angetrieben werden kann, erforderlich, sondern auch alle ausgestossenen Gase der Apparate müssen durch ein besonderes Rohr direct ins Freie geleitet werden. Damit das Gas schnell und leicht in die Recipienten gelangt, pflegt man zwischen Gasleitung und letzteren ein Gebläse anzubringen, welches gestattet, in kürzester Zeit die im Recipienten befindliche Luft durch Gas zu verdrängen; vor dem Gebläse ist ein gekrümmtes Chlorcalicumrohr eingeschaltet, welches die Feuchtigkeit des Gases zuvor absorbirt. Der Cylinder der Luftpumpe ist durch Wassercirculation zu kühlen.

Es empfiehlt sich, im selben Raum ein Spiegelgalvanometer zum Messen der Widerstände der Fäden aufzustellen, da diese Messungen während des Präparirens die einzige Controle bilden, ob alle Fäden gleichmässig ausfallen und ob sie kalt den nach Versuchen als richtig gefundenen Widerstand haben. Die Präparatur bildet also ein ganzes Laboratorium für sich, in dem man nur geschickte, intelligente Leute verwenden kann.

Endlich ist dieses kleine feine Ding, der Kohlenfaden, zur weiteren Verarbeitung zu einer Glühlampe fertig, nachdem, wie wir gesehen haben, er durch drei verschiedene Stationen gewandert ist. Die fertigen Fäden werden nach Spannung und Kerzenzahl, zu welchen sie bestimmt sind, sorgfältig geordnet und kommen nun in einen anderen Raum, in welchem sie mit den Drähten verbunden werden.

8. Die Befestigung der Fäden.

Das Verfahren sowohl als auch die Constructionstheile für die Verbindung der Kohlenfäden mit den Platindrähten haben sich im Laufe der Jahre mit den Fortschritten in der Fabrikation ganz geändert. Es spielen ja in allen Theilen bei dieser eigenartigen Fabrikation so minimale Grössen und Kräfte eine Rolle, dass man in vielen Punkten lange Jahre gebraucht hat, bis man alle Ursachen und deren Wirkungen bei vorkommenden Mängeln genau erkannte, und auch heute noch möchte ich behaupten, dass ein denkender Fabrikant noch viele Jahre brauchen wird, ehe er zu einem gewissen Abschluss und unabänderlichen Normen gelangt ist. Die Glühlampe erfordert eben wie alles Neue ein Jahre hindurch mit Fleiss fortgesetztes Studium

und damit Hand in Hand gehende Verbesserung. Wie Vieles auf diesem Gebiete noch zu ergründen und zu verbessern ist, habe ich gelegentlich in verschiedenen kleinen Abhandlungen im „Centralblatt für Elektrotechnik" 1888/89 gezeigt.

Zunächst befestigte Edison seine Fäden auf galvanoplastischem Wege, indem er den Faden am Ende breit gestaltete, ihn zwischen am Ende flachgeklopften Kupferdraht einklemmte und darauf Kupfer niederschlug, wie ich dies in der „Elektrotechnischen Rundschau" 1884 genauer mit Zeichnungen erläutert habe. Edison war damals nämlich der Ansicht, dass nur der Faden gut hielte, welcher vor dem Befestigen nicht präparirt sei, er war also, um das früher schon geschilderte Brechen der Fäden zu verhindern, genöthigt, den Faden am Ende sehr kräftig zu machen und ausgezeichnet zu befestigen. Mit der Zeit, und zwar mit der Verbesserung der Quecksilberluftpumpen und so auch mit der Verbesserung des Vacuums, fand man jedoch, dass dieser galvanoplastische Niederschlag Luft enthält, die man durch kein Mittel ganz entfernen kann, weil der Knoten eben nicht zum Glühen in der Lampe zu bringen ist, ohne den Faden selbst zu gefährden. Man sann also auf ein Mittel, welches zwar ebensogut die Verbindung herstellt, jedoch den beregten Uebelstand gar nicht oder doch in geringerem Masse besitzt.

Um diesen Zweck zu erreichen, hat man hauptsächlich zwei Wege eingeschlagen: Zunächst verstärkte man die Fäden an den Enden durch Aufschlagen von Kohlenstoff, indem man nur die Enden in einem verdünnten Gase zum Glühen brachte. Diese verstärkten Enden wurden in die röhrenförmig gestalteten Enden

der Platindrähte gesteckt, festgeklemmt und abermals mit Kohlenstoffniederschlag versehen. Diese Befestigungsweise ist zwar gar nicht schlecht, aber sie ist umständlich und mithin kostspielig. In einer Fabrikation, wo sich, wie hier, die Herstellungskosten der einzelnen Theile aus Pfennigen oder gar deren Bruchtheilen zusammensetzen, soll man vor Allem auch darnach streben, so billig wie möglich zu arbeiten, ohne dass natürlich die Güte des Fabrikates darunter leidet. Neuerdings befestigt man den Kohlenfaden einfach durch einen Kitt, den man feucht als kleinen Knoten aufträgt. Die Bestandtheile dieses Kittes sind je nach Zweck und System verschieden, im Allgemeinen nimmt man jedoch hauptsächlich Kohlenstoff und irgend ein Bindemittel, welches dem Kitt, wie z. B. Zucker, etwas Klebkraft giebt. Die Stärke des Knotens richtet sich ganz nach der Stromstärke der Lampe, damit der Knoten beim Brennen der Lampe keinesfalls in's Glühen kommt. Dieses öfter vorkommende Glühen der Knoten ist sogar ein sicheres Zeichen, dass der Faden in dem Knoten nicht festsitzt. Man findet gar bald heraus, dass alle Lampen, bei denen die Fäden allmählich nach dem Knoten zu aufhören zu glühen, am besten in Bezug auf Haltbarkeit des Fadens sind. Sehr wichtig ist es nach dem weiter oben Gesagten natürlich auch, dass der Kitt vor der weiteren Verarbeitung der Fäden gut getrocknet wird. In der Fadenaufsetzerei hat man dazu besondere Trockenöfen aufgestellt, in welchen die Lampenfüsse mit den aufgesetzten Fäden in Reihen auf Blechen sortirt liegen. Solcher Bleche schiebt man bis 50 in einen von unten durch Gas mässig erhitzten Trockenofen. Zwei mässig grosse Oefen genügen für 1000 Stück Fäden pro Tag,

da man in einem Ofen von circa 80 *cm* Höhe, 50 *cm* Breite und 30 *cm* Tiefe eine sehr grosse Menge Füsse trocknen kann. Der Trockenprocess soll mehrere Stunden fortgesetzt werden, damit auch jede Spur von Feuchtigkeit ausgetrieben wird. Am schnellsten geht der Trockenprocess vor sich, wenn man für gute Circulation der Luft sorgt, so dass die wärmere Luft von unten aufsteigend über alle Bleche hinstreicht und oben wieder austritt.

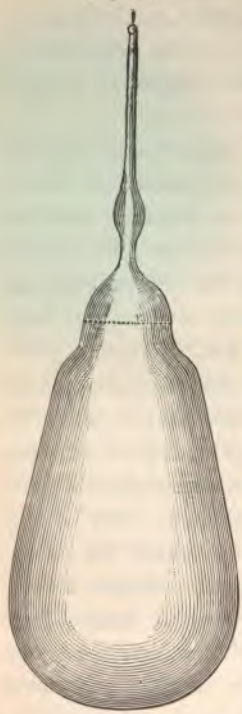
Dieses „Aufsetzen" der Fäden auf die „Lampenfüsse" erfordert eine sehr ruhige und geschickte Hand. Zittern der Hände verursacht leicht zu häufiges Brechen der Fäden, man nimmt daher für die so feine Arbeit vielfach weibliche Arbeiter. Die aus der Präparatur gelieferten Fäden sind zunächst noch etwas zu lang, jeder Arbeiter hat daher vor sich ein Stichmass, nach welchem er den Faden auf die erforderliche Länge verkürzen muss. Da die Fäden jedoch durch die Präparatur eine relativ sehr hohe Festigkeit erhalten haben, so muss das Verkürzen entweder mit einem Messer oder mit einer kleinen Zange gemacht werden; sehr dünne Fäden bricht man wohl auch auf der Kante des Stichmasses ab, das für diesen Zweck aus einem kleinen Klotz mit einer Nadel besteht, die man je nach Länge des Fadens versetzen kann. Der Faden ist nun zum Einbringen in die Ballons fertig, wir wenden uns daher zu einem neuen Capitel, das sind:

9. Die Glasbläserarbeiten.

Die Arbeiten der Glasbläserei zerfallen in verschiedene Abtheilungen, die Arbeitstheilung ist hier aufs äusserste getrieben, um schnell und sicher zu arbeiten. Zunächst

betrachten wir die Anfertigung der Ballons. Ehe wir jedoch dazu übergehen, will ich nur im Allgemeinen bemerken, dass ein Glasbläser nur solche Formen oder Gegenstände eben fertigen kann, welche ein Hineinblasen oder Anblasen einzelner Theile gestatten, eine Arbeit, die sich vom Löthen des Klempners gar wesentlich unterscheidet. Für die oft hier schon genannten gangbaren Lampensorten fertigt man im Allgemeinen nur drei Grössen von Glasballons, abgesehen von denjenigen für hochkerzige Lampen, welche grössere Dimensionen erfordern. Die Ballons werden entweder von Hand aus Glasrohren geblasen oder in besonderen Fabriken auf kleinen drehbankartigen Maschinen ganz gleichmässig symmetrisch hergestellt. Die erste Abtheilung der Bläser stellt auf die bekannte Weise zunächst birnförmige Ballons mit einem langen, dünnen Rohre an einem Ende her, etwa wie es Fig. 10 zeigt. Die zweite Abtheilung schneidet die Platindrähte in passende Stücke und umwickelt diese mit dem speciellen Bleiglas. Eine dritte Abtheilung setzt die so eingewickelten Drähte in die Ballons ein, verschmilzt sie luftdicht und sprengt die „Füsse" ab, welche nach der Fadenaufsetzerei wandern. Damit die Füsse nachher auch wieder mit

Fig. 10.



denselben Ballons zusammen verarbeitet werden, müssen sie numerirt oder auf mit Nummern versehene Bretter in Löcher gesteckt werden.

Fig. 11 zeigt den abgesprengten Fuss mit den eingeschmolzenen Platindrähten, sowie das angeblasene Rohr, welches dazu dient, die Lampe später luftdicht an den Pumpen zu befestigen. Der Lampenfuss mit dem Faden wird nun mit dem zugehörigen Ballon durch Zusammenschmelzen vereinigt, indem die Ränder beider Theile ganz genau zusammengehalten und bis zur Rothgluth erhitzt werden, so dass sie sich durch Stauchen und Hineinblasen luftdicht vereinigen. Die Lampe ist nun für das Evacuiren fertig.

Fig. 11.

Ausser den hier erwähnten Arbeiten fallen jedoch noch mancherlei andere der Glasbläserei zu. Hierher gehört vor allen Dingen das Zuschmelzen der von den Pumpen abgezogenen Lampen. Die auf den Pumpen völlig evacuirten Lampen werden dadurch abgenommen, dass man mit einer Stichflamme das dünne Rohr erwärmt und dabei in die Länge zieht, der äussere Luftdruck schliesst dann das Rohr, und die Lampe endigt in eine ganz feine Spitze, die jedoch für die fernere Verarbeitung noch viel zu lang ist. In diesem Zustande kommen die Lampen aus der Pumpstation wieder in die Glasbläserei und werden hier von den geschicktesten Arbeitern noch einmal mit ganz kurzer runder Spitze zugeschmolzen.

Nicht minder wichtig und oft sehr zeitraubend ist die Herstellung der Rohre mit den „Schliffen" für das Aufsetzen der Lampen auf die Pumpen. Je nach der

Grösse der Ballons schmilzt man entweder die Lampen zu vieren über kreuz auf ein Rohr mit einem Schliff, oder man nimmt ein längeres Rohr, an welchem bis zu zehn Schliffen sitzen. In jeden kleinen Tubus des Rohres passt ein genau zugeschliffener Stöpsel, mit dessen kurzem Rohr das Rohr einer Lampe vereinigt wird. Die Fig. 12 und 13 geben eine Ansicht von diesen Vorkehrungen.

Fig. 12.

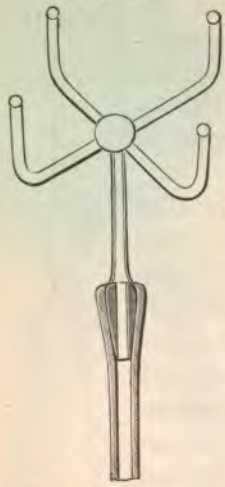
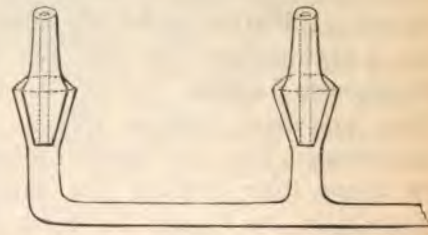


Fig. 13.



Der Glasbläserei fällt auch die Anfertigung und Reparatur der Quecksilberluftpumpen zu, welche nur von sehr geübten und erfahrenen Leuten übernommen werden kann. Je nach dem System, welches man verwendet, sind die Reparaturen mehr oder weniger häufig und kostspielig. Am meisten kommen Brüche bei den Sprengelpumpen vor, deren Einrichtung wir später kennen lernen werden. Am wenigsten Mühe und Reparaturen erfordert die Töpler'sche Pumpe.

Zu allen diesen mannigfachen Glasbläserarbeiten sind grössere Blastische nöthig. Dieselben haben unten, je nach der Arbeit, für welche sie bestimmt sind, ein bis zwei Balgen und oben ein doppeltes Rohr, das concentrisch gelagert innen das Luftgebläse und darum das Gasrohr trägt. Für Herstellung von 1000 Stück pro Tag und alle Nebenarbeiten sind etwa 50 Blastische erforderlich. Wenn man die Ballons aus Glasfabriken kauft, so kommt man wohl auch mit 30 Arbeitern aus, es ist jedoch meist billiger, die Ballons selbst herzustellen, besonders bei Verwendung von Mädchen. Es ist sogar aus mancherlei Gründen vorzuziehen, weibliche Arbeiter aus den Familien der Glasbläser in Thüringen etc. zu verwenden.

Die Glasbläserei erfordert nächst der Pumpstation einen bedeutenden Raum, der wegen der grossen Anzahl von Flammen und Leuten eine ausgezeichnete Ventilation bedarf, da die Wärmeentwickelung besonders im Sommer sehr lästig und störend auf die Arbeit einwirkt. Die Räume sollen also hinreichend Platz für die Blastische und sonstigen Arbeitsgeräthe bieten, hoch und luftig sein, ohne im Winter schädliche Zugluft zu erzeugen. Es ist auch eine Anzahl grösserer Tische und Regale vorzusehen, auf welchen die halbfertigen Waaren übersichtlich geordnet lagern können, bis sie zur Ablieferung kommen. Jeder Mangel an Raum oder geeigneten Tischen etc. macht sich sofort durch hohen Ausschuss sehr unliebsam bemerkbar. Wer also seine Fabrik möglichst geräumig und übersichtlich herstellt, wird entsprechend besser dabei fahren, als wenn man mit dem Raume geizt. Es ist nichts hinderlicher als Raummangel. Die Art der Erzeugnisse gestattet nicht ein Aufstapeln in grossen Mengen ohne alle Vorkehrungen gegen Bruch.

Raummangel ist die Wurzel alles Uebels bei einer Glühlampenfabrik und verleitet die Arbeiter leicht zur Unordnung und Unsauberheit. Ehe wir nun dazu kommen, das Auspumpen der Lampen kennen zu lernen, will ich zunächst Einiges über die Einrichtung der Pumpen und der Pumpstation vorausschicken.

10. Die Pumpstation.

Bei der grossen Zahl von Quecksilberluftpumpen, welche man erfunden hat, kann ich nur das Nothwendigste hierüber anführen.

Es würde den Rahmen dieses Buches bei weitem überschreiten, wenn ich eine ausführliche Beschreibung der zahlreichen Constructionen von Luftpumpen geben wollte, ich will mich daher hier auf wenige, aber bewährte Einrichtungen beschränken und verweise für Alle, welche sich hierüber sehr eingehend informiren wollen, auf die classische Arbeit des Herrn Professors Silvanus P. Thompson in London, „The development of the mercurial air-pump", Journal of the Society of Arts, auch als Sonderabdruck bei Spon, London erschienen. Auch im „Centralblatt für Elektrotechnik", München 1889, habe ich Einiges veröffentlicht, das hierauf Bezug hat.

Der Erste, welcher ein Vacuum durch Quecksilber erzeugte, war 1643 Torricelli, gelegentlich der Herstellung seines Barometers. Es folgte dann eine Menge verschiedener Constructionen, bis 1855 Dr. Geisler in Bonn seine so bekannt gewordene Pumpe herausbrachte, welche unter verschiedenen Verbesserungen noch bis in die neueste Zeit hinein auch in der Glühlampenfabrikation in Gebrauch war. Ich will jedoch davon absehen, hier in Bild und Beschreibung derselben zu gedenken, da sie

heute von neueren Constructionen bereits überholt worden ist. Gerade die Lampenfabrikation und mit ihr die hohen Anforderungen, welche dieselbe an ein gutes Vacuum stellt, haben die Verbesserungen gezeitigt, welche es möglich machen, auf den hundertsten Theil eines Millionstels einer Atmosphäre nicht nur zu evacuiren, sondern auch zugleich diesen so unendlich geringen Druck zu messen.

Professor Sylvanus P. Thompson theilt die verschiedenen Quecksilber-Luftpumpen in die folgenden sechs Classen:

I. Pumpen, welche die Luft in einem Barometerrohr aufwärts treiben.

II. Pumpen, welche die Luft in einem Barometerrohr abwärts treiben.

III. Pumpen, welche die Luft in einem Barometerrohr aufwärts und in einem anderen abwärts treiben.

IV. Combinirte Pumpen.

V. Ejectionspumpen, deren Wirkung auf dem fallenden Quecksilberstrahl beruht.

VI. Mechanische Quecksilberpumpen.

Unter den drei ersten Classen kann man wieder noch „verkürzte" Pumpen unterscheiden. Um wenigstens einen Begriff davon zu geben, wie zahlreich die ersonnenen Constructionen sind, will ich nachstehend die hauptsächlichsten Typen jeder Classe kurz nennen. Es gehören zu

I. Die Pumpen von Swedenborg 1722, Baaden 1784 und 1828, Hindenburg 1787, Edelcrantz 1804, Kemp 1830, Geissler 1858, Joule 1873/74, Mitscherlich 1873, Rankin Kennedy 1881, Lane-Fox 1884 u. A.

II. Sprengel 1865, Gimingham 1875 bis 1884, Rood 1880, Edison 1885, Nicol etc.

III. Mile 1828, Töpler 1877, Siemens 1884, Swinburne 1887, Neesen, Clerc, Weston.

IV. Edison wie Bottomley versuchten eine Combination zwischen Geissler's und Sprengel's Pumpe.

V. Cavarra und Plateau 1843, v. Feilitzsch.

VI. Wimshurst, Pflüger, Southby sowie die rotirenden Pumpen nach Art der Centrifugalpumpen.

Von all diesen zahlreichen Constructionen haben bis jetzt diejenigen der Classe III die meiste Anwendung gefunden, demnächst die der Classe II und hiervon hauptsächlich die Pumpen von Edison und Sprengel. Es ist erstaunlich, fährt Professor Thompson fort, wie Viele zur Verbesserung dieser Luftpumpen beigetragen haben und welch eine Fülle von Einzelheiten hier erfunden wurde. Es leuchtet hier so recht ein, dass Erfindungen meistens „wachsen und nicht gemacht werden". Man erkennt hier so recht, wie falsch, wie kindisch „die grosse Mann-Theorie" doch ist, die uns gewöhnlich in der Schule noch immer gelehrt wird. Es mag ja vorkommen, dass ein Erfinder gelegentlich auf eine wichtige Verbesserung verfällt, aber sicherlich ist es höchst selten, dass eine absolute Originalerfindung ganz vollkommen und sofort gebrauchsfähig ist.

Das Bestreben in der Verbesserung der Pumpen erstreckte sich hauptsächlich nach zweierlei Richtungen. Erstens bemühte man sich, die vielen Hähne und Einzeltheile der früheren Constructionen möglichst zu vermeiden, und zweitens war man bestrebt, die Zeit für die Herstellung eines hohen Vacuums möglichst abzukürzen. Letzteres ist zuerst in hohem Masse 1865 Dr. Sprengel gelungen, welcher einen fallenden Quecksilberstrahl zum Evacuiren benutzte. Doch alle diese

Constructionen hatten noch nicht die gewünschte Leistungsfähigkeit und Vollkommenheit, bis Gimmingham mehrere Fallrohre für die Sprengel-Pumpe anwendete, diese mit der Geissler'schen Form combinirte und die Messung des Vacuums durch das Manometer von McLeod einführte.

Besonders um die vortheilhafte Gestaltung zahlreicher Details hat sich dann Professor Crooks (der Vater der strahlenden Elektrodenmaterie) verdient gemacht, durch dessen Freundlichkeit ich Gelegenheit hatte, in London seine neuesten Pumpen kennen zu lernen. Es handelte sich bei den Arbeiten dieses Gelehrten besonders darum, den höchsten Grad der Evacuation zu erzeugen, der mit nur allen erdenklichen Vorsichtsmassregeln erhalten werden kann. Weiter unten gebe ich Abbildung und Beschreibung der Pumpe und ihrer sonstigen Einrichtungen, zunächst noch einige Bemerkungen allgemeiner Natur. Bei allen Verbindungen an Luftpumpen muss man zunächst darnach streben, möglichst wenig Verbindungsstellen zu erhalten, dieselben sollen mit allen nur erdenklichen Mitteln absolut luftdicht hergestellt werden; die Anzahl der Hähne oder Ventile ist auf ein Minimum zu beschränken. Staub ist möglichst fern zu halten, und alle Schliffe in der Pumpe sollten mit Quecksilber noch besonders vor Eindringen von Luft geschützt werden. Wo es irgend möglich ist, soll man die Verbindungen durch Verschmelzen der einzelnen Theile herstellen und nur da „Schliffe" anwenden, wo zu häufiges Lösen der Verbindungen erforderlich ist. Auf die Beschaffenheit, Reinheit des Quecksilbers kommt auch sehr viel an, ebenso auf die Sorgfalt, mit der die Pumpen gefüllt werden. Das Quecksilber oxydirt

sehr leicht bei längerem Gebrauch; es ist aus diesem Grunde auch bis jetzt meist vorgezogen worden, Glasrohre zu den Pumpen anzuwenden, weil dieselben vom Quecksilber nur sehr langsam und in geringem Masse angegriffen werden, während Eisenrohre sehr schnell verschmutzen. Das Quecksilber muss vor dem Gebrauch durch Waschen mit Säuren und Wasser, sowie durch Filtriren von allen Oxyden und fremden Beimischungen befreit werden. Nicht mindere Sorgfalt hat man auf die Vorrichtungen zur Absorption der Feuchtigkeit in den Pumpen und Glasballons der Lampen zu verwenden, zu welchem Zwecke man zwischen Pumpe und Lampen ein Gefäss mit concentrirter Schwefelsäure oder Chlorcalcium einschaltet. Alle vier Wochen sollte man die Pumpen auseinandernehmen und sorgfältig von Oxyden und etwaigem Fett, das zum Dichten der Schliffe dient, reinigen.

Eines sehr wichtigen Momentes will ich hier gleich noch gedenken. Versuche sowohl, als auch der praktische Betrieb der Pumpen haben gezeigt, wie wichtig es ist, dass die Pumpen und alle ihre Theile warm sind. Einmal ist es im Winter sehr wichtig, damit nicht über Nacht, wo die Arbeit ruht, durch den Temperaturwechsel Brüche erfolgen, und dann hat Rood nachgewiesen, dass man mit seiner Sprengel-Pumpe das Vacuum bis auf den 1388. Theil eines Millionstel einer Atmosphäre oder bis auf 0·000002 *mm* Quecksilberdruck bringen kann, wenn man die Pumpe völlig erhitzt. In der Praxis macht man von dieser Thatsache auch insofern Gebrauch, als man besondere Vorkehrungen trifft, die Lampen während der Evacuation von innen und von aussen zu erwärmen. Die Resultate verschiedener

Gelehrten hat Herr Thompson in seiner oben erwähnten Arbeit übersichtlich zusammengestellt, die ich hier aus derselben wiedergeben will, da sie für die Leistung der verschiedenen Pumpen höchst charakteristisch sind.

Autorität	Bezeichnung der Pumpe	Druck in Millimeter Quecksilber
Crooks	Sprengel, verbessert, Maximum	0·000046
Gimingham	„ einfach, 1·1 *mm* Oeffnung . .	0·00051
„	„ fünf Fallrohre	0·000006
Rood	„ gewöhnlich	0·000152
„	„ nach Rood erhitzt	0·000002
Bessel-Hagen	Alte Geisler bei 25 Hub	0·110
„	Neue „ 2 Hähne, 25 Hub durchschnittlich	0·0085
„	Neue Geissler, 2 Hähne, 25 Hub Maximum	0·0082
„	Alte Töpler nach 5 Hub	0·0075
„	„ „ „ weiteren 5 Hub . .	0·0064
„	Verbesserte Töpler, durchnittlich . . .	0·000012
„	„ „ Maximum	0·000008

Aus dieser Tabelle geht nun ohneweiters hervor, welche Pumpen die beste Leistung in Bezug auf die Höhe des Vacuums haben. Es sind dies die Sprengel-Pumpe von Gimingham mit fünf Fallrohren, und wenn man von dem sehr heiklen Erhitzen der Pumpen selbst Abstand nimmt, die verbesserte Töpler-Pumpe; erstere giebt 1125, letztere 165 bis 195 Millionstel Druck einer Atmosphäre. Der Unterschied in der Leistung eines guten Vacuums kann für die Verwendung der einen oder der anderen dieser beiden Pumpen nicht massgebend sein,

weil in der Praxis für die Dauer der Lampen der Unterschied in der Leistung doch zu gering ist; es wird vielmehr eine andere Rücksicht hier ausschlaggebend sein. Die Sprengel-Pumpe erlaubt rein maschinellen Betrieb für grosse Massenproduction, während die Töpler-Pumpe mehr oder weniger von Hand bedient werden muss; auch kann bei der Sprengel-Pumpe ein Mann eine ganze Reihe von Pumpen bedienen, während bei der Töpler-Pumpe ein Mann je nach der Einrichtung nur eine bis drei Pumpen zugleich versorgen kann. In Rotterdam sah ich bei Herrn de Khotinsky sogar sämmtliche Pumpen in einem Raum von nur einem Manne bedient, was gewiss eine nicht zu unterschätzende Ersparniss bedeutet.

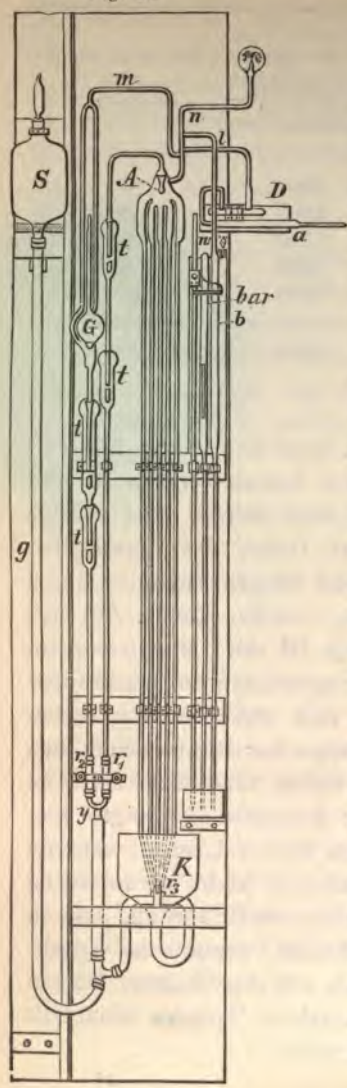
Die Sprengel-Pumpe.

Die ursprüngliche Form der Pumpe mit nur einer Fallröhre hatte eine zu geringe Leistungsfähigkeit, so dass man die Zeit des Evacuirens durch Vermehrung der Anzahl der Fallrohre zu verkürzen suchte. Nach einer Reihe von Versuchen fand Gimingham, dass eine Pumpe mit fünf Fallrohren die besten Resultate ergab; auch ermittelte derselbe die für die Leistung am vortheilhaftesten anzuwendende Länge und Weite der Röhre, alles Umstände, die für den Erfolg sich von grösster Wichtigkeit erwiesen haben. Fig. 14 zeigt diese Pumpe mit allen ihren Verbesserungen. Welchen Einfluss übrigens der innere Durchmesser der Fallrohre hat, zeigt nebenstehende Tabelle von Thompson.

Weite in Millimeter	Durchgang von Cubikcentimeter Quecksilber pro Minute	Vacuum von 1 *mm* Quecksilber erforderte Cubikcentimeter Quecksilber total	Zeit in Minuten zur Evacuation
2·4	83·3	2500	30
2·4	20	1600	80
1·8	20	700	35
1·8	50	1200	24
1·4	10	1800	180
1·4	25	2700	120
1·1	20	4000	200

Die Resultate wurden bei einer Kugel von 136 cm^3 Volumen erhalten. Dass in dem letzten Versuch so sehr viel Zeit nöthig war, erklärt sich daraus, dass zufolge der sehr geringen Weite der Rohre das Quecksilber durch Adhäsion an den Wänden hängen blieb und durch fortwährendes Klopfen gefördert werden musste. Am vortheilhaftesten erscheint Versuch III mit 1·8 *mm* weitem Rohr, weil hier mit einem geringen Quantum Quecksilber in verhältnissmässig kurzer Zeit das Vacuum erzielt wurde. Als vortheilhafteste Länge der Rohre zeigte sich die Länge von 1 *m*, bei welcher man 22·5 *cm* Fall des Quecksilbers erhielt. Die Evacuation erfolgte hier schneller als mit Röhren von 85 *cm* Länge, während Rohre über 1 *m* Länge zu Brüchen leicht Veranlassung gaben. Man machte hierbei auch die Erfahrung, dass in den letzten Stadien eines sehr hohen Vacuums das Quecksilber nicht mehr continuirlich wie ein endloser Kolben fliesst, sondern dass es in einzelnen Tropfen hinabfällt und so die Luft mit sich fortreisst.

Fig. 14



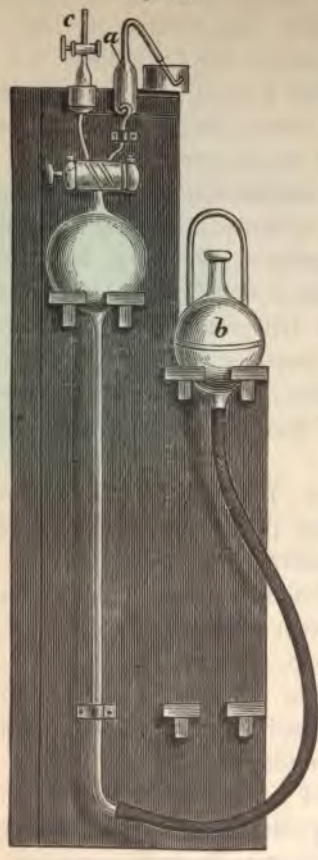
In Fig. 14 ist mit *S* das Gefäss bezeichnet, welches als Quecksilberbehälter dient. Das Gefäss steht mit der Pumpe durch einen langen, starken Gummischlauch in Verbindung, der sich beim Auf- und Abbewegen des Gefässes biegt. Das Quecksilber nimmt seinen Weg beim Heben von *S* über *y* nach den sich verzweigenden Röhren, welche unten durch die beiden Quetschhähne r_1 und r_2 geschlossen oder in ihrer Oeffnung regulirt werden können. Der Weg über *G*, *m* ist für das Ueberlaufen des Quecksilbers nicht bestimmt, sondern dient nur für das McLeod-Vacuummeter zum Ablesen des Vacuums, wogegen durch *t*, *A* das Quecksilber nach den Fallröhren gelangt und sich auf die fünf Rohre in feinen Strahlen vertheilt. Unten in dem Gefässe *K* sammelt es sich wieder. Ist *S* leer gelaufen, so füllt man dies Gefäss wieder, indem man *S* senkt und den Quetschhahn r_3

öffnet. Durch die schnell und heftig abfallenden Quecksilberstrahlen wird die Luft aus den Röhren *n*, *l* und dem Gefäss *D*, das zum Trocknen der Luft dient, entfernt und somit auch aus den Lampen, welche bei *a* angeschlossen sind. Rechts neben den Fallröhren ist eine Scala in Millimeter, ein Barometer und ein Barometerrohr *b* angebracht, an denen man den Luftdruck und das erste Stadium der Evacuation ablesen kann. Sobald das Vacuum jedoch grösser wird, zeigt *b* nichts mehr an, weil die Unterschiede in den Quecksilbersäulen gleich Null erscheinen. Es tritt nun das McLeod-Manometer in seine Stelle. Dasselbe ist hier jedoch in so kleinem Masstabe abgebildet, dass man seine Construction an einer späteren Figur wird besser erkennen können.

Die mit *t* bezeichneten kleinen Erweiterungen sind später auch noch einmal in grösserem Masstabe gegeben. Sie bilden eigenthümlich construirte Luftfänge, welche verhindern, dass Luftblasen, welche sich etwa im Quecksilber befinden sollten, nicht nach oben gelangen können, sondern unten, wo sie die Güte des Vacuums nicht beeinträchtigen können, festgehalten werden. Die ganze Pumpe ist auf einem Brett von etwa 1·30 *m* Länge und 25 *cm* Breite befestigt.

Die Herren Greiner & Friedrichs haben durch Anwendung eines schräge doppelt durchbohrten Hahnes eine sehr einfache und wirksame Pumpe construirt. Während die alte Geisler'sche Pumpe durch ihre mehrfachen Hähne zu Undichtigkeiten leicht Veranlassung giebt, ist die Töpler'sche Pumpe wieder dem Zerbrechen ausgesetzt, weil das lange, dünne Barometerrohr mit der oberen Glaskugel fest verbunden ist.

Fig. 15.



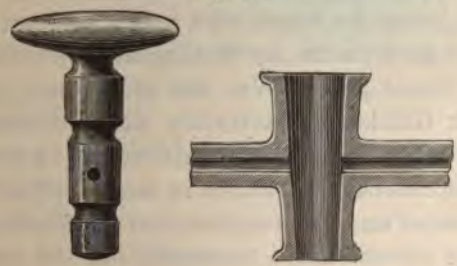
Beim Heben des Gefässes *b*, Fig. 15, wird der Hahn so gestellt, dass das Rohr *c* abgesperrt ist und das Quecksilber bis in den kleinen Behälter *a* steigt. Alsdann dreht man den Hahn um 90°, so dass beide Rohre abgesperrt sind. Hierauf wird Gefäss *b* gesenkt und alsdann durch eine neue Drehung um 90° durch Rohr *c* die Luft aus den Lampen gesaugt. Dieses Spiel wiederholt sich nun so lange, bis man ein genügend hohes Vacuum erzeugt hat.

Da bei Anwendung sehr hoher Vacua alle gewöhnlichen Hähne leicht durch Undichtigkeiten Störungen verursachen, hat Mr. Eiloart einen besonders geformten Conus mit Quecksilberdichtung ersonnen. Der Conus hat zu beiden Seiten der Bohrung tiefe Rillen, in denen sich Quecksilber befindet, welches einen sehr dichten Verschluss gewährleistet und bei eintretenden Undichtigkeiten sofort in die Pumpe eintritt und so den Fehler dem Auge leicht bemerkbar macht (s. Fig. 16). Um die Rillen mit Quecksilber zu füllen, schliesst man mit

dem Finger das untere Ende der Bohrung, giesst Quecksilber hinein und setzt den Conus fest ein, wobei sich die Rillen mit Quecksilber anfüllen.

Zum Abdichten von Röhren bei den Luftpumpen an Stellen, wo man sie nicht zusammenschmelzen kann, hat man verschiedene Mittel. Verbinden von Metallröhren, die man nicht verlöthen kann, oder Verbindungen zwischen Glas- und Metallröhren bewirkt man sehr sicher durch gut passende Gummipfropfen, während man Verbindungen von Glas mit Glas durch einen

Fig. 16.



besonderen Kitt luftdicht verschliesst. Man schmilzt für diesen Zweck gleiche Theile Kolophonium und Wachs zusammen, jedoch gewährt der Kitt niemals die Sicherheit wie eine zusammengeschmolzene Stelle. Siegellack eignet sich für gedachten Zweck auch ganz gut. Die zu dichtenden Theile müssen jedoch zuvor gut angewärmt werden, damit das Harz sich mit dem Glas innig vereinigt und gut in die Fugen fliesst. Zuviel Wachs darf man dem Kitt jedoch nicht beimengen, sonst wird er bröcklig. Guter schwarzer, nicht vulcanisirter Gummi ist auch zum Dichten geeignet, wenn man ihn vorsichtig

erwärmt. Mitunter verwendet man auch eine Mischung aus drei Theilen Paraffin und einem Theil Wachs. Man kann bei der Wahl eines solchen Kittes nicht vorsichtig genug sein; besteht er aus zu vielen organischen Stoffen, so zersetzt er sich leicht und entwickelt Dämpfe, die das Vacuum erfüllen. Wie sehr es darauf ankommt, nicht nur die Luft aus den Glühlampen zu entfernen, sondern überhaupt alle Gase, Dämpfe und auch Feuchtigkeit, hat Verfasser oft genug in der Praxis erfahren. Es ist unmöglich, alle Vorkommnisse der Praxis hier zu besprechen und den Anfänger auf alles aufmerksam zu machen. Man muss eben bei allen sich einstellenden Schwierigkeiten die Augen offen haben, und mit scharfem Verstande der Ursache des Misslingens sicher und schnell auf den Grund gehen. Wer dies nicht kann, sollte sich lieber mit Glühlampenfabrikation nicht befassen. Dieser noch so wenig bekannte Industriezweig erfordert (zu einem erspriesslichen Arbeiten in demselben) eine Menge physikalischer und elektrotechnischer Vorkenntnisse, wie auch eine unermüdliche Ausdauer, um die zahlreichen sich einstellenden Schwierigkeiten zu bemeistern. Jedoch auch dies allein genügt noch nicht, es ist auch ein stetes Fortschreiten, ein stetes Verbessern der Apparate und Einrichtungen in der Fabrikation wie auch des Fabrikates selbst erforderlich, um mit seinen Leistungen auf der Höhe der Zeit zu bleiben.

Eine sehr wichtige Rolle spielt auch der Erzeugungspreis der Lampen. Eine Fabrik, welche mit grossem Capital arbeitet und täglich 2000 bis 3000 Stück herstellt, ist gezwungen, möglichst billig zu erzeugen, um mit den kleineren Fabriken erfolgreich concurriren zu können. Eine Specialfabrik, welche bei nur 500.000 Mark

Capital für Anlage und Betrieb etwa 1000 Stück pro Tag fertigt, kann theurer erzeugen und doch ebensoviel oder noch mehr als die grössere Fabrik gewinnen, weil die allgemeinen Unkosten in letzterem Falle geringer sind. Nachstehende Zahlen sind auf den Betrieb einer kleineren Fabrik berechnet, sie können nicht als allgemein giltig erachtet werden, sondern sie werden je nach Umständen um 25 bis 30 Procent geringer oder höher sein; sie geben jedoch ein anschauliches Bild, aus wie kleinen Factoren sich der Erzeugungspreis einer Lampe (von 16 Kerzen für 50 bis 120 Volts) zusammensetzt.

Erzeugungspreis einer Glühlampe:

Arbeitslöhne:

Fadenziehen und Verkohlen mit Material	$3^1/_2$—$3^3/_4$	Pfg.
Fadenpräpariren	$2^1/_2$	„
Aufsetzen des Fadens	$1^1/_2$—2	„
Ballonblasen je nach Grösse	10, 12, 14	„
Umwickeln des Platins mit Glas	3	„
Einsetzen des Platins mit Absprengen der Füsse	6	„
Kohleneinsetzen und Zuschmelzen	6	„
Abstechen der Lampen	1	„
Auspumpen	6—$7^1/_2$	„
Photometriren und Induciren	$1^1/_2$	„
Eingypsen	$2^1/_2$	„
Verlöthen inclusive Material	$1^1/_4$	„
Putzen der fertigen Lampen	$^3/_4$	„
Lager- und Versandarbeit	2	„
Rund in Summa	40	Pfg.

Material:

Platindraht	20	Pfg.
Glasballon	2	„
Bleiglas	1	„
Contacte	7	„
Feuerung zum Verkohlen	1/2	„
Gas zum Blasen und Präpariren	1 1/2	„
Feuerung für Dampfkessel	2	„
Heizung der Räume	1	„
Oel und Putzmaterial	1/2	„
Summa	35 1/2	Pfg.

Sonstige Unkosten:

Verlust durch Bruch	10	Pfg.
Gehalte und Miethe etc.	20	„
Summa	30	Pfg.
Gesammter Erzeugungspreis für eine Lampe	40	Pfg.
	35 1/2	„
	30	„
Summa*)	105 1/2	Pfg.

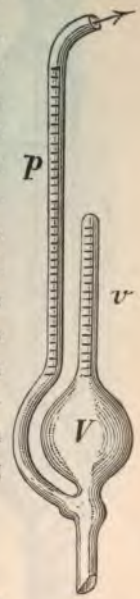
Diese Zahlen zeigen recht deutlich, wie sehr es darauf ankommt, aufs äusserste rationell zu arbeiten. Der Verlust durch Bruch beträgt selbst bei geordnetem Betriebe schon an 10 Procent des Erzeugungspreises, und für Platindraht sind gar 20 Procent aufzuwenden, so dass diese beiden Posten schon circa ein Drittel des Gesammtpreises ausmachen. Ehe man also daran geht, eine gewisse Construction der Lampe allgemein einzuführen, ist zuvor sehr genau zu prüfen, wie lang der

*) Zu dieser Summe tritt noch hinzu: Beleuchtung der Räume, Miethe der Gebäude, Abgaben und Verzinsung des Anlagecapitals.

Platindraht sein soll. Edison hat bei seiner, S. 85 beschriebenen Construction, nicht ohne Grund den Platindraht möglichst kurz gewählt!

Diese Ziffern sagen mehr wie viele Worte, dass man auf strenge Ordnung und vorsichtiges Arbeiten zu halten hat; denn wenn die Arbeiter mit den so leicht zerbrechlichen Theilen nachlässig umgehen, viel verderbe oder Material vergeuden, dann kann leicht der Verlust durch Bruch bedeutend steigen. Es ist also absolut nöthig, sich eine kaufmännisch geordnete tägliche Uebersicht zu verschaffen, damit man sofort erkennen kann, wo etwa Fehler oder Nachlässigkeiten vorgekommen sind, und also die Möglichkeit hat, schleunig einzugreifen und Vorkehrungen zu treffen, um die Missstände zu beseitigen. Man wird hieraus erkennen, dass diese eigenartige Fabrikation einen ganzen Mann verlangt, der technisch und kaufmännisch der Sache vollkommen gewachsen ist. Wenden wir uns nach dieser Abschweifung jedoch wieder den Luftpumpen zu.

Fig. 17.

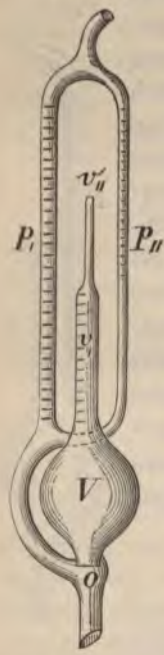


Das Messen des Vacuums.

Man hat allerlei Vorkehrungen ersonnen, um das am Barometer nicht mehr ablesbare Vacuum noch genau zu erkennen, respective zu messen. So diente z. B. der überspringende Funke eines Inductionsapparates oder ein Radiometer dazu. Ein wirkliches Messen ist jedoch erst durch den Apparat von McLeod möglich geworden. Er beruht auf der Compression eines bekannten verdünnten Luftvolumens *V*, Fig. 17 und 18, in ein kleineres bekanntes

Volumen ν, respective ν_1 und ν_2. Man misst dann die Höhe der Quecksilbersäule, welche den Druck ausübt, und kann hieraus auf den wirklich vorhandenen Druck schliessen, der sich nach bekanntem Gesetz ergiebt.

Fig. 18.



Bezeichnet man mit p den unbekannten zu ermittelnden Druck, mit P die abgelesene Differenz in den beiden Röhren p und ν, so hat man $p\,V = P\nu$ und daraus $p = P\frac{\nu}{V}$.

So erhält man den herrschenden Druck in Millimeter. Dividirt man die so erhaltene Zahl durch 760, so ergiebt sich der Druck als Bruchtheil einer Atmosphäre, da ja 760 der normale Luftdruck in Millimeter ist. Für noch genauere Ablesungen bei sehr hohem Vacuum dient die in Fig. 18 gegebene Verbesserung. Hier verengert sich das Rohr ν_1 nochmals zu einem engeren Rohre ν_2. Liesst man nun in dem Moment zunächst ab, wo das Quecksilber gerade die Kugel V abschliesst, so erhält man eine Höhendifferenz P zwischen o und dem Stande des Quecksilbers in den beiden Röhren p_1 und p_2. Das Volumen V steht nunmehr unter dem bekannten Drucke P und dem unbekannten Drucke p; man hat dann die Gleichung $p\,V = (h + p)\,\nu$ oder $p\,(V - \nu) = h\,\nu$, wo h die Grösse P in Millimeter bedeutet, daraus ergiebt sich $p = h\,\frac{\nu}{V - \nu}$.*)

*) Siehe auch Methode von Langhans, „Elektrotechnischer Anzeiger" 1890, S. 51.

Die Crooks'schen Luftfänge

sind in Fig. 19 abgebildet. Zwei solcher Fänge sitzen mit etwa 10 *cm* Abstand sowohl unterhalb des McLeod-Manometers, als auch in dem Steigerohr der Pumpe, sie sind in Fig. 14 mit *t* bezeichnet. Die Wirkung derselben beruht darauf, dass, sobald das Quecksilber von unten in den Fang eintritt, der Schwimmer *T* gehoben wird und das Rohr *s* durch Quecksilber abgeschlossen wird. Das Quecksilber kann jedoch durch *T* nach *s* gelangen wogegen die Luft gezwungen wird, sich oben bei *l* anzusammeln.

Fig. 19.

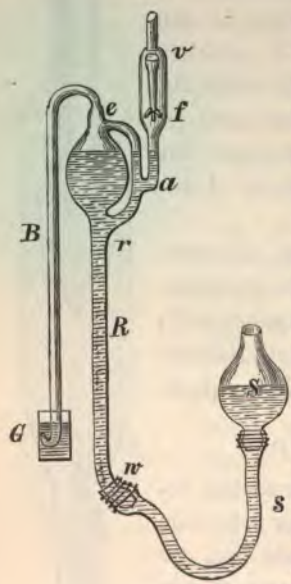
Das McLeod-Manometer hat übrigens durch Rood noch einige kleine Verbesserungen erfahren, die ich jedoch hier übergehen will; wer sich dafür interessirt, findet Näheres darüber in der Arbeit des Herrn Thompson.

Die Töpler'sche Pumpe

ist viel einfacher und billiger als die soeben beschriebene Sprengel-Pumpe und für sehr viele Zwecke vollkommen ausreichend. Fig. 20 giebt eine Ansicht davon. Das etwa 10 *mm* weite Rohr *R* endigt unten in einen Wulst, der zur Befestigung des Schlauches *s* dient, der andererseits mit dem Gefäss *S* in Verbindung ist. Die Kugel *V* oben, von etwa 15 *cm* Weite, hat rechts seitwärts ein Abzweigrohr *r*, welches wieder in einer Abzweigung ein Ventil trägt, das sich nach dem Sinken des Quecksilberspiegels bei *v* öffnet; über diesem Ventil

führt ein Rohr zu den Lampen. Die Längen der verschiedenen Theile sind so bemessen, dass, wenn das Quecksilber bis *e* gestiegen ist, es den Fuss *f* des Ventils hebt und bei *v* also abschliesst. Die verdünnte Luft, welche in der Pumpe sich befindet, wird schon bei *a* von den Lampen abgesperrt und über *e B* nach dem Gefäss *G* getrieben, wo sie aus dem darin befindlichen Quecksilber als kleine Blasen aufsteigt. Damit jedoch die Luft nicht wieder durch *B* in die Pumpe eindringen kann, muss das Rohr *B* etwa 800 *mm* Länge haben, da 760 *mm* Quecksilber dem atmosphärischen Druck entsprechen. Die Pumpe enthält etwa 25 *kg* Quecksilber in dem Gefäss *S*, welches entweder von Hand oder durch sonstige geeignete mechanische Vorrichtungen gehoben und gesenkt werden muss. Das Heben muss natürlich so weit fortgesetzt werden, bis die Luft auch wirklich zu dem Rohre *B* herausgetrieben worden ist. Mit der Pumpe ist man im Stande. Lampen von gewöhnlicher Grösse in 2 bis $2^1/_2$ Stunden genügend zu evacuiren. Nachdem wir vorstehend die Pumpen und ihre Wirkungsweise kennen gelernt haben, kommen wir zur

Fig. 20.



Einrichtung der Pumpstation.

Um die ersten Züge der Quecksilberpumpen zu ersparen und die anfangs noch sehr concentrirte Luft schnell fortzuschaffen, verbindet man die Rohre aller Pumpen mit einem Recipienten von etwa 1 m^3 Inhalt, welcher fortdauernd auf einem Vacuum von etwa 10 *mm* Druck gehalten wird. Hierzu dient eine gute Maschinenpumpe, welche von der Welle eines Vorgeleges ständig betrieben wird. Es sind das Pumpen, wie sie für Zuckerfabriken, Eisfabriken z. B. von verschiedenen Maschinenfabriken gebaut werden.*)

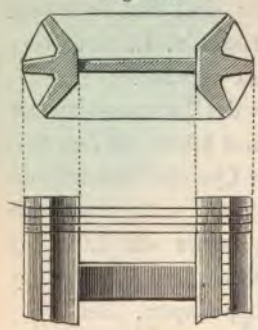
Das Verfahren des Auspumpens der Lampen ist mit Hilfe solcher Pumpen sehr einfach und kürzt die Zeit um etwa eine halbe Stunde ab. Ehe die Quecksilberpumpen in Betrieb gesetzt werden, öffnet man einen Hahn in der Leitung zum Recipienten, der sofort die Luft bis auf 10 *mm* Quecksilberdruck verdünnt, und nun beginnt das vorhin beschriebene Auspumpen. Bei Verwendung von Sprengel-Pumpen ist es erforderlich, das Quecksilber durch Maschinenkraft wieder zu heben und zu filtriren, wenn es durch die Pumpen gelaufen ist, falls man die vereinfachte Construction von Edison anwendet, bei welcher alle Pumpen für Zu- und Abfluss des Quecksilbers ein gemeinschaftliches Rohr haben. Die Förderung des schweren Metalls auf 2·5 *m* und mehr Höhe geschieht vielfach durch Schnecken oder Pumpen. Bei dieser Ein-

---

*) Herr Langhans nimmt zum Vorpumpen eine Wasserstrahlpumpe und zum Nachpumpen die Sprengelpumpe mit einem Fallrohr, genaue Beschreibung giebt „Der elektrotechnische Anzeiger" 1890, S. 50 und 67.

richtung pflegt man auch nur ein Fallrohr anzuwenden und die meisten Rohre der Leitungen aus Eisen oder Stahl herzustellen, weil bei der Höhe der Druck zu stark ist und vielfache Brüche vorkommen würden. Wo man jedoch Glasrohre verwenden will, muss man auf grosse Fallhöhe verzichten und nur ein Gefälle von wenigen Metern anwenden, was jedoch die Zeit des Auspumpens etwas verlängert.

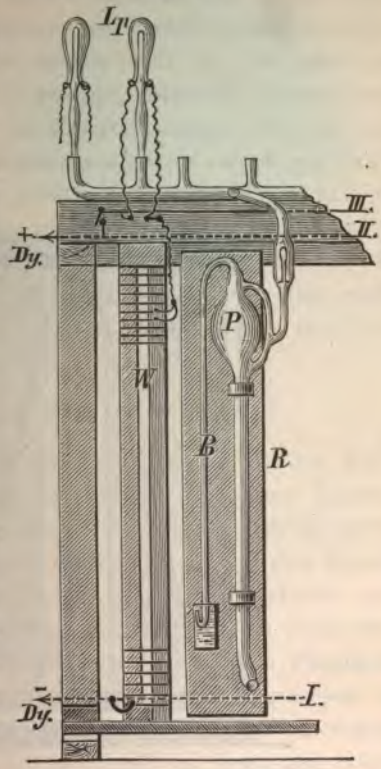
Fig. 21.



Die Pumpen, gleichviel welcher Systeme, ordnet man in einem grösseren, gut ventilirten Raume zu 5 bis 10 Stück in Reihen an, und zwar so, dass immer zwei Reihen mit den Rückseiten zusammen stehen. Auf diese Weise sind etwa 50 Pumpen für 1000 Stück Lampen Leistung pro Tag in Reihen so geordnet, dass zwischen jeder Reihe immer ein Gang von etwa 1·25 *m* bleibt. Zwischen den Pumpen befinden sich die zahlreichen Widerstände. Für eine kleine Fabrik genügt ein grösserer Gesammtwiderstand für jede Pumpe, während man für Massenerzeugung am besten für jede an einer Pumpe zu evacuirenden Lampe einen besonderen Widerstand anbringt, und zwar muss dieser Widerstand so beschaffen sein, dass er selbst bei der höchsten, für die Lampen nöthigen Spannung, also 120 oder 150 Volts so gross ist, dass bei Einschaltung des ganzen Drahtes die Lampe kaum roth glüht, so dass sich die Fäden ganz allmählich erwärmen lassen und man durch successives Ausschalten des Widerstandes die Glut des Fadens allmählich steigern

kann. Diese Widerstände pflegt man aus zwei dünnen Nickeldrähten herzustellen, welche auf den in Fig. 21 abgebildeten Rahmen in dicht nebeneinander liegenden Schlägen aufgewunden sind. Zu jedem Widerstande gehört eine Leitungsschnur, mit zwei Contactklemmen an dem einen und einer Klemme mit zwei federnden Häkchen am andern Ende. Die Klemmen werden auf die Windungen des Widerstandes direct aufgesetzt, während die Häkchen in die Platinösen der Lampen eingehängt sind. Die Fig. 22 und 23 zeigen die Einrichtung einer Töpler-Pumpe mit dem Widerstande.

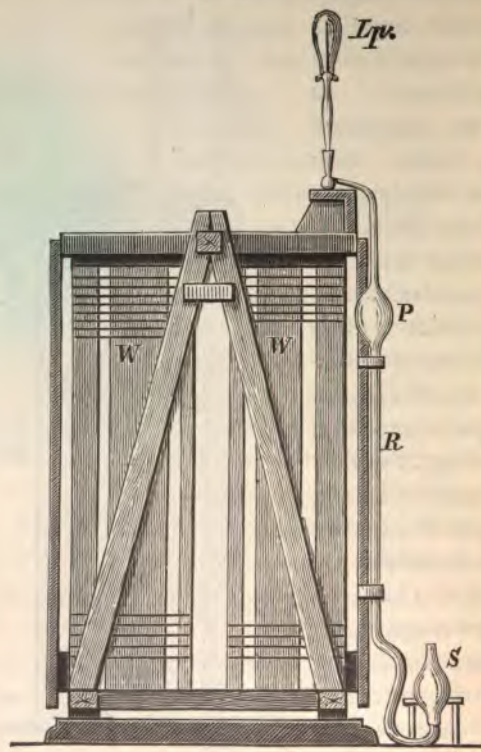
Fig. 22.



Da man ja Lampen von sehr verschiedener Spannung auf denselben Pumpen zu evacuiren hat, so müsste der Widerstand unter Umständen sehr gross werden. Man vermeidet dies, wenn man die Dynamos mit drei Bürsten versieht, welche 100, respective 200 Volts geben. Die drei Leitungen werden dann zwischen den Widerständen so angeordnet, dass

man durch Wechsel eines Umschalters entwed niedrige oder die hohe Spannung in den Widers hat; oder man ist gezwungen, an jeder Pumpe

Fig. 23.



kostspieligen und umständlichen Umschalter anzub welcher es gestattet, die Lampen von geringerer Spa in entsprechender Zahl hintereinander zu schalten, man das Glühen der Fäden allmählich steigern

Diese Steigerung des Glühzustandes ist absolut nöthig, um die Luft auch aus dem Faden zu entfernen. Lampen, die nicht so behandelt werden, sind niemals ordentlich luftleer zu bekommen, weil sich nach einiger Zeit beim Gebrauch die Luft aus dem Faden im Ballon ansammelt und der Sauerstoff derselben die Kohle schnell zerstört.

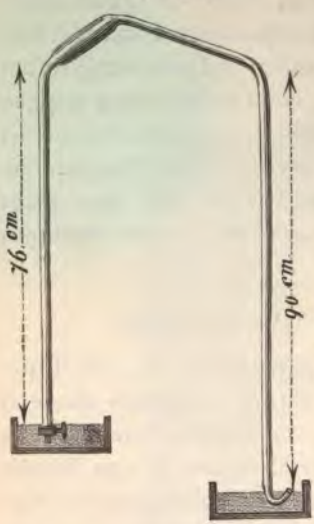
Der Vollständigkeit wegen will ich hier noch erwähnen, dass man auch eiserne, rotirende Quecksilberluftpumpen, nach Art der Kreiselpumpen, construirt hat, welche sehr leistungsfähig sein sollen und sehr wenig Raum beanspruchen; ich habe jedoch nicht in Erfahrung bringen können, ob es gelungen ist, den schädlichen Raum bei dieser Art Pumpen völlig zu beseitigen. Bei Pumpen, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte, war dies nicht der Fall; man musste bei denselben immer noch mit anderen Pumpen nachhelfen.

Das Reinigen des Quecksilbers.

Die Beschaffenheit des Quecksilbers in der Luftpumpe ist für einen guten Betrieb derselben äusserst wichtig. Das Quecksilber wird im Allgemeinen in starkwandigen, eisernen Kugeln oder Cylindern in den Handel gebracht, welche durch einen Schraubenpfropfen verschlossen sind. Diese Gefässe sind gewöhnlich nicht ganz rein und das flüssige Metall hat sich auf dem Transport auch etwas oxydirt. Um diese Verunreinigungen zu entfernen, filtrirt man es zuerst über einen Papierfilter mit enger Oeffnung und schüttelt es dann mit Säure in Glasflaschen oder in flache Schalen, indem man verdünnte Schwefelsäure mit einigen Tropfen Salpetersäure im Ueberschuss darauf giesst und fleissig schüttelt oder umrührt. Bei sehr starker Verunreinigung wendet

man wohl auch verdünnte Salpetersäure allein an. Vorsicht ist bei diesen Arbeiten dringend geboten, da sich lästige Dämpfe und Gase entwickeln. Nach dieser Behandlung entfernt man jede Spur von Säure durch Waschen mit Wasser und trocknet dann das Quecksilber auf Fliesspapier und filtrirt es nochmals durch Papier oder Leder.

Fig. 24.



Gut gereinigtes Quecksilber darf weder beim Schütteln in einer Flasche ein graues Ansehen bekommen, noch beim Fliessen auf einer Glasplatte irgend welche Spuren von Oxyd hinterlassen. Auch auf elektrolytischem Wege kann man Quecksilber reinigen, am vollkommensten erreicht man dies jedoch durch Destillation. Für gewöhnlich füllt man es zu diesem Zwecke in Retorten aus Thon, Glas oder Eisen und bedeckt die Oberfläche mit eisernen Drehspänen. Am schnellsten geht dieser Process im Vacuum bei 200° C. vor sich. Man hat hierzu zahlreiche Apparate ersonnen, welche die Destillation mit Hilfe einer Luftpumpe zunächst einleiten, so dass dann im Vacuum der Process ohne weitere Beihilfe vor sich geht. Einen sehr einfachen Apparat hat L. Weber aus einem Glasrohr hergestellt. Das Rohr ist etwa 2 *mm* weit und hat zwei Schenkel von 76 und 90 *cm* Länge, zwischen denen sich eine Erweiterung von 2 *cm* Weite befindet. Der kürzere

Schenkel hat unten einen Hahn (s. Fig. 24). Man füllt zunächst den ganzen Apparat mit Quecksilber und stellt ihn umgekehrt in zwei Gefässe, von denen das linke das zu reinigende Quecksilber enthält. Erwärmt man nun vorsichtig den erweiterten Theil, indem man ihn zuvor durch ein Drahtgeflecht und Asbestumhüllung vor der directen Flamme schützt, so verdampft hier das Metall und destillirt unter dem atmosphärischen Druck von links nach rechts allmählich über. Die folgende Tabelle*) giebt den Druck des Quecksilberdampfes nach den Versuchen verschiedener Physiker bei verschiedenen Temperaturen an, und zwar in Millimeter Quecksilber.

Temperatur Cels.-Grade	Regnault	Bessel-Hagen	H. Hertz	Ramsay & Young
− 10	—	—	—	—
0	0·0200	0·015	0·00019	—
+ 10	0·0268	0·018	0·00050	—
20	0·0372	0·021	0·0013	—
30	0·0530	0·026	0·0029	—
50	0·1120	0·042	0·013	0·015
100	0·7455	0·210	0·285	0·270
200	19·90	—	18·25	—
300	242·15	—	—	—
400	1587·95	—	—	—
500	6520 25	—	—	—

McLeod fand nach einer chemischen Methode bei 20° C. 0·00574 *mm* oder 7·6 Millionstel einer Atmosphäre.**)

*) Siehe die mehrfach erwähnte Abhandlung von Sylvanus P. Thompson: „On the development of the mercurial air-pump."

**) Quecksilber gefriert bei — 39°, siedet bei + 360°.

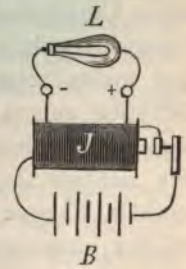
11. Das Auspumpen der Luft.

Auf das in Fig. 12 und 13 abgebildete, mehrfach gegabelte Rohr setzt man die zuvor in der Bläserei mit den Schliffen vereinigten Lampen auf, indem man sie mit ein wenig Fett abdichtet. Der Hahn zum Recipienten wird vorsichtig geöffnet und die Luft zunächst bis auf 10 *mm* Druck ausgepumpt. Ob auch alle Theile luftdicht sind, liest man sofort am Barometer oder einer kurzen Barometerprobe ab. Steigt das Quecksilber in dem offenen Schenkel nicht sofort, so ist nach Undichtigkeiten zu forschen, die meist in den Schliffen oder in den Verbindungen dicht an der Pumpe liegen, da ja die übrigen Verbindungen meist verlöthet oder verkittet sind. Man sollte in keiner guten Fabrik die Kosten scheuen, an jeder Pumpe auch ein McLeod-Manometer anzubringen, weil man mit dessen Hilfe auch sofort bei höherem Vacuum erkennen kann, ob alles dicht ist. Bei sehr geringen Undichtigkeiten, die z. B. ganz unsichtbar in den zusammengeblasenen Stellen über den Schliffen liegen können, geht oft sehr viel Zeit mit Suchen verloren, die ganze, zuvor aufgewendete Zeit ist auch nutzlos geworden, und die Arbeiter werden unwillig, weil sie ihren Accord nicht leisten können. Klappt alles nach Wunsch, so ist man in 2 bis $2^1/_2$ Stunden fertig. Um das Auspumpen zu beschleunigen und die Güte des Vacuums zu erhöhen, erwärmt man die Lampen schon bei Beginn des Auspumpens und steigert die Wärme, wenn irgend möglich noch zum Schluss, damit besonders auch die an den Glaswänden sehr festhaftende Luft mit ausgetrieben wird. Für dies Erwärmen hat man über den Lampen kleine Dächer aus Glimmer an-

geordnet, unter denen einige Glasflammen brennen, so dass die Hitze sich den unter dem Dache befindlichen Lampen gut mittheilt (s. Fig. 23). Sind dergleichen Dächer nicht vorhanden, so pflegt man mit einer grossen Gasflamme die Lampen zeitweise anzuwärmen.

Um nun die Gewissheit zu erlangen, dass die Lampen auch sicher luftleer sind, wendet man entweder das Manometer an oder den Ruhmkorff'schen Inductionsapparat.

Fig. 25.



Die Untersuchung des Vacuums.

Schon im Jahre 1883 und später 1889 habe ich im „Centralblatt für Elektrotechnik" darauf hingewiesen, dass der Inductionsapparat geeignet ist, über die Beschaffenheit des Vacuums in gläsernen Hohlkörpern Aufschluss zu geben, ohne dieselben öffnen zu müssen. Die hierzu nöthige Einrichtung ist in Kurzem folgende (Fig. 25). Man nimmt einen Ruhmkorff'schen Apparat mit nicht zu kleiner Inductionsrolle, etwa 20 *cm* lang, und treibt denselben entweder mit einigen Tauchelementen oder durch eine Accumulatorenzelle. Der Apparat muss in einem Raume aufgestellt werden, welcher schnell gut verfinstert oder erhellt werden kann und der bei Anwendung einer Tauchbatterie auch gut ventilirt ist, damit die Säuredämpfe nicht lästig werden. Die Platincontacte des Apparates müssen sehr solid hergestellt sein, da der Apparat bei starkem Betriebe täglich etwa sechs bis acht Stunden fast ununterbrochen in Gang sein muss. Schaltet man zwischen die Pole der Rolle den menschlichen Körper mit einer Glühlampe, indem man die

Lampe in eine Hand nimmt und mit der anderen den anderen Pol berührt, so erhält man je nach der Höhe des Vacuums verschiedene Lichterscheinungen, aus denen man bei einiger Uebung mit ziemlicher Sicherheit auf die Beschaffenheit des Vacuums schliessen kann. Ist die Lampe gut evacuirt, so sieht man in dem Ballon entweder einen hellen Schein von Violett oder Grün, je nach der Glassorte, der mitunter etwas milchig erscheint, während bei geringem Vacuum das Innere dunkelviolett sich zeigt. Diese Erscheinung ist unter allen Umständen ein sicheres Zeichen dafür, dass die Lampen noch viel Luft enthalten. Lampen wieder, die gar nichts zeigen, pflegen überhaupt undicht zu sein. Mitunter zeigen sich bei solchen Lampen auf dem Faden einzelne aufblitzende und wieder verschwindende Sterne als sicheres Zeichen, dass auch der Faden noch Luft enthält. Es war mir leider bis jetzt nicht vergönnt, diese höchst interessanten Erscheinungen systematisch weiter zu verfolgen. Sie sind sehr zahlreich und bedürfen noch mehrfach der Erforschung.

Um nun die Lampen auf der Pumpe untersuchen zu können, ist es nöthig, entweder ein transportables dunkles Cabinet anzuwenden, nach welchem man die Leitungen des Inductionsapparates hinführt, oder eine Probelampe abzuschmelzen, welche man in der gedachten Weise in einer Dunkelkammer untersucht. Zeigt sich bei der Untersuchung noch zuviel Violett, so muss das Auspumpen noch eine Zeitlang fortgesetzt werden, anderenfalls kann man zum Abschmelzen aller Lampen einer Pumpe übergehen. Das Abschmelzen muss mit besonderer Sorgfalt bewirkt werden, weil eventuell Luft dabei in die Lampen eindringen kann. Es folgt hieraus

auch, dass man hin und wieder auch nach dem Abschmelzen einzelne Lampen noch sofort untersuchen muss, um zu controliren, ob das Abnehmen auch mit der nöthigen Sorgfalt bewirkt worden ist.

Es ist unvermeidlich, dass mitunter ein Rohr oder eine Pumpe bricht und das Quecksilber ausläuft. Da die Dämpfe desselben jedoch der Gesundheit bald schädlich werden, so muss man dafür Sorge tragen, dass das Metall nicht in den Fussboden eindringt oder im ganzen Raum sich vertheilen kann. Es ist daher am besten, den Fussboden so herzustellen, dass er cementirt ist und zwischen den einzelnen Pumpenreihen kleine flache Rinnen oder Mulden bildet, in denen sich das Quecksilber ansammelt und wieder aufgenommen werden kann. Ueberhaupt sind alle Einrichtungen so anzuordnen, dass die Arbeiter gezwungen werden, jedes Verstreuen des Metalls vorsichtig zu vermeiden; wo dies nicht der Fall ist, treten unter den Leuten gar bald Krankheiten auf, die sich zunächst in Störungen der Verdauung bemerkbar machen. Es gehört zu diesen Vorsichtsmassregeln auch ein geeigneter Verschluss an den Gefässen der Pumpen, welche in ihrer oberen Oeffnung mit porösem Stoff umwunden sein sollten, damit zwar die Luft leicht aus- und einströmen kann, das Metall aber nach Möglichkeit am Ueberfliessen gehindert wird. Ferner ist streng auf Reinlichkeit sowohl in dem Raume als auch bei den Arbeitern zu halten. Dieselben sollten sich vor den Essenpausen sorgfältig waschen, die Kleidung wechseln und dadurch vermeiden, dass sie Quecksilber in den Mund bekommen. Wo der Raum es gestattet, sollte man besondere Speisezimmer, getrennt von der Pumpstation, anordnen.

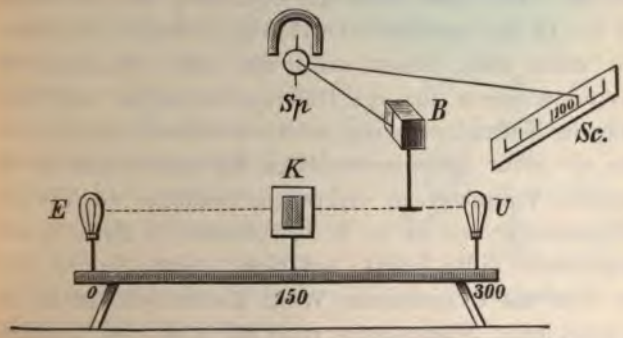
Der Transport der nicht unbeträchtlichen Mengen an fertigen und halbfertigen Fabrikaten sowohl in der Pumpstation, als auch überhaupt in der ganzen Fabrik spielt eine bedeutende Rolle und sollte nach Möglichkeit durch besondere Aufzüge bewirkt werden, damit nicht fortwährend Leute für denselben unterwegs sind und der unvermeidliche Bruch verringert wird. Man pflegt die Lampen zu den Transporten aus einer Station in die andere in Kästen zu je 24 Stück zu stellen, wodurch sie vor Beschädigungen geschützt werden. Sind alle Lampen von den Pumpen abgeschmolzen, so werden sie zurück nach der Glasbläserei gesendet, in welcher die Spitzen, wie in Cap. 9 beschrieben, verkürzt und sorgfältig zugeschmolzen werden. Die Lampe an sich ist nun fertig; ehe sie jedoch für den praktischen Gebrauch geeignet ist, hat sie noch mehrere Stationen zu passiren. Es folgt

12. Die Bestimmung der Leuchtkraft.

Wie bekannt, verwendet man ganz allgemein nur Lampen von gewisser Kerzenzahl, und zwar meistens zu 8, 10, 16, 20, 25 und 32 Kerzen, und von diesen am meisten die von 16 Kerzen. Zur Bestimmung der Kerzenzahl bedient man sich eines Photometers; da jedoch mit einem solchen Apparat nicht mehr als etwa 600 Lampen pro Tag gemessen werden können, so ist bei grossem Betriebe die Aufstellung von zwei oder mehr dergleichen durchaus erforderlich. In Gebrauch zu diesem Zwecke ist allgemein das Bunsen'sche Photometer in seinen verschiedenen Abänderungen. Den Fettfleck auf dem Papier hat man neuerdings durch zwei Stücke Paraffin oder Milchglas ersetzt, zwischen denen ein gut

polirtes Stück Silberblech gelegt ist. Das Ganze ist in einem kleinen Gehäuse eingeschlossen, welches man leicht behufs Reinigung entfernen kann. Fig. 26 zeigt die Vorkehrung. Während man bei dem Fettfleck genöthigt war, Winkelspiegel anzuwenden, kann man hier die Helligkeit auf den vorderen schmalen Seiten der beiden Theile beobachten. Herr Professor Thompson, bei welchem ich zu London im Technical College zuerst die Einrichtung sah, versicherte, dass sie viel empfind-

Fig. 26.



licher wäre, als der früher gebrauchte Fettfleck, der auch leicht durch Staub oder Verdunsten des Fettes das Arbeiten erschwerte. Es ist ohnehin nicht Jedermanns Sache, genaue brauchbare Messungen der Helligkeit am Photometer auszuführen, man ist daher genöthigt, die hierzu besonders geeigneten Arbeiter sorgfältig auszusuchen. Herr Dr. Krüss in Hamburg und Herr Elster in Berlin liefern übrigens hierzu geeignete Apparate in besonders vorzüglicher Ausführung; ich verzichte daher, an dieser Stelle sie noch besonders zu beschreiben, und beschränke mich nur auf diejenigen Theile, welche nicht

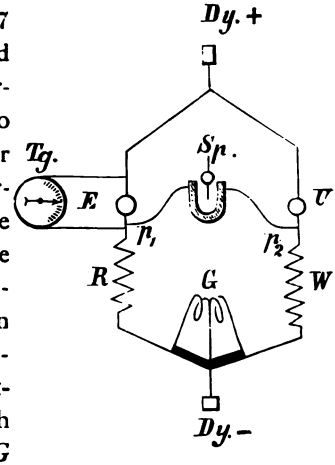
allgemein in Anwendung auch für andere Zwecke sind, sondern speciell zum Messen bei Glühlampen gebraucht werden.

Die Messungen werden in der Weise ausgeführt, dass man auf einem Ende der Bank eine als Normallampe vorher genau bestimmte Lampe anbringt, an dem anderen Ende die zu bestimmende Lampe einschaltet und den Photometerkasten an die zuvor berechnete Stelle schiebt, bei welcher die beiden Hälften gleich hell erscheinen, wenn die neue Lampe z. B. genau 16 Kerzen hat. Man misst dann die Spannung an der Lampe, die sie zu der gewünschten Helligkeit bedarf. In Wahrheit misst man jedoch nicht die volle Spannung der Lampe, sondern nur die Differenz zwischen der Spannung der Normallampe und der zu untersuchenden Lampe. Für ein recht schnelles Arbeiten hat man nicht die bekannten Voltmeter in Gebrauch, sondern ein Spiegelgalvanometer wie es z. B. Carpentier in Paris in ausgezeichneter Güte liefert. Auf einer durchsichtigen Scala hat man auf empirischem Wege die Ausschläge für die verschiedenen Spannungen ermittelt und mit kräftigen Strichen aufgetragen, so dass jeder Arbeiter leicht im Stande ist, die Spannung direct abzulesen und auf einem kleinen Zettel an der Lampe zu bemerken. Auch das Auswechseln der zu messenden Lampen muss möglichst schnell gehen; man hat daher je nach dem System, nach welchem eine Fabrik arbeitet, verschiedene Vorkehrungen, die diese Arbeit erleichtern. Sind die Drähte in Oesen an den Lampen gebogen, so ist auf dem Photometer eine Oesenfassung befestigt, die man je nach der Grösse der Lampen in senkrechter Richtung verschieben kann. Vor der Lampe ist ein Umschalter

erforderlich, welcher entweder die neue Lampe einschaltet, oder den Strom nach einer Beleuchtungslampe leitet, die zum Beschreiben und Auswechseln der Lampen das nöthige Licht giebt. Den Spalt für den Spiegel beleuchtet man gleichfalls am besten mit einer Glühlampe, weil Gas zu viel Wärme giebt, die ohnehin in dem allseitig geschlossenen Raum nicht zu vermeiden ist.

Das Princip, nach dem die Spannung wie oben gemessen wird, ist in Fig. 27 dargestellt. *E* und *U* sind die Lampen, *R* und *W* Widerstände, *D* die zur Dynamo führenden Leitungen. Der Widerstand *W* wird so verändert, dass die Lampe *U* die verlangte Helligkeit hat. Die Differenz der Spannung zwischen beiden wird zwischen p_1 und p_2 durch das Spiegelgalvanometer gemessen. Mitunter schaltet man auch noch ein Differentialgalvanometer *G* ein, an welchem zu gleicher Zeit die Stromstärke der Untersuchungslampe als Differenz gegen *E* abgelesen werden kann, so dass die Constanten einer jeden Lampe hier schnell und sicher bestimmt werden können.

Fig. 27.

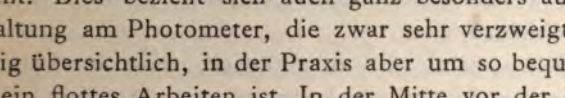


Wo es auf so grosse Genauigkeit nicht ankommt, verfährt man auch in höchst primitiver Weise folgendermassen, um die Helligkeit der Lampen zu ermitteln. Eine Anzahl neuer Lampen, etwa zehn Stück, werden auf einem Rahmen nebeneinander eingeschaltet. Daneben

befindet sich eine genau abgeglichene Normallampe, welche mit richtiger Spannung gebrannt wird. Diese Lampe befindet sich an einer beweglichen Leitungsschnur und kann so leicht neben die neuen Lampen gehalten werden. Man vergleicht nun einfach den Glühzustand der Fäden der zehn Lampen mit dem der Etalon-Lampe und bestimmt auf diese Weise nach dem durch Uebung erlangten Augenmass die Spannung. Dieses Verfahren ist natürlich nur dann möglich, wenn man die Fäden so genau vorher präparirt hat, dass nur Abweichungen von wenigen Procenten vorkommen. Dies ist aber nur bei automatischen Apparaten zu erreichen. Ohne dieselben fallen die Lampen in ziemlich weiten Grenzen mit Abweichungen von 5 bis 10 Volts nach oben und unten aus.

Eine grosse Hauptsache ist die genaue Abgleichung der Etalon-Lampen mit Hilfe einer Normalkerze oder besser noch mit der Amylacetat-Lampe. Man sollte mindestens einmal täglich diese Normallampe auf ihre Helligkeit prüfen und immer eine grössere Anzahl geprüfter Lampen zur Hand haben, damit beim Brechen des Fadens sofort Ersatz vorhanden ist und keine Zeit verloren wird. Die Berechnung der Stellung des Kastens auf der Bank des Photometers soll später in einer besonderen Tabelle gezeigt werden, sie beruht auf dem optischen Gesetz: Die Leuchtkraft zweier Lichtquellen verhält sich bei gleicher Beleuchtungsstärke eines Objectes wie die Quadrate der Entfernungen der beiden Lichtquellen von dem beleuchteten Objecte. Bezeichnet man mit E und U die beiden Lampen und mit d_e und d_u die zugehörigen Entfernungen, so ist: $\frac{E}{U} = \frac{d_e^2}{d_u^2}$ oder

$U = \frac{d_u^2}{d_e^2} . E$ und $E = U . \frac{d_e^2}{d_u^2}$. Bezeichnet x die zu suchende Entfernung bei 300 *cm* Länge der Bank, so ist $\frac{E}{U} = \left(\frac{x}{300 - x}\right)^2$ und $x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{U}{E}}}$. Die Entfernungen $d_e + d_u = 300$ und also $d_u = 300 - d_e$, sowie $d_e = 300 - d_u$, siehe die nachstehende Figur.



Diese Rechnung müsste für jede Etalon-Lampe jedesmal durchgeführt werden, die gedachte später folgende Tabelle erleichtert jedoch die Rechnung.

Für schnelles und sicheres Arbeiten hat man natürlich, wie in allen Abtheilungen, auch hier die Vorkehrungen so praktisch und handlich wie möglich gemacht. Dies bezieht sich auch ganz besonders auf die Schaltung am Photometer, die zwar sehr verzweigt und wenig übersichtlich, in der Praxis aber um so bequemer für ein flottes Arbeiten ist. In der Mitte vor der Bank befindet sich ein hoher Stuhl, so dass der Mann, welcher die Helligkeit vergleicht, den Kopf gut zwischen besondere Schutzdeckel stecken kann, um durch kein Licht von aussen gestört zu werden. Neben seinem Sitz hat er leicht erreichbar die Widerstände, welche so abgestuft sind, dass sie einmal gestatten, die Spannung für die verschiedenen Lampensorten passend zu wählen und andererseits beim Reguliren der Helligkeit in sehr kleinen Stufen die Spannung zu verändern. Der Raum, in welchem die Photometer aufgestellt sind, muss mit matter, schwarzer Farbe völlig dunkel gestrichen sein,

um alle Reflexe zu vermeiden. Die Ventilation muss gleichfalls derartig angeordnet werden, dass kein Licht von aussen in den Raum eindringen kann. In Mailand sah ich eine Einrichtung in der Glühlampenfabrik von Cabella, welche es gestattet, in einem nicht verdunkelten Raum zu messen. Hier ist die Photometerbank etwa nur 1·50 *m* hoch in einem langen Kasten untergebracht, welcher auf der vorderen Seite mit einem Vorhang aus Sammt dicht abgeschlossen ist. Es arbeitet sich mit dieser Einrichtung ganz bequem; dieselbe mag besonders im Sommer bei der grossen Hitze in jenem Lande angenehm sein, denn bei 40° C. über Mittag in einem dunklen Raum mit mangelhafter Ventilation zu sitzen, mag auch nicht gerade besonders erträglich sein, während der Vorhang immerhin Luft genug noch durchlässt und man jede Arbeitspause benutzen kann, in freier Luft zu athmen. Das Photometer stand hier in einer ganz offenen Halle, welche weder durch Fenster noch durch Thüren abgeschlossen war.

Sehr wichtig ist es natürlich, dass die Lampen, welche zum Photometer kommen, auch wirklich luftleer sind, damit die zeitraubende Arbeit des Photometrirens nicht unnöthig vergeudet wird. Man hat daher dicht neben dem Photometerraum oder in einer Ecke desselben einen Inductionsapparat aufgestellt, wie er bei der Pumpstation beschrieben ist (oder deren zwei bei grossem Betriebe). Alle Lampen, welche hier „blau" zeigen, wandern nochmals in die Glasbläserei, werden geöffnet, indem man die Spitze ein wenig abbricht, an Schliffe angeschmolzen und wieder von neuem ausgepumpt. Auch Lampen, die etwa sonst Fehler in den Fäden etc. aufweisen, werden wieder verwendet, indem

man sie einfach aufschneidet, mit neuen Fäden versieht und wieder evacuirt. Zu oft kann man dies jedoch mit einer und derselben Lampe nicht wiederholen, weil Glas, das öfter erhitzt worden ist, sich nicht mehr an den Rändern vereinigen lässt; die Hitze zersetzt das Glas. Diese Reparaturen sind natürlich nur so lange möglich, als noch keine Metalltheile an die Lampen angekittet worden sind.

Ist die Spannung einer jeden Lampe am Photometer wie beschrieben festgestellt, so wandern die Lampen mit den entsprechenden Bezeichnungen entweder ins Lager oder in die Lötherei.

13. Die Befestigung der Metalltheile.

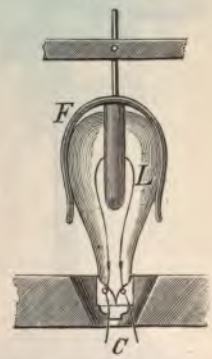
Es ist schon früher ausgeführt worden, dass es für die Praxis nicht vortheilhaft ist, die Lampen mit den Platindrähten direct einzuschalten, sondern man versieht sie mit besonderen Contacten, die gut von einander isolirt sind und gewöhnlich durch Gyps an dem Glase befestigt werden. Zu diesem Zwecke löthet man zunächst an die Platindrähte kurze Stücke Kupferdraht, die man vorher verzinnt hat, damit sie gut haften und sich nicht so schnell oxydiren. Das Löthen wird in der Weise ausgeführt, dass man dem Kupferdraht unten einen kleinen Haken giebt, welcher mit Zinn gefüllt ist. Diesen Haken vereinigt man mit dem Platindraht an einem Löthkolben, und zwar so, dass die Drähte gleich in die für die Contacte geeignete Lage kommen.

Das Löthen erfordert sehr viel Aufmerksamkeit und Sorgfalt. Wird hier nicht sehr aufgepasst, so kann in der Lötherei die ganze Tagesproduction verdorben werden. Zunächst darf keine Säure zum Löthen

genommen werden, weil dieselbe nicht allein den Draht anfrisst, sondern auch den Gyps feucht macht und später dem Strom einen willkommenen Weg zum Kurzschluss bietet. Die Drähte werden zunächst grün und oft so zerfressen, dass sie den Strom nicht mehr passiren lassen. Ein weiterer Schaden, der sehr leicht beim Löthen eintritt, besteht im Zersprengen der Glasballons. Sobald nämlich zu heiss gelöthet wird, bekommen die Einschmelzungen an den Platindrähten ganz feine Risse, die man mit dem Auge oft gar nicht wahrnehmen kann, die aber genügend sind, um der Luft Zutritt zu gewähren. In Folge dessen werden die Fäden sehr bald verbrannt und die Lampe also unbrauchbar. Hand in Hand mit dem Löthen geht das Eingypsen der Ballons in die Contacte der verschiedenen Systeme, deren wir ja nun mit der Zeit eine ganze Menge zählen. Theils sind hierzu die Patente der verschiedenen Fabriken die Ursache gewesen, theils aber auch die Sucht vieler Fabrikanten, etwas „Eigenes" zuwege zu bringen, natürlich zum Schaden der Allgemeinheit. Es ist unglaublich, was heute von einem Glühlampenfabrikanten alles verlangt wird. So haben Edison, Swan, Lane-Fox, Maxim, Siemens, Bernstein, Huber, Egger, Helios besondere Constructionen gewählt, wodurch die Mannigfaltigkeit des Lagers einer Glühlampenfabrik beinahe ins Ungemessene gesteigert wird. Nicht genug, dass man verschiedene Spannungen oft von den ungeradesten Voltzahlen verlangt und die verschiedenen Lichtstärken wünscht, muss man die Variationen nun noch mit den Contacten vergrössern. Auf diesem Gebiete wäre eine allgemeine Einheitlichkeit wohl zu wünschen, aber die grossen Fabriken wollen eine solche Reform nicht anbahnen,

sie warten, dass die kleineren Fabriken ihnen zuerst Vorschläge machen sollen, und diese wiederum mögen sich den grossen Herren nicht beugen, und so leben wir denn in der wirren Mannigfaltigkeit so lange lustig weiter, bis einmal die grossen Elektricitätswerke in den grösseren Städten diesem unleidlichen Zustande ein Ende machen werden, wenn sie sich Alle für ein System der Befestigung entschliessen, wie man dies für die Gasbrenner ja seit langen Jahren bereits gethan hat.

Fig. 28.



Zum Eingypsen der Lampen hat man die in Fig. 28 abgebildeten Vorrichtungen. Der Ballon wird vom Ende aus durch vier flache Federn gehalten. Diese Federn sind oben an einem Stiel befestigt, der sich drehen und in seiner Längsachse verschieben oder feststellen lässt. Mitten unter der Lampe befinden sich Vertiefungen, in welche kleine Formen passen, in denen sich die anzukittenden Contacttheile befinden. Die Kupferdrähte ragen unten durch entsprechende feine Löcher hindurch. Hat man nun alle Lampen, von denen etwa zehn Stück in einem Gestelle vereinigt sind, in die richtige Lage gebracht, so wird ein kleines Quantum Gyps mit wenig Wasser angerührt und mit Hilfe eines geeigneten kleinen Gefässes mit langem Ausguss zwischen die Contacttheile gegossen.

Hat der Gyps abgebunden, so hebt man alle Lampen zugleich aus dem Gestelle, nimmt sie aus den Klammern und kann nun den überflüssigen Gyps mit einem Messer entfernen.

Die Lampen gelangen abermals zur Lötherei, damit die aus den Contacten der Ballons hervorragenden Drähte verkürzt und mit den Contacten verlöthet werden. Alle diese Lötharbeiten führt man am sichersten und besten mit einem festen und nicht mit einem beweglichen Löthkolben aus. In einem eisernen Gehäuse (Fig. 29) ist horizontal ein Stück Vierkanteisen gelagert, das vorne in einer Oeffnung einen verticalenen Bolzen aus Kupfer trägt. Dieser kupferne Bolzen wird dadurch auf die zum Schmelzen des Zinns erforderliche Temperatur gebracht, dass von hinten eine Gasflamme in das Gehäuse hineinragt. Die Temperatur sollte nie höher gehalten werden, als eben zur Arbeit nöthig ist, damit das Springen der Ballons durchaus vermieden wird. Die Löthstelle darf nur einen kurzen Augenblick mit dem Bolzen in Berührung gebracht werden. Zu allen Gypsereien soll der Gyps frisch gebrannt sein, gut und schnell abbinden und nie mit zuviel Wasser angerührt werden. Die eingegypsten Lampen dürfen nicht in der Nähe von Oefen getrocknet werden, damit der Gyps Zeit zum Abbinden hat, anderenfalls wird er nicht fest und auch nur sehr schwer trocken. Alter, getrockneter Gyps darf nie wieder verwendet werden.

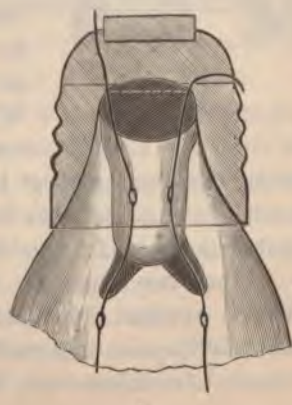
Fig. 29.

Fabriken, die den Platindraht nicht in Form von Oesen einschmelzen, löthen den Kupferdraht nicht an, sondern vereinigen die beiden Metalle einfach durch Zusammenschmelzen in einer kleinen Stichflamme. Be-

sonders macht Edison hiervon auch Gebrauch bei seiner Construction, in welcher nur ganz kurze Platindrähte zur Verwendung kommen, welche an beiden Enden sich in Kupferdrähte fortsetzen. Die Fig. 30 und 31 zeigen verschiedene Constructionen dieser Theile, welche nach dem Gesagten ohneweiters verständlich sind. Nach dem Eingypsen und Löthen lässt man die Lampen mindestens drei, womöglich acht Tage trocknen und lackirt dann alle Theile des Gypses, welche von den Contacten nicht bedeckt sind, damit sie vor Feuchtigkeit ferner geschützt werden.

Fig. 30.

a



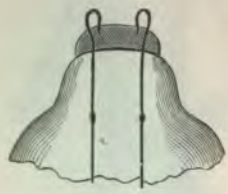
b

14. Lager und Versand.

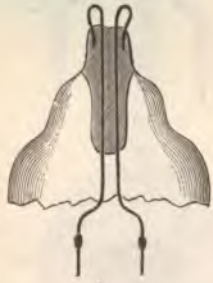
Die Aufbewahrung der fertigen Lampen erfordert einen grossen, trockenen Raum und Sorgfalt beim Einlegen. Kleinere Vorräthe kann man lose in Regalen oder in durchlöcherten Brettern unterbringen, auch wohl in Cartons, die gleich zum Versand dienen sollen; eine grosse Fabrik ist

jedoch genöthigt, ein ganz musterhafttes Lager einzurichten, damit die Lampen nach Volt-Kerzenzahl und Contactsystemen übersichtlich geordnet werden können und auf diese Weise der Versand bei Bestellungen schnell von statten geht. Zu diesem Zwecke ordnet man Gestelle in doppelten Reihen an, mit Gängen dazwischen. Das Gerippe dieser Gestelle wird aus schwachem **T**-Eisen durch Nieten und Schrauben hergestellt, so dass Abtheilungen von etwa 50 *cm* im Quadrat entstehen, die vom Fussboden bis an die Decke reichen. Zwischen je zwei senkrechten Ständern sind horizontale Rippen in Abständen von etwa 25 *cm* angeordnet, in welche Schubrahmen passen. Diese Rahmen haben circa 20 *cm* Höhe und in der Mitte einen Boden mit entsprechenden Löchern, so dass in jedem Rahmen fünfzig Lampen mit den Contacten nach unten hineingestellt werden können. Auf diese Weise ist es möglich, ein Lager von 50.000 bis 100.000 Stück in einen verhältnissmässig kleinen Raum zu bringen und doch die bestmögliche Uebersicht zu erzielen. Fig. 32 giebt eine Ansicht von dieser Einrichtung.

Fig. 31.



a



b

Das Verpacken der Lampen wird auf verschiedene Weise bewirkt. Zunächst wickelt man jede Lampe in weiches Papier und packt sie dann schichtenweise in Fässer oder Kisten mit Sägespänen. Andere haben für

die Lampen kleine Pappcartons, die dann wieder in Kisten eingelegt werden. Einen guten Schutz gegen Bruch der Gläser erzielt man auch mit Holzwolle. Neuerdings nimmt man wohl auch wellige Pappe, aus der man Hülsen bildet, welche so lang geschnitten werden, dass die Lampe allseitig geschützt ist. Diese Hülsen legt man entweder mit oder ohne Verpackungsmaterial in Kisten. Für überseeischen Transport empfiehlt es sich, zwei Kisten ineinander zu stellen, damit die Lampen beim Schiffstransport nicht leiden. Einige Procente Bruch werden bei langem Transport immer vorkommen, weniger in den Gläsern als in den Kohlenfäden, die man ja in keiner Weise vor Erschütterungen besonders bewahren kann.

Fig. 32

Die zum Versand vom Lager entnommenen Lampen ordnet man in den Rahmen oder besonderen Fächerkasten auf langen Tafeln nach den Bestellungen. Ehe sie verpackt werden, untersucht man nochmals am besten jede Lampe, ob sie gut brennt, und sieht dabei nach, ob auch der Faden tadellos ist, d. h. ob er in seiner ganzen Länge gleichmässig glüht und fest am Platindraht sitzt. Fehlerhafte Lampen werden sofort ausgesondert. Zur Untersuchung der Lampen ist eine geeignete Vorrichtung im Versandraum anzubringen, welche es gestattet, entweder eine grössere Zahl von

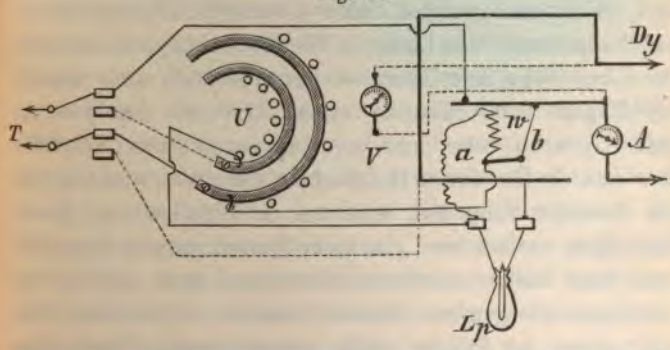
Lampen auf einem Rahmen zugleich zu brennen, oder jede Lampe einzeln in die Hand zu nehmen und ihr mit Hilfe einer beweglichen Leitungsschnur Strom zuzuführen. Für diese Zwecke ist ein in weiten Grenzen regulirbarer Widerstand und ein Voltmeter nöthig, auch bringt man etwa 100 Fassungen der gebräuchlichsten Systeme auf einem Rahmen an, so dass man etwa in jeder Reihe zehn Lampen eines Systems einschalten kann.

15. Die Brennstation.

Es liegt in der Natur der Sache, dass man die Glühlampe auf ihre Haltbarkeit nur durch praktische Proben prüfen kann. Diese Prüfung muss in jeder Fabrik mit der Fabrikation Hand in Hand gehen. Da man jedoch nicht alle zu prüfenden Lampen einer Dauerprobe von 1000 Stunden und mehr unterwerfen kann, so macht man vielfach abgekürzte „Lebensdauerproben", indem man die Lampen mit einer gewissen höheren Spannung brennt, als für die sie bestimmt ist. Man nimmt hierzu eine bis zu 25 Procent höhere Voltzahl und schliesst aus dem Ergebniss, nach der Erfahrung, wie lange die Lampe gehalten haben würde, wenn sie mit normaler Spannung beansprucht worden wäre. So beträgt z. B. bei einer Lampe von 100 Volts 16 Kerzen die Dauer nur 18 Stunden, wenn man sie mit 125 Volts brennen lässt. Für jedes Fadenmaterial und für jedes Fabrikat sind diese Zahlen verschieden, so dass sich eine allgemeine Regel schwer geben lässt. Jede Fabrik ist daher genöthigt, durch Versuche diese Zahlen festzustellen. Dieselben geben zwar keinen absolut verlässlichen Massstab, lassen jedoch immerhin auf die Güte des Fabrikates

schliessen. Bei diesen Lebensdauerversuchen ist es sehr wichtig, jeder Lampe genau die Spannung zu ertheilen, die ihr nach der am Photometer ermittelten Voltzahl zukommt. Hierzu ist natürlich nöthig, vor jede Lampe einen besonderen Widerstand zu schalten, ähnlich denjenigen, wie sie in Capitel 10 bei der Pumpstation beschrieben worden sind. Etwa fünfzig solcher Widerstände sind in einem festen Gestell in zwei Reihen angeordnet und mit Einrichtungen versehen, um von jeder

Fig. 33.



Lampe sowohl Spannung als auch Stromstärke schnell und leicht messen zu können. Eine hierzu sehr bequeme Einrichtung ist in Fig. 33 skizzirt. *V* und *A* sind Volt- und Ampèremeter gewöhnlicher Construction, welche zum Messen des von der Maschine kommenden Stromes dienen, während zum Messen der einzelnen Lampen ein Torsionsgalvanometer *T* dient, das mit einem Umschalter verbunden ist, mit dessen Hilfe man links die Stromstärke und rechts die Spannung messen kann. Hiefür ist an jedem Widerstand unten ein Stück stärkerer Draht so eingeschaltet, dass er genau 0·1 Ohm

Widerstand zwischen *a b* hat, die Stromstärke ist dann gleich der gemessenen Spannung, dividirt durch den Widerstand des Drahtes *a b*. Der grosse Umschalter *U* ist so eingerichtet, dass man die einzelnen Lampen nacheinander behufs Messung einschalten kann. Diese Einrichtung ist zwar etwas kostspielig und complicirt, sie hat sich jedoch sehr gut bewährt und sollte in keiner guten Fabrik fehlen. Man kann nicht auf gut Glück die Lampen verkaufen, ohne auch vorher selbst sie gründlich geprüft zu haben.*)

Will man schnell eine Dauerprobe durchführen, so kann man die Lampen Nachts mit Accumulatoren und bei Tage mit Dynamo betreiben, so dass man in 42 Tagen 1000 Stunden erzielt. Ob die Lampen nur mit Dynamo oder nur mit Accumulatoren betrieben werden, ist für deren Haltbarkeit durchaus nicht gleich, da die Spannung mit letzteren entschieden viel gleichmässiger ausfällt und ein jeder Dynamostrom immerhin aus einer Reihe unterbrochener, wenn auch sehr schnell aufeinanderfolgender Ströme besteht. Eine den Verhältnissen der Praxis völlig entsprechende Probe kann heute, wo Accumulatoren noch nicht allgemein in Gebrauch sind, nur mit Maschinenbetrieb erzielt werden.

16. Die mechanische Werkstätte.

In jedem maschinellen Betriebe kommen häufig nicht nur Reparaturen, sondern auch Veränderungen vor, oder es sind Neuerungen herzurichten. Zur Ausführung dieser Arbeiten braucht man einige Drehbänke und sonstige

*) Ueber die Lebensdauer sind interessante Mittheilungen im zweiten Theile dieses Bandes zu finden.

Einrichtungen für gröbere Mechaniker- und Schlosserarbeiten. Mitunter sind auch Metalltheile in grösseren Mengen für die Contacte der Lampen oder ganze Fassungen anzufertigen. Zu diesen Arbeiten bedarf man einer Presse, um diese Theile mit einem Schnitt auszustanzen. Ein kleines Schmiedefeuer dient zur Anfertigung oder Ergänzung von Werkzeugen. Eine dauernde Arbeit erfordern die Zieheisen, welche einen tüchtigen Mechaniker vollauf in Anspruch nehmen. Für das Schneiden und Biegen der Platin- und Kupferdrähte sind kleine Schneide- und Biegemaschinen nöthig. Auch die Maschinen der ganzen Fabrik sind allwöchentlich einer eingehenden Besichtigung und eventuellen Reparatur zu unterziehen, damit Störungen im Betriebe nach Möglichkeit vermieden werden. Für Reparatur von Messinstrumenten und feineren Apparaten ist ein besonderer Raum vorzusehen, in welchem feinere Werkzeuge für Uhrmacher und Feinmechaniker vorhanden sind, mit deren Hilfe man kleinere Reparaturen schnell ausführen kann, sofern man nicht vorzieht, dieselben vom ursprünglichen Lieferanten des Apparates machen zu lassen. Am besten betreibt man Drehbänke und Gebläse mit Dampfmaschine oder, wo dies nicht möglich ist, auf elektrischem Wege.

17. Die Reparatur defecter Glühlampen.

Besonders in grossen Betrieben und bei der Beleuchtung von Schiffen kommt es vor, dass Lampen äusserlich beschädigt und dadurch für den Betrieb unbrauchbar werden.

Die Herstellung solcher Lampen ist jedoch natürlich nur dann schnell und ohne besondere Vorkehrungen

möglich, wenn der Kohlenfaden und der Platindraht nicht gebrochen und der Glaskörper noch unverletzt ist. Man hat also zunächst in dieser Hinsicht die Lampen genau zu besichtigen. Ist dies durch Augenschein allein nicht möglich, so nimmt man ein Galvanoskop zu Hilfe und überzeugt sich damit unter Einschaltung eines galvanischen Elements, ob der Faden mit den Drähten überhaupt Strom durchlässt.

Mitunter sind die Löthstellen an den Contacten gelöst, oder die an den Platindrähten befestigten kurzen Kupferdrähte sind lose geworden oder gebrochen. Dies tritt besonders ein, wenn die Gläser in dem Gypskitt der Contacte sich gelöst haben. In solchen Fällen entfernt man den Contact, säubert ihn vom Kitt und gypst ihn wieder an, nachdem man die Drähte zusammengelöthet hat.

Alle diese Arbeiten erfordern viel Vorsicht und eine sehr sichere Hand, weil man anderenfalls die Glasbirne leicht verletzt und so das Vacuum zerstört. Ist der Platindraht dicht am Glas abgebrochen, so gelingt es in den seltensten Fällen, die Lampe noch zu retten. Selbst wenn der Stumpf noch so lang ist, dass man ein Stück dünnen Kupferdraht anlöthen kann, so pflegt die hierbei stattfindende unvermeidliche Erwärmung feine Haarrisse im Glase zu erzeugen, die Luft dringt in den Ballon ein, und beim Einschalten der so mühsam geflickten Lampe geht der Kohlenfaden entweder sofort oder doch sicher in wenig Stunden zugrunde.

Hat man regelmässig eine grosse Menge von Lampen zu repariren, so lohnt es sich, einen Inductionsapparat anzuschaffen, wie er im Capitel 10 beschrieben ist. Man wird dann gut thun, jede Lampe vor der Reparatur als

auch nach derselben auf Luftleere zu untersuchen und alle Lampen, welche sich bei dieser Probe als nicht mehr ganz luftleer erwiesen haben, vom weiteren Gebrauche völlig auszuschliessen.

Alle Lötharbeiten an den Glühlampen sollte man nur mit der in Fig. 23 abgebildeten Vorrichtung ausführen, oder wo eine solche Vorrichtung nicht zur Hand ist, wenigstens einen ganz kleinen und nicht zu heissen Kolben anwenden, damit das Springen des Glases, so weit es irgend möglich ist, verhütet werde.

Durch lange Uebung ist es möglich, Lampen, welche kein gutes Vacuum haben, dadurch herauszufinden, dass man sie der Reihe nach mit der Hand auf ihre Erwärmung prüft. Man wird auf diese Weise bald lernen, diejenigen Lampen herauszufinden, welche heisser sind als die meisten anderen. Die Temperatur des im Vacuum glühenden Kohlenfadens beträgt nach Versuchen von Dewar bei den Swan-Lampen 1900° C., während das Glas aussen meist nicht mehr als 50° warm wird; nur wo eine grosse Anzahl Glühlampen dicht gedrängt zusammen brennt, steigt die Temperatur auf 70° C.

Das Anlöthen der Kupferdrähte an die Platindrähte darf in keinem Falle unter Anwendung von Säure geschehen, weil dieselbe die Drähte oxydirt und später beim Brennen der Lampe einen elektrolytischen Process erzeugt, der unter Umständen so weit fortschreiten kann, dass der Gyps vollkommen heiss wird; es bildet sich ein förmlicher Kurzschluss, der schliesslich eine plötzliche Zerstörung der Lampe herbeiführen kann. Aus dem gleichen Grunde muss man auch nur guten, d. h. frisch gebrannten Gyps anwenden, welcher schnell abbindet und schnell und gut trocken wird, sonst erzeugt

die im Gyps zurückbleibende Feuchtigkeit ähnliche Erscheinungen; die Lampen platzen unter lebhaftem Knall und fallen schliesslich aus ihren Fassungen heraus, so dass Personen verletzt werden können.

Die Kupferdrähte biegt man am besten zu kleinen Haken um, die man gut verzinnt und in deren Biegung man ein wenig Zinn haften lässt, so vorbereitet, hält man sie an den Platindraht und nähert sie dem Löthbolzen; die Vereinigung erfolgt sehr schnell, und man kann ohne grosse Erwärmung die Löthung ausführen.

III. Die Anwendung der Lampen.

18. Die allgemeine Verwendbarkeit

und die grossen Vorzüge des Glühlichtes gründen sich auf die Thatsache, dass die Glühlampe sehr wenig Wärme ausstrahlt, die Luft nicht durch Verbrennungsproducte verdirbt und die Feuersgefahr auf ein Minimum beschränkt.

Die Wärmeentwickelung beträgt nämlich nur 290 bis 536 Calorien, während der Gas-Argandbrenner 4860 und ein grosser Petroleumrundbrenner 3360 Calorien entwickelt. Wachs-, Paraffin- und Stearinkerzen geben jedoch noch bei weitem mehr Wärme, nämlich 7960 bis 9700 Calorien. Da nun die Glühlampe keine Kohlensäure wie alle frei brennenden Flammen entwickelt und der leuchtende Körper im Vacuum ganz von der Luft abgeschlossen ist, so ist die Gefahr einer Entzündung der Umgebung nur sehr gering. Eine solche kann nämlich nur stattfinden, wenn explosible Stoffe die Lampe dicht umgeben und der Glasballon bricht, während die Lampe glüht, oder wenn die Lampe sich nicht genügend abkühlen kann. Wie Versuche ergeben haben, ist auch diese Gefahr so gut wie ausgeschlossen, thatsächlich kann man daher auch die Glühlampe in Pulver-

fabriken, Brennereien etc. sehr gut verwenden, indem man zur höheren Sicherheit die Lampe noch mit einer Schutzglocke umgiebt.

Die Einführung des elektrischen Glühlichtes in alle Zweige der Industrie, Technik, für wissenschaftliche Zwecke und in die Häuslichkeit hat sich daher zufolge seiner guten Eigenschaften sehr schnell vollzogen. Es sollen hier nicht alle die verschiedenen Verwendungen, welche die Lampe gefunden hat, aufgeführt werden, da es heute nicht mehr nöthig ist, von den Vortheilen und der Nützlichkeit dieser neuen Beleuchtungsart zu sprechen, sondern es sollen hier nur einige für besondere Zwecke werthvolle Neuerungen oder zweckmässige Anordnungen besprochen werden. Wie zweckmässig die Glühlichtbeleuchtung heute ist, zeigt am besten die kürzlich von der Berliner Baupolizei erlassene Vorschrift, dass alle grösseren Theater allein mit elektrischem Licht zu erhellen sind und Gas für Theater mit mehr als 800 Plätzen nicht mehr angewendet werden darf.

Die durch das Glühlicht in hohem Masse erreichte Feuersicherheit beruht jedoch nicht allein auf den guten Eigenschaften der Lampe selbst, sondern vor Allem auch auf den die Erwärmung der Leitungen verhindernden Sicherheitsvorrichtungen, deren Wesen hier erläutert werden soll.

19. Berechnung der Leitungen.

Zunächst berechnet man alle Leitungen derart, dass bei normalem Betriebe eine Erwärmung der Drähte nicht stattfinden kann. Die Berechnung erfolgt nach der Formel $T - t = \frac{C \times J^2}{r^3 H}$, worin

t = Lufttemperatur,
T = Drahttemperatur,
J = Stromstärke,
r = Radius des Drahtquerschnittes,
C = Constante = 2,
H = Leitungsfähigkeit des Kupfers = 57.

Als Maximum pflegt man 2 Ampères pro Quadratmillimeter Leitungsquerschnitt zu nehmen und die Berechnung so einzurichten, dass die zur Anwendung kommenden mittleren Drahtstärken sich nicht mehr als 3·77° C. erwärmen.

Um den erforderlichen Querschnitt für eine gewisse Lampenzahl zu ermitteln, verwendet man vielfach die Formel $Q = \frac{200 \times l \times m}{p \times r \times k}$, worin

l = einfache Entfernung von der Abzweigung,
p = Procente Verlust in der Leitung in Volts,
r = Widerstand (heiss) der Lampe,
k = 57 = Leitungsfähigkeit des Kupfers.

Der Widerstand der heissen Lampe ist bei den verschiedenen Spannungen, für welche die Lampe bestimmt ist, und für die verschiedenen Kerzenstärken verschieden, wie man dies aus den Tabellen S. 146 ersehen kann. Man pflegt daher der Rechnung den Widerstand einer 16kerzigen Lampe von 100 oder von 65 Volts, je nach der zur Anwendung kommenden Spannung, zu Grunde zu legen. Ist z. B. $r = 140$ Ohms, so vereinfacht sich die Formel auf $Q = \frac{l \times m}{p \times 40}$; p pflegt man je nach Umständen gleich 10, 5, $2^1/_2$, $1^1/_2$ Procent zu nehmen.

Diese Formel ist richtig:

bis zu 147·2 *m* bei 10 Procent Verlust für 16kerzige Lampen,
" " 73·6 *m* " 5 " " " " "
" " 36·8 *m* " 2½ " " " " "

Man kann auch die Querschnittsberechnungen der Leitungen derart vornehmen, dass man den Widerstand der Leitungen gleich ein Fünftel oder ein Zehntel des Widerstandes der im Abzweig liegenden Lampen nimmt, respective dass man den Spannungsverlust zu Grunde legt. In diesem Falle ist $d = i \,.\, w = 0{\cdot}016 \frac{i\,l}{q}$ oder $q = 0{\cdot}016 \,.\, \frac{i\,l}{d}$, worin

i = Stromstärke in Ampères,
l = gesammte Leitungslänge in Meter,
d = Spannungsverlust in Volts,
w = Widerstand in Ohms,
q = Querschnitt in Quadratmillimeter.

Zur Erleichterung dieser oft sich wiederholenden Rechnungen hat man mehrfache Hilfsmittel ersonnen, z. B. Tabellen, welche eine Uebersicht geben über Spannungsverlust, absorbirte Kraft und Erwärmung bei gewisser Stromstärke und Drahtstärke;*) ferner eine graphische Tabelle, aus welcher man den Spannungsverlust für die verschiedenen Stromstärken und Leitungslängen leicht ablesen kann.**) Sehr bequem ist auch Epstein's Drahtlehre.***)

---

*) Siehe Uppenborn's Kalender 1889, S. 90 bis 92.

**) Siehe Strecker's Hilfsbuch 1888, S. 41.

***) Zu haben: Berlin, Polytechnische Buchhandlung. Sehr ausführlich behandelt dieses Thema Hermann Claudius' „Zeitschrift für Elektrotechnik", Wien 1889, S. 241.

20. Bleisicherungen.

Nicht nur die richtige Dimensionirung der Leitungen schützt vor Erwärmung, sondern vor Allem auch die richtige Anwendung von Bleisicherungen oder dieselben ersetzenden selbstthätigen Ausschalter.

Diese Sicherungsvorrichtungen verhindern, im Falle eines Kurzschlusses der Leitungen, die übermässige Steigerung der Stromstärke in denselben, sie müssen also in dem Augenblicke sicher in Wirkung treten, wo die Stromstärke derart angewachsen ist, dass bei längerer Dauer des zu starken Stromes die Leitung anfängt, sich zu erwärmen.

Um diesen Zweck zu erreichen, wendet man fast allgemein die Bleischaltungen an, welche einen der Draht-, respective Stromstärke entsprechenden Bleidraht enthalten, dessen Querschnitt und Länge so bemessen ist, dass er bei der gewissen Stromstärke schmilzt und dadurch die Leitung unterbricht. Man nimmt hierzu, wie dies z. B. Siemens thut, reines, weiches Blei in viereckigen Streifen. Bis zu 3 Ampères genügt $^1/_2\,mm^2$ Bleiquerschnitt, im Allgemeinen rechnet man 6 Ampères auf 1 mm^2 Bleiquerschnitt. Als Länge der Bleistreifen nimmt man für 1 bis 6 Lampen 25 bis 30 *mm*, für mehr Lampen 40 bis 50 *mm* an. Auf dieser allgemeinen Basis sind die Bleisicherungen von Siemens & Halske construirt; die Dimensionen der Bleistreifen in denselben ergiebt die nachstehende Tabelle:

$$q = \frac{J}{6} = 1{\cdot}667\,.\,J$$

$$d = 1{\cdot}45\sqrt{J}$$

$$J = 0{\cdot}472\,d^2.$$

Alle Streifen sind aus gewalztem Bleiblech von 1 *mm* Stärke angefertigt.

Ampères	Breite	Länge
	des Bleistreifens in Millimeter	
6	1	45
9	1·5	45
12	2	45
15	2·5	45
18	3	45
21	3·5	45
24	4	45
27	4·5	45
30	5	45
33	5·5	45
36	6	45
39	6·5	45
42	7	45
45	7·5	65
48	8	65
51	8·5	65
54	9	65
57	9·5	65
60	10	65
66	11	65
72	12	65
78	13	65
84	14	65
90	15	65
96	16	65
102	17	65

Ampères	Breite	Länge
	des Bleistreifens in Millimeter	
108	18	65
114	19	65
120	20	65
130	2 × 11	65
140	2 × 12	65
150	2 × 13	65
160	2 × 14	65
170	2 × 14·5	65
180	3 × 10	65
190	3 × 11	65
200	3 × 11·5	65
210	3 × 12	65
220	3 × 12·5	65
230	3 × 13	65
240	3 × 13·5	65
250	3 × 14	65
260	3 × 14·5	65
270	3 × 15	65

Edison verwendet eine Legirung aus 60 Procent Blei 40 Procent Zinn, aus welcher runder Draht von nstehenden Stärken gezogen wird:

Bei Lampenzahl	Stärke des Bleidrahtes	
	Millimeter	B. W. G. Nr.
3	0·58	24
6	0·84	21
9	1·07	19
12	1·22	18
15	1·68	16
20	2·14	14

Bei Lampenzahl	Stärke des Bleidrathes	
	Millimeter	B. W. G. Nr.
25	2·28	14
30	2·42	13
35	2·60	13
40	2·82	12
60	3·11	11

Vielfach wendet man jedoch auch einen bis drei solcher Drähte von entsprechendem Querschnitt anstatt eines stärkeren an. Die Drähte werden circa 30 *mm* lang in

Fig. 34.

Fig. 34 *a*.

Fig. 35.

Glaspfropfen eingelöthet, welche unten und seitwärts kupferne Contacte haben. Fig. 34 *a* zeigt einen solchen Bleipfropfen im Querschnitt. Der schraffirte Theil war bisher aus Holz, ist jedoch neuerdings aus Glas hergestellt. Unten ist eine kleine Kupferplatte *C D* angegypst, während der als Gewinde gestaltete Mantel *A B* den zweiten Contact bildet. Der Bleidraht ist zwischen *N* und *P* angelöthet. Die Befestigung des Bleidrahtes von Siemens wird wie in Fig. 35 bewirkt. Der Bleistreifen *N P* ist durch ein Glasröhrchen *L G* gezogen und mit Gyps in Gestalt eines abgestumpften Kegels umgossen, so dass ein handlicher Pfropf entsteht. Nebenstehende Tabelle zeigt die Abmessungen der Bleistreifen in den Gypspfropfen.

Lampenzahl à 16 Normalkerzen	Querschnitt d. Bleistreifen in Millimeter	Drahtstärke in Millimeter
3	0·45 × 0·4	1·3
6	0·85 × 0·4	1·7
9	1·25 × 0·4	2
15	2·00 × 0·4	2·5
20	3·00 × 0·4	3
25	1.80 × 0·95	3·5

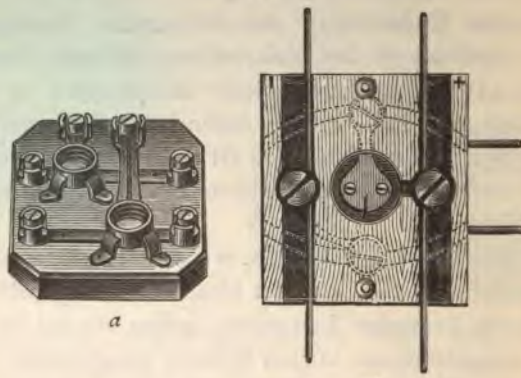
An den Enden sind die Bleistreifen bedeutend breiter, damit sie in der Bleischaltung sicheren Contact erzeugen. Die Anwendung dieser Bleipfropfen in den Bleischaltungen soll weiter unten erläutert werden. Wenden wir uns zunächst den Grundsätzen zu, welche für die Einschaltung der Bleisicherungen in die Leitungen maassgebend sind.

Die Bleisicherungen dienen, wie schon gesagt, lediglich zum Schutze der, von der Maschine aus gerechnet, hinter ihnen liegenden Leitungen, indem sie bei in der Leitung eingetretenem kurzen Schluss abschmelzen und so diese vor Warm- oder Glühendwerden bewahren.

Wer ein einzigesmal gesehen hat, welche verheerende Wirkung der Mangel einer Bleischaltung hervorbringt, dem wird für alle Zeiten die Nothwendigkeit derselben einleuchten. Die Drähte werden beim Kurzschluss im Augenblick auf ziemlich lange Strecken glühend, und die Umspinnung verkohlt. Verfasser hat mehrfach in Concertlocalen beobachtet, wie die metallenen Kronen, welche die Glühlampen trugen, Veranlassung zum Kurzschluss gaben, so dass in einem Falle schliesslich die Fassungen verbrannten und das geschmolzene Metall herabfiel.

Es folgt aus diesen Erwägungen und Erfahrungen, dass jeder Abzweig eines Leitungsnetzes, welcher einen anderen, also geringeren Querschnitt als die Leitung hat, von der er abzweigt, durch eine Bleisicherung zu schützen ist, oder dass man bei gleichbleibendem Leitungsquerschnitt jeder grösseren Lampengruppe eine Bleisicherung vorschaltet. Den einzelnen Lampen setzt

Fig. 36.



a *b*

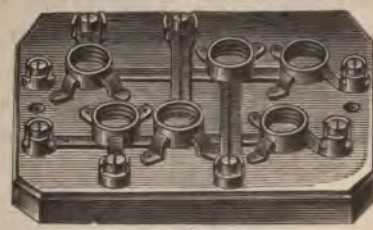
man nur da eine Bleisicherung vor, wo sie von einer viel stärkeren Leitung direct allein abzweigen.

Die einpoligen Bleisicherungen sollte man nur beim Einleitersystem, wie es auf eisernen Dampfern üblich ist, anwenden, überall da aber, wo man wie am Lande doppelte Leitungen hat, soll man auch zweipolige Schaltungen nehmen.*) Es ist nicht ausgeschlossen, dass

*) Siehe auch J. Zacharias: „Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen", S. 209 bis 213, A. Hartleben, Wien, und „Zeitschrift f. Elektrotechnik", Wien 1889, S. 510 bis 515.

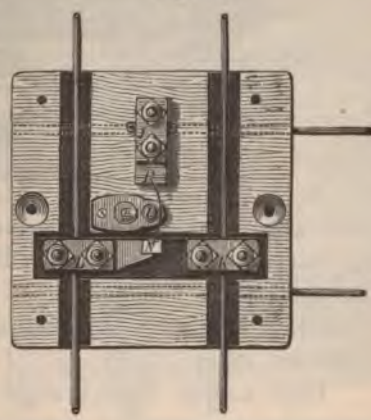
bei Anwendung einpoliger Bleisicherungen die nicht gesicherte Leitung durch irgend einen Umstand Kurzschluss z. B. durch starken Erdschluss erhält und der gleiche Pol nahe der Dynamo auch Erdschluss hat. Zwischen beiden Punkten herrscht mitunter bis 5 Volts und mehr Spannungsdifferenz, so dass ein Heisswerden des Drahtes nicht ausgeschlossen ist.

Fig. 37.



Die besondere Einrichtung der Bleischaltungen ist aus den vorstehenden Figuren ersichtlich. Fig. 36*a* zeigt eine doppelpolige Sicherung mit einfach einseitiger Abzweigung, während Fig. 36*b* eine einpolige Schaltung darstellt, beide sind für Schraubenstöpsel eingerichtet. Wo mehrere Leitungen von einer Hauptleitung abzweigen, wie dies z. B. bei Hausanschlüssen fast immer der Fall ist, lässt man die Hauptleitung in zwei flache Schienen endigen wie in Fig. 37. Passend gestaltete Brücken mit Gewinden dienen zur Aufnahme der Bleistöpsel. Um die Verwechslung der nur in zwei Grössen angewendeten Schraubenstöpsel zu verhindern,

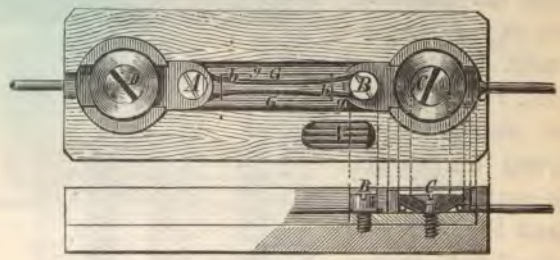
Fig. 38.



hat Siemens dem Bleipfropfen Fig. 35 eine Vertiefung *n* gegeben, welche in der Bleischaltung Fig. 38 auf den Zapfen *n* passt. Zapfen und Loch erhalten je nach der Stärke des Bleistreifens sieben verschiedene Stellungen, so dass immer nur ein gewisser Pfropfen darauf passt. Der Bleistreifen, welcher mit seinen Enden aus dem Gypspfropfen hervorragt, bildet zwischen *N* und *P* die Leitung.

Bleistreifen, die für mehr als 100 Lampen dienen sollen, pflegt man nicht mehr in runden Pfropfen unter-

Fig. 39.



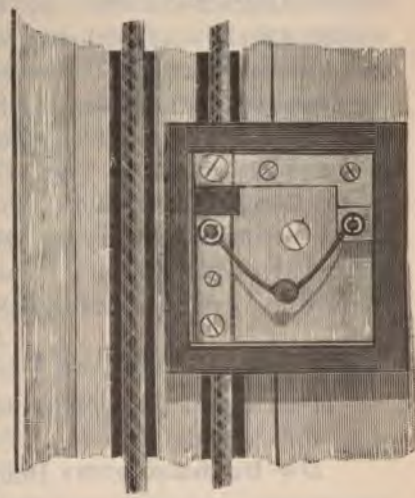
zubringen, sondern man befestigt sie in geeigneten Klemmen, wie z. B. in Fig. 39. Die Drähte der Leitungen endigen hier in den Schrauben *C* und *D*, während der Bleidraht *G* durch die Schrauben *A* und *B* festgeklemmt wird.

Eine andere Einrichtung, welche von den zuvor beschriebenen wesentlich abweicht, hat Cockburn erdacht. Von der Thatsache ausgehend, dass die gewöhnlichen Bleistreifen nicht immer exact schmelzen oder, wenn man sie sehr genau bemisst, zu früh schmelzen, hat der Genannte durch ein mechanisches Hilfsmittel die sichere Function der Bleistreifen bis auf 5 Procent

Genauigkeit erzielt. Die Bleidrähte sind mit ihren Enden Fig. 40 um messingene Ringe geschlungen und daran festgelöthet. In der Mitte jedes Bleistreifens ist ein kleines Bleigewicht festgeklemmt, das so bemessen ist, dass es bei gewisser Temperatur des Drahtes denselben durch seine Schwere zeitig zerreisst. In Fig. 41 ist die Verwendung des Bleistreifens in der Bleischaltung dargestellt. Damit die Streifen auch bei grösseren Stromstärken sicher wirken, wendet man nicht nur einen Draht von entsprechendem Querschnitt an, sondern es werden deren mehrere nebeneinander geschaltet.*)

Fig. 40.

Fig. 41.



Vielfach, besonders in England, gebraucht man auch ganz dünne Streifen aus einer Zinnlegirung, von welchen mehrere unter Zwischenlegen von Glimmer zu einem Schmelzstreifen vereinigt werden. Es ist dies die Construction von Hedges in London, welcher diese Schmelz-

*) Siehe „Electrical Review", London 1888, S. 124 und 137.

streifen hauptsächlich für starke Ströme anwendet. Die Genauigkeit der Wirkung soll 2 Procent betragen.

Die Erfahrung lehrt, dass Bleidraht, welcher an der Oberfläche oxydirt ist, schon vor dem Schmelzen zum Glühen kommt. Es ist daher besser, nicht reines Blei, sondern eine Legirung zu verwenden, welche dem Oxydiren weniger ausgesetzt ist. Das Blei soll bei 335° C. schmelzen. Mit der Zeit verändert sich jedoch dieser Schmelzpunkt, so dass man gut thut, die Bleisicherungen beständig zu überwachen und nöthigenfalls die Bleistöpsel auszuwechseln. Es ist auch nicht gleichgiltig, welche Querschnittsform die Bleistreifen haben und welche Anzahl man vielleicht an Stelle eines einzigen von gleichem Querschnitt anwendet, da die Abkühlung der Oberfläche verschieden ist. Hermann Claudius*) ermittelt die Stärke des Bleidrahtes unter der Annahme, dass 1 *m* Bleidraht von 1 mm^2 Querschnitt bei $15\frac{1}{2}$° C. 0·1985 Ohms Widerstand hat, so dass der Coëfficient für die Wärmeformel 7·7231 ist. Mit Hilfe desselben berechnet er den Querschnitt für die verschiedenen Stromstärken so, dass der Draht sich auf 335° C. erwärmt. Er erhält so die Formel $\Delta^0 = \frac{J^2 . 7{\cdot}7231}{D^3}$, worin

Δ^0 = Anzahl Grade über der Lufttemperatur
J = Stromstärke
D = Durchmesser des Drahtes, mithin ist

$$D = \sqrt[3]{\frac{J^2 . 7{\cdot}7231}{335}}.$$

*) „Zeitschrift für Elektrotechnik", Wien 1889, S. 299.

Die Frage der Bleisicherungen kann nach dem eben Gesagten wohl noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden, und sollen daher auch noch die Resultate von Versuchen der Herren Drexler und Winkler in Wien hier kurz aufgeführt werden. Zur Berechnung der Temperatur diente die Formel $T = C\delta^2 d$, worin δ die Stromdichte, d der Drahtdurchmesser und C eine Constante.

Durch sorgfältige praktische Versuche wurden die Ergebnisse der umstehenden Tabelle (S. 110) ermittelt.

Die thatsächlichen Beobachtungen sind durch stärkeren Druck hervorgehoben. Man findet eine fast einheitliche Constante von 0·65, welche zur Berechnung der Zwischenwerthe benutzt ist. Unter der Voraussetzung, dass man Bleisicherungen bis zu einer Stromdichte von $\delta = 10$ noch vortheilhaft verwenden kann, ergiebt sich für Kupferdrähte von 7 bis 10 *mm* Durchmesser die Stärke des Bleidrahtes für eine Sicherung $q = 0{\cdot}3\ Q$; und für Sicherungen, in denen 5 *mm* Bleidraht nicht mehr genügt, $9 = {}^1/_5\ q$, d. h. der Querschnitt der Bleisicherung soll ein Fünftel des Querschnittes der Kupferleitung betragen.

Auf Grund der obigen Versuche ist nun die umstehende Tabelle (S. 111) zusammengestellt worden, aus welcher man die für jeden Leitungsdraht zur Sicherung erforderliche Bleidrahtstärke entnehmen kann.

Bei all diesen Schmelzvorrichtungen verursachen einige Umstände zuweilen grössere Abweichungen vom normalen Schmelzpunkt. Zunächst ist es sehr wichtig, Metall zu verwenden, welches im Schmelzdraht keine fremden Beimischungen enthält, also reines Blei, reines Zinn etc. Auch die Abkühlung spielt eine grosse Rolle.

Querschnitt in Quadratmillimeter	Maasse oder Durchmesser in Millimeter	Innerhalb fünf Secunden abgeschmolzen		Berechnete, beziehungsweise angenommene „Constante"	Querschnitt in Quadratmillimeter	Maasse oder Durchmesser in Millimeter	Innerhalb fünf Secunden abgeschmolzen		Berechnete, beziehungsweise angenommene „Constante"
		Ampères	δ				Ampères	δ	
0·08	**4 × 0·02**	**4**	**50**	Stanniol	6	2·77	81	13·5	0 65
0·16	**4 × 0·04**	**6**	**37·5**	"	6·5	2·88	86·5	13·3	0·65
0·2	**0·5**	**6·2**	**31**	Blei $C = 0·68$	**7·1**	**3**	**92**	**13**	$C = 0·66$
0·3	0 6	8.7	29	0 65	7·5	3·10	96	12·8	0 65
0·4	0·7	10·8	26·9	0·65	8	3·20	100·8	12·6	0·65
0·5	**0·8**	**12·7**	**25·4**	**0·64**	8·5	3·30	105·4	12·4	0 65
0·6	0·9	14·2	23·7	0·65	9	3·40	109·8	12·2	0·65
0 7	0·95	16·1	23	0 65	**9·6**	**3·50**	**112**	**11·6**	**0·69**
0·79	**1**	**18**	**23**	**0·62**	10	3·57	119	11·9	0·65
0·9	1·09	19·4	21·6	0·65	10·5	3·66	122·8	11·7	0·65
1	1·13	21·2	21·2	0,65	11	3·75	127·6	11·6	0 65
1·25	1 26	25 1	20·1	0·65	11·5	3·83	132	11·5	0·65
1·50	1·38	29·1	19·4	0·65	12	3·91	136	11·3	0·65
1·76	**1·5**	**32·6**	**18·5**	**0 64**	**12 6**	**4**	**138**	**10·9**	**0·69**
2	1·6	35·6	17·8	0·65	13	4·07	144	11·1	0 65
2·5	1·8	42	16 8	0·65	13 5	4·15	149	11·05	0·65
3	1·96	48·3	16·1	0·65	14	4·23	153	10·9	0·65
3·14	**2**	**50**	**15·9**	**0·64**	14·5	4·30	157	10·8	0·65
3 5	2·11	54·25	15·5	0·65	15	4·38	160	10·7	0·65
3·75	2·19	57	15·2	0·65	16	4·52	170	10·6	0·65
4	2·26	60	15	0 65	17	4·66	177	10·4	0·65
4·5	2·4	65·3	14·5	0 65	18	4·79	184	10·2	0·65
4·9	**2 5**	**71**	**14·4**	**0·63**	**19**	**4·92**	**192**	**10·1**	0·65
5·5	2 65	75·9	13·8	0·65	19·6	5	197	10·4	0·65

Leitungsdraht		Zulässige Betriebs-Stromdichte	Wirkliche Betriebs-Stromstärke	Grösste erlaubte Stromstärke im Augenblicke des Wirkens der Sicherung	Sicherungs-Bleidraht	
mm	*mm²*				*mm²*	*mm*
d	*q*	Ampères			q_1	d_1
0·5	0·2	5	1	2	0·04	2 × 0·02
0·8	0·5	5	2·5	5	0·12	0·4
1	0·79	5	3·9	7·8	0·25	0·5
2·2	1·13	5	5·6	11·2	0·45	0·67
1·8	2·54	5	12·7	25·4	1·25	1·26
2	3·14	5	15·7	31·4	1·60	∾ 1·5
2·5	4·9	5	24·5	49	3·10	2
3	7·06	5	35·3	70·6	4·9	2·5
3·5	9·62	4	38·5	77	5·75	2·7
4	12·56	4	50·2	100·4	8	3·2
4·5	15·9	4	63·6	127·2	11	3·75
5	19·63	4	78·5	157	14·5	4·3
5·5	23·75	4	95	190	19	4·9
6	28·27	4	113·5	226·2	21·5	5·2
6·5	33·18	3	99·5	199	19·6	5
7	38·48	3	115·4	230·8	12·8	4
7·5	44·17	3	132·5	265	13·7	4·2
8	50·26	3	150·8	301·6	16·7	4·6
8·5	56·75	3	170·2	340·4	18·9	4·9
9	63·62	3	190·9	381·8	21·2	5·2
9·5	70·88	3	212·6	425·2	23·6	5·5
10	78·53	3	235·6	471·2	26·1	5·77
10·5	86·59	2	173·1	346·2	18	4·8
11	95·03	2	190·1	380·2	19	4·9
11·5	103·87	2	207·7	415·4	21	5·2
12	113·1	2	226·2	452·4	23	5·5

Liegen die Schmelzdrähte zwischen grossen, massiven Klemmen, so kühlen sie sich schneller ab, schmelzen also nicht so leicht, und umgekehrt, sind sie von der

Luft durch Gyps oder Schellack abgeschlossen, so kühlen sie sich langsamer ab, schmelzen daher sicherer.

Hauptsache bei allen Sicherheitsschaltungen ist immer ein guter Contact der Leitungen mit den Klemmen der Bleischaltungen. Ist dieser Contact mangelhaft, so entstehen nicht allein namhafte Spannungsverluste von 1 bis 5 Volts in einer Schaltung allein, sondern auch starke Erhitzung aller Metalltheile, die sich so weit steigern kann, dass die etwaige hölzerne Unterlage in Brand geräth.

Neuerdings macht man in Folge dessen die Blöcke, auf welchen die Klemmen der Bleischaltungen befestigt werden, aus Schiefer, Steingut oder Porzellan, die auch nicht wie Holz feucht werden können.

21. Schutzglocken.

So gross auch die Sicherheit der Glühlichter zufolge der Eigenschaften der Glühlampen und der Anwendung der Bleischaltungen sein mag, ist man doch unter Umständen genöthigt, die Lampen noch mit einer besonderen Schutzglocke zu versehen. Besonders, wenn explosible Gase die Lampen umgeben, zündet der glühende Kohlenfaden im Augenblick, wo die Glasbirne zerbricht.*)

Lieutenant Hutchins der United States Marine hat mit den verschiedensten Gasen Versuche angestellt, welche alle mehr oder weniger schnell entzündet wurden. Bei Versuchen, welche Verfasser mit Schiessbaumwolle machte, erfolgte keine Entzündung, weil der Faden jedesmal nicht mehr glühte, wenn die Schiessbaumwolle denselben berührte, während die Gase schneller eindringen.

---

*) Siehe „Electrical Review", London 1888, S. 705.

Nicht nur, dass die Glasbirnen durch Zufall von aussen zerstört werden, sondern auch zum Theil noch nicht ganz aufgeklärte Umstände führen mitunter ein explosionsartiges Platzen der Gläser herbei. Werden Lampen von zu geringer Spannung eingesetzt, oder steigt die Spannung plötzlich sehr stark durch irgend welche Umstände, so schmilzt mitunter der Platindraht in der Lampe, deren Glas wird durch die Hitze zersprengt und die Kugel von innen mit Kohle oder verflüchtigtem Platin spiegelartig belegt.

Fig. 42.

Zwei höchst charakteristische Fälle, wie auch die Glasbirnen mitunter Löcher bekommen, ohne dass eine erkennbare Ursache eingetreten wäre, will ich nachstehend noch mittheilen.*)

Bei einer Bernstein-Lampe von 32 Normalkerzen, von denen je zwei neben- und je zwei hintereinander geschaltet waren, fand eine Einstülpung des Glases statt wie in Fig. 42. Wie dies geschehen ist, war leider nicht beobachtet worden. Erklären lässt sich dieser Vorgang auf verschiedene Weise. Wahrscheinlich bildete sich nach dem

*) Siehe „Electrical Review", London 1888, S. 118 und 432

Brechen des Fadens zwischen dessen Enden ein Lichtbogen, welcher das Glas so stark erhitzte, dass die Luft die Glaswand eindrückte. Die Lampe war innen völlig geschwärzt. Umgekehrt fand bei einer Schuyler-Lampe eine Ausstülpung des Glases statt wie in Fig. 43. Die Lampe hat 13 Volts, 9·7 Ampères und 50 Normalkerzen. Sie war bereits über 100 Stunden ohne Anstand in Betrieb gewesen, als plötzlich der Faden brach und die Ausstülpung erfolgte. Es ist nicht anzunehmen, dass hier etwa noch in der Glasbirne Luft vorhanden war, die sich hätte so stark ausdehnen können, sondern es mag vielmehr eine Entladung wie bei einer Leydnerflasche stattgefunden haben.

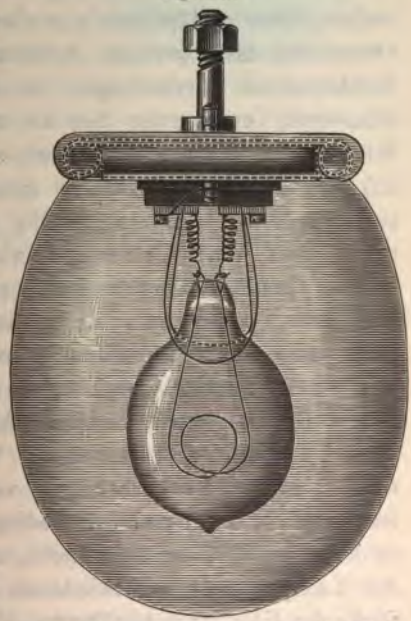
Fig. 43.

Diese Thatsachen nöthigen also dazu, je nach Umständen Schutzglocken anzuwenden, die entweder nur staubdicht oder auch luftdicht sein müssen, je nach dem Orte der Verwendung und nach Art des Betriebes, dem sie dienen sollen. Unter den zahlreichen Constructionen, welche man für diesen Zweck ersonnen hat, sollen nur zwei sehr einfache, aber praktische hier Erwähnung finden. Wo es nur auf Staubdichte, wie z. B. in Mühlen, ankommt, setzt man die eiförmige Schutzglocke mit dem oberen Rande in eine Kappe, deren aufgeschraubter Deckel einen Gummiring enthält, welcher beim Niederschrauben den Glasrand fest andrückt. Fig. 44 zeigt

eine solche Schutzglocke, welche noch durch einen Drahtkorb gegen zufällige Beschädigungen geschützt ist. Eine absolut luftdichte Schutzglocke*) ist in der Fig. 45 dargestellt. Der Abschluss der Schutzglocke ist hier durch einen starken Gummiring bewirkt, der in einer Hohlkehle des Deckels sich befindet. Die Glocke hat am Rande auch eine entsprechende Rinne, in welche sich der Ring fest hineindrückt. Der Verschluss hat den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit, er ist auch selbst für feuchte Räume sehr geeignet, wie z. B. für die Gährkeller von Brauereien, da die Dichtung und Befestigung der Schutzglocke ohne alle Metalltheile stattfindet.

Fig. 44.

Fig. 45.



22. Erwärmung der Lampen.

Woher es eigentlich kommt, dass die Glühlampe äusserlich so wenig warm wird, habe ich

*) Siehe „Electrical Review", London 1888, S. 65.

schon an anderer Stelle besprochen, will jedoch hier noch auf einen Umstand besonders hinweisen, der nicht immer genügend beachtet wird. Die Abkühlung der Lampe in der äusseren, die Glasbirne umgebenden Luft spielt nämlich in Bezug auf die allgemeine Erwärmung eine nicht unwichtige Rolle, desgleichen auch die Beschaffenheit der Glasoberfläche des Glasballons. Von zwei sonst ganz gleichen Glühlampen, die nebeneinander unter ganz gleichen Bedingungen brennen, wird diejenige, welche ein matt geschliffenes Glas hat, heisser werden, als die andere, welche eine gewöhnlich glatte Oberfläche besitzt. Dies erklärt sich aus zwei Ursachen: Die matte Oberfläche lässt weniger Lichtstrahlen des glühenden Kohlenfadens durchdringen als die völlig durchsichtige Glaswand, es werden bis zu 30 Procent leuchtende Strahlen in Wärme umgesetzt, und ferner circulirt die abkühlende äussere Luft an einer rauhen Fläche nicht so schnell wie an einer völlig glatten. Hieraus folgt auch, dass eine Glühlampe nur bedingungsweise in hohem Grade Feuersicherheit gewährleistet, und zwar nur dann, wenn man sie so anbringt, dass sie sich leicht und sicher abkühlen kann, oder wenn man sie mit einem Schutz umgiebt, so dass leicht brennbare Stoffe das Glas nicht berühren können. Mascart hat in dieser Beziehung interessante Versuche angestellt,*) welche meine Beobachtungen vollauf bestätigen. Um festzustellen, unter welchen Bedingungen eine Glühlampe so heiss wird, dass sie zündet, umhüllte der Genannte die Lampen mit verschiedenen Stoffen, so dass die Stoffe das Glas innig berührten. Es zeigte sich bei diesen

*) „Zeitschrift für Elektrotechnik", Wien 1889, S. 53.

Versuchen nun Folgendes: Sehr dünner, grossmaschiger Gazestoff, wie er zu den Ballettkleidern verwendet wird, bot den Lichtstrahlen so wenig Widerstand, dass derselbe gar nicht beschädigt wurde. Bei Umhüllung mit reiner Baumwolle erfolgte eine geringe Steigerung der Temperatur, während die lockere und flockige Baumwolle sehr bald verkohlte. Dunkle oder schwarze Wollstoffe dagegen fingen an zu brennen. Für die Lichteffecte in den Theatern pflegt man die Glühlampen mit rothem und grünem Lack zu färben, oder man fertigt sie aus Glas von entsprechender Farbe; man kann bei solchen Lampen ebenfalls beobachten, dass sie bedeutend wärmer werden, als die gewöhnlich durchsichtigen Lampen. Diese Temperaturerhöhung wächst von Rubinroth anfangend durch die ganze Farbenscala, so dass man an einer Lampe mit dunkelviolettem oder schwarzem Glase sich die Finger verbrennen kann.

23. Reihenschaltung der Lampen.

Die Nebeneinanderschaltung der Glühlampen, welche zunächst die weitgehendste Theilung des elektrischen Lichtes ermöglichte, ist unter Umständen zu kostspielig, weil bei grösseren Entfernungen der Querschnitt der Leitungen zu gross wird. Man wendet daher neuerdings, z. B. bei Beleuchtung von Wegen oder Strassen, auch die Reihenschaltung an, indem man Glühlampen von etwa 25 Volts und 10 Ampères wie die Bogenlampen hintereinander verbindet. Die Leitungen für diesen Zweck können sehr lang sein, da sie geringen Querschnitt haben und der Spannungsverlust keine Rolle dabei spielt. Einmal ist derselbe bei der erforderlichen Stromstärke nicht sehr gross, und wo es sich selbst um eine Leitung von

einigen Kilometern handelt, kann man ihn durch Erhöhung der Umdrehungen der Dynamos leicht wieder einbringen. Die Lampen, welche hierzu geeignet sind, werden auf S. 120 erwähnt und sind in Fig. 46 auch abgebildet. Sie haben naturgemäss einen starken, kurzen Faden. Die Berechnung der Leitungen für diese Reihenschaltung ist dieselbe wie für Bogenlicht-Leitungen; man kann dazu die nachstehende Formel verwenden:

$$Q = \frac{100}{p} \cdot \frac{\mathfrak{l}}{m \,.\, r \,.\, k}, \text{ worin}$$

$\mathfrak{l}$ = ganze Leitungslänge,
m = Lampenanzahl,
r = Widerstand der Lampe (warm),
p = Procente Verlust,
$K = 57$ = Leitungsfähigkeit des Kupfers.

Für Siemens' Bogenlampen von 9 Ampères vereinfacht sich obige Formel auf $Q = \frac{\mathfrak{l}}{2{\cdot}6 \,.\, m \,.\, p}$, für parallel geschaltete Bogenlampen $Q = \frac{l \,.\, J}{57\,(E - 80)}$, worin E die Spannung zwischen den Hauptleitungen.

Die Schaltung der Glühlampen hintereinander hat jedoch eine Schwierigkeit, die man neuerdings durch sehr sinnreiche Umschalter gehoben hat. Sobald nämlich der Kohlenfaden einer Lampe zerbricht oder durch längeren Gebrauch zerstört wird, würde der Stromkreis unterbrochen werden, so dass nicht allein die zerstörte Lampe, sondern alle Lampen desselben Stromkreises verlöschen müssten. Die Vorkehrungen, welche man ersonnen hat, um dies zu verhindern, sind mannigfacher Art: In amerikanischen Anlagen hilft man sich vielfach in der Weise, dass man die Drähte, welche in die Lampe

führen, kurz vor derselben einander so nahe bringt, dass sie sich beinahe berühren; man schneidet jedoch dem Strome den Weg vorläufig dadurch ab, dass man an dieser Stelle ein Stück paraffinirtes Papier bringt. Bricht dann ein Kohlenfaden, so durchschlägt der hochgespannte Strom das Papier und schmilzt die Drähte zusammen.

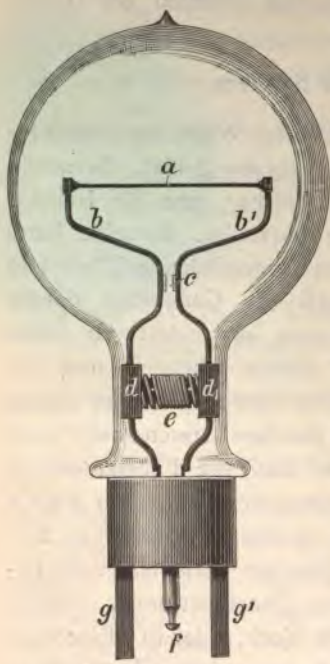
Bernstein's System.

In sehr einfacher und praktischer Weise hat Alexander Bernstein in Hamburg diese Aufgabe gelöst. Bernstein war wohl einer der Ersten, welcher eine für Reihenschaltung brauchbare Lampe herstellte. Dieselbe hatte ursprünglich einen hohlen, aus Seidenfäden geklöppelten Kohlenfaden, den später auch die Canstätter Fabrik für Lampen von hoher Spannung anwendete. Es zeigte sich jedoch, dass man aus diesem Material und bei dieser Art der Verwendung eines Gewebes keinen Faden herstellen kann, der stets bei gleichen Dimensionen auch möglichst gleichen Widerstand hat. Die Fabrikation ist daher später nach dem Eingehen der Canstätter Fabrik hauptsächlich auf Lampen geringer Spannung ausgedehnt worden. Nach langjährigen Arbeiten und Erprobung der verschiedensten Constructionen, welche alle in „Electrical World", New-York, oder in „Electrical Review", London, sowie auch in anderen Zeitschriften unseres Continents beschrieben worden sind, hat Herr Bernstein seiner Lampe die folgende Einrichtung gegeben.

Um Lampen verschiedener Helligkeit hintereinander schalten zu können, müssen alle Kohlenfäden für die gleiche Stromstärke bemessen sein. Es sind daher alle Lampen mit 10 Ampères für 16 bis 50 Kerzen gebaut,

die etwa 2·8 Watts per Kerze brauchen. Der Kohlenfaden (Fig. 46) bildet einen geraden Stab von geringem Widerstand, der zwischen den federnden Drähten $b\,b^1$ gut befestigt ist. Bei c sind Contactplättchen angebracht, welche sehr nahe zusammenstehen. Die zwischen den isolirenden Hülsen D befindliche Spiralfeder e zieht in dem Augenblicke, wo der Kohlenfaden a bricht, die Drähte $b\,b^1$ zusammen, wodurch sicher der Kurzschluss bei c hergestellt wird, so dass eine Unterbrechung des Stromkreises nicht stattfindet. Die Wirkung der Spiralfeder e tritt ganz allmählich ein, sobald sich die Festigkeit des Kohlenstabes a nur im Geringsten ändert. So lange der Stab a unverletzt ist, hält er die Contacte c sicher auseinander. Auf diese einfache Weise ist die Bildung eines Lichtbogens in der Lampe, welche oft deren Zerstörung herbeiführt, völlig vermieden.

Fig. 46.



Es ist bei der Reihenschaltung von Glühlampen jedoch auch nöthig, dass beim Auswechseln einer Lampe keine Unterbrechung des Stromkreises stattfinden kann. Für diesen Zweck hat Herr Bernstein eine Fassung mit

besonderem Ausschalter ersonnen (Fig. 47 und 48). Derselbe ist so eingerichtet, dass wenn die Lampe brennt, der Haken *m* die Lampe am Knopf *f* festhält. Soll die Lampe aus der Fassung entfernt werden, so muss der Hebel *m* in die Lage (Fig. 47) gedreht werden, so dass zwischen den Lampencontacten Kurzschluss entsteht. Aus dieser Stellung kann der Ausschalter erst wieder herumgedreht werden, nachdem eine Lampe eingesetzt ist, weil eine Feder bei k_1 den Hebel *m* festhält, bis die Contactstifte $g\,g^1$ (Fig. 46) in die Hülsen *k* und k_1 (Fig. 47) eingeschoben sind.

Fig. 47.

Fig 48.

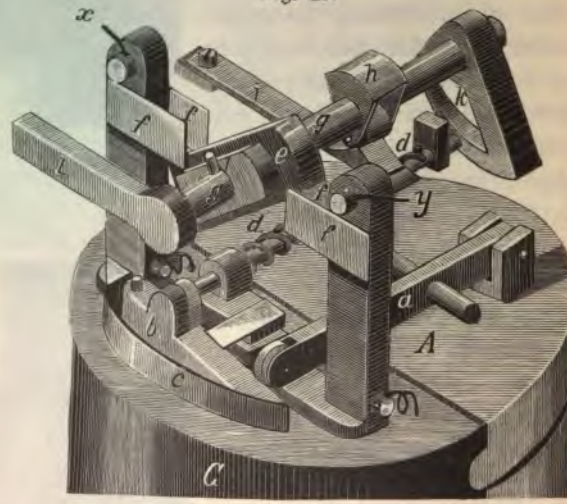
Die wegen ihrer hohen Spannung am Continent so viel geschmähte Brush-Dynamo ist für Reihenschaltung von Glühlampen sehr geeignet, weil der im Nebenschluss zu den Magneten liegende Regulirwiderstand die Spannung je nach der Anzahl der Lampen sehr sicher regelt, ohne dass die Geschwindigkeit des Motors sich zu ändern braucht. Der Kraftbedarf bei dieser Anordnung bleibt auch nahezu im Verhältniss zur brennenden Lampenzahl.

Siemens' Doppelausschalter.

Denselben Zweck, wie Bernstein's Einrichtung, erzielt Siemens durch einen Elektromagneten, der einen

zweifachen Umschalter bethätigt. Fig. 49 zeigt die Einrichtung in perspectivischer Ansicht. In dem Gehäuse *G* befindet sich ein Elektromagnet von hohem Widerstand, dessen Windungen im Nebenschluss zur Lampe liegen. Der bewegliche Deckel *A* bildet den Anker des Magneten. An den Klemmen *x* und *y* sind sowohl die Leitungen,

Fig. 49.



als auch die Lampencontacte angeschlossen. Zwischen diesen Klemmen *xy* bildet einmal der Hebel *e* bei den Federn *f* oder auch das von der Feder *c* bethätigte Stück *b* einen Kurzschluss. Bricht die Kohle der Lampe, so geht mehr Strom durch den Magneten, der Anker *A* wird abwärts gezogen, und der Hebel *a* giebt das Stück *b* frei, so dass die Klemmen *xy* kurz geschlossen werden. Der Hebel *l* mit der Welle *g* bildet den Ausschalter,

durch dessen Drehung von Hand man den Strom vom Kohlenfaden abschalten kann. In welcher Stellung sich nun derselbe auch befinden mag, ist entweder durch *e* oder *b* Kurzschluss erzeugt, falls keine Lampe im Halter richtig sitzt oder der Faden gebrochen ist. Dies ist dadurch erreicht, dass der Stift *d* und der Excenter *k* die beiden Ausschalter voneinander abhängig machen. Ist *e* geschlossen, so drückt Stift *d* den Contact *b* ab, und ist *e* geöffnet, so giebt Stift *d* das Stück *b* frei, welches jedoch nur dann den Contact herstellt, wenn der Anker *A* angezogen ist.

Bernstein sowohl, als auch Andere haben auch Schmelzvorrichtungen angewendet, welche im Nebenschluss zur Lampe liegen. Bernstein benutzt einen besonderen Contactstöpsel, während Rotten eine kleine Büchse anwendet. Beide enthalten einen leicht schmelzbaren Stoff, der so lange isolirend wirkt, als keine Störung in der Lampe stattfindet; tritt dieselbe jedoch ein, so schmilzt der Stoff, und eine Feder drückt eine Contactplatte vorwärts, so dass beide Pole in metallische Verbindung kommen.

Es würde zu weit führen, hier alle Abänderungen, die auf obigem Princip beruhen, zu beschreiben. Es ist mir nicht bekannt, ob sie sich praktisch bewährt haben; Bernstein's zuerst beschriebene Einrichtung, sowie der Siemens'sche Ausschalter sind mit Erfolg in praktischer Anwendung.

Bernstein hatte übrigens 1882 auch einen Ausschalter mit Elektromagnet in Verwendung, er dürfte ihn wohl hauptsächlich wegen des höheren Preises durch seine neueste Construction ersetzt haben.

24. Der wirthschaftliche Betrieb

des Glühlichtes spielt besonders bei grossen Elektricitätswerken eine erhebliche Rolle. Da bei solchen Werken aber besonders in den langen Leitungen ein erheblicher Kraftverlust stattfindet, so wird hier den Berechnungen zunächst der wirthschaftliche Querschnitt der Leitungen zu Grunde gelegt, besonders auch deshalb, weil ja die Lampen von den Strom verbrauchenden Stellen bezahlt werden. Es wird sich jedoch unter Umständen nicht nur bei Einzelanlagen, sondern auch bei grösseren Werken darum handeln, ob man, je nach den Kosten der Betriebskraft für die Dynamos, Lampen von hoher oder von geringer Oekonomie anwenden soll. Ferner wird auch die Höhe des Lampenpreises hiefür maassgebend sein, d. h. also, man muss die Betriebskosten einer Lampe auf ein Minimum bringen.

Ist der Preis des Stromes hoch, der der Lampen jedoch gering und sind dieselben genügend haltbar, so liegt es im Interesse des Betriebes, Lampen anzuwenden, welche ökonomisch sind, also pro Kerze etwa nur 2 bis 3 Watts gebrauchen. Ist dagegen der Strom billig, die Lampen jedoch theuer und wenig haltbar, so thut man besser Lampen anzuwenden, welche viel Strom brauchen, sie auch wenig anzustrengen, damit sie lange halten.

Wenn man nur die Anzahl Watts berücksichtigt, um die Oekonomie einer Lampe zu bemessen, so ist dies eigentlich nicht ganz genau; man sollte auch noch die Erwärmung der Lampe in Rechnung ziehen, da dieselbe bei den verschiedenen Lampen durchaus nicht gleich ist.

Auf Grund von Versuchen der amerikanischen Edison-Gesellschaft hat Mr. John W. Howell interessante Berechnungen über den maximalen Nutzeffect der Glühlampen angestellt,*) welche das Vorstehende bestens erläutern. Um diesen maximalen Nutzeffect zu ermitteln, war es zunächst nöthig, die Güte der Lampen, also vor Allem ihre Haltbarkeit, „Lebensdauer", zu kennen. Da jedoch dergleichen Versuche nicht allein auf einen langen Zeitraum sich erstrecken müssen, wenn sie einigen Werth haben sollen, sondern auch sehr kostspielig sind, so hat Mr. Howell für seine Berechnungen Versuche benutzt, welche man fünf Jahre hindurch mit alten Edison-Lampen gemacht hat, die noch mit unpräparirten Bambusfäden versehen waren. Die umstehend gegebene Curve Fig. 50 zeigt die Lebensdauer dieser Lampen nach zahlreichen, sorgfältigen Versuchen, und zwar für Lampen, welche 2 bis 5 Watts pro Kerze brauchen. Die Curve ist ganz analog den Angaben, wie ich sie in Bezug auf unsere modernen Lampen in Tabelle 21 gemacht habe, es ist eine Curve, welche sich der Coordinatenachse asymptotisch nähert, aus der sich klar ergiebt, wie mit abnehmender Oekonomie die Lebensdauer wächst und umgekehrt, mit zunehmender Oekonomie die Haltbarkeit geringer wird.

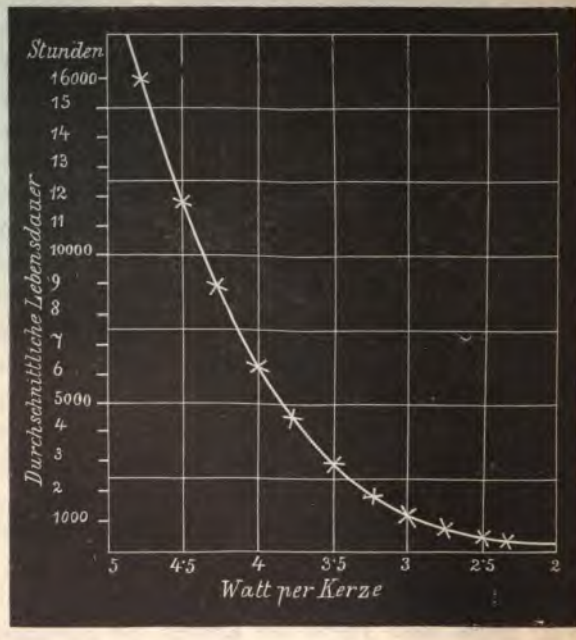
Um nun das Maximum des Nutzeffectes zu ermitteln, muss man zuerst die Kosten der Stromerzeugung feststellen, welche bei wachsendem Nutzeffect der Lampen abnehmen, und ferner die Kosten der Lampen aufstellen, die mit dem Nutzeffect wachsen. Summirt man beides, so findet man einen gewissen Preis, welcher

*) „Electrical Review", London 1888, S. 693.

das Minimum der Betriebskosten, also das Maximum des Nutzeffectes, darstellt, unter welchem man die Lampen betreiben muss. Die Kosten der Stromerzeugung sind

$$\frac{\text{Watts pr. Kerze} \times 16 \times 100 \times 1000 \times \text{Stromkost. pr. H. P.}}{736}$$

Fig. 50.



und die Kosten der Lampen sind =

$$\frac{\text{Preis einer Lampe} \times 100 \times 1000}{\text{Lebensdauer bei gegebener Wattzahl pro Kerze.}}$$

Es ist hierbei ein Betrieb von 100 Lampen fü 1000 Stunden im Jahre zu Grunde gelegt. Mr. Howe berechnet nach obigen Formeln verschiedene Fälle be

einem Lampenpreis zwischen 1·60 bis 4·50 Mark und einem Preis des Stromes pro H. P. zwischen 2·5 bis 10 Cents, sowie einer Lebensdauer der Lampen von 300 bis 2400 Stunden. In allen Fällen ergiebt sich zwischen den Lampenkosten und den Gesammtkosten ein Verhältniss von etwa 15 Procent. Die verschiedenen Beispiele habe ich in nachstehender Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Die Preise sind in Dollars und Cents beibehalten.

Preis		Lebens-dauer	Watts pro Kerze	Kosten		Maximal-Nutzeffect	Verhältniss
der Lampe pro Stück	des H. P.-Stromes			in minimo total	der Lampen		
Cents		Stunden		Dollars		Watts pro Kerze	
85	10	600	3	783	113	3·1	0·145:1
100	10	600	3	800	118	3·18	0·147:1
100	5	600	3	444	68—9	3·5	0·155:1
100	2·5	300	3	273	41	4 32	0·154:1
50	10	1200	3	654	92	2·62	0·14 :1
50	5	1200	3	362	53	2·875	0·146:1
50	10	600	3	728	107	2·88	0·146:1
50	5	600	3	400	60	3 175	0·15 :1
25	5	2400	3	294	41	2·38	0·14 :1
25	10	2400	3	535	81	2·14	0·151:1
25	5	1200	3	327	47	2·62	0·143:1

Trägt man die Gesammtkosten bei verschiedener Oekonomie als eine Curve auf, so sieht man sofort, dass da, wo die Stromerzeugung theuer ist, die Lampen sorgfältig ausgewählt werden müssen, da auch nur geringe Abweichungen im Nutzeffecte vom Maximal-Nutzeffecte die Gesammtkosten erheblich vermehren.

Ob man also bei einem Betriebe von Glühlampen ökonomisch arbeitet, kann man leicht dadurch ermitteln, dass man nachrechnet, ob die Gesammtkosten zu den Kosten der Glühlampen sich wie 15 : 1 verhalten. Findet man, dass dies Verhältniss z. B. nur 10 : 1 ist, so muss man entweder die Lampen auswechseln, so dass man das gleiche Licht bei höherem Nutzeffect erzielt, oder man wird die alten Lampen mit höherem Nutzeffect brennen, indem man ihre Anzahl vermindert und die Spannung erhöht.

Die Lebensdauercurve folgt nicht den Gesetzen der Hyperbel, man hat bis jetzt überhaupt keinen mathematischen Ausdruck für dieselbe finden können. Den vorstehenden Berechnungen ist übrigens die Annahme zu Grunde gelegt, dass Lampen von 3 Watts pro Kerze bei verschiedener Lebensdauer alle derselben Curve folgen. Es mag dies ja praktisch wohl zutreffen, jedoch ist kein Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme gegegeben worden.

Es würde den Rahmen dieses Buches überschreiten, wenn ich hier auch die Grundsätze entwickeln wollte, nach welchen man den wirthschaftlichen Querschnitt der Leitungen für grosse Werke zu berechnen hat; ich beschränke mich daher darauf, hier nur anzuführen, dass man eine eingehende Anleitung dieser Rechnung sowohl in Strecker's „Hilfsbuch für Elektrotechnik", als auch im Jahrgang 1887 der „Electrical Review", London, von der Feder des Herrn W. Fritsche findet.

25. Die Betriebskosten

des Glühlichtes sind nachstehend für eine Anlage von 60 Lampen unter der Annahme berechnet, dass man

pro H. P. Stunde 3·5 *kg* Kohlen zum Preise von 2 Mark pro 100 *kg* braucht, die Glühlampe von 16 Kerzen 2·5 Mark kostet und deren Lebensdauer durchschnittlich 800 Stunden beträgt. An Amortisation und Zinsen sind für einen Betrieb von 600 bis 1000 Stunden 10 Procent, über 1000 Stunden 15 Procent in Ansatz gebracht. Die Zahlen lassen klar erkennen, wie mit dem Wachsen der Betriebsstunden die Kosten für eine Lampe sinken.

1. Lampenverbrauch pro Stunde $\frac{250}{800} = 0{\cdot}3125$ Pfg.

2. Betriebskraft pro Lampe und Stunde

$3{\cdot}5 \,.\, 2 = \frac{7}{12} = 0{\cdot}583$ (bei 12 Lampen auf 1 H. P.), also

$0{\cdot}3125 + 0{\cdot}583 = 0{\cdot}8955$ Pfennig, rund 0·9 Pfennig.

Eine frühere Berechnung, welche ich im Jahre 1884 (in meinem Buche: „Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen", A. Hartleben, Wien) veröffentlichte, hatte als Grundlage einen Kohlenpreis von 60 Pfennige pro 100 *kg* und einen Glühlampenpreis von 5 Mark pro Stück. Auch hier betrug der Lampenverbrauch und Betriebskraft pro Lampe und Stunde 0·9 Pfennig.

3. Bedienung und Schmiermaterial bei einer Anlage von 60 Lampen ohne Dampfmaschine und Kessel 30 Pfennige, also $\frac{30}{60} = 0{\cdot}5$ Pfennig.

4. Amortisation und Zinsen (von den Anlagekosten für 60 Lampen ohne Dampfmaschine und Kessel = 2750 Mark), bei 10 Procent $= \frac{27500}{60} = 458{\cdot}3$

bei 15 Procent $= \frac{41250}{60} = 687{\cdot}5$.

Dividirt man diese Zahlen durch die Anzahl der jährlichen Brennstunden, so ergeben sich die gesammten Betriebskosten für die Lampenstunde:

Bei 600 Stunden $\frac{458{\cdot}3}{600} = 0{\cdot}7 + 0{\cdot}9 + 0{\cdot}5 = 2{\cdot}1$ Pfg.

„ 800 „ $\frac{458{\cdot}3}{800} = 0{\cdot}5 + 0{\cdot}9 + 0{\cdot}5 = 1{\cdot}9$ „

„ 1000 „ $\frac{458{\cdot}3}{1000} = 0{\cdot}45 + 0{\cdot}9 + 0{\cdot}5 = 1{\cdot}85$ „

„ 3500 „ $\frac{687{\cdot}5}{3500} = 0{\cdot}19 + 0{\cdot}9 + 0{\cdot}5 = 1{\cdot}59$ „

In ähnlicher Weise lassen sich für eine beliebig grosse Anlage die Betriebskosten ermitteln, wenn man die Anlagekosten kennt. Dieselben stellen sich nach Angabe von Siemens & Halske wie in nachstehender Tabelle angegeben ist. Aus der in der ersten Spalte angegebenen Betriebskraft kann man leicht die Anzahl der Glühlampen berechnen, indem man pro H. P. 12 Lampen zu 53 Watts oder 650 Watts Nutzeffect im Stromkreise rechnet. Wo bei ausgedehnten Anlagen durch lange Leitungen oder mehrfache Riemenübertragungen bedeutende Kraftverluste stattfinden, wird man nur 10 Glühlampen auf die Pferdekraft nehmen dürfen. Die Anlagekosten stehen im Allgemeinen im indirecten Verhältniss zur Oekonomie des Betriebes. Da der Kohlenpreis je nach Umständen erheblich schwankt und auch der Preis des Gases für den Betrieb der Gasmotoren sehr verschieden ist, so habe ich davon Abstand genommen, die obige Berechnung für Anlagen von verschiedenem Umfange hier weiter auszuführen. Die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden in den verschiedenen Betrieben ergeben die Tabellen Nr. 9, S. 152.

Kosten der Betriebsanlagen für elektrische Beleuchtung.

a) Mit Dampfmotoren.

Betriebskraft in H. P.	Complete Anlage: Haus, Esse, Fundamente, Kesselanlage, Motor u. Riemen; Bauplatz vorhanden	Anlagen bei vorhandenen passenden Räumlichkeiten	Anlagen bei vorhandenen passenden Räumlichkeiten und vorhandener Dampfkesselanlage
	Kosten in Mark circa		
2	2.600— 4.000	1.600— 3.000	1.500
4	4.800— 6.500	3.800— 5.500	2.000
6	5.500— 7.000	4.500— 6.000	2.750
8	7.000— 8.000	6.000— 7.000	3.300
10	8.000— 9.000	7.000— 8.000	4.000
12	9.000—11.900	8.000—10.400	4.750
15	11.000 -13.900	9.800—12.000	6.000
20	13.500—15.600	12.300—13.800	6.750
25	15.900—17.900	14.400—15.800	7.500
30	17.000—20.500	15.500—18.400	8.000
40	18.400—23.000	16.800—20.600	9.500
50	19.800—25.000	18.000—22.600	11.000
60	22.000—30 000	19.900—27.000	12.000

b) Mit Gasmotoren.

H. P.	Complete Anlagen in betriebsfähigem Zustande mit zweicylindrigen Motoren, Fundamenten, Riemen, Rohrleitungen und allen Zubehörtheilen	
	Mit Maschinenhaus; Bauplatz vorhanden	Ohne Maschinenhaus; passende Räume vorhanden
	Mark circa	
3	5.200	4.200
5	6.500	5.500
8	7.300	6.300
12	9.400	8.200
16	11.000	9.800
20	12.200	11.000
25	14.000	12 500
30	15.500	14.000
40	17.600	16.000
50	19.800	18.000

Die Gebäude sind in vorstehenden Angaben massiv mit Wellblechdach bei gutem Baugrund angenommen. Die Preise differiren erheblich, je nachdem man Kessel und Dampfmaschine combinirt oder getrennt wählt.

26. Hochkerzige Lampen.

Bis vor wenig Jahren verstand man es noch nicht, hochkerzige Lampen für hohe Spannung zu erzeugen.

Auch heute noch giebt es wohl nur die eine Fabrik der „Lunbeam"-Lampe, welche sie in tadelloser Güte fertigt. Es kann uns daher nicht wundern, dass man am Continent für Lampen von grösserer Helligkeit fast ausschliesslich Bogenlicht verwendet. Es werden jedoch bereits Stimmen laut, welche sich gegen die wenig ökonomische Nebeneinanderschaltung von Bogenlampen erheben.*) Eine Glühlampe von 500 Normalkerzen wie sie auf S. 15 näher beschrieben sind (s. auch Tabelle Nr. 3, S. 146), für 100 Volts braucht 10 Ampères oder 2 Watts pro Kerze und kostet 25 Mark. Da ihre Dauer mindestens 1000 Stunden beträgt, so entfallen 2·5 Pfennige Lampenkosten auf die Stunde; dieselben ermässigen sich jedoch noch, da der Werth des Platins in der Lampe, der bei dieser Art Lampen ziemlich hoch ist, in Abzug vom Preise zu bringen ist. Thatsächlich vergütet auch die Fabrik das alte Platin zu ganz bedeutendem Betrage. Man erhält also für 1000 Watts 500 Kerzen. Mit Bogenlampen in Nebeneinanderschaltung erzielt man bei 10 Ampères allerdings mehr Licht, weil bei 100 Volts je zwei Lampen hintereinander brennen. Wie oft aber muss man die zweite Lampe eben nur mitbrennen oder sie durch einen Widerstand ersetzen, weil man eine Lampe ohneweiters allein nicht betreiben kann. Die Wartung der Bogenlampen, sowie der Ersatz der Kohlenstifte macht auch erhebliche Kosten, und die Bogenlampe ist in der Anschaffung auch nicht billig.

---

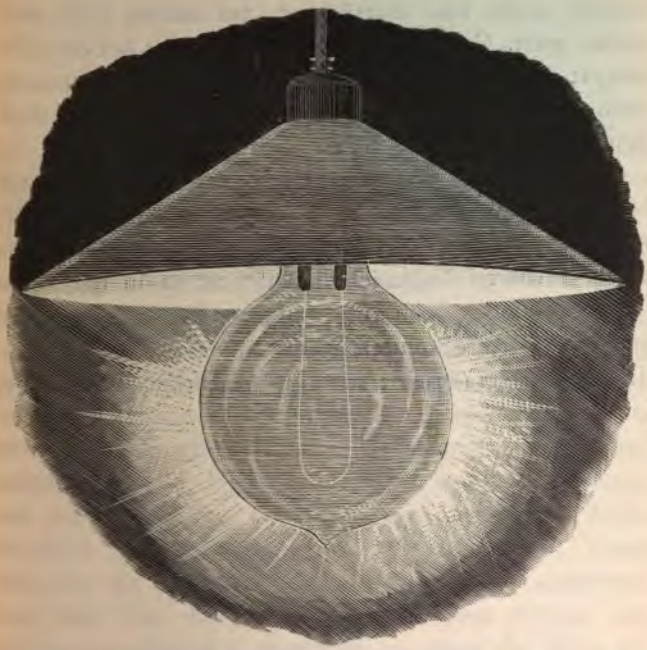
*) M. M. Rotten's Vorrichtung, „Zeitschrift für Elektrotechnik", Wien 1889, S. 94. — „Elektrotechnischer Anzeiger" 1889, S. 1135, vom 25. December.

Bei Centralen, wo für die Bogenlampen Abgaben von circa 40 Mark jährlich zu zahlen sind, entfallen allein bei 1000 Stunden jährlicher Betriebsdauer 4 Pfennige für die Benutzung jeder Bogenlampe ohne Bedienung und ohne Kohlenstifte. Die Kohlenstifte kosten pro Stunde und Lampe mit Einsetzen etwa auch 4 Pfennige, so dass also pro Bogenlampe und Stunde 8 Pfennige ohne Stromkosten entfallen. Man kann diese Kosten für hochkerzige Glühlampen und Bogenlampen direct vergleichen ohne Berücksichtigung des Strompreises, da der Strom in beiden Fällen 10 Ampères beträgt. In dem einen Falle kosten 500 Kerzen Glühlicht 2·5 Pfennige, im anderen Falle 500 Kerzen Bogenlicht $\frac{8}{2} = 4$ Pfennige. Es ist also, selbst wenn man auch nur 3 Pfennige für Kohlenstifte rechnen wollte, das Bogenlicht theuerer als Glühlicht.

In vielen Fällen braucht man zwar sehr helle Lampen, aber das so grelle Bogenlicht wirkt störend, oder bei der Beleuchtung von Schaufenstern verursacht das Auswechseln der Kohlenstifte und die Reinigung der Bogenlampen täglich eine Verunreinigung der zur Schau ausgelegten Gegenstände. Es giebt also eine ganze Anzahl von Umständen, welche die Anwendung hochkerziger Glühlampen vortheilhaft oder wünschenswerth oder auch gar das Bogenlicht theuerer als Glühlicht machen. Ich wollte den Theil über die Anwendung der Glühlampen nicht schliessen, ohne auf die verschiedenen Factoren, welche bei derselben in Betracht kommen oder auf den Preis des Lichtes mitbestimmend einwirken, wenigstens angedeutet zu haben, muss es aber natürlich dem werthen Leser überlassen, in jedem gegebenen Falle selber zu

entscheiden, was am vortheilhaftesten ist. In vielen Fällen wird man die Wirkung der hochkerzigen Glühlampen noch durch Schirme wie in Fig. 51 erhöhen können, welche alles Licht nach unten werfen. Wie viel man

Fig. 51.



in dieser Beziehung mit einem gut polirten Reflector bisweilen erreichen kann, möge folgende Ueberlegung erläutern. Fällt ein Lichtstrahl auf eine gut polirte Glasfläche, so wird nur ein Theil des Lichtes gebrochen, der Rest aber reflectirt. Je schräger das Licht auf den Reflector fällt, desto mehr Licht wird reflectirt. Fallen

die Lichtstrahlen dagegen senkrecht auf, so wird etw nur $^1/_{150}$ reflectirt. Ein guter, ebener Metallspiegel wir 65 Procent des auf ihn fallenden Lichtes zurück, ei guter Glasspiegel etwa 75 Procent und ein Silberspiege 90 Procent. Die Bogenlampen bedürfen weniger eine Reflectors, weil die ausgehöhlte Oberkohle schon al solcher wirkt und thatsächlich das meiste Licht nach unten wirft. Ganz anders verhält sich dies bei der Glühlampe; bei dieser strahlt das Licht mehr gleichmässig nach allen Seiten aus, so dass man bei derselben durch einen Schirm wesentlich an Licht gewinnen kann.

Wollte man nun ausserdem noch die Helligkeit in Meterkerzen vergleichen, so erwiese sich das Resultat noch mehr zu Gunsten des Glühlichtes. Das grelle, immerhin etwas unruhige Bogenlicht zwingt oft dazu, die Bogenlampen ziemlich hoch aufzuhängen, während die Glühlampe bei der absoluten Ruhe und angenehmen Farbe des Lichtes gerade eine niedrige Aufhängung begünstigt.

IV. Schluss.

Das elektrische Glühlicht hat sich in der Zeit seines nunmehr zehnjährigen Bestehens sehr stark verbreitet und ist heute für viele häusliche, technische und wissenschaftliche Zwecke in Gebrauch. Seine Verbreitung nimmt in unseren Tagen sehr schnell an Umfang zu, da nicht allein die grösseren, sondern auch vielfach die kleineren Städte Elektricitätswerke anlegen oder doch deren Anlage gestatten. Die Verbreitung des Lichtes wird also in absehbarer Zeit so an Umfang zugenommen haben, dass eine Stadt wie Berlin allein eine Glühlampenfabrik vollauf beschäftigen kann. Man wird nicht zu hoch greifen, wenn man die Production an Glühlampen in Europa heute auf etwa fünf Millionen Stück jährlich schätzt. Wenn sich nun die elektrische Beleuchtung derart ausbreitet, dass man Gas und Petroleum nur zum Heizen und Treiben von Motoren anwendet, so muss die Höhe der Production in wenig Jahren sich mindestens verzehnfachen. Es erscheint darnach also in nächster Zeit sehr lohnend, sich mit dieser Fabrikation zu befassen, und je mehr die Aussichten auf Gewinnen der Processe der Inhaber von Edison's Patenten schwinden, umsomehr werden Andere den Muth haben, neue Fabriken zu gründen. In

Deutschland und Oesterreich haben wir jetzt ungefähr zehn grössere Glühlampenfabriken, welche besonders im Winter alle so beschäftigt sind, dass sie die Nachfrage kaum zu decken vermögen, während in Europa überhaupt etwa neunzehn bestehen. Die hauptsächlichsten Fabrikationsorte sind: Berlin, London, Rotterdam, Gelnhausen, Paris, Mailand, Turin, Wien und Budapest.

Bei dem heutigen Stande der Technik sollte jede gut geleitete Fabrik im Stande sein, eine Glühlampe zu liefern, welche allen mässigen Ansprüchen gerecht wird. Der Streit zwischen den Fabrikanten von Lampen und deren Abnehmern über die bessere oder geringere Qualität der Lampen wird so lange bestehen, als wir die Lampen nach den jetzt bekannten Grundsätzen, ich meine mit dem so feinen Faden, herzustellen genöthigt sind. Ein solcher Kohlenfaden ist auf seine Güte durch das Auge kaum zu prüfen, der Lampenhandel wird also immer mehr oder minder auf gegenseitigem Vertrauen beruhen.

Zum Schlusse will ich daher hier die Umstände näher erörtern, welche auf die Haltbarkeit einer Lampe einwirken. Dieselben sind zweierlei Art. Die Ursachen des frühen Zugrundegehens der Fäden ist entweder im Fabrikat oder in dessen Gebrauch zu suchen.

Die Fehler im Fabrikat sind so ungeheuer mannigfaltig, dass ich darüber allein ein dickes Buch schreiben könnte, wenn ich sie alle hier einer genauen Besprechung unterziehen wollte; es sollen daher hier nur die am häufigsten vorkommenden genannt werden. Die Fabrikationsfehler sind entweder mechanischer oder elektrischer Natur. Zu ersteren gehören schlechte Löthungen an den Contacten, Brechen der Gläser oder Drähte, Risse und Sprünge im Glas nach dem Löthen. Alle

diese Fehler lassen sich mehr oder minder leicht bei einiger Aufmerksamkeit vermeiden, sie kommen auch in Folge dessen nicht so viel vor. Am schlimmsten sind jedoch Fehler elektrischer Natur in dem Faden selbst, welche beim besten Willen mit keinen Mitteln vor dem Gebrauch entdeckt werden können. Es ist dies die innere Structur des Fadens und seine Festigkeit, welche sowohl von der ursprünglichen Beschaffenheit des Rohmaterials, als auch von der Zubereitung der Kohle abhängig ist. Zwar kann man mit Hilfe des Mikroskops die Beschaffenheit der Structur untersuchen; um dies aber thun zu können, muss eben der Faden zerstört werden, um aus den verschiedenen Theilen seiner Länge Proben zu entnehmen.

Trotz allen Fleisses und allen wissenschaftlichen Scharfsinnes bei der Leitung der Fabrik ist es nicht ausgeschlossen, dass kleine Fehler im Fadenmaterial unbemerkt hindurchschlüpfen und einen Theil der Lampen dadurch weniger haltbar machen. Dies mögen alle ungeduldigen Abnehmer von Lampen immer bedenken, dann werden sie sich manchen Streit und Aerger ersparen.

Eine ganz eigene Sache ist es auch um die so oft verlangten und bedingungsweise gegebenen Garantien über die Lebensdauer.

Es ist eine allgemein erwiesene Thatsache, dass Lampen, welche mit 1 bis 2 Volts Ueberspannung brennen, eine proportionale Einbusse an ihrer Lebensdauer erleiden, und es ist ferner auch bekannt, dass bei einzelnen Anlagen und den gewöhnlichen Betriebsmaschinen die Aufsicht und Regulirung der Maschinen niemals so exact ist, dass nicht öfter Schwankungen der Geschwindig-

keit der Motoren eintreten, die von kürzerer oder längerer Dauer sind. Dadurch ist es aber unvermeidlich, dass die Spannung der Dynamos auch zeitweise um mehr als 2 Volts schwankt. Alle diese Schwankungen im Betriebe sind aber geeignet, die Dauer der Lampen zu beeinträchtigen. Nun können aber nicht nur die Schwankungen der Motoren, sondern auch die in einzelnen Leitungen abnehmende Stromstärke die Ursache zur Erhöhung der Spannung bilden, sobald nämlich in längeren Leitungen mit mehr als 2 Procent Spannungsverlust Lampen ausgeschaltet werden. Heute, wo jeder Mechaniker und Schlosser sich mit Einrichtung elektrischer Anlagen befasst, ob er die nöthigen Vorkenntnisse dazu hat oder nicht, kann der Lampenfabrikant niemals wissen, mit welchem Spannungsverlust die Leitungen berechnet sind, für welche er seine Lampen liefert, oder ob sie überhaupt berechnet oder vielmehr nur so aus dem „Handgelenk" entworfen sind.

Ein weiterer Uebelstand, der allerdings, seit wir in Deutschland eine physikalisch-technische Reichsanstalt haben, sich allmählich vermindern wird, sind die oft sehr voneinander abweichenden Voltmeter*). Die Abweichungen, welche dieselben gar sehr oft ausweisen, betragen nicht selten bis zu 5 Procent. Sie werden nicht allein durch ungenaues Aichen mit unrichtigen Normalinstrumenten verursacht, sondern die Apparate ändern sich auch im Laufe der Zeit entweder aus rein mechanischen oder auch aus magnetischen oder elektrischen Ursachen. Kurz, der Ursachen der Ungenauigkeit giebt es

*) Siehe M. Baumgardt: Ein neues Princip technischer Spannungsmesser, „Zeitschrift für Elektrotechnik", Wien 1889, S. 137.

eine grosse Zahl, die von dem Laien vor allen Dingen niemals völlig erkannt und vermieden werden können.

Es ist daher niemals ausgeschlossen, dass an sich sehr gute Lampen eine nicht genügende Haltbarkeit ausweisen können. Die Untersuchung der Ursachen ist jedesmal von einem Sachverständigen zu leiten, wenn dies die Umstände irgend gestatten. Unbedingt kann man den Lampen nur dann eine Schuld beimessen, wenn die Untersuchung einen Mangel in der Anlage oder im Betriebe nicht ergeben hat. Will man den Maschinisten controliren oder die Güte der Regulirung der Motoren prüfen, dann empfiehlt es sich, einen registrirenden Voltmeter dauernd oder einige Wochen hindurch einzuschalten, wie sie z. B. von J. L. Huber in Hamburg geliefert werden. Der Apparat ist sehr empfindlich und zeichnet jede kleine Schwankung der Spannung unerbittlich und unauslöschlich auf. Mögen der Inhalt dieses Buches und diese Schlusszeilen zur Milderung des Streites um die Lebensdauer der Lampen ein wenig beitragen und etwa streitende Parteien miteinander versöhnen.

V. Tabellen.

Tabelle 1.

Berechnung der Stellung des Photometerkastens.

Mit einer Etalon-Lampe, deren Normalspannung 65 Volts beträgt, dürfen Lampen zwischen 50 und 75 Volts verglichen werden, während mit einer Etalon-Lampe von 100 Volts von 80 bis 120 Volts gemessen werden darf. Kennt man die Leuchtkraft einer Etalon-Lampe bei bestimmter Spannung, und sollen mit dieser Lampe andere von ungefähr derselben Spannung, aber anderer oder gleicher Leuchtkraft verglichen werden, so ist die Stellung des Photometerkastens wie folgt zu berechnen:

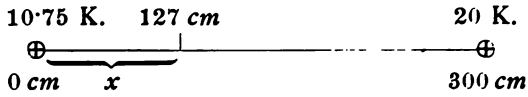
Beispiel 1. Die Etalon-Lampe habe 65 Volts und 10·75 Normalkerzen, die zu messenden Lampen sollen auf 16 Kerzen photometrirt werden, auf welchen Scalentheil muss der Index des Photometerkastens zeigen?

Antwort: Die Entfernung des Index vom Nullpunkt der Scala beträgt nach der auf Seite 79 gegebenen Formel $x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{16}{10{\cdot}75}}} = 135{\cdot}5\,cm$

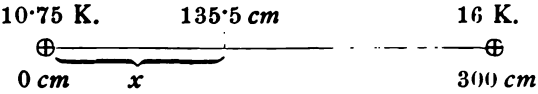
Beispiel 2. Mit derselben Etalon-Lampe sollen Lampen auf 20 Normalkerzen photometrirt werden, bei einer Spannung, welche nahe an der Voltzahl der Etalon-Lampe liegt. Es ergiebt sich dann

$$x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{20}{10{\cdot}75}}} = 127\,cm$$

zu B. 2



zu B. 1



Photometertabelle

zu S. 79, Capitel 12, für das Verhältniss $U:E$ in der Formel $x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{U}{E}}}$

Ist E die Etalon-Lampe (links auf o) und U die zu messende Lampe (auf 300 der Photometerbank), so giebt zur Einstellung des Kastens umstehende Tabelle das Verhältniss $U:E$ an, wie es in der Formel auf S. 79, Capitel 12, eingeführt ist. Man rechnet $U:E$ aus und findet bei dem angenommenen Beispiel Nr. 1 $\frac{16}{10{\cdot}75} = 1{\cdot}494$, das ergiebt in der Tabelle in der Verticalreihe links 130 und oben 5, also $= 135\,cm$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	25·0	23·8	22·7	21·7	20·8	19·8	19·0	18·2	17 4	16·7
60	16·0	15·4	14·7	14 2	13·6	13·1	12·6	12·1	11·6	11·2
70	10·8	10·4	10·0	9·7	9·3	9·00	8·69	8·39	8·10	7·83
80	7·56	7·31	7 07	6·84	6·61	6·40	6·19	5·99	5·80	5·62
90	5·44	5·27	5·11	4·95	4·80	4·66	4·52	4·38	4·25	4·12
100	4·00	3·88	3·77	3·66	3·55	3·44	3·35	3·25	3·16	3·07
110	2·98	2·90	2·82	2·74	2·66	2 59	2·52	2·45	2·38	2·31
120	2·25	2·19	2·13	2·07	2·01	1·96	1·91	1·85	1·80	1·76
130	1·71	1·66	1·62	1·58	1·53	1·49	1·45	1·42	1·38	1·34
140	1·306	1·271	1·238	1·205	1·173	1 142	1·113	1·083	1·055	1·027
150	1·000	0·974	0·948	0·923	0·899	0·875	0 852	0 830	0·808	0·787
160	0·765	0·745	0·726	0·706	0·688	0·669	0 652	0·634	0·617	0·601
170	0·585	0·569	0·554	0·439	0·524	0·510	0·496	0·483	0 470	0·457
180	0·444	0·432	0·420	0·409	0·397	0·386	0·376	0·365	0·355	0·345
190	0·335	0·326	0·316	0 307	0·298	0·290	0·282	0·273	0·265	0·258
200	0·250	0·243	0·235	0·228	0·221	0·215	0·208	0·202	0·196	0·190
210	0·184	0·178	0·172	0·167	0·161	0 156	0·151	0·146	0·141	0·137
220	0·132	0·128	0·123	0·119	0·115	0·111	0·107	0·104	0·100	0·096
230	0·093	0·089	0·086	0·083	0·080	0·076	0·074	0·071	0·068	0·065
240	0·063	0·060	0·057	0·055	0·053	0·050	0·048	0·046	0·044	0·042
250	0·04	0·038	0·036	0·035	0·033	0·031	0·030	0·280	0·027	0·025

Tabelle 2.

Kleine Lampen mit geringer Oekonomie.

Volts	Ampères	Kerzen	Watts pro Kerze
9	2	4·5	4
12	2	6	4
15	2	7·5	4
20	2	10	4
25	2	12·5	4
9	2·5	6	3·75
12	2·5	7·5	4
15	2·5	9	4·17
20	2·5	12	4·16
25	2 5	15	4·16

Man fertigt auch Lampen von 12 bis 25 Volts mit 1 Ampère und von 15 bis 30 Volts mit 0·5 Ampère an, die entweder entsprechend geringere Dauer oder weniger Kerzenzahl haben. Für Lampen von höherer Spannung mit 50 bis 120 Volts rechnet man 3·3 Watts pro Kerze, die kleineren Lampen sind also weniger ökonomisch.

Für die grossen Fabriken ist die Herstellung kleiner Lampen wenig lohnend, sie beschäftigen sich daher mit der Anfertigung derselben nicht gerne. Es giebt jedoch einige Specialfabriken für solche kleine Lampen, welche sich auch mit Anfertigung von wissenschaftlichen Apparaten aus Glas überhaupt befassen.

Glühlampen

mit geringer Spannung von 1 bis 12 Kerzen (mit grosser Oekonomie).

Volts	4	3	4	6	8	10	12	3	7	10	13	15
Ampères . . .	0·8							0·5				
Kerzen . . .	1	0·8	1	1·6	2·2	2·8	3·2	0·8	1·2	1·8	2·2	2·5
Glas in Millimeter	11	30	30	30	35	40	40	10	22	25	28	30
Watts total .	3·2	2·4	3·2	4·8	6·4	8·0	9·6	1·5	3·5	5·0	6·5	7·5
Watts pro Kerze	3·2	3	3·2	3	2·9	2·9	3	1·8	2·5	2·7	2·9	3

Volts	12	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
Ampères . . .	1·0						0·5				
Kerzen . . .	4	5	6·5	8	10	12	2·5	3	4	5	6
Glas in Millimeter	42	45	48	50	52	55	42	45	48	50	52
Watts total .	12	15	20	25	30	75	7·5	10	12·5	15·0	13·5
Watts pro Kerze	3	3	3	3·1	3	2·9	3	3·3	3·1	3	2·9

Tabelle 3.

Hochkerzige Glühlampen der Sunbeam Lamp Company.

Kerzen	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500
Watts *A.*	—	300	400	600	800	1000	1200	1600	2000	2400	3000
total *B.*	275	375	500	775	1000	1250	1550	2000	2500	—	—
Watts *A.*	—	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
pro Kerze *B.*	2·75	2·5	2·5	2·58	2·5	2·5	2·58	2·5	2·5	—	—

(Fortsetzung der Tabelle 3.)

	Ampère										
Kerzen	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500
Bei Volts	Classe *A* (grosse Oekonomie).										
50	—	6	8	12	15·5	—	—	—	—	—	—
65	—	—	6	9·5	12	15·5	—	—	—	—	—
80	—	—	—	8	10	12	15·5	20	25	30	—
100	—	—	—	6	8	10	12	15·5	20	25	30
Bei Volts	Classe *B* (kleine Oekonomie).										
50	5·5	7·5	10	15·5	20	—	—	—	—	—	—
65	—	6	7·5	11·5	15·5	19	—	—	—	—	—
80	—	—	6	9·5	12·5	15·5	19	—	—	—	—
100	—	—	5·5	7·5	10	12·5	15·5	20	25	—	—

Es sind folgende Spannungen meist vorräthig:

Volts	Kerzen
50	200, 300, 400
65	200, 300, 400, 500
80	200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200
100	200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500

Die Lampen werden auf Verlangen auch in anderen Spannungen geliefert, jedoch nur von 200 Kerzen an aufwärts. Die Grösse der Ballons ist bei den kleineren Sorten 12·5 *cm* kugel-, bei grösseren eiförmig mit bis zu 18 *cm* Durchmesser und 23 *cm* Länge. Die Lampen brauchen etwa 2 bis 2·75 Watts pro Kerze. Ihre Haltbarkeit ist bei normaler Beanspruchung grösser als die der gewöhnlichen Glühlampen, sie können jedoch auch, wenn man grosse Flächen beleuchtet, bedeutend überhitzt werden und haben dann etwa 1·8 Watts pro Kerze bei noch genügender Dauer.

Die umstehenden Grössen sind vielfach auf Schiffen beim Löschen der Ladung im Gebrauch.

Tabelle 4.

Glühlampen der Cruto-Gesellschaft in Turin.

Type	Kerzen	Volts	Ampères	Bemerkung
1	8	22— 27	1·05—1·10	Nach Angaben der Fabrik in Turin soll die Haltbarkeit 800 bis 1000 Stunden bei normaler Beanspruchung betragen.
2	10	45— 54	0·55—0·65	
3	10	95—105	0·35—0·45	
4	16	45— 54	1·05—1·10	
5	16	60— 70	0·80—0·90	
6	16	95—105	0·55—0·62	
7	32	95—105	0·95—1·05	
8	50	48— 54	2·25—2·50	
9	50	95—105	1·55—1·70	
10	100	96—106	2·25—2·50	
A	8	10— 14	2·80—3·0	
B	4	10— 14	1·05—1·20	
C	4	5— 7	2·80—3·0	
D	2	5— 7	1·05—1·20	

Glühlampen

der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft zu Berlin.

N. K.	Ampères	Volts	Watts	Watts pro Kerze
8	0·53	50	26·5	3·3
10	0·39	100	39	3·9
10	0·51	65	33·2	3·3
10	0·66	50	33	3·3
16	0·53	100	53	3·3
16	0·79	65	51·3	3·2
16	1·06	50	53	3·3
20	0·64	100	64	3·2
25	0·80	100	80	3·2
32	1·00	100	100	3·1

Tabelle 5.

Glühlampen der de Khotinski-Gesellschaft
zu Rotterdam und Gelnhausen.

Die Fabrik liefert die Lampen in den nachstehend verzeichneten Kerzenstücken und den daneben gesetzten Spannungen.

Kerzen	Volts	Kerzen	Volts
5	4— 50	30	25—200
8	6—120	50	25—200
10	10—150	100	50—200
16	10—200	200	100—200
20	10—200	300	100—200
25	15—200		

Die Dauer obiger Glühlampen beträgt je nach ihrer Oekonomie 300 bis 2000 Stunden wie folgt:*)

Stunden	Watts pro Kerze	Stunden	Watts pro Kerze
300	$2^1/_4$	1200	4
500	$2^1/_2$	1500	$4^1/_2$
700	3	2000	5
1000	$3^1/_2$		

*) Diese Tabelle ist insoferne auch interessant, als sie zeigt, wie mit der höheren Lebensdauer die Oekonomie abnimmt. Man kann also auch rückwärts aus den Constanten einer sonst guten Lampe auf die Lebensdauer schliessen, für welche sie bestimmt ist. Dies gilt jedoch nicht für kleine Lampen.

Tabelle 6.

Normallampen der Swan-Company zu London.

Classe *A* mit langer Dauer, 4 Watts pro Kerze (geringe Oekonomie).												
Mittlere	100 07—103 Volts				65 62—68 Volts				56 54—58 Volts			
	Kerzen											
	10	16	32	50	10	16	32	50	10	16	32	50
Ampères	0·40	0·64	1·28	2·00	0·61	0·98	1·97	3·07	0·71	1·14	2·29	3·57
Watts . .	40·0	64·0	128	200	10·0	94·0	128	200	40·0	64·0	128	200
Ohm heiss	250	156	78·0	50·0	106	66·0	33·0	21·0	78·0	49·0	25·0	16·0
Classe *B* mit kürzerer Dauer, 3 Watts pro Kerze (grosse Oekonomie).												
Ampères	0·30	0.48	0·96	1·50	0·46	0·74	1·48	2·31	0·54	0·86	1·71	2 68
Watts . .	30	48	96	150	30	48	96	150	30	48	96	150
Ohm heiss	333	208	104	67	141	88	44	28	105	65	33	21

Classe *A* mit langer Dauer, 4 Watts pro Kerze (geringe Oekonomie).									
Mittlere	50 48—52 Volts					28 27—29 Volts		25 24—26 Volts	
	Kerzen								
	5	10	16	32	50	5	10	5	10
Ampères	0 40	0·80	1·28	2·56	4·00	0·71	1·43	0·80	1·60
Watts . .	20·0	40 0	64·0	128	200	20 0	40·0	20·0	40·0
Ohm heiss	125	63	39	20	13	38	29	31	60
Classe *B* mit kürzerer Dauer, 3 Watts pro Kerze (grosse Oekonomie).									
Ampères	0·30	0·60	0·96	1·92	3·0	0·54	1·07	0·60	1·2
Watts . .	15	30	48	96	150	15	30	15	30
Ohm heiss	167	83	52	26	17	52	26	42	21

Lampen zu 105, 110, 115 und 120 Volts werden auch gefertigt.

Tabelle 7. Glühlampen von Siemens & Halske zu Berlin.

	Ia	I	II		IV				VI				VIII			X	XII		XV	XX
Kerzen	5	8	10	10	16	16	16	16	25	25	25	25	35	35	35	50	50	50	50	100
Volts	25	50	100	65	120	100	65	50	120	100	50	50	120	100	65	100	65	50	10	20
Ampères	0·77	0·52	0·39	0·52	0·46	0·50	0·77	1·02	0·66	0·77	1·17	1·50	0·92	1·12	1·72	1·50	2·5	3·0	11	11
*Watts pro Kerze	3·8	3·2	3·6	3·2	3·7	3 4	3·2	3·4	3·3	3·2	.	.	.	3·3	.	3·2	.	.	.	.
*S. E. kalt	62	190	506	228	489	375	168	100	327	251	.	.	.	173	.	124	.	.	.	.
φ heiss	32·5	96·2	256	125	260	200	84·4	49 0	185	130	55·5	33·3	130	89·3	37·1	66 6	26	16·6	0·91	1·81
$\frac{W \cdot F}{e}$	1 91	1·98	1·88	2·05	1·91	1·80	1·93	1·92	1·94	1·82	.	.	.	1·91	.	1·92	.	.	.	.
*Stärke d. Fadens m/m	0·222	0·166	0·136	0·166	0·155	0·146	0·217	0·224	0·195	0·226	.	.	.	0·280	.	0·361	.	.	.	.
*Länge d. Fadens m/m	41·1	74·5	121·7	90·4	162·3	149·9	105·0	125·7	165·7	166·4	.	.	.	199·6	.	215·0	.	.	.	.
*Querschnitt q.-m/m	0·039	0·022	0·0145	0·022	0 019	0·021	0·037	0 039	0·030	0·040	.	.	.	0·062	.	0·102	.	.	.	.
*Spec. W. bez. auf φ	55·5	52·8	56·8	52·5	63·8	49·2	55·9	29·2	58·0	57·0	.	.	.	50·2	.	55·0	.	.	.	.
*Amp. pro q.-m/m	19·7	23·5	25	23·5	25	25	20·5	27·5	22·5	19·5	.	.	.	18·2	.	15·3	.	.	.	.
*$\frac{i^2}{r^2}$	430	470	415	470	485	510	450	820	490	420	.	.	.	470	.	415	.	.	.	.

Die Angaben, deren Linien vorne mit einem * versehen sind, habe ich Uppenborn's Kalender entnommen, während die übrigen Angaben in Siemens'schen Prospecten enthalten sind.

Tabelle 8.

Glühlampen älterer Construction aus 1883.

System	N. K.	Ampères	Volts	Watts total	Ohm heiss	Watts p. Kerze
Edison . . . . . *A*	16	0·79	105	73	140	4·5
„ . . . . . *B*	8	0·79	525	40	70	5·0
Siemens & Halske II.	12	0·52	105	52	200	4·3
„ „ „ IV.	16	0·75	105	73	140	4·5
„ „ „ VI.	25	1·25	105	117	85	4·6
Gebr. Siemens . .	20	0·9	105	96	130	4·8
Swan	15	1·34	47	66	35	4·4
Gebr. Siemens . .	10—14	0·5	100	50	—	5
„ „ . .	15—19	0·7	100	70	—	4·6
„ „ . .	20—25	0·9	100	90	—	4·5

Tabelle 9.

Brennzeiten

während der Beleuchtung in verschiedenen Betrieben pro Jahr.

Die Beleuchtungszeit ergiebt:	Lichtstunden
1. Von 6 Uhr Früh bis 6 Uhr Abends	274
2. „ 6 „ „ „ 7 „ „ (Fabriken) . . .	438*)
3. „ 6 „ „ „ 8 „ „	654
4. Dunkel „ 8 „ „ (Läden, die Morgens kein Licht brauchen)	650
5. „ „ 11 „ „ (Haushaltungen) .	1918

*) Brauchen Licht vom 1. Januar bis 31. März und vom 7. September bis 31. December, in der Zwischenzeit keine Beleuchtung Abends nöthig.

6. Zuckerfabriken, die vom 15. Sept. bis 15. Januar arbeiten, Feiertage und Sonntage 6 Uhr Abends beginnen 1630
7. Fabriken mit vollem Nachtbetrieb ohne jede Unterbrechung (Mühlen) 3951
8. Strassenlaternen, die um 11 Uhr gelöscht werden 1553
9. Nachtlaternen . . . . . 3652—3675
10. Strassenlaternen bis 12 Uhr Nachts in Berlin . . 1900·5
11. „ „ 1 „ „ „ „ . . 2265·5
12. „ von 12 „ „ ab „ „ . . 1774·5

Brennzeit von Sonnenuntergang	Brennstunden während der einzelnen Monate												Im Jahr Stunden
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Januar	Febr.	März	
Bis 8 Uhr Abends . . .	36	6	—	—	21	54	87	117	140	125	89	67	742
„ 9 „ „ . . .	66	37	20	25	52	84	118	147	171	156	117	98	1091
„ 10 „ „ . . .	96	68	50	56	83	114	149	177	202	187	145	129	1456
„ 11 „ „ . . .	126	99	80	87	114	144	180	207	233	218	173	160	1821
„ 12 „ „ . . .	156	130	110	118	145	174	211	237	264	249	201	191	2186
„ 2 „ Morgens . . .	216	192	170	180	207	234	273	297	326	311	257	253	2916
„ 4 „ „ . . .	276	254	230	242	269	294	335	357	388	373	313	315	3646
Von 4 Uhr Früh bis Sonnenaufgang	32	3	—	—	—	51	75	103	154	125	92	69	728
Von 5 Uhr Früh bis Sonnenaufgang	2	—	—	—	—	21	44	73	123	94	64	38	459
Von 6 Uhr Früh bis Sonnenaufgang	—	—	—	—	—	—	13	43	92	63	36	7	254

Nach obigen Tabellen lässt sich der Jahresbedarf an Glühlampen ziemlich genau berechnen, wenn man die Brennstunden durch die Lebensdauer der Lampen dividirt und mit der Anzahl der brennenden Lampen multiplicirt.

Lampen im Freien pflegt man $^1/_2$ Stunde nach Sonnenuntergang anzuzünden.

Tabelle 10.

Tabelle zum graphischen Brennkalender

für 52° nördl. Breite.

Von Sonnenuntergang bis	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Inclusive Sonn- und Feiertag	Exclusive Sonn- und Feiertag
													jährliche Brennstunden	
Abends														
6	91·2	62·5	32·5	4·3	—	—	—	—	5·5	40·6	72·8	96·6	406	338·4
7	121·6	92·9	62·9	30·9	3·0	—	—	5·4	33·9	71	103·2	127	651·7	543·1
8	152	123·3	93·3	61·3	30	16	16·5	33·9	64·2	101·4	133·6	157·4	982·9	819·1
9	182·4	153·7	123·7	91·7	60·4	46·4	46·9	64·3	94·6	131·8	164	187·8	1347·7	1123·1
10	212·8	184·1	154·1	122·1	90·8	76·8	77·3	94·7	125	162·2	194·4	218·2	1712·5	1427·1
11	243·2	214·5	184·5	152·5	121·2	107·2	107·7	125·1	155·4	192·6	224·8	248·6	2077·2	1731
12	273·6	244·9	214·9	182·9	151·6	137·6	138·1	155·5	185·8	223	255·2	274	2442	2035
Morgens														
1	304	275·3	245·3	213·3	182	168	168·5	185·9	216·2	253·4	285·5	309·4	2806·8	2339
2	334·4	305·7	275·7	243·7	212·4	198·4	198·9	216·3	246·6	283·8	316	339·8	3171·6	2643
3	364·8	336·1	306·1	274·1	242·8	228·8	229·3	246·7	277	314·2	346·4	370·2	3536·4	2947
4	395·2	366·5	336·5	304·5	273·2	259·2	259·7	277·1	307·4	344·6	376·8	400·6	3901·2	2351
bis Sonnenaufgang von Morgens														
4	144·6	118·6	88·8	54·7	30	19·8	20	32·8	53	70·3	106·7	137·1	876·4	730
5	114·2	88·2	58·4	24·3	2	—	—	3·6	2·26	39·9	76·3	101·7	536·2	447
6	83·8	57·8	28	1·5	—	—	—	—	0·6	19·5	45·9	76·7	313·8	313·8
7	53·4	27·4	4	—	—	—	—	—	—	—	15·5	45·9	145·2	142·2

Sonntage und neun Feiertage (jeder zu einem Tag) im Jahre machen ein Sechzigstel der Tage des Jahres aus, so dass die Brennstunden exclusive Sonntage und Feiertage fünf Sechstel betragen.

Tabelle 11.

Brennstunden für Strassenlaternen.

1. In kleinen Städten jährlich 800 bis 1000 Stunden

„ mittleren „ „ 1500 „ 1600 „

„ grossen „ „ 3000 „ 3800 „

2. Nach Mitternacht brennen:

In kleinen Städten 20 bis 25% aller Strassenlaternen

„ mittleren „ 33 „ 50% „ „

„ grossen „ 50 „ 76% „ „

3. Ein Schnittbrenner hat 12 Normalkerzen und braucht 4 Cubikfuss = 120 Liter Gas.

Tabelle 12.

Resultate von praktischen Messungen an Glühlampen.

I. Volts	Ampères	Normalkerzen
89·8	0·42	6·33
92·1	0·44	7·65
94·2	0·42	8·65
95·9	0·49	9·65
96·8	0·48	10·05
98·1	0·45	10·75
99	0·5	11·5
100·1	0·49	12·3
101	0·48	12·7
103·1	0·5	14·15
103·8	0·5	14·85
104·8	0·5	15·55
105·1	0·5	16·05

Die Lampe gab bei der normalen Spannung von 101 Volts bei 0·48 Ampères 14·85 Normalkerzen bei 198·49 Ohms, erforderte mithin 3·26 Volt-Ampères pro Normalkerze.

Bei 16 Normalkerzen 105 Volts 0·5 Ampères hatte sie 198·59 Ohms und brauchte 3·28 Volt-Ampères pro Normalkerze.

II. Volts	Ampères	Normalkerzen
89·8	0·43	6·7
92	0·45	7·75
94	0·48	8·9
96·1	0·48	10·15
97	0·49	10·60
98·1	0·5	11·65
99	0·49	12·35
99·9	0·49	12·75
101·1	0·5	13·65
101·5	0·5	13·8
101·9	0·5	14·45
102·6	0·5	15·1
103	0·5	15·75
103·4	0·51	16
103·5	0·5	13·95*)

*) Die Lampe um 90° um die verticale Achse gedreht.

Die Lampe gab bei der normalen Spannung von 101·5 Volts bei 0·5 Ampères, 13·8 Normalkerzen, erforderte somit 3·68 Volt-Ampères pro Normalkerze.

Bei 16 Normalkerzen 103·4 Volts 0·5 Ampères hatte sie 195·28 Ohms und brauchte 3·30 Volt-Ampères pro Normalkerze.

Vorstehende Messungen wurden 1888 an zwei verschiedenen Lampen ausgeführt, sie zeigen zugleich den Zusammenhang zwischen Spannung, Leuchtkraft und Stromstärke.

Tabelle 13.

Widerstandsregulator

um eine Lampe von 16 Kerzen mit 0·5 Ampères bei 100 Volts von der normalen Helligkeit bis zum Dunkelwerden zu verändern.

Kerzen	Volts	Ampères	Widerstand von jeder Abtheilung in Ohms
16	100	0·50	0·0
13·6	98	0·49	5
12·2	96	0·48	5
10·7	94	0·46	5
9·4	92	0·45	5
8·2	90	0·44	5
7·1	88	0·43	5
6·1	85	0·42	5
5·2	83	0·41	5
4·3	83	0·39	5
3·5	79	0·38	9·5
2·9	77	0·37	6
2·4	76	0·36	6·5
2·0	74	0·35	7·2
1·7	73	0·34	8·5
1·4	71	0·34	9·2
1·2	70	0·33	10
0·9	65	0·31	13
0·7	64	0·29	17·5
0·55	60	0·27	26
0·45	54	0·24	40
0·35	48	0·21	55
0·25	39	0·16	110
0·20	25	0·10	385

Die Lichtmenge einer Glühlampe ändert sich nach dem Gesetz $L = k \cdot J^6$, wo J die Stromstärke und k eine bei jedem System sich ändernde Constante ist.*)

Tabelle 14.

Der Preis einer Glühlampe

setzt sich aus folgenden Factoren zusammen: **)

Material		Arbeitslohn
zur Anfertigung	zum Betriebe	
Platin ***), Ballon, Bleiglas, Contact, Fadenmaterial	Carbonisiren, Präpariren, Glasbläserei (Gasverbrauch), Heizung, Feuerung, Beleuchtung, Schmieröl, Putzmaterial	Verkohlen, Ziehen, Präpariren, Aufsetzen der Fäden, Ballonblasen, Einschmelzen der Drähte, Einsetzen und Absprengen, Kohleneinsetzen und Zuschmelzen, Abstechen der Spitzen, Auspumpen, Photometer und Inductionsapparat, Eingypsen, Löthen, Putzen, Arbeiten im Lager und Versandt.
Verlust durch Bruch.		
Gehalte, Miethe.		

Tabelle 15.

Oberfläche der Fäden pro Kerze.

65	Volts	25	Kerzen	= 3·3 mm^2
50	„	10	„	= 5·1 mm^2
50	„	**16**	„	= 4·6 mm^2

*) Siehe Dr. Hugo Krüss: „Die elektrische Photometrie", Wien 1886, Hartleben, S. 215.

**) Siehe auch die Angaben S. 57.

***) Die Menge des gebrauchten Platindrahtes berechnet sich je nach dessen Länge und Stärke. Bei Lampen mit Platinösen ist der Platindraht 36 bis 37 *mm* lang, 100 Stück wiegen bei 0·4 *mm* Stärke 7·20 bis 10·25 *g*, bei 0·5 *mm* Stärke 9·4 bis 12·0 *g*.

50	Volts	20	Kerzen	=	3·7 mm^2
50	„	25	„	=	3·2 mm^2
100	„	16	„	=	4·5 mm^2
100	„	10	„	=	5·1 mm^2
100	„	20	„	=	4·0 mm^2
100	„	25	„	=	4·1 mm^2

Obige Zahlen sind nicht als normale Grössen zu betrachten, sie sollen nur ein Beispiel von praktisch untersuchten Lampen geben. Im Allgemeinen wird man 4 mm^2 pro Kerze zu rechnen haben.

Tabelle 16.

Zur Herstellung von täglich 1000 Stück Glühlampen

sind ungefähr nöthig:

Apparate:	Arbeiter:
2 Photometer	10 Fadenzieher
4 Löthapparate	5 Fadenaufsetzer
8 Gypsapparate	5 an den Photometern
40 bis 50 Blastische	2 an den Inductionsapparaten
6 Präparirapparate	5 im Lager und Versandt
40 Handpumpen	3 in der mechan. Werkstatt
400 Widerstände f. die Pumpen	1 Heizer, 1 Maschinist
5 Gestelle für je 80 Lampen als Gerüst für die Pumpen	12 zum Gypsen und Löthen
4 Inductionsapparate	50 Glasbläser
25 Centner Quecksilber	40 Pumper
	8 zum Präpariren
	141 Mann incl. Meistern.

Die Zahl der Arbeiter lässt sich um 30 bis 40 reduciren, wenn der Handbetrieb so viel als möglich durch Maschinenbetrieb ersetzt wird.

An Flächenraum:

	Quadratmeter		Quadratmeter
Glühöfen und Schmiede	50	Pumpstation	160
Kesselhaus	70	Glasbläser	140
Maschinenhaus	80	Präparatur	50
Fadenzieher	40	Laboratorium	35
Fadenaufsetzer	20	Nebenzimmer dazu	20
Gypserei	50	Mechaniker	50
Lötherei	20	Techniker	40
Lager für Lampen	200	Allgemeine Geschäftsräume	150
Materialienlager	120		

oder circa 590 m^2 bebaute Grundfläche, wenn nur ein- bis zweistöckig gebaut.

Tabelle 17.

Leuchtkraft verschiedener Lichtquellen.

1. Petroleumlampen.*)	Winkel gegen Horizont Grad	Normalkerzen	Oelverbrauch in Gramm pro Stunde	Oelverbrauch in Gramm pro Kerzenstunde
Gewöhnl. 25 Millimeter-Rundbrenner	0	16·1	54·2	3·37
	45	12·3	53·6	4·36
30 Millimeter-Rundbrenner mit Platte	0	19·2	63·4	3·30
	45	11·1	61·1	5·51

2. Gaslampen mit (Hannöver'sches Gas):	Winkel gegen Horizont Grad	Normalkerzen	Gasverbrauch Cubikmeter pro Stunde	Gasverbrauch Liter pro Kerzenstunde
Schnittbrenner (6 Cubikfussbrenner)	0	16·9	0·251	14·8
	45	17·2	0·156	19·9
Auer's Gasglühlicht (Mod. von 1888)	0	14·4	0·0951	6·6
	45	10·5	0·1037	9·88

*) Dr. Heim: „Centralblatt für Elektrotechnik", Bd. IX, S. 463.

	Winkel gegen Horizont	Normalkerzen	Gasverbrauch	
	Grad		Cubikmeter pro Stunde	Liter pro Kerzenstunde
ndbrenner	0	21·9	0·239	10·9
	45	19·4	0 241	12·4
ens' Regenerativ Nr. 3	0	65·3	0·460	7·05
	45	46·9	0 456	9·75
ens' Regenerativ Nr. 1	0	222	1·621	7·30
	30	162	1·614	9·96
	45	132	1·604	12·20
ham-Brenner Nr. 2	0	28·4	0·249	8 77
	45	44·5	0·257	5·77
	90	45·8	0·256	5·58
ham-Brenner Nr. 4	0	99	0·685	6·92
	25	152	0·686	4·51
	45	170	0·677	3·98
	65	200	0·685	3·42
	90	202	0·671	3·33

Tabelle 18. Normalkerzen.

Lichtquelle	Flammhöhe in Millimeter	Lichtstärke in Münchener Stearinkerzen	Anmerkung
hener Stearinkerze .	52	1	10·4 *g* pro Minute
che Paraffinkerze*) .	50	0·96	12 Stück = 1 *kg*
sche Walrathkerze .	44 5	0·94	7·77 *g* pro Stunde **)
ösische Carcellampe	40	7·6	42 *g* Colzaöl***)
acetat-Lampe	43	0·94	8 *mm* Dochtröhre
-Platineinheit	—	16·4	Pariser Conferenz 1884

*) 20 *mm* stark, Docht mit 24 Fäden.
*) 120 Grains englisch.
*) Dochtröhre 30 *mm* weit.

Tabelle 19.

Leuchtkraft verschiedener Gasflammen in Berlin.*)

Art der Flamme	Normalkerzen	Stündlicher Gasverbrauch Liter	
1. Grosse Strassenbrenner . .	18	195	In Breslau 180 *l* bei 15·5 bis 16 engl. Kerzen
2. Siemens' Regenerativ Nr. 2 .	135—150	800	Nach Mitternacht bei halbem Consum 400 *l*
3. Bray-Brenner .	110	400	
4. 5 Lacarrier-Brenner . . .	108	200	
5. Siemens' Regenerativ Nr. 1	400	1600	4·2 *l* Gas pro N.-K. und Stunde

Die Stadt zahlt an die Imperial Continental Gasassociation für eine Strassenflamme:

Für die ganze Nacht . . . . . 95·50 Mark
" " halbe " . . . . . 49·40 "
jährlich incl. Bedienung und Reparatur.

Nr.	Regenerativ-Brenner			Bemerkung
	Liter Gas pro Stunde	Normalkerzen	Liter Gas pro Normalkerze und Stunde	
IV	200—250	35—45	5·6	Ein Argandbrenner giebt mit 150 *l* Gas stündl. 16·9 N.-K. und braucht also pro Kerze und Stunde 8·8 *l*.
III	350—450	60—90	5·3	
II	600—700	130—180	4·2	
I	1400—1600	300—400	4·2	
0	2000—2200	500—600	3·8	
00	2400—2600	650—750	3·5	
000	3800—4000	1000—1100	—	

*) Vorstehende Angaben sind dem Journal für Gasbeleuchtung 1882 entnommen.

Tabelle 20.

Das Maass der Beleuchtung.

Die Berechnung der für die Beleuchtung von Räumen erforderlichen Leuchtkraft richtet sich zunächst nach der Grösse derselben und der Höhe, in welcher die Lampen hängen sollen. Es ist jedoch auch stets zu berücksichtigen, welchen Zwecken die Räume dienen sollen. Eine Mühle wird weniger Lampen brauchen als eine Weberei. Am schwierigsten gestaltet sich die Aufgabe bei Beleuchtung öffentlicher Räume, z. B. eines Wirthshauses. Hier ist der Charakter des Hauses als auch die Farbe der Wände und Decken zu berücksichtigen; die Lampen sollen das meiste Licht auf die Tische, und zwar auf alle gleichviel werfen.

Mit einer einzelnen Lampe erreicht man auf einer wagrechten Fläche die grösste Helligkeit, wenn man sie in der Mitte der Fläche so aufhängt, dass die Höhe h über derselben das 0·7fache des Radius b dieser Fläche wird, also $h = 0{\cdot}7\,b$ ist. Bezeichnet man mit J die Kerzenzahl der Lampe, dann ist die Beleuchtung B der Fläche

$$B_M = \frac{2\,J}{b^2} \text{ Meterkerzen in der Mitte und}$$

$$B_R = \frac{1{\cdot}1\,J}{b^2} \text{ Meterkerzen am Rande des Kreises.*)}$$

Nach Professor Cohn in Breslau genügen 50 Meterkerzen, um das Tageslicht zu ersetzen, während 10 Meterkerzen als geringste Helligkeit zu betrachten ist, wenn die Augen nicht leiden sollen. Hieraus ergiebt sich für eine 16kerzige Glühlampe für $h = 0{\cdot}7\,b$ Folgendes:

*) Siehe „Hilfsbuch für Elektrotechnik", S. 412, von Grawinkel und Strecker.

Meterkerzen in der Mitte der Fläche	Höhe der Lampe über der Fläche	Beleuchtung am Rande des Kreises	
	Meter	beim Radius $b = \frac{0.7}{h}$	Meterkerzen
50	0·56	0·8	27
40	0·63	0·9	22
30	0·70	1	16
25	0.79	1·1	14
20	0·89	1·3	11
15	1·02	1·5	8
10	1·25	1·8	6

Aus dieser Tabelle geht klar hervor, welchen Einfluss die Höhe der Lampe auf die Helligkeit ausübt. Man darf also nicht nur Anzahl und Kerzenzahl der Glühlampen wählen, sondern muss auch vor allen Dingen die Höhe der Lampen über der Fläche berücksichtigen; dies ist bei Benützung der nachstehenden Tabelle auch nicht ausser Acht zu lassen:

Abmessungen des Raumes			Anzahl Flammen	Höhe über dem Fussboden	Eine 16kerzige Glühlampe genügt für	
Meter				Meter		
lang	breit	hoch				
4·6	4·7	3·8	2—3	2 —2·2	8 m^2 bei 2 m	Höhe der Aufhängung
5·6	5·6	4·4	5—6	2 —2·4	7 m^2 „ 2·5 m	
7·5	7·5	5·3	9—12	2·5—2·8	6·2 m^2 „ 3 m	
10	10	6·9	16—20	2·8 - 3·1	6 m^2 „ 3·5 m	
12·5	12·5	9·4	25—30	3·5—3·8	5·8 m^2 „ 4 m	
5·7	15·7	12·5	40—45	4 —4·4	5·6 m^2 „ 4·5 m	
18·8	18·8	14	60—70	4·7—5·3	5·4 m^2 „ 5·5 m	
22	20	15·7	100—120	5·6—6·3	5·25 m^2 „ 6 m*)	

*) Nach Herzberg.

Tabelle 21.

Dauer der Glühlampen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass eine Glühlampe, lche mit einer Spannung betrieben wird, die einige lts unter derjenigen liegt, für welche der Faden be- mmt ist, oft sehr lange hält, ehe der Faden bricht. kommt auch vor, dass die Lampen nach einer Be- tzung von 4000 bis 5000 Stunden fast gar nicht hr leuchten, der Faden bricht dann auch überhaupt ht mehr. Andererseits ist die Haltbarkeit um so geringer, höher die Betriebsspannung über der normalen liegt. chstehende Zahlen, welche eine asymptotische Curve en, veranschaulichen obige Ausführungen.*)

ne 16kerzige Lampe brennt mit		Eine 10kerzige Lampe brennt mit	
ormalkerzen	Stunden	Normalkerzen	Stunden
10	5550	8	2260
11	3963	9	1470
12	2857	**10**	**1000**
13	2134	11	714
14	1628	12	512
15	1292	13	385
16	**1000**	14	294
17	802	15	233
18	651	16	179
19	534	17	145
20	443	18	118
21	371	19	96
22	312	20	80
23	266		
24	228		
25	196		
30	163		

*) Nach angeblichen Versuchen 1883 mit Edison-Lampen.

Unsere heutigen Lampen mit nur 3 Watts Kerze ertragen 25 Procent Ueberspannung sehr höchstens 18 Stunden, weil irgend eine schwache St im Faden stärker glüht und dann bricht.

Andere Versuche*) über die Dauer der Glühlam haben folgende Ergebnisse gehabt mit einer 16kerzi Edison-Lampe:

Lebensdauer

1. Bei	100	Volts,	im	Mittel	1000	Stunden
„	99	„	„	„	1277	„
„	98	„	„	„	1645	„
„	97	„	„	„	2135	„
„	96	„	„	„	2751	„
„	95	„	„	„	3595	„
2. Bei	100	Volts,	im	Mittel	1000	Stunden
„	101	„	„	„	785	„
„	102	„	„	„	601	„
„	103	„	„	„	477	„
„	104	„	„	„	375	„
„	105	„	„	„	248	„

Versuche mit verschiedenen Lampen derselben Fa gaben alle fast die gleichen Ergebnisse.

Herr F. M. Wright**) hat für die Lebensdauer Lampen folgende Formel aufgestellt: Es sei

L = Stunden Lebensdauer

V = Betriebsspannung in Volts

*) Siehe „Electrician", 31. Januar 1885, S. 246. Nr. 1 Versuche von G. Foussah in London, Nr. 2 Versuche in sur-Seine in der Lampenfabrik der Pariser Compagnie Ed Siehe auch das Capitel 24 dieses Buches über den wirthschaftli Betrieb der Glühlampen.

**) Siehe „Electrician", 21. Februar 1885, S. 311.

und V_0, L_0 die entsprechenden Zahlen für eine andere Lampe L_1, so ist $V_0 - V = k \,.\, log \frac{L}{L_0}$, wo k eine Constante bedeutet, die für jedes System ermittelt werden muss. V_0 und L_0 sind zusammen gleich einer constanten Zahl. Um k zu ermitteln, nehmen wir die Ergebnisse der Versuche von Foussah, dann erhalten wir:

$$V_0 - 95 = k \,.\, log\, 3595 - log\, L_0 \quad \text{und}$$
$$V_0 - 96 = k \,.\, log\, 2751 - log\, L_0 \quad \text{subtrahirt}$$

giebt $1 = k \,.\, (log\, 3595 - log\, 2751)$, also

$$k = \frac{1}{log\, 3.595 - log\, 2.751} = 8{\cdot}60523.$$

Inwieweit diese Rechnung annähernd genaue Resultate ergiebt, zeigen die nachstehenden Zahlen:

Vergleichende Uebersicht.

Volts	Lebensdauer		Differenz	Procent Abweichung
	berechnet	versucht		
95	3544·4	3595	+ 40·5	1·4
96	2752	2751	— 1	— 0·04
97		2135		
98		1645		
99	1287·9	1277	— 10·9	— 0·8
101		785		
102		601		
103		477		
104		375		
105	282·1	284	+ 1·9	+ 0·7

Die Rechnung stimmt also mit den Versuchen an vier verschiedenen Stellen mit genügender Genauigkeit überein.

Nach Versuchen von Siemens & Halske nimmt die Stromstärke einer Glühlampe von 16 Kerzen, 120 Volts und 0·550 Ampère (mit 66 V.-A.) ab in 800 Stunden auf 0·528 Ampère, der Widerstand (heiss) ist also in dieser Zeit gestiegen. Wenn daher der Faden nicht durch schwache Stellen frühzeitig zum Brechen kommt, muss der Widerstand sich so lange vergrössern, bis die Stromstärke und mithin die Leuchtkraft praktisch beinahe Null werden. Bei dem heutigen billigen Preise der Glühlampen ist es also ökonomischer, die Lampen schon nach 600 bis 800 Stunden umzuwechseln, besonders wenn man einer stets gleich bleibenden Beleuchtung bedarf. Es ist daher ganz zwecklos, von den Fabriken Garantien über 1000 Stunden hinaus zu verlangen, besonders bei Lampen von hoher Oekonomie, weil die Helligkeit in 800 Stunden schon um 12 bis 14 Procent abnimmt.*)

*) Siehe auch Versuche von Siemens & Halske, „Elektrotechnische Zeitschrift", November und December 1885, Berlin.

VI. Die Entwickelung der Glühlampe in technischer und commercieller Hinsicht.

Was ich in der Einleitung über die historische Entwickelung der Glühlampe gesagt habe, findet sich vollkommen bestätigt in dem hochinteressanten kleinen Werkchen von Fr. L. Pope*), das mir leider erst zu Gesicht kam, als die Correcturen beinahe vollendet waren. Da der genannte Verfasser in rein objectiver Weise an der Hand von Patenten, Briefen, Vorträgen und Mittheilungen der Tagespresse die Fortschritte der Glühlampe verfolgt und die Patentrechte wie die Verbreitung des Glühlichts in der Praxis eingehend erörtert, so will ich hier in Kurzem die Resultate der Forschungen des Mr. Pope mittheilen, da sie für viele Kreise nicht ohne Nutzen sein werden.

Sowohl die Priorität als Originalität Edison's, die bei uns in Europa so lange Zeit als unzweifelhaft galt, erleidet hier eine sehr starke Reduction. Die übertriebenen Ansprüche seiner Geldleute werden im „Boston Advertiser" vom 23. December 1879 wie folgt charakterisirt:

*) Evolution of the electric Incandescent Lamp. Henry Cook Elizabeth. 1889.

On the other hand, the invention of Mr. Edison, which is nil as yet, is the property of a corporation whose shares can be and have been run up to fabulous prices, or rather quotations, by the same story. The whole outcome of the Edison light is a double stock-jobbing enterprise.

Gleich auf dem ersten Blatt giebt Mr. Pope eine Uebersicht bezüglich der Erfindungen von Dynamos und Glühlampen, welche ich zum Schlusse dieses Abschnittes in Uebersetzung mitgetheilt habe. Es wird vom Verfasser nachgewiesen, dass schon W. R. Grove, der Erfinder der nach ihm benannten galvanischen Zellen in 1840, eine Glühlampe mit Platinspirale machte und J. W. Starr am 4. November 1845 und J. W. Draper 1847 Incandescenzlampen mit Platin, der Erstere auch mit Kohle, versuchten. Schon im Juli 1859 erleuchtete Moses G. Farmer sein Haus mit getheiltem elektrischen Licht. Derselbe betrieb 1875 schon mit Dampf auf der Torpedostation eine elektrische Maschine, die für 42 Platinglühlampen den Strom lieferte.

Die selbsterregende dynamo-elektrische Maschine wurde von mehreren zugleich erfunden, nämlich 9. November 1866 von M. G. Farmer, December 1866 von W. Siemens, 24. December 1866 von S. A. Varley. Am 14. Februar 1867 folgte Wheatstone mit gleicher Erfindung, während Gramme erst am 11. April 1870 ein französisches Patent nahm.

In Bezug auf das Glühlicht hatte W. E. Sawyer sowohl auf die Parallelschaltung der Lampen, der Vertheilung des Stromes und der Anwendung von glühenden Kohlenkörpern längst am 27. Juni und 10. August 1877 und Sawyer & Man Januar und 5. Juni 1878 Patente

nachgesucht, auch am 8. Juli 1878 die Electro-Dynamic Light Company begründet, ehe Jemand auch nur Edison's Namen kannte.

Am 11. September 1878 nennt zum erstenmale „New York Sun" Edison's Namen und theilt mit, dass er am 8. September mit Professor Barker, Chandler und seinem Gehilfen Mr. Batchellor in Ansonia die neu von Mr. Wallace erfundene Maschine, Telemachon genannt, besichtigte, welche 8 elektrische Lampen zu je 4000 Kerzen speiste. Mr. Edison war überrascht, er rannte zwischen den Messinstrumenten, der Maschine und den Lampen hin und her, er sprang über einen Tisch fix wie ein Kind und stellte allerlei Berechnungen an. Die Zeitung fährt dann fort, dass Mr. Edison glaube, vermittelst der Maschine von Wallace könne man Kraft und Licht auf entfernte Orte übertragen und sie löse auch die Theilung des elektrischen Lichtes.

Nachdem also Sawyer & Man ihr System, elektrische Kraft und Licht von einer Centralstation aus zu vertheilen, in dem Patent Nr. 205.305 vom 25. Juni 1878 dargelegt und Wallace die Theilung des Lichtes auch praktisch vorgeführt hatte, erscheint am 16. September 1878 im „Sun" ein Artikel über höchst wichtige Erfindungen Edison's in Menlo Park. Gramme, Siemens, Brush und Wallace hätten bisher nur eine geringe Zahl bis zu 10 grossen elektrischen Lampen von einer Maschine aus erzeugt. Mr. Edison jedoch war es vorbehalten, das schwierige Problem der Theilung des Lichtes zu lösen, und das hätte er nach seiner eigenen Aussage in wenigen Tagen gelöst. Er könne 1000, ja 10.000 Lampen von einer Maschine aus treiben und eine ganze Stadt mit Licht versorgen etc.

Am 28. September 1878 erschien im „New York Tribune" ein neuer Artikel, dass Edison mit einem Chemiker eine Composition suche, die besser als Platin geeignet sei. Wenn man mit diesen Auslassungen den zwei Jahre zuvor erstatteten Bericht des Elektrikers der Torpedostation an den Secretär der Marine nach Washington (von 1876 S. 161) vergleicht, so findet man hier bereits Versuche mit Platin und Iridium für Glühlicht. Da ferner Edison dem Reporter gegenüber äusserte, er könne die anderen Erfinder schlagen, da er bessere Mittel zum Versuchen habe, es auch nur zunächst ihm darum zu thun sei, for getting ahead of the other fellows, so geht daraus hervor, dass er um jene Zeit irgend welche wichtigen Erfindungen durchaus noch nicht in Bezug auf Licht vervollkommnete, jedoch keineswegs ohne Kenntniss von den Arbeiten von Sawyer & Man war, die ja einige Monate zuvor ihre elektrische Gesellschaft errichtet hatten.

Mr. Pope beschreibt nun, wie alle Welt durch die übertriebensten Depeschen und Berichte über Edison's wunderbare Erfindung in Bewegung gesetzt wurde, wie die Gasactien rapid sanken und man Edison 100.000 Dollars sofort zur Verfügung stellte. Jedoch nicht alle Zeitungen liessen sich zu dieser Mache missbrauchen. Der Pariser „Figaro" brachte zur Abkühlung eine ergötzliche Skizze über das „Bunkumphone". Diese neue originelle, amerikanische Erfindung sei eine Combination des Telephons, des Phonographen und anderer „Phono-grips", ausschliesslich zum Gebrauch für Finanzleute erfunden und construirt. Es bestehe aus einer vibrirenden Scheibe, welche durch ein Kabel ähnliche Scheiben auf unserem Continent der Dummköpfe in

Bewegung versetze. Die Scheibe in New-York sei von Silber und gleiche einem Dollar etc.

Nachdem diese Thatsachen vorausgegangen waren, meldete Edison das erste Patent Nr. 214.636 5. October 1878 an, auf glühende Platinspirale mit thermischem Stromregulator; es folgen noch die Patente Nr. 214.636/37 22. April 1879 und Nr. 218.866 26. August 1879, die auch nichts weiter enthalten, als geringe Aenderungen der ersten Idee.

Höchst charakteristisch für Edison's Thätigkeit um jene Zeit ist das Patent Nr. 218.166 vom 5. August 1879, das er am 3. December 1878 eingereicht hatte. Er beschreibt hier die Erfindung einer neuen Dynamomaschine vermittelst einer vibrirenden grossen Stimmgabel, welche gestattet: starke elektrische Ströme durch einen geringen Kraftaufwand zu erzeugen! „Saturday Review" vom 10. Januar 1880 sagt darüber: Jeder Gebildete würde es nicht für möglich halten, dass Jemand allen Ernstes einen solchen Unsinn vorschlagen könnte, wenn es nicht in einer Patentschrift stünde.

Zieht man das Facit von Allem, was Edison bis Ende 1878 erreicht hatte, so ergiebt sich, dass er nichts weiter als die alte Idee mit Platin und Iridium verfolgte, also wie von Anfang an durchaus auf falscher Fährte war. Während Sawyer bereits am 23. November 1878 im „Commercial Advertiser" erklärt: dass er schon ein Jahr, ehe Edison an Glühlicht dachte, die Platinspirale als nutzlos verworfen und Kohle angewendet habe, erklärt Edison am 11. December 1878 (authentisch) im „New York Herald": „I use no carbon." Das einzig Wahre sei ein glühender Metalldraht. Es wird ferner darauf hingewiesen, dass auch Alfred Niaudet

schon Anfangs 1879 in Frankreich die Kohle für besser als Platin erkannte für Incandescenz (Cronica Cientifica Tel. Jour. vol. VII, p. 119, 1. April 1879).

Es war absolut kein Grund vorhanden, wiederholt Edison's Verdienste hervorzuheben, wie es der Vorsitzende der Edison Electric Light Company am 23. November 1878 that. Dieser Herr Eduard H. Johnson erklärte, dass Edison ganz abweichend von allen Anderen bei seinen Erfindungen besondere Wege einschlage und rühmt seinen neuen Generator, über welchen der „London Engineer" sagt: Herr Edison scheint mit Erfolg die schlechteste magnet-elektrische Maschine erzeugt zu haben, die je gemacht wurde, nämlich die „Tuning-Fork-Dynamo".

Anfangs des Sommers 1879 scheint Edison Bedenken bekommen zu haben, dass die Ausbeute der ganzen Erde an Platin den Bedarf zur Fabrikation von Glühlampen nicht decken könnte. Es scheint daher, schreibt Tel. Jour. vol. VII, Seite 267, 15. August 1879, dass er ein Dutzend Agenten in die ganze Welt gesandt hat, um neue Quellen für dies kostbare Metall zu suchen. Zu dieser Zeit gewann Edison einen sehr tüchtigen Mathematiker für seine Versuche, Herrn Francis R. Upton, der bei Professor Brackett in Princeton und bei Helmholz in Berlin Physik studirt hatte. Herr Upton bestätigt, dass Anfangs 1879 Edison erkannt habe, dass für eine gute Glühlampe ein hoher Widerstand erste Bedingung sei. Dies bestätigt auch das Patent Nr. 227.229, das zwar am 21. April 1877 abgefasst, jedoch erst am 4. Mai 1880 ausgelegt wurde. In diesem Patent wird ein Glühkörper beschrieben aus 30 Fuss Platindraht von 0·005 Zoll Stärke, der um einen Kalkcylinder gewunden war und

glühend 750 Ohms Widerstand hatte. Dies war zwar der erste wichtige Schritt, den Edison für die Glühlichtbeleuchtung that, aber neu war er durchaus nicht, denn Sawyer's Patent vom 21. August 1877 enthielt bereits genau dasselbe, indem er im Patentanspruch hervorhebt, dass er einen Körper, wie z. B. einen Kalkcylinder durch Umwinden mit einem Leiter so zum Glühen bringt, dass er Licht ausstrahlt, sobald genügend Strom hindurchgeht.

Auch der Anspruch Edison's, für das Glühlicht zuerst einen Leiter in einem evacuirten Glaskörper eingeschlossen und zum Glühen gebracht zu haben, ist hinfällig, da W. Crooks bereits 1877 und 1878 sein Radiometer mit einem glühenden Platindraht unter den rotirenden Flügeln publicirt hatte. Auch war schon 1878 von Maxim constatirt worden, dass die Platinlampe zwecklos sei, nicht allein wegen zu kurzer Dauer, sondern auch wegen zu hohen Preises.

Bis zum Herbst 1879 versuchte Edison mehr im Stillen seine Platinlampe, bis sein Assistent Upton nachwies, dass mit Metallen für Glühlicht nichts zu machen sei; ein Resultat, das allerdings Maxim und Sawyer bereits 1878 gehabt hatten. Diese wieder schienen aus Versuchen von Dr. J. W. Draper 1847 in Silliman's Journal und in Phil. Magazine gelernt zu haben.

Sawyer & Man versuchten Mitte Februar 1878 Gasretortenkohle in einer Flasche, durch welche Leuchtgas strömte. Am 6. März versuchte man eine Bleistiftlinie auf Papier, wobei das Papier verkohlte. Durch diesen Zufall kam man auf die Idee, Papier in einer Leuchtgasatmosphäre durch den Strom einer Dynamo zu verkohlen. Das Papier schrumpfte hierbei jedoch ungleich zusammen

und man gab ihm deshalb die Form eines Hufeisens, so dass sie nun praktisch brauchbare Kohlen erzeugten. Später verkohlten sie diese Bügel in einem eisernen Gefäss mit Graphitpulver und kamen nunmehr zu der Erkenntniss, dass verkohltes faseriges Material wie die Papierkohle als Glühkörper brauchbar sei. Man versuchte verschiedene Sorten Papier und Holz, aus denen man Körper verschiedener Formen, gerade, gebogen und V-förmig formte. Die „New York Times" brachte am 19. März 1878 eine Beschreibung einer solchen Lampe mit einem kurzen glühenden Körper aus einer geheim gehaltenen Masse. Im Juni 1878 hatte man Lampen von 100 bis 200 Kerzen tage-, selbst wochenlang gebrannt. Am 15. October 1879 verlegt man das Laboratorium nach der Ecke von Walker- und Elmstreet in New-York, woselbst Lampen mit Papier und Holzkohle vielfach ausgestellt und gezeigt wurden. Man hatte auch bereits ermittelt, dass der Glühkörper länger hielt, wenn die Lampe mit einer Luftpumpe evacuirt wurde.

Die „New York Evening Post" brachte eine Beschreibung der ersten Ausstellung von Sawyer's Lampen am 30. October 1878 und „Scientific American" eine gleiche am 7. December 1878 mit Abbildungen der Lampen. Ende 1879 war Sawyer aus der Electro-Dynamic Company ausgetreten, gründete die Eastern Electric Manufacturing Company und gab sich alle Mühe, der ersteren zu schaden. Während durch diese Umstände die weitere Verbreitung von Sawyer's Lampe ungünstig beeinflusst wurde, erschienen plötzlich in den Tageszeitungen am 14. December und im „New York Herald" am 21. December 1879 prahlerische Artikel über Edison's Erfindung des Kohlenbügels aus Papier. Ich muss es mir versagen,

die ausführlichen marktschreierischen Artikel aus Pope's Buch hier wiederzugeben. Sie stellen alles in den Schatten an Kühnheit und Unwahrheiten, was man uns hier in Deutschland aufzubinden versuchte: „The great inventor"; „such a beneficient result the world might well hesitate to accept etc." sind die gelindesten Lobeserhebungen, die man sich leistete. „Splinters of wood, straw, paper and many other substances never before used" habe Edison angewendet für seine Lampe.

Edison's Patent auf eine Glühlampe mit Papierkohle wurde am 11. December 1879 nachgesucht, in welchem er angiebt, dass er Bristolcarton als Material vorzieht. Die Zeitungen bemächtigten sich alsbald dieser wüsten Reclame und erklärten, Edison's Erfindung sei nichts werth, sie sei nichts Neues, sondern eine Aenderung der 15 Monate zuvor schon von Sawyer-Man gemachten Erfindung. Sie kennzeichnen das ganze Verfahren, überall in den Städten Gesellschaften zu gründen, als gewissenlose Manipulationen des Actienwuchers. In Paris und London bemühte man sich, durch allarmirende Depeschen die Gasactien zum Sinken zu bringen und das Interesse rege zu halten, Edison selbst wie sein Secretär Mr. Griffin gaben telegraphisch die übertriebensten Auskünfte.

Die Electrodynamic Light Company begriff nun endlich, dass es sich eigentlich um die ihr gehörige Erfindung Sawyer's handelte und erhob Einspruch gegen Edison's Patent beim Patentamte am 23. September 1880. Sie beeideten (Sawyer und Man) und bewiesen durch Zeugen, dass sie bereits im Herbst 1878 die von Edison beanspruchten Erfindungen gemacht hätten. Am 24. Juli 1882 wurden die Verhandlungen wieder aufgenommen und am

2. Juni 1883 nochmals vor dem Patentamte verhandelt und Sawyer wie Man die Priorität zugesprochen. Ein neuer Versuch am 14. Februar 1885, gegen diese Entscheidung anzukämpfen, scheiterte, und die Edison-Leute wurden endgiltig mit dem Entscheid abgewiesen, dass es ganz klar erwiesen sei, dass Sawyer und Man die ersten Erfinder einer Glühlampe mit verkohltem Papier als leuchtenden Leiter gewesen seien. Auch das Patent Nr. 317.676 Sawyer's vom 12. Mai 1885, das am 9. Januar 1880 schon nachgesucht wurde, erhärtet unzweifelhaft obige Entscheidung. Es sind in demselben Zeichnungen mit circa 10 *mm* langen Kohlenbügeln und auch der Anspruch auf Anwendung einer Kohle aus Faserstoffen enthalten. In Folge dessen versuchten Edison's Anwälte nochmals am 27. Juni 1885 seinem Patente eine diesbezügliche Auslegung zu geben, doch ohne allen Erfolg. So endete der Streit, der vier Jahre und neun Monate das amerikanische Patentamt beschäftigt hatte.

Sawyer und Man waren getheilter Ansicht, ob eine kurze, dicke oder eine lange dünne Kohle besser sei. Jedenfalls konnte ein Kohlenfaden nur nach ihrem Verfahren hergestellt werden. Selbst wenn also Edison das letztere eigenthümlich wäre, kann es nicht als besondere Erfindung gelten. Edison versuchte diesem Mangel durch ein neues Patentgesuch am 27. Januar 1880 abzuhelfen, indem er besonders den Anspruch auf einen Kohlenfaden erhob. Die Rechtmässigkeit dieses Anspruchs ist leider niemals geprüft worden, da Edison's Patente vom 4., respective 17. November 1879 zufolge rein juristischer Bestimmungen der Patentgesetze in den Vereinigten Staaten von Nordamerika und in Canada annullirt wurden.

Praktisch eingeführt hat Edison allerdings das Glühlicht, indem er 1879 als erste Installation den Dampfer „Columbia" mit 115 Lampen versah. Drei Dynamos gaben den Strom für dieselben, während die vierte die ersteren erregte. In Menlo-Park veranstaltete er 1880 eine Ausstellung, welche täglich von Tausenden besucht wurde. Im selben Jahre wurde die New Yorker Edison Electric Illuminating Company gebildet und im December gleichen Jahres die Concession für die Centrale nachgesucht. Die inzwischen noch gegründete Edison-Company for Isolated Lighting installirte bis Juni 1882 an 10.424 Lampen. Die Centralstation in New-York war im Herbst 1882 vollendet und wurde am 4. September mit 2323 Lampen in 85 Gebäuden eröffnet. Bis April 1884 hatte sich die Lampenzahl auf 11.272 mit 500 Häusern erhöht, während bis dahin 307 einzelne Anlagen mit zusammen 59.173 Lampen gemacht wurden.

Im November 1880 wurde die Lampenfabrik in Menlo-Park errichtet und dieselbe am 1. April 1882 nach East Newark N. J. verlegt.

Eine locale Gesellschaft als Sawyer-Man Illuminating Company wurde als dritte Gesellschaft am 16. Juli 1883 von Sawyer begründet, welche nun nach der Abweisung Edison's auch ihrerseits Installationen machte. Beide Lampen, sowohl die Edison's als Sawyer's, hatten viel Aehnlichkeit mit dem Crooks'schen Radiometer, mit dem einzigen Unterschied, dass der glühende Leiter bei den ersteren länger war.

Herr Pope bespricht nun noch das Präpariren der Kohlenfäden in Kohlenwasserstoff, das Sawyer und Man schon 1878 als nützlich erkannt und in ihrem Patente Nr. 211.262 vom 7. Januar 1879 beschrieben hatten. Ein

Patent, das diesen Process ausführlich wie das obige beschreibt, nahmen Sawyer und Man unter Nr. 4847 1878 in England durch ihren Agenten F. J. Cheesbrough, welches von der Edison & Swan United Electric Light Company in London angekauft wurde. Zufolge dieses Patentes wurden Woodhouse & Rawson in London im Mai 1886 wegen Patentverletzung verurtheilt. In Deutschland ist ein bezügliches Patent jedoch nie nachgesucht worden. Maxim's Patente erwarb die United States Electric Company. Derselbe hatte schon mit Sawyer zusammen Jahre zuvor in Bezug auf das Präpariren der Kohlen Versuche gemacht. Seine Lampen kamen zuerst im Herbst 1880 im Gebäude der „Equitable", Lebensversicherungs-Gesellschaft, 120 Broadway, zur Anwendung. Es war dies nächst dem Dampfer „Columbia" die erste praktische Beleuchtungsanlage mit vorzüglichen Glühlampen. Die „New York Evening Post" brachte am 12. November 1880 eine ausführliche Beschreibung derselben, die viel Interesse erregte. Nicht minder war man erstaunt über einen Artikel von Professor G. F. Barker in Philadelphia am 22. November 1880 im selbigen Blatt. Derselbe äusserte sich wie folgt: Es ist mir unzweifelhaft und ebenso den Professoren Morton und Draper, dass Maxim eine namhafte Entdeckung gemacht hat. Jahrelang bin ich ein Bewunderer von Edison's unermüdlichem Eifer nach der Ergründung der wahren Lösung des Problems der elektrischen Beleuchtung gewesen und ich kann seine unbesiegbare Energie und seine unerschöpflichen Bemühungen in seinem Forschen bezeugen. Aber ein anderer Mann hat die Lösung gefunden.

Den ersten mechanischen Elektricitätszähler beschreiben Sawyer & Man in einem Patente vom 19. No-

vember 1878, der auch in dem Buche von Pope abgebildet ist. Jede Lampe verursachte in Pausen das Fortschreiten eines Zählwerks, dessen Uhrwerk sich ohne zu zählen bewegte, wenn keine Lampe Strom hatte. Auf seinen chemischen Zähler nahm Edison erst am 20. März 1880 ein Patent.

Am 6. August 1889 veröffentlichte der Secretär der National Electric Light Association eine Uebersicht über die industrielle Entwicklung der Glühlampe, welche zeigt, dass nicht weniger als 2,704.768 Glühlampen in den United States America in Betrieb sind mit einer Zunahme von über 200.000 Stück in den letzten sechs Monaten vor obigem Datum. Zum Betrieb derselben sind 300.000 Pferdekräfte nöthig, was etwa ein Zehntel aller Betriebskraft in den United States America nach der Schätzung von 1880 ausmacht. Mehr als 350.000 Lampen werden von Centralstationen aus betrieben, welche allein der Westinghouse Electric Company in Pittsburgh gehören und die in kaum drei Jahren installirt wurden. Das für elektrische Beleuchtung, Eisenbahnen und Kraftübertragung aufgewendete Capital in den United States America beträgt nicht weniger als 275 Millionen Dollars. Dies die Mittheilungen des Herrn Pope, der mit seiner so gründlichen und interessanten Darstellung endlich Herrn Edison's Verdienste an der Glühlampe genügend gekennzeichnet, wie der „Elektrotechnische Anzeiger" es in Bezug auf den Phonographen gethan hat. In Bezug auf beide Erfindungen hat ohne Zweifel Herr Edison fleissige und gründliche Forschungen angestellt. „But — another man found it."

Welchen Ausgang die in Deutschland seit nun circa acht Jahren schwebenden Processe um Edison's Patente

haben werden, kann nach den obigen Thatsachen wohl kaum mehr zweifelhaft sein. Wenn sie aller Wahrscheinlichkeit nach auch zu Gunsten von Edison's Concurrenten ausfallen werden, so haben sie doch lange Jahre Viele abgeschreckt, ausser Edison-Lampen auch andere zu verwenden. Es ist dadurch der Preis künstlich hoch gehalten und die Herstellung von Glühlampen durch Andere sehr eingeschränkt worden.

Das dem so ist, sehen wir in England, woselbst Edison und Swan das Monopol haben. Die Lampen verkauft in Folge dessen die Londoner Fabrik in England mit 3·50 Mark, die sie am Continent mit 2 Mark und weniger abgeben muss. Englands Glühlampenexport wird in Folge dessen je länger, desto geringer, da man die Lampen in Deutschland und Amerika zum halben Preise haben kann. Das amerikanische „Bumkumphone" hat leider zu lange in unserem Continente seine Schuldigkeit gethan und unsere Markstücke in Dollars verwandelt.

Wie man in Amerika selbst zur Unwahrheit greift und mit allen nur denkbaren Mitteln den Zweck zu erreichen sucht, zeigt eine Annonce der Edison United Manufacturing Company, vom Vorsitzenden Edward H. Johnson unterzeichnet.*) Hierin heisst es: Mr. Edison's Kohlenfadenpatent von 1879 deckt vollständig die moderne Glühlampe. Der Einwand, dass dieses Patent jemals im Patentamt der Vereinigten Staaten angefochten sei, ist absolut falsch. In Deutschland und England hat dieses Hauptpatent endgiltig gegen alle Patentverletzer gesiegt und so die Thatsache erwiesen, dass Herrn Edison's

*) Siehe „Electrical World", New York, vom 20. August 1887, S. VII, sowie „Electrical Engineer", New York, April 1887, S. XIX.

grosse Erfindung nirgends zuvor gemacht ist, hieraus folgt das gleiche Ergebniss für die Vereinigten Staaten etc. Gut, dass wir „this card to the public" wie sie überschrieben ist, hier am Continent auch lesen und diese falschen Angaben gründlich berichtigen können. Bald werden auch in Deutschland die Würfel gefallen sein und die Processe „nur noch historischen Werth" haben, wie man kürzlich sich ausdrückte. Von allen obigen Behauptungen ist nicht eine einzige wahr, da Edison's Patent von Sawyer schon 1885 mit Erfolg angefochten war und in Deutschland zu Anfang 1890 noch nicht entschieden ist.

VII. Historische Entwickelung der moder Glühlampe.

Jahr	Datum	
1840	—	W. R. Grove's Glühlampe.
1845	4. Nov.	J. W. Starr in Cincinnaty nimmt Patent Glühlampe mit Kohlenbrenner im Vac
1845	—	Grove publicirt seine Lampe von 1840.
1847	—	Professor J. W. Draper publicirt Versuche glühendem Platin.
1859	Juli	Moses G. Farmer beleuchtet sein Haus d getheiltes Licht; die erste Privatwohnun elektrischem Licht erleuchtet.
1866	9. Nov.	Moses G. Farmer schreibt an Henry V in Manchester England über seine se erregende Dynamomaschine.
1866	Dec.	Siemens beschreibt seine Dynamomas vor Berliner Physikern.
1866	24. Dec.	S. Alfred Varley sucht provisorisches P auf seine Dynamomaschine nach.
1867	17. Jan.	Siemens berichtet der Akademie der Wi schaften zu Berlin über seine Dyn maschine.
1867	Febr.	Siemens' Bericht publicirt in Poggendorf's nalen.

Jahr	Datum	
1867	14 Febr.	Professor Charles Wheatstone überreicht der Royal Society eine Beschreibung seiner Dynamo.
1867	Juli	Varley's provisorisches Patent publicirt.
1870	11. Apr.	Z. T. Gramme's französisches Patent auf die Gleichstromdynamo.
1871	Juli	Gramme stellt seine Dynamo in Paris in der Akademie der Wissenschaften aus.
1875	—	M. G. Farmer erzeugt mit seiner Dynamo 42 Glühlichter.
1876	23. Nov.	Farmer's elektrisches Licht mit automatischem Regulator wird im officiellen Bericht des Secretärs der United States-Marine erwähnt.
1877	27. Juni	W. E. Sawyer's Patent auf ein elektrisches Beleuchtungssystem.
1877	10. Aug.	W. E. Sawyer's Patent auf ein elektrisches Beleuchtungssystem mit Parallelschaltung der Lampen.
1877	Nov.	Hiram S. Maxim erfindet seine Platinlampe mit Wärmeregulator.
1878	Jan.	W. E. Sawyer und Albon Man verbinden sich behufs Glühlicht-Erfindungen.
1878	7. Febr.	Sawyer & Man's Werkstatt für Lichtversuche.
1878	März	Sawyer & Man stellen Leuchtkohlen aus Papier und anderen Faserstoffen her.
1878	18. März	Sawyer & Man stellen Lampen mit hartem Kohlenbrenner aus.
1878	19. April	„Engineering" beschreibt Crook's Radiometer.
1878	5. Juni	Sawyer & Man's Patent auf Parallelschaltung mit in der Stärke abnehmenden Leitungen ausgegeben.
1878	25. Juni	Sawyer & Man patentiren die automatische Regulirung der Stromquelle.
1878	8. Juli	Electrodynamic Light Company durch Sawyer & Man begründet.

Jahr	Datum	
1878	8. Sept.	Edison sieht Wallace Maschine in Ansonia.
1878	11. Sept.	Edison's Vorschlag für elektrische Beleuchtung zuerst erwähnt.
1878	12. Sept.	Edison behauptet, ein neues System der Glühlichtbeleuchtung erfunden zu haben.
1878	5. Oct.	Edison's erstes Patent auf eine Platinlampe nebst Wärmeregulator.
1878	9. Oct.	St. George Lane-Fox's provisorisches Patent auf eine Glühlampe von hohem Widerstand für Parallelschaltung.
1878	11. Oct.	Panik in Gasactien an der Londoner Stock Exchange, verursacht durch die Nachricht, Edison habe das elektrische Licht getheilt.
1878	17. Oct.	Edison Electric Light Company begründet.
1878	17. Oct.	Sawyer sucht Patent für einen elektrischen Zähler nach.
1878	29. Oct.	Sawyer & Man zeigen öffentlich elektrische Glühlampen.
1878	15. Nov.	F. R. Upton wird Edison's Gehilfe.
1878	22. Nov.	Professor G. F. Barker erklärt, dass die Durchführbarkeit von Edison's Entwurf ausser Frage stehe.
1878	23. Nov.	W. E. Sawyer spricht aus, dass elektrische Beleuchtung mit Platinlampe nicht ausführbar sei.
1878	25 Nov.	Edison erklärt, dass Kohle für Glühlampen nicht zu brauchen ist.
1878	7. Dec.	Sawyer & Man's Lampe im „Scientific American" beschrieben.
1878	7. Dec.	Sawyer's Zähler beschrieben.
1879	21. April	Edison sucht erstes Patent nach auf Glühlampen von hohem Widerstand für Parallelschaltung.
1879	19. Mai	Thomas Wallace wird Vorsitzender der Electrodynamic Company von Sawyer & Man.

Jahr	Datum	
1879	22. Oct.	Edison macht die erste brauchbare Lampe mit verkohltem Papierbrenner.
1879	4. Nov.	Edison's Patent auf Kohlenfaden von hohem Widerstand.
1879	14. Nov.	Edison's Patent auf Glühlampe mit Kohlenfaden von hohem Widerstand in Canada ausgegeben.
1879	11. Dec.	Edison sucht Patent nach auf Lampe mit Papierkohle.
1879	21. Dec.	„New-York Herald" veröffentlicht den ersten Bericht über Edison's erfolgreiche Lampe.
1880	Jan.	Edison Electric Illuminating Company gegründet.
1880	9. Jan.	Sawyer & Man geben Patente ab auf Papierkohle.
1880	27. Jan.	Edison's United States Patent auf einen Kohlenfaden von hohem Widerstande.
1880	Febr.	Erste authentische Beschreibung über Edison's Glühlichtsystem durch Upton in Scribner's Monthly.
1880	20. März	Edison's Patent auf elektrische Zähler.
1880	27. März	Erste Messungen von Edison-Lampen publicirt.
1880	10. April	Nutzeffect von Edison's Dynamo von Brackett und Young gemessen.
1880	17. April	„Scientific American" publicirt Professor Morton's Messungen der Edison-Lampe.
1880	2. Mai	Erste Beleuchtungsanlage auf der „Columbia" in Betrieb gesetzt.
1880	14. Juni	Edison's Leistungen im „New-York" Sun publicirt.
1880	23. Sept.	Einspruch von Sawyer & Man gegen Edison's Patente.
1880	Nov.	Glühlampenfabrik in Menlo-Park eröffnet.
1880	Nov.	Die erste Beleuchtungsanlage am Lande durch die United States Electric Light Company in Betrieb gesetzt, Sawyer-System in New-York.

Jahr	Datum	
1881	6. Apr.	Sawyer & Man's Erfindungen von der Eastern Electric Manufacturing Company angekauft.
1882	Jan.	Edison Company for isolated lighting begründet.
1882	20. Jan.	Patentamt spricht Sawyer & Man die Priorität zu.
1882	1. Apr.	Lampenfabrik Edison's in East Newark eröffnet.
1882	24. Juli	Die Entscheidung des Examiner of Interferences durch den commissioner of patents aufgehoben.
1882	4. Sept.	Edison's Centralstation in New-York eröffnet.
1882	8. Sept.	Consolidated Electric Light Company gegründet.
1883	2. Juni.	Der Examiner of Interference entscheidet zum zweitenmal zu Gunsten von Sawyer & Man.
1883	16. Juli	Sawyer & Man Illuminating Company gegründet.
1883	25. Juli	Board of examiners-in-chief stossen die Entscheidung des examiner of Interferences um.
1883	October	Erste commercielle Installation von der Sawyer & Man Company.
1883	8. Oct.	Commissioner of patents bestätigt die Entscheidung des Examiner of Interferences und entscheidet die Priorität von Sawyer & Man.
1883	17. Oct.	Edison appellirt an den Secretär des Innern.
1884	19. Nov.	Der Secretär des Innern weist die Berufung zurück.
1884	24. Nov.	Edison versucht von neuem beim Patentamt gehört zu werden.
1885	2. April	Der Versuch zur Wiederaufnahme des Verfahrens vom Patentamt abgewiesen.
1885	12. Mai	Sawyer & Man's Patent auf den Kohlenbügel aus faserigem Material ausgegeben.
1885	27. Juni	Das Patentamt verweigert Edison's Gesuch, einen neuen Einspruch wieder anzunehmen.
1886	Mai	Entscheidung des Richters Butt, wonach Sawyer & Man's Patent für Präpariren in Kohlenstoffgas aufrecht erhalten wird.

Jahr	Datum	
1889	20. Jan.	Der höchste Gerichtshof der United States entscheidet im Streit zwischen Bate gegen Hammond.
1889	26. Feb.	Edison's canadisches Patent wird annullirt.
1889	Mai	Westinghouse und United States Electric Light Company vereinigt.
1889	25. Mai	Entscheidung durch Richter Thayer zwischen Huber gegen Nelson Manufacturing Company.
1889	8. Aug.	Richter Walace entscheidet im Streite Pohl gegen die Anchor Brewing Company.

VIII. Verzeichniss der hauptsächlichsten Glühlampenfabriken.

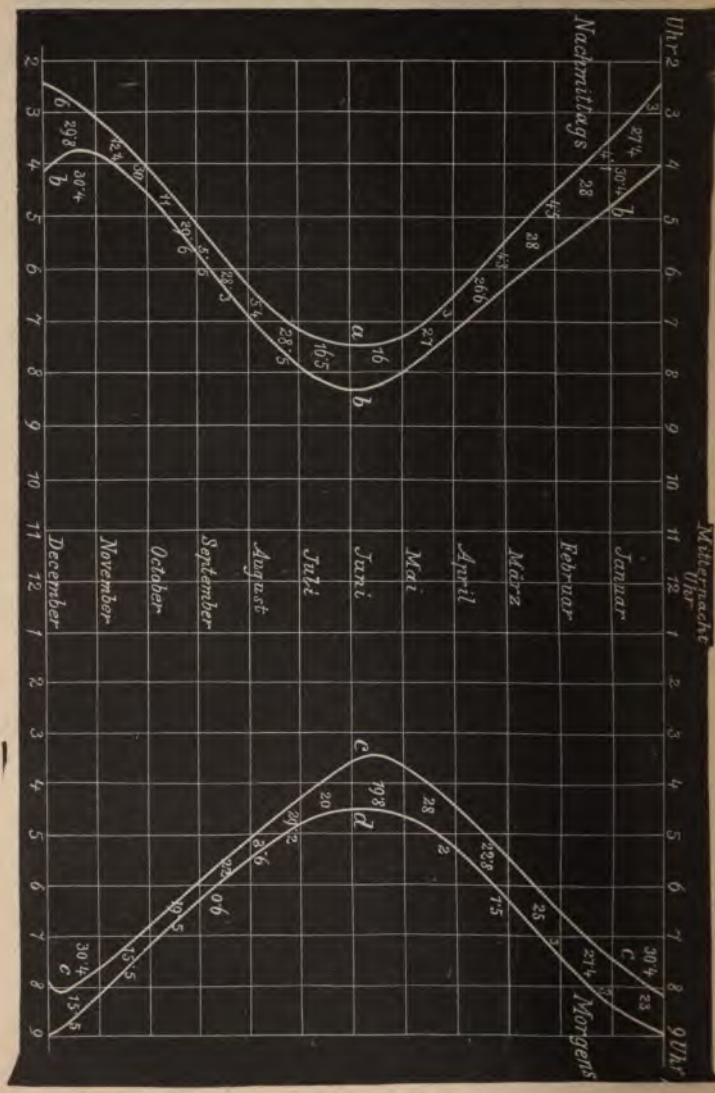
Ort	Laufende Nummer	Firma	System
Berlin	1	Actiengesellschaft für elektrische Glühlampen	Seel
"	2	Allgemeine Elektricitätsgesellschaft	Edison
"	3	Elektrotechnische Industriegesellschaft	Langhans
"	4	Fritsche & Pischon	Fritsche
"	5	Siemens & Halske	Edison
Bruxelles	6	Société anonyme pour la Fabrication des Lampes à Incandescence	Seel
Budapest	7	B. Egger & Co.	Egger Seel
Cleveland O.	8	Brush Electric Company . . .	Lane-Fox
Gateshead u./T.	9	Clarke, Chapman, Parsons & Co.	Sunbeam
Gelnhausen Rotterdam	10	Elektricitäts-Maatschappij System de Khotinsky	De Khotinsky
Hamburg	11	Elektrische Fabrik Alexander Bernstein	Bernstein
"	12	Glühlampenfabrik und Elektricitätswerke	Müller
Ivry s./S.	13	Société Edison	Edison
London	14	United Swan & Edison Company	Edison Swan
Milano	15	Tecnomasio B. Cabella & Co. .	Cabella

Ort	Laufende Nummer	Firma	System
New York	16	Consolidated Electric Light Company	Sawyer-Man
		Sawyer-Man Electric Company .	
"	17	Edison United Manufacturing Company	Edison
Paris	18	Phillippart Frères	De Changy
Torino	19	Società Italiana di Elettricità Sistema Cruto	Cruto
Wien	20	B. v. Berndt & Co.	Berndt
"	21	Kremenezky & Co.	Lane-Fox
"	22	F. S. Frassl	

Anmerkung. Verfasser ist gerne bereit, Mittheilungen über neue Erzeugnisse, neue Fabriken oder Berichtigungen entgegenzunehmen und selbige bei nächster Auflage zu verwerthen, um allen Ansprüchen möglichst nachzukommen und so das Buch nützlich für alle Kreise zu gestalten.

Tafel 1.

Graphischer Brennkalender für 52° nördl. Breite *)



*) Vergleiche die Tabelle S. 154.

Erläuterung zum graphischen Brennkalender.

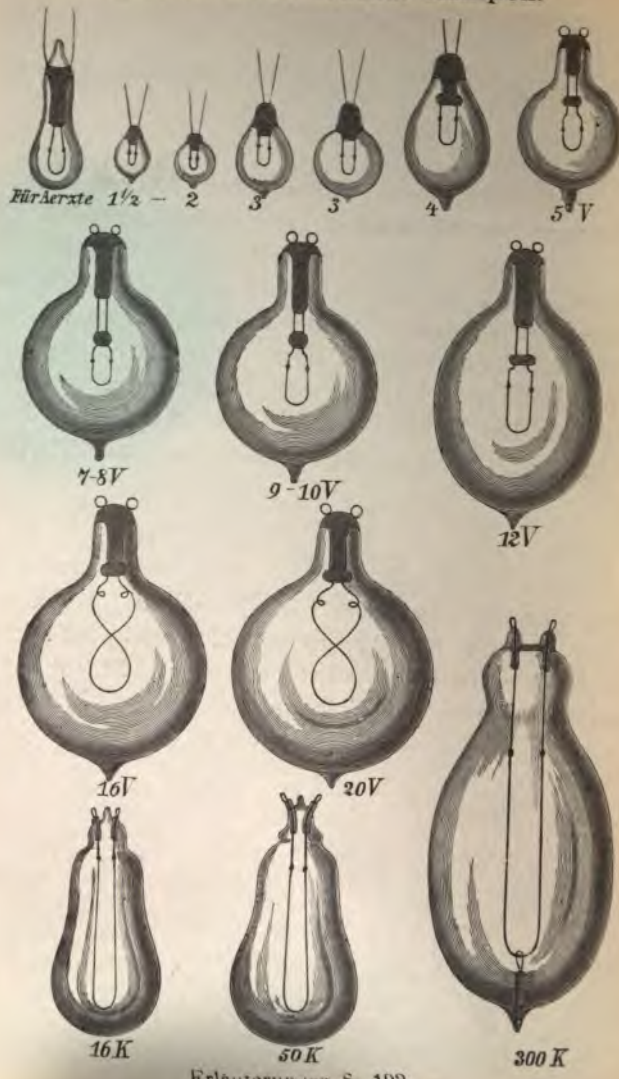
(S. 154 u. 192.)

Die Fläche zwischen den beiden Curven *b* und *c* giebt die Zeit, in welcher Licht gebraucht wird. Die Curven *b* und *c* geben die Zeit des Sonnenauf- und -Unterganges; die Curven *a* und *d* die Zeit des Ansteckens und Auslöschens der Lampen. Jedes Quadrat bildet einen Stundenmonat oder 30·4 Stunden, respective wenn Sonntage und Feiertage nicht mitrechnen 25·6 Stunden. Die Zahlen in den Quadraten geben deren Werth in Stunden, inclusive Sonntage und Feiertage.

Auf Tafel 2 (nächste Seite) sind die ersten sechs Lampen natürlicher Grösse; das Verhältniss der Lampen von 5, 7—8, 9—10, 12, 16 und 20 Volts = 2 : 3, bei 16 Kerzen 100 Volts, 1 : 4; 50 Kerzen 100 Volts, 1 : 6 und 300 Kerzen 100 Volts, 1 : 6.

Tafel 2.

Grössen verschiedener Lampen.



Erläuterungen S. 193.

Tafel 3.

Contacte verschiedener Systeme.

HELIOS, MUTTERGEWINDE.

OESEN.

BERNSTEIN, ZWEI CONTACT-STIFTE.

BAYONETTE, SWAN.

HUBER, RUNDE FEDERNDE CONTACTE.

EDISON, SCHRAUBE.

CRUTO, SCHRAUBSTIFT.

SIEMENS, FLÜGEL.

In A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig sind von demselben Verfasser erschienen:

Elektro-technische Bibliothek, Band XVI.

Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage

für alle Zwecke der Praxis.

Von **J. Zacharias.**

Mit 72 Abbildungen.

16 Bogen. Octav. Geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark. Eleg. geb. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Elektro-technische Bibliothek, Band XXIV.

Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen

für alle Zwecke der Praxis.

Von **J. Zacharias.**

Mit 94 Abbildungen.

16 Bogen. Octav. Geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark. Eleg. geb. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Beide Bände ergänzen einander. Sie sind allen Denen zu empfehlen, welche sich mit der Einrichtung des elektrischen Lichtes beschäftigen.

Die „Zeitschrift für Elektrotechnik" in Wien 1884, S. 414, sagt bei der Besprechung des XXIV. Bandes unter Anderem Folgendes: „In deutscher Sprache existirt kaum ein Werk, ausser dem vorliegenden, welches dem angehenden Elektrotechniker mit so vielen praktischen Winken und werthvollen Daten an die Hand ginge, wie das von Zacharias."

Auch auf die praktische Brauchbarkeit des Buches für den Elektrotechniker im allgemeinsten Sinne des Wortes, können wir nicht genug aufmerksam m...


Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
XLIII. BAND.
Die
Elektrischen
Verbrauchs-Messer.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's
Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop., eleg. geb. à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Francs 35 Cents = 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

I. Band. **Die Construction der magnet-elektrischen und dynamo-elektrischen Maschinen.** Von Gustav Glaser-De Cew. 5. Auflage, bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. **Die elektrische Kraftübertragung** und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. **Das elektrische Licht.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — IV. Band. **Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen.** Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — V. Band. **Die Verkehrs-Telegraphie,** mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. **Telephon, Mikrophon und Radiophon,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 2. Auflage. — VII. Band. **Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. **Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente.** Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. **Die Grundlehren der Elektricität,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — X. Band. **Elektrisches Formelbuch** mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. **Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen,** mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. **Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen.** Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. **Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie.** Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. **Die Haus- und Hôtel-Telegraphie.** Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. **Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke.** Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. **Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis.** Von J. Zacharias. — XVII. Band. **Die elektrische Eisenbahn** bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. **Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde.** Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. **Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen.** Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. **Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860—1883.** Von Gustav May. — XXI. Band. **Die Motoren der elektrischen Maschinen** mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. **Die Generatoren hochgespannter Elektricität.** Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. **Das Potential** und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. **Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen.** Von J. Zacharias. — XXV. Band. **Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte.** Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. **Die Kabeltelegraphie.** Von Max Jüllig. — XXVII. Band. **Das Glühlicht,** sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. **Geschichte der Elektricität.** Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. **Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. **Die Galvanostegie** mit besonderer Berücksichtigung der fabriksmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. **Die Technik des Fernsprechwesens.** Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. **Die elektro-technische Photometrie.** Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. **Die Laboratorien der Elektro-Technik.** Von August Neumayer. — XXXIV. Band. **Elektricität und Magnetismus im Alterthume.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. **Magnetismus und Hypnotismus.** Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. **Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten.** Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. **Elektricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte.** Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. **Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen.** Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. **Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen.** Von Etienne de Fodor. — XXXX. Band. **Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte.** Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. **Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen.** Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. **Die Glühlampe.** Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. **Die elektrischen Verbrauchsmesser.** Von Etienne de Fodor — u. s. w. u. s. w.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die elektrischen

Verbrauchsmesser.

Von

Etienne de Fodor,

Director der elektrischen Centralstation in Athen.

Mit 77 Abbildungen.

WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1891.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Das in diesem Buche behandelte Thema ist mit der industriellen Entwicklung der elektrischen Wissenschaft auf das engste verknüpft. Es bildet gewissermassen eine Grundbedingung zum wirthschaftlichen Aufblühen jener Unternehmungen, welche sich die geschäftsmässige Erzeugung und verkaufsweise Abgabe der elektrischen Energie zur Aufgabe gemacht haben.

Aber nicht nur den Handelsmann interessirt die Frage der Verbrauchsmesser; der Elektrotechniker ist in derselben in noch grösserem Masse interessirt, weil sie seinem Erfindungsgeiste und seinem Forschen den denkbar grössten Spielraum gewährt.

Es giebt wohl keine äusserliche Kundgebung des elektrischen Stromes, welche nicht für die Verbrauchsmesser nutzbar zu machen gesucht worden wäre. Obwohl in diesem Buche über achtzig Messer mehr oder minder ausführlich beschrieben sind, kann dies Werk doch nicht alle diese vielen Instrumente aufzählen, welche im Zeitraum von einigen Jahren dem Nachdenken nimmer müder Erfinder entsprungen sind.

Auch der Mechaniker ist durch diese Frage zu thätiger Mithilfe angespornt worden und er hat sein ganzes Können aufgeboten, um im Vereine mit dem Elektriker das so vielfach umstrittene Problem zu lösen.

Ob es aber gelungen sei, einen wirklich guten industriellen Verbrauchsmesser zu schaffen, mag der Leser selbst urtheilen. Der Verfasser hat sich bemüht, in der vorliegenden Studie ein unparteiischer Beobachter zu sein, und es den Interessenten zu überlassen, diese oder jene Type ihren Bedürfnissen und den örtlichen Verhältnissen anzupassen.

Der Verfasser sagt besten Dank den Erfindern, welche ihn mit directen Informationen unterstützten, ebenso den Fachzeitungen, in welchen er sich so viele schätzenswerthe Auskünfte erholte. Er hofft, dass dieses anspruchslose Werk seinem Zweck, eine ausführliche Zusammenstellung der nennenswerthesten Verbrauchsmesser zu geben, nahe gekommen sei und bittet um freundliche Aufnahme.

Der Verfasser.

Inhalt.

Verzeichniss der Abbildungen.

Sach-Register.

Allgemeines.

Eines der Hauptbedingnisse zum wirthschaftlichen Gelingen einer Beleuchtungsunternehmung ist ein guter Verbrauchsmesser. Was dem Kaufmann die Waage und das Mass ist, das ist der Messer für den Abgeber von Licht und Kraft. Wo ein solches Instrument nicht im Gebrauch ist, fehlt jede Basis zu einem geordneten Verhältniss zwischen den Parteien: entweder wird der Abnehmer übervortheilt, oder aber zum meisten sind es die Unternehmer, welche den Kürzeren ziehen.*)

*) In den Anfängen der Gas-Industrie, als der Verbrauchsmesser noch nicht in die Praxis übergegangen war, verkaufte man das Leuchtgas auf monatliches Abonnement (wie dies heute noch in vielen Orten mit der Elektricität geschieht), welchem eine ungefähre Schätzung des Verbrauches zu Grunde lag. Dieser Gebrauch hatte ebensowohl für den Fabrikanten als wie für den Abnehmer viele Unzukömmlichkeiten und es gab fortwährend Streit zwischen den beiden Parteien. Als es endlich einen genauen Gasmesser gab, wurde er mit einem gewissen Zögern angenommen. Die Compagnien fürchteten eine Abnahme ihrer Einkünfte, vorgebend, dass die Abonnenten durch die Annahme des Gasmessers Ersparungen in ihrem Verbrauch machen würden, was denselben beim Abonnement nicht thunlich erschien. Das Abonnement sicherte dem Fabrikanten eine fixe Einnahme und man fürchtete, dass dieselbe sich durch den Gebrauch der Messer herabmindern werde. Die Abonnenten hingegen fürchteten, nach dem Messer mehr bezahlen zu müssen als früher und es bedurfte grosser Ausdauer und Erfahrung, um den Verbrauchsmesser einzubürgern.

Bei der Gasbeleuchtung gibt es verhältnissmässig sehr genaue Messer. Es ist dies leicht, weil hier eine messbare Grösse, ein Volumen existirt. Das Gas ist ein Körper, der mechanisch behandelt werden, in einem gewissen Raume von bestimmter Grösse eingeführt, mit einem Raummass gemessen werden kann, wie eine Flüssigkeit, und auch gewogen werden kann wie ein fester Körper.

Der elektrische Strom aber ist kein Körper und kann folglich auch nicht direct gemessen werden. Obwohl es eine Quantitätseinheit gibt, das »Coulomb«, so bleibt dasselbe doch nur immer ein theoretischer Begriff. Wir können wohl die Intensität und die Spannung eines elektrischen Stromes messen und dieselben entweder einzeln oder als Product mit einer gewissen Zeitmenge multipliciren, wir können die elektrische Energie messen, nicht aber die Quantität des Fluids, wenn hierbei von praktischer Quantität überhaupt die Rede sein kann.

Das ist nun, offen gesagt, ein Nachtheil der elektrischen Verbrauchsmesser. Wir registriren in denselben blos die Wirkungen des elektrischen Stromes ein und setzen voraus, dass diese Wirkungen proportional zur Intensität (oder auch zur Spannung) des zu messenden Stromes sind. Diese Voraussetzung trifft aber nur in vereinzelten Fällen zu, und wo sie zutrifft, giebt es soviel störende Nebeneinflüsse, dass blos von theoretisch absoluter Genauigkeit, nie aber von wirklicher die Rede sein kann.

Wir werden später bei Besprechung der einzelnen Systeme Gelegenheit haben, auf diese organischen Fehler der Elektricitäts-Verbrauchsmesser hinzuweisen. Vor-

läufig wollen wir uns blos mit jenen äusserlichen Wirkungen des elektrischen Stromes beschäftigen, welche mechanisch einregistrirt werden können.

Diese sind:

A. Elektrochemische Wirkungen.

Elektrolyse des Wassers, Entwicklung von Wasserstoff und Sauerstoff in einem Voltameter.

Anwendung des Gesetzes Faraday's: Die Quantität der elektrolytisch zersetzten Substanz ist proportional zur Intensität des Stromes.*)

Verwendung der Accumulatoren Ein Theilstrom ladet dieselben und ihr Entladungsstrom wird entweder in mechanische Kraft umgesetzt und durch ein Zählwerk einregistrirt, oder aber durch einen Voltameter gemessen.**)

---

*) Wenn eine (in Coulombs ausgedrückte) Quantität Q Elektricität in einen Leiter während einer Zeit t eingeführt wird, ist die Intensität des Stromes mit $\frac{Q}{t}$ zu definiren und man hat: $Q = It$.

Die Intensität ist dieselbe in allen Punkten des Stromkreises. Es resultirt daraus, dass ein Ampèremesser und ein Voltameter, welche respective I und Q messen, die gleichen Indicationen geben werden, wo immer sie auch in den Stromkreis eingeschaltet werden, so wie es auf experimentalem Wege durch Faraday bewiesen wurde.

**) Der Voltameter ist ein Apparat, welcher dazu bestimmt ist, die Intensität eines Stromes auf elektrolytischem Wege zu messen, basirend auf dem Gesetze Faraday's: $Q = It$. Eine gleiche Quantität elektrischen Stromes, welche ein Elektrolyt durchfliesst, zersetzt immer eine gleiche Quantität. Es resultirt daraus, dass die Messungen der Quantität und Intensität, welche auf dem Voltameter basiren, absolute sind.

B. Elektromotorische Wirkungen,

beruhend entweder auf den anziehenden und abstossenden Wirkungen von permanenten oder Elektromagneten, oder aber auf den gegenseitigen Einwirkungen von Magnetfeldern auf geschlossene Stromkreise, wobei irgend ein beweglicher Theil des Systems in Drehung oder Bewegung versetzt wird.

Anwendung des Princips des Rades Barlow's, welches sich unter der Einwirkung eines durchfliessenden Stromes mit einer der Intensität desselben proportionalen Geschwindigkeit dreht.

Ein Strom, welcher *n* Milligramme Wasserstoff per Secunde entwickelt, ist demzufolge eine definirte Grösse; um seine Intensität zu bestimmen, genügt es zu wissen, dass ein Strom von 1 Ampère per Secunde 0·093456 Mgr. Wasser zersetzt, d. h. 0·010384 Mgr. Wasserstoff in Freiheit setzt, nachdem in dem Wasser $^1/_9$ Gewichtstheil Wasserstoff enthalten ist.

Ein »Coulomb« ist die Quantität Elektricität, welche von einem Ampère in der Secunde entwickelt wird, das Coulomb entwickelt daher 0·010384 Mgr. Wasserstoff.

Wenn wir mit E das chemische Aequivalent eines Körpers im Verhältniss zum Wasserstoff bezeichnen, wird die Quantität Z dieses in Freiheit gesetzten Stoffes per 1 Coulomb sein:

$$Z = 0{\cdot}010384\, E$$

und die Zahl Z wird daher durch Definition das elektrochemische Aequivalent dieses Körpers sein.

Nehmen wir an, wir suchten die Intensität I eines Stromes, welcher 15 Gr. Kupfer in 10 Minuten niedergeschlagen hat. Das chemische Aequivalent des Kupfers ist 31·75, ein Coulomb schlägt daher $0{\cdot}010384 \times 31{\cdot}75 = 0{\cdot}32948$ Mgr. nieder. Es werden daher 15 Gr. (oder 15,000 Mgr.) durch $15.000 : 0{\cdot}32948 = 45.526$ Coulombs niedergeschlagen. Diese 45·526 Coulombs wurden in 10 Minuten oder 600 Secunden entwickelt; es hat daher der Strom eine Intensität von $45.526 : 600 = 75{\cdot}87$ Ampères gehabt. (S. Dumont. Dict. d'Electr.)

Anwendung der Foucaultscheibe.*)

Benützung der Selfinduction. (Der Coëfficient der Selfinduction L ist das Verhältniss des Flux der Kraft Φ, welche einen Leiter mit einer Intensität I durchfliesst. Daher: $L \frac{\Phi}{I}$.)

C. Sogenannte galvanometrische Wirkungen,

bei welchen ein geschlossener Stromkreis auf irgend einen anderen oder aber auf einen Magneten oder aber auf ein Eisenstück Wirkungen ausübt.

Verwendung der Ampèremesser, respective ihrer Zeiger oder Achsen zur Einregistrirung des ganzen oder eines Theiles der zu messenden Energie.

Verwendung des Elektrodynamometers. Eine fixe Spule wirkt auf eine bewegliche. Die eine Spule ist vom Hauptstrom, die andere von einem Theilstrom durchflossen. Die Schwingungen sind proportional zum Quadrat der Intensität und unabhängig von der Stromrichtung.**)

Verwendung der Wirkungen der Solenoïde auf bewegliche Anker, insoferne dieselben zum Messen von Strömen verwendet werden.

---

*) Die Foucaultströme sind proportional zur Intensität des magnetischen Feldes und zur Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe.

**) Ein Elektrodynamometer (zuerst von Weber angegeben) besteht im Principe aus einem festen und aus einem beweglichen Leiter, von welchen der eine vom zu messenden Strome, der andere von einem Strom von bekannter Intensität durchflossen wird. Die erhaltene Schwingung ist proportional zum Product der Intensitäten der beiden Ströme. Die Empfindlichkeit dieses Apparates wurde vermehrt, indem man den zu messenden Strom in beiden Leitern einführt, wodurch ein Theilstrom

D. Elektrothermische Wirkungen.

Anwendung des Joule'schen Gesetzes: Wenn ein Strom einen metallischen homogenen Draht durchfliesst, ist die Wärme, welche in der Zeiteinheit entwickelt wird, proportional: erstens zum Widerstande, welchen der Draht dem Kreisen des elektrischen Stromes entgegensetzt; und zweitens dem Quadrat der Intensität dieses Stromes.

E. Elektro-capillarische Wirkungen.

Dieselben wurden wahrscheinlich von Becquerel entdeckt und von Lippmann in folgendes Gesetz gebracht:

Man kann eine Flüssigkeit nicht aus ihrer Gestaltung bringen oder die Natur ihrer Oberfläche verändern, ohne hierbei eine positive oder negative Arbeit zu verausgaben; diese ausgegebene oder gewonnene Arbeit kommt einer Variation der elektrischen Energie gleich.

Nach Volta existirt beim Contact zweier Körper eine Potentialdifferenz. Es wird daher auch eine Potentialdifferenz zwischen der Oberfläche der Flüssigkeit und ihrer Umgebung existiren. Wenn man die Flüssigkeit mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung bringt, welche ihr Potential erhöht, wird die auf der Oberfläche der

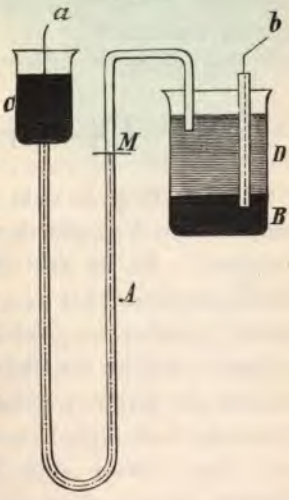
---

auf den anderen wirkt. Demzufolge sind die Schwingungen proportional zum Quadrat der Intensität und unabhängig von der Stromrichtung. Dieser Apparat gestattet es, Wechselströme zu messen. Wenn der Wechselstrom seine Richtung wechselt, so geschieht dies zu gleicher Zeit in beiden Leitern; die gegenseitige Einwirkung bleibt demnach bei jedem Stromwechsel die gleiche und die Schwingung erfolgt wie beim Gleichstrom.

Elektricität und mit ihr ihre oberflächhmen; die Oberfläche muss daher bis ihre Capacität genügend s Gleichgewicht zwischen der g und den äusseren Kräften her- e Oberfläche in ihre ursprüngliche ren suchen.

n die chemische eit der Oberfläche gkeit verändert, indem eselbe beispielsweise elekrt, so verändert man dadurch das Potential, welches zwischen der flüssigen Masse und seiner Umgebung bestanden hat. Die Menge der freien Elektricität auf der Oberfläche muss sich daher verändern und folglich auch die oberflächliche Spannung und die Form der Oberfläche.

Fig. 1.



Den auf diesen Erscheinungen beruhenden Verbrauchsmessern liegt folgendes Experiment Lippmann's zu Grunde (Fig. 1). Eine Capillarröhre *A* steht einerseits mit einem cylindrischen Trichter *C* und andererseits mit Hilfe eines Syphons mit einem Glasbehälter *D* in Verbindung, auf dessen Boden sich eine Quecksilberschicht *B* befindet, über welche eine Schicht angesäuertes Wasser lagert. In jede der beiden Quecksilbermassen *B* und *C* taucht ein Stromzuleiter *a b*. Wenn durch die letzteren eine

Potentialdifferenz zwischen den beiden Massen *B* und *C* hergestellt wird, sieht man das Niveau des Meniscus *M* variiren. In diesem Experiment wirkt der Strom, indem er die chemische Beschaffenheit der Oberfläche des Quecksilber-Meniscus verändert. Die Potentialdifferenz zwischen dem angesäuerten Wasser und dem Quecksilber, welche sich je nach der Spannung oder Intensität des Stromes verändert, lässt auch das Niveau *M* entsprechend variiren.*)

Die Mass-Einheiten.

Das Erg. In dem System CGS**) ist die Einheit der elektrischen Energie das »Erg« (vom griechischen Wort »ergon«). Es ist dies die Arbeit, hervorgebracht durch die Kraft einer »Dyne«, deren Angriffspunkt einen Centimeter parallel zur Richtung der Kraft durchläuft. Die »Dyne«, welche die Einheit der Kraft in dem CGS-System ist, ist die Kraft, welche einer Masse von 1 Gr. Gewicht eine Geschwindigkeit von 1 Cm. verleiht, nachdem sie auf diese Masse eine Secunde eingewirkt hat. Diese Einheit wird gegenwärtig in der Praxis nicht benützt, weil man gewohnt ist, die Kräfte in ihrer Gewichtsfunction auszudrücken. Daraus entsteht die Nothwendigkeit, das Verhältniss auszudrücken, welches zwischen der »Dyne« und der praktischen Gewichtseinheit besteht.

Wenn ein Körper in das Leere fällt, verleiht ihm die Schwere eine Geschwindigkeit von *g* Cent. (981) per

*) Dumont: Dictionnaire d'Electricité, Paris. Larousse.

**) Centimeter-Gramm-Secunde.

Secunde; die Kräfte sind proportional zur Beschleunigung, folglich ist die Kraft, welche auf die Körpereinheit einwirkt, gleich g dyne. Hieraus resultirt, dass die Kraft, welche auf die Masse des Grammes (d. h. auf das Gewicht) wirkt, gleich g dyne ist. Die Dyne ist gleich $\frac{1}{g}$ Gr. Das Gewicht des Grammes ist gleich 981 Dyn und das Dyn ist gleich $\frac{1}{981}$ Gr. Das Erg ist zu klein für die Bedürfnisse der Praxis und wird in derselben als Einheit nicht angewendet.

Coulomb. Das Coulomb repräsentirt die Quantität der Elektricität, welche von einem Ampère während einer Secunde verausgabt wird.

Das Coulomb ist gleich der correspondirenden Einheit des CGS-Systems multiplicirt mit 10—1.

Ampère. Das Ampere ist wie das Coulomb gleich 10^{-1} Intensitätseinheiten des CGS-Systems. Der Coëfficient 10^{-1} wurde deswegen eingeführt, um eine Einheit zu besitzen, welche in ein System absoluter Einheiten gehörend, gestattet, die Intensitäten zu messen, ohne zu kleine Zahlen anwenden zu. müssen.

Das Watt. In der neueren Zeit wird als Einheit der elektrischen Energie das »Watt« oder »Volt-Ampère« benützt. Es ist dies die Energie, welche von einem Volt durch ein Coulomb entwickelt wird. Sie ist gleich dem Producte eines Volt und eines Ampères während einer Secunde.

Eine Pferdekraft ist gleich $9{\cdot}81 \times 75 = 736$ Watts. Ein Watt ist gleich $\frac{1}{736}$ Pferdekraft.

Das Watt ist gleich $\frac{EI}{g}$ Kgr.-Meter.

Die von dem Strom geleistete Arbeit T ist: $T = \frac{EI}{9{\cdot}81}$ Kgr.-Meter per Secunde. Es ist daher $\frac{EI}{9{\cdot}81 \times 75} = \frac{EI}{736}$ Pferdekräfte. In der Praxis sind die Wattsecunden durch Wattstunden ersetzt.

Volt-Coulomb. Die praktische Einheit der elektrischen Arbeit heisst »Volt-Coulomb« oder »Joule«. Es ist die Arbeit, hervorgebracht durch ein Coulomb und ein Volt. Ein Volt-Coulomb ist gleich 10 »Meg-erg« oder 1 : 9·81 Kgr.-Meter. In der Praxis wird diese Einheit nicht angewendet.

Die Verbrauchseinheiten.

Die Lampenstunde. Als man in Amerika anfing, den elektrischen Strom auf industriellem Wege zu erzeugen und zu verkaufen, hatte man bei der damaligen Unerfahrenheit des Publicums in elektrischen Sachen es für das Praktischeste gehalten, nicht die Stromeinheit sondern die Lichteinheit zu verkaufen.

Edison, der Begründer der elektrischen Centralstationen, war von dem Grundsatz ausgegangen, die von den Gasanstalten in ihrem Verkehr mit dem Publicum erzielten Erfahrungen und Gewohnheiten auch für das elektrische Licht anzuwenden, und erwählte daher (indem er neue Einheiten und Masse vorläufig nicht schaffen wollte) die 16kerzige Glühlampe als Messeinheit, weil

sie in Leuchtkraft dem gewöhnlichen landläufigen Gasbrenner gleichkam.*)

Mit wie viel Volts und wie viel Ampères diese 16kerzige Lampe zur normalen Lichtintensität gebracht wurde, sollte dem Consumenten gleichgiltig sein, und in Wirklichkeit wäre es auch schwer gewesen, von dem Clienten die Bezahlung von Volts, Ampères, Watts oder Ergs zu verlangen, während er doch nur vom Licht etwas verstand. Da die Elektricität kein fühlbarer Körper ist, wie Leuchtgas, musste man auf eine Quantitätsmessung der Elektricität vorläufig verzichten, und man wählte daher die Lichteinheit zur Controlirung des Verbrauches.

Da der Client auch nicht viel von photometrischen Messungen verstand, sagte man ihm: »Wir geben Dir dasselbe Licht pro Lampe, welches Du von einem guten Gasbrenner erhalten würdest. Diese Lampe nennen wir eine 16kerzige und diese Lampe kostet Dich so und so viel Cents per Stunde. . . .« Damit war die Lampenstunde geschaffen.

Im Anfang schien dieses Auskunftsmittel das praktischeste. Bald aber erhoben sich Beschwerden gegen diese Bemessung. Mit der Abnützung der Lampen verloren dieselben auch an Leuchtkraft.

---

*) Edison hat sogar, um die Gewohnheiten seiner Abnehmer nicht zu stören, einen seiner Verbrauchsmesser mit »Cubikfuss Gas« graduirt, wobei die verbrauchten Ampères im Preise jener Gasmenge gleichkamen, welche für gleichwerthiges Licht an die Gasanstalt hätte bezahlt werden müssen. Für elektrische Motoren wurden eigene Verbrauchsmesser vorgeschlagen, welche Ablesungen in »Pferdekraft-Stunden« gaben.

Eine 16kerzige Lampe, welche 100 Stunden hindurch bei normaler Intensität geleuchtet hatte, gab nach diesen 100 Stunden nur mehr 14 Kerzen Licht, und je älter die Lampe wurde, desto mehr nahm auch das von ihr ausgestrahlte Licht ab.

Natürlich war der Client mit dem nicht zufrieden. Er sagte zum Lichtverkäufer: »Ihr macht mich die 16kerzige Lampenstunde zwei Cents bezahlen, in Wirklichkeit gebt Ihr mir zuerst 16, später 14 und später gar nur mehr 10 Kerzen per Lampe. — Beim Gaslicht habe ich immer die gleiche Intensität . . . Entweder gebt Ihr mir Lampen, deren Leuchtkraft immer constant bleibt, oder aber will ich die abgegebenen Lichteinheiten, nicht aber die Lampeneinheiten bezahlen.

Nun giebt es aber keine Glühlampe von constanter Leuchtkraft und darin liegt der organische Fehler der Lampenstunde, welche mit der Lichteinheit multiplicirt werden muss.

Wie aber berechnete der Unternehmer die Lampenstunde?

Er stellte einen Messer auf, welcher die verbrauchten Ampères (die Spannung in Volts als eine Constante angenommen) einregistrirte. Aus den gefundenen Ampères berechnete der Unternehmer die Lampenstunde in folgender Weise. Er sagte:

»Eine 16kerzige Glühlampe verbraucht bei normalen Verhältnissen, sagen wir, 0·50 Ampères. Es kommen daher zwei Lampenstunden auf ein Ampère. Hatte der Messer z. B. 150 Ampèrestunden einregistrirt, so wurden dem Consumenten $150 \times 2 = 300$ Lampenstunden aufgerechnet.

Nun aber ist (bei constanten Volts) die von einer Glühlampe verbrauchte Ampèrezahl keine Constante. Mit der Zeit nimmt der Widerstand der Lampe beinahe in demselben Verhältnisse zu, als ihre Leuchtkraft abnimmt.

Eine Lampe von 0·50 Ampères hat bei 110 Volts constanter Spannung 220 Ohms Widerstand, u. zw. nach der Formel:

$$I = \frac{E}{R} \quad 0{\cdot}50 \text{ Ampères} = \frac{110 \text{ Volts}}{220 \text{ Ohms}}.$$

Sagen wir, dieser Widerstand werde mit der Zeit auf 300 Ohms anwachsen, so haben wir bei constanter Spannung

$$\frac{110 \text{ Volts}}{300 \text{ Ohms}} = 0{\cdot}366 \text{ Ampères},$$

d. h. die Lampenstunde hat nur mehr 0·366 Ampères, anstatt 0·50 Ampères verbraucht.

Haben wir im Messer 150 Ampèrestunden gefunden, so hat der Client 150 : 0·366 = 410 Lampenstunden gehabt.

Der Stromverkäufer aber rechnet die Lampenstunde mit 0·50 Ampères, er wird daher dem Clienten blos 150 : 0·50 = 300 Lampenstunden aufrechnen.

Anscheinend verliert der Verkäufer bei dieser Rechnung; in Wirklichkeit aber thut er nur, was recht und billig ist. Je weniger Ampères die Lampe verbraucht, desto mehr nimmt auch ihre Leuchtkraft ab. Die Lampenstunde zu 16 Kerzen verbraucht 0·50 Ampères; nimmt diese Ampèrezahl ab, so hat die Lampenstunde auch keine 16 Kerzen mehr, sondern sinkt in ihrer Leuchtkraft herunter.

Wir sehen daher, dass mit der Abnahme der Leuchtkraft auch die vom Messer einregistrirte Ampèrezahl abnimmt, dass daher der Consument durch die Berechnung per Lampenstunde, wenn ihr ein Ampèremesser zu Grunde liegt, nicht übervortheilt wird. Der Consument lässt sich nur schwer von der Richtigkeit dieser Thatsache überzeugen. Er antwortet immer: »Ihr macht mich die Lampenstunde bezahlen. Von Euren Ampères verstehe ich nichts. Gebt mir constantes Licht, um alles Andere kümmere ich mich nicht.«

Was hier von der »Lampenstunde« gesagt wird, gilt auch von der **„Carcel-Stunde“**, mit welcher Einheit noch hie und da gemessen wird.

Die Ampère-Stunde. Die Einführung der Ampère-Stunde fällt in eine spätere Zeit, als das Publicum mit dem elektrischen Licht vertrauter zu werden begann. Um sie dem Abnehmer begreiflich zu machen, wendete man hie und da folgende Belehrung an:

Ein Gasbrenner, welcher 16 Kerzen Leuchtkraft entwickeln soll (1·72 Carcel) verbraucht 180 Liter Gas in der Stunde. Das macht in etwas mehr als fünf Brennstunden einen Kubikmeter aus.*) Eine 16kerzige Lampen-

*) Aus einer Mittheilung, welche Bouvier in Paris auf einem Congress der Gasfabrikanten gemacht, geht hervor, dass man mit 115—120 Liter Gas ein Carcel Leuchtkraft bei Papillonbrennern erreichen könne, während Brenner mit cylindrischen Gläsern blos 80 Liter per Carcel verbrauchten. Es würde daher ein Papillonbrenner $120^{l} \times 1{\cdot}72^{c} = 206$ Liter verbrauchen, um der Glühlampe von 16 Kerzen gleichzukommen, während Brenner mit Gläsern blos 137 Liter verbrauchen, um der Intensität der als Type geltenden 16 Kerzen-Lampe nahezukommen.

stunde kommt also einem Fünftel Kubikmeter gleich. Wir haben daher:

Eine gute Gasflamme verzehrt ein Fünftel Kubikmeter in der Stunde.

Eine Glühlampe verzehrt ein halbes Ampère per Stunde.

Folglich ist ein halbes Ampère gleich einem Fünftel Kubikmeter Gas.

Ein ganzes Ampère ist gleich zwei Fünftel Kubikmeter.

Zwei Fünftel Kubikmeter kosten 12 Centimes.

Ein Ampère kostet ebenfalls 12 Centimes.

Dem Abnehmer ist es natürlich gleichgiltig, zu wie viel Volts ihm das Ampère geliefert wird. Er prägt sich nur ein, dass eine Lampe von so und so viel Kerzen so und so viel Ampère verzehrt. Es wird ihm auch begreiflich gemacht, dass, je dunkler seine Lampen leuchten, er desto weniger Ampère zu bezahlen hat, und er vergleicht dies mit dem Gaslicht, indem er sagt: »Je weniger Pression ich geliefert bekomme, desto weniger Kubikmeter habe ich zu bezahlen.« Der an das Gaslicht gewöhnte Client findet in dem Ampère eine Analogie mit der Gasquantität und das sagt seinem praktischen Sinn viel mehr zu, als die Lampenstunde, wo er meint, er müsse immer das Gleiche bezahlen, ob das Licht nun gut oder schlecht sei.

Die Ampèrestunden-Berechnung setzt natürlich voraus, dass in dem Leitungsnetz eine constante Spannung herrsche. Gewöhnlich nimmt man die durch den wechselnden Consum hervorgebrachten Variationen theoretisch mit 2—3 Volts an, in Wirklichkeit aber kommen,

besonders in kleineren Städten bei ausgebreiteten Leitungsnetzen Variationen von 2—7 Volts vor. Wird nun dem Abnehmer der Strom zu einer höheren als der normalen Spannung geliefert, so nimmt mit der erhöhten Voltzahl auch der Ampèreverbrauch zu, die Variationen bringen daher dem Stromverkäufer anscheinend keinen andern Schaden, als dass die von ihm gelieferten Glühlampen sich rascher abnützen. Der Client kann sich wohl über die »zu starke Pression«, wie er die Voltzunahme nennt, beklagen, da er aber mit derselben zugleich auch mehr Licht geliefert erhält, kann von einer directen Benachtheiligung des Abnehmers nicht gut die Rede sein.

Für den Stromverkäufer aber sind diese Variationen sehr nachtheilig. Es ist zwar wahr, dass mit der erhöhten Voltzahl auch der Ampère-Consum zunimmt; dieser geringe Mehrconsum aber steht in keinem Verhältniss zu dem Schaden, welchen er durch die rapide Abnützung der Glühlampen erleidet.

Es ist daher schon lange das Bestreben der Stromverkäufer gewesen, alle aus den Spannungsvariationen entstehenden Lasten von sich abzuwälzen und aus diesem Bestreben entstand die Watt-Stunde.

Die Watt-Stunde. Der Stromverkäufer bekümmert sich nicht mehr um den Zweck, zu welchem der Abnehmer den ihm gelieferten Strom zu verwenden gedenkt. Will er Glühlicht oder Bogenlicht damit machen, will er einen elektrischen Motor betreiben, oder will er Elektrochemie treiben — dem Verkäufer ist das Alles gleich. Er liefert den Strom bis in das Haus des Abnehmers und von da an hört seine Verantwortung auf. Er liefert nicht mehr so und so viel Ampères zu so und

so viel Volts, er liefert einfach »Watts«. Er giebt nicht mehr eine Stromquantität, sondern Energie ab, und der Abnehmer kann dieselbe verwenden wie er will.

Das schliesst nun freilich jede Schädigung des Verkäufers aus; es ist nur eine Frage, ob das Publicum heute schon mit der Elektricität so vertraut ist, um sich selbst Glühlampen oder andere Lampen anzuschaffen und dieselben gegen etwaige Strom-Variationen durch automatische Regulatoren u. s. w. zu schützen. Wir halten die Watt-Stunde in diesem Sinn für ein Zukunftsding, das sich nur schwer einbürgern wird. Behält aber der Verkäufer seine bisherige Verantworlichkeit dem Clienten gegenüber bei, so hat der Wattmesser vor dem Ampèremesser nur wenig voraus und bildet oft nur eine unnöthige Complication der ohnedies schon genug complicirten Messsysteme.

In England kennt man auch die **Board of Trade-Unit,** welche 1000 Wattstunden bedeutet, und anderwärts auch **„Kilowatt-Stunde“** genannt wird. Manche Verbrauchsmesser markiren **„Hektowatt-Stunden“,** d. h. 100 Wattstunden als Einheit.

Was verlangt man von einem elektrischen Verbrauchsmesser?

1. Genauigkeit. *) Der Messer soll zum Geringsten ebenso genau sein, als ein gewöhnlicher Gasmesser;

*) Die nachfolgenden fünfzehn Punkte sind von Prof. Forbes zuerst in einem Meeting der »Society of Arts« angegeben worden. Wir haben dieselben auf Grund unserer persönlichen Erfahrungen vermehrt, welche wir in einer von uns in den schwierigsten Verhältnissen gegründeten Centralstation erlangt haben. Der Verf.

in Wirklichkeit ist dieses Beispiel (type, standard) nicht genau genug für unsere modernen Verhältnisse.

Die Frage der Genauigkeit ist eine zweifache. Erstens müssen die Ablesungen für alle Stromspannungen und Stromstärken gleich genau sein. Es soll gleich sein, ob wir blos eine oder 100 Lampen im Stromkreise haben; die Ablesung soll für ein Hundertstel des Stromes ebenso genau sein, wie für die ganze Capacität desselben. Dies ist nun sehr selten der Fall. Besonders die Apparate, in welchen galvanometrische Instrumente zur Verwendung kommen, leiden an dem Fehler, dass sie nur bei einer gewissen Belastung genaue Indicationen geben. Als absolut genau für die grösste, ebenso wie für die kleinste Belastung kennen wir nur den elektro-chemischen Messer.*)

Zweitens sollen die einzelnen Verbrauchsmesser gleichwerthige Indicationen aufweisen. Es ist dies ausschliesslich eine Fabrikationssache. Es soll, selbst wenn von einer und derselben Type grosse Mengen hergestellt werden, jeder einzelne Messer identisch mit dem anderen sein, und einer ganz genau dieselben Ablesungen geben wie der andere.

2. Capacität. Es ist wünschenswerth, dass jeder Messer eine grosse Capacität habe. Man könnte verlangen, dass der für die stärksten Ströme gebaute Messer auch für die schwächsten anwendbar wäre. Dies ist bei

*) In dem vom Pariser Conseil Municipal veranstalteten Wettbewerb elektrischer Verbrauchsmesser wird verlangt, dass die Messer schwachem Verbrauche angemessen seien; die Quantitätsmesser sollen von zwei Zehntel Ampère, die Energiemesser von 20 Watts angefangen genaue Ablesungen gestatten.

einzelnen in diesem Buch beschriebenen Messern geradezu unmöglich.

Man hat vorgeschlagen, in jeder Anlage zwei Messer zu verwenden: einen für schwache, den andern für starke Ströme. Der kleinere Messer tritt in Function, sobald die Beleuchtung beginnt; sobald aber der Strom eine gewisse Ampèrezahl überschritten hat, schaltet sich der grössere Messer automatisch ein. Derselbe Vorgang in umgekehrter Ordnung hat statt, wenn der Strom wieder schwächer geworden ist. Man braucht also zwei theure Messer, ferner einen complicirten Commutator, bei welchem heftige Funkenbildung nicht vermieden werden kann u. s. w. Besser ist es, die Anlage in verschiedene Stromkreise zu theilen und vor jedem derselben einen besonderen Messer zu setzen. Unter allen Systemen gewährt noch der elektro-chemische Messer die grösste Dehnbarkeit in der Capacität, und wird ein für 100 Lampen gebauter Edison-Meser auch mit einer einzigen Lampe Belastung genaue Resultate ergeben. Doch wird derselbe Messer infolge von Polarisation und Widerstandsabnahme ungenaue Resultate aufweisen, falls er überlastet wird, was jedoch auch bei anderen, über ihre Capacität angestrengten Messern der Fall ist.

3. Verbrauch an Energie. Der Messer darf keinen solchen Widerstand haben, dass hierdurch ein Theil der in die Anlage gelangenden Spannung des Stromes verloren gehen könnte. Beim Edison'schen Messer wird der Hauptstrom durch eine Neusilberspirale geschickt, in anderen Messern fliesst der Hauptstrom durch Spulen, deren Querschnitt nicht genügend gross gewählt werden kann, um bei einer Ueberlastung einem Verluste

in Volts vorzubeugen. In einem thermo-elektrischen Messer wird sogar der Hauptstrom zur Erwärmung einer thermo-elektrischen Batterie benützt, was einem ziemlich empfindlichen Energieverlust gleichkommt.

Zumeist findet selbst bei geringerer Belastung des Messers ein Energieverbrauch in jenem Theilstrom statt, welcher den Apparat in Betrieb erhält. Im elektrochemischen Messer wird ein Tausendstel Theil des Hauptstromes zum Niederschlage in den elektrolytischen Zellen benützt. In den anderen Messern dient der Theilstrom zur automatischen Ingangsetzung, Auslösung oder constanter Bethätigung von Uhrwerken, Zählwerken und anderen Vorrichtungen. Zumeist ist der hierbei in Rechnung kommende Energieverbrauch gar nicht in Betracht zu nehmen, weil er wegen des grossen Widerstandes der betreffenden Spulen sehr gering ist. Hierin liegt aber auch ein organischer Fehler der Apparate. Je schwächer der Theilstrom ist, desto grösser ist die Gefahr, dass die feindrähtigen Spulen des Apparates bei einer eventuellen Ueberladung sich erhitzen oder gar verbrennen werden. Man darf daher in der Berechnung des Theilstromes nicht unter ein gewisses Maass herabgehen, ebenso wie derselbe einen gewissen Bruchtheil des Hauptstromes nicht übersteigen sollte.

4. Einfachheit. Der Messer soll so einfach als möglich sein und nicht leicht ausser Ordnung gebracht werden können. Besondere Empfindlichkeit der in Bewegung gebrachten Theile soll vermieden werden.

Das ist nun ein Punkt, gegen welchen die meisten Erfinder und Constructeure gesündigt haben. Man betrachte sich nur die meisten Messer, um zu begreifen,

wie wenig dieselben der vorangestellten Bedingung entsprechen. Als Meisterwerke von Feinmechanismus sind dieselben gewiss tadellos und man kann die Ingeniosität, den Fleiss und die erfinderische Klügelei der Constructeure nur bewundern, aber man kann sich dem Bedauern nicht verschliessen, dass so viel Mühe auf eine undankbare Aufgabe verwendet wurde. Wie viele Zahnräder, Klinker, Stifte, Achsen, Federn, Hebel, Rollen, Spulen, Commutatoren, Contactpunkte es doch in einem solchen Messer giebt!

Trotz allen den vielen Erfindungen, welche auf diesem Gebiete gemacht wurden, giebt es doch nur einige wenige, welche sich in der Praxis erhalten haben, und diese sind gerade die einfachsten. In Amerika ist der Edison-Messer in Tausenden von Exemplaren verbreitet; in Deutschland dominirt Aron mit seinen einfachen Pendelmessern, in England Hookham mit den ebenso simplen Faradayscheiben-Messern, und zeichnen sich auch die reinen Wechselstrom-Messer durch Einfachheit aus. Die Praxis ist der beste Richter in dem Streit der einzelnen Systeme untereinander, und vor derselben bestehen nur wenige der bis heute ausgegebenen Verbrauchsmesser.

5. Dauerhaftigkeit. Es ist wesentlich, dass kein Theil des Apparates sich schnell abnützen könne, was nicht nur grosse Unterhaltungskosten, sondern auch unrichtige Angaben des Messers hervorrufen würde. Contacte, zwischen welchen häufig ein Unterbrechungsfunke statt hat, nützen sich, selbst wenn sie aus Platin hergestellt werden, rasch ab und vermehren den Widerstand im Stromkreis, in welchem sie eingeschaltet sind.

6. Besorgung. Bei sonst gleichen Bedingungen ist jener Messer der beste, welcher die geringste Besorgung verursacht. Alles Aufziehen von Uhrwerken, Zählwerken u. s. w. ist lästig und erfordert umständliche Controle.

7. Registrirung. »Der Messer soll in einer leicht ersichtlichen Weise einregistriren, so dass der Stromabnehmer zu jeder Zeit seine Genauigkeit controliren kann.« So sagt Prof. Forbes und mit ihm äussern noch Viele diesen Wunsch, der aber leider nicht leicht in Erfüllung gehen kann.

Der Registrirung der Messer ist schon viel Mühe und geistige Arbeit geopfert worden, ohne dass ein wirklich befriedigendes Resultat erzielt werden konnte.

Zuerst ist ein Zählwerk nothwendig. Dasselbe kann nicht allzu robust hergestellt werden, weil es nur geringe Reibung haben soll, damit nicht zu seiner Bethätigung zu viel elektrische Energie verschwendet werde. Beim Gasmesser ist die im Zählwerk entwickelte Arbeit kein Verlust, höchstens ein Pressionsverlust, während an der gelieferten Quantität nichts verloren geht. Beim Elektricitätsmesser ist, je schwerer das Zählwerk geht, der Stromverlust ein umso grösserer. Oft ist in einem elektrischen Verbrauchsmesser das Zählwerk eine Fehlerquelle (wie z. B. beim Ferranti-Messer), da die in ihm zu entwickelnde Kraft als eine Constante angenommen wird, während Staub, vermehrte Reibung u. s. w. immer etwas daran ändern.

Aber selbst vorausgesetzt, die Messer seien nicht mit schablonenmässig hergestellten, sondern mit gewissenhaft ausgearbeiteten, leicht gehenden, in jeder

Beziehung tadellosen Zählwerken ausgestattet, so heisst es nun, dieselben durch irgend eine Vorrichtung zu bethätigen, so dass sie entweder fortwährend oder zu gewissen Zeitpunkten die Ampèrezahl einregistriren.

Continuirliche Einregistrirung ist nur in wenigen Fällen mit dem Messer-System vereinbar*) und die meisten Erfinder haben daher für eine in gewissen Zeitpunkten vor sich gehende Einregistrirung (alle Minuten, alle drei, alle fünf Minuten) vorgesorgt. Dies ist nun an und für sich schon ein Fehler, weil das zwischen diesen Zeitpunkten Vorgehende vom Messer unbeachtet gelassen wird. Es kann vorkommen, dass in dem Zeitraum von einer Minute zur andern eine Ueberlastung des Messers vorgekommen ist — der Messer aber schweigt darüber. Wenn man alle diese nicht einregistrirten Variationen in einem Jahre zusammenzählen könnte, würde wohl ein hübsches Sümmchen herauskommen (z. B. in einem Theater), welches gegenwärtig dem Stromabgeber verloren geht.

Aber setzen wir auch voraus, dass diese Variationen ein Minima seien. Es ist also ausser dem Zählwerke noch ein Uhrwerk nöthig, welches das Zählwerk in bestimmten Zeitperioden in Gang bringt und es nach geschehener Registrirung wieder auslöst. Vielfach liess man das Uhrwerk immer gehen und zog es alle Monate auf. Das aber hatte seine Beschwerden. Entweder ging die Uhr nicht richtig und der Abnehmer zweifelte

*) Eine continuirliche Einregistrirung hat statt in jenen Messern, in welchen Pendeln schwingen und in jenen, wo die Schwingungen eines galvanometrischen Instrumentes auf eine Rolle endlosen Papiers einregistrirt werden.

6. Besorgung. Bei sonst gleichen [illegible] oder aber ist jener Messer der beste, welcher die [illegible]hen. sorgung verursacht. Alles Aufziehen [illegible] nur dann in Zählwerken u. s. w. ist lästig und erfo[illegible]pparat vorhanden Controle. [illegible]ie die Sperrung des

7. Registrirung. »Der M[illegible] zu vollbringen. Dieses ersichtlichen Weise einregistri[illegible]htungen, sowohl mecha- abnehmer zu jeder Zeit sei[illegible]cher ausserdem noch die kann.« So sagt Prof. Forb[illegible]as Aufziehen des Uhrwerkes Viele diesen Wunsch, de[illegible] bewerkstelligen. füllung gehen kann.

Der Registrirung [illegible] der Beschreibung der einzelnen geistige Arbeit ge[illegible] umständliche Sache alles das befriedigendes Re[illegible] ein solcher Apparat ist. Wenn

Zuerst ist [illegible] dass oft ein Staubkörnchen, ein un- nicht allzu rob[illegible] eine lose Schraube u. s. w. genügen Reibung hab[illegible] aus hundert Gliedern zusammengesetzten zu viel ele[illegible] zu machen, so müsste man wirk- Gasmesser [illegible] es keinen anderen Ausweg gäbe, der Mei- Verlust, [illegible] der Elektricität beipflichten, dass es geliefert[illegible] noch keinen industriellen elektrischen Ver- citätsm[illegible]messer gäbe.

Aber setzen wir nun auch voraus, dass derlei Strom[illegible] Apparate vollkommen sicher und genau seien, dass sie trisch[illegible] ausser Ordnung gebracht werden können, und dass quel[illegible] trotz ihrer delicaten Theile Störungen nur selten vor- zu [illegible] können. Setzen wir dies Alles voraus und wir[illegible] fragen wir uns: »Was haben wir mit allen diesen Meister- et[illegible]werken erreicht?«

Der Stromabnehmer, der in aller Herren Ländern [illegible] ein grosser Skeptiker ist, wird uns sagen: »Ich sehe [illegible] wohl, dass Euer Uhrwerk gut functionirt, dass die Ab-

meinem Verbrauche proportional
ir aber die Richtigkeit Eures
s ein Ampère ist, ich kann
hcontroliren. Wer ver-
nicht grösser ist wie jenes

ebenso wie der Gasconsument
ervortheilt. Das ist eine unrüttel-
d selbst, wenn man einen wirklich
smesser construiren könnte, würde man
des Clienten nie verbannen können. Um
besiegen, wäre es nicht nothwendig, so
e Apparate herzustellen. Der Abnehmer glaubt
den schönsten Zifferblättern nicht, das wissen die
abrikanten wohl am Besten aus ihrer Erfahrung.
Wenn der Abnehmer wirklich controliren will, dann fängt er immer damit an, dass er den bei ihm angebrachten Messer als falsch erklärt und sich seine Rechnung auf eigene Faust macht. Wenn nun gar der Messer nicht absolut sicher functionirt, wenn es nothwendig ist, denselben ein- oder zweimal im Jahre einer Reparatur zu unterziehen, dann ist es mit dem Vertrauen des Abnehmers schon ganz und gar zu Ende und er wird, den Apparat vollständig ausser Acht lassend, sich seinen Consum empirisch berechnen und nach seiner Berechnung auch bezahlen wollen.

In diesem Misstrauen liegt auch die Erklärung der Thatsache, dass es noch heute viele Centralstationen (besonders in Amerika) giebt, wo elektrische Verbrauchsmesser gar nicht angewendet werden. Und selbst dort, wo sie angewendet werden, kommt der Abnehmer (be-

sonders der grössere Consument) zum Abgeber und sagt ihm: »Ich verstehe nichts von Euren Ampères, Watts und Kilowatts. Machen wir einen Pauschalvertrag, mit so und so viel per Jahr, und nehmen Sie Ihren Messer zurück.«

In diesem Misstrauen liegt ferner die Erklärung, warum in den ältesten, grössten europäischen Centralen, in Berlin und Mailand, noch immer nach Lampenstunden gerechnet wird. Der Abnehmer frägt nicht: »Wie viel Ampère verbraucht eine Lampe?« sondern er frägt: »Wie viel kostet mich eine zehnkerzige, eine sechzehn- oder zwanzigkerzige oder eine Bogenlampe per Stunde?« Und wenn der Monat vorüber ist, rechnet er: »Ich habe meine Lampen so und so viel Stunden gebrannt, und soviel Lampenstunden habe ich auch zu bezahlen.« Stimmt der Messer mit seiner Berechnung, umso besser. Stimmt er nicht, dann giebt es eben fortwährende Streitigkeiten zwischen Abgeber und Abnehmer.

Aus allen diesen Gründen behaupten Viele, dass die Einregistrirung des Consums in einem elektrischen Verbrauchsmesser keinen decisiven Werth hat und ein Desideratum ist, dem vom Clienten in einem Streitfall absolut keine Beweiskraft zugestanden wird.

Wenn sich der Client übervortheilt glaubt und nicht bona fide gegen den Stromabgeber ist, dann imponirt ihm auch nicht der complicirteste Mechanismus und es war wahrhaftig nicht nothwendig, dem Clienten zu Liebe die Erzeugung von Verbrauchsmessern in eine falsche Bahn zu lenken. Der registrirende Verbrauchsmesser mit Uhrwerk ist kostspielig, complicirt und delicat, und befriedigt weder Abgeber noch Abnehmer.

Der Abnehmer misst ihm kein Vertrauen bei und der Abgeber kann mit einem solchen Apparat nie seiner Sache so sicher sein, dass er beschwören könnte, der Messer habe wirklich zu allen Zeiten richtig functionirt. In den meisten Fällen hat nicht einmal der Stromabgeber Vertrauen zu dem von ihm aufgestellten Messer, der sich ja, wie alle Uhrwerke, sehr leicht ausser Ordnung bringen lässt. Welche Controle hat der Stromabgeber für die Richtigkeit seines Messers? Er muss sich einfach auf die Unfehlbarkeit des Registrirapparates verlassen. Wie es aber mit dieser Unfehlbarkeit bestellt ist, ist nicht schwer zu errathen, wenn man nur die Complicirtheit solcher Apparate ins Auge fasst.

8. Verificirung. Es soll immer leicht möglich sein, den Messer zu verificiren und soll die betreffende Operation nicht viel Zeit in Anspruch nehmen. Diese Bedingung wird nur von wenigen Messern erfüllt und dauert es bei manchen Systemen tagelang, bis sie endlich als richtig gehend declarirt werden können.

9. Uebervortheilungen. Bei manchen Messern ist es dem Abnehmer leicht, den Abgeber zu übervortheilen, bei manchen wieder schwer. Alle Messer aber können durch Kurzschluss derselben ausser Function gebracht werden. Manche Messer können in ihren Lesungen durch eine nahegerückte Eisenmasse, durch einen Magneten in ihrem Gange verzögert werden,*) andere

*) Um zu verhindern, dass der Consument mit einem dem Messer nahegerückten Magnet die Ablesungen desselben verzögern, resp. dieselben verringern könne, haben Ayrton und Perry folgende Vorsichtsmassregel angewendet. Von Zeit zu Zeit wird bei ihrem System die Stromrichtung gewechselt, was zur Folge hat, dass bei einem

wieder werden alterirt durch eine in der Nähe stattfindende Wärmeausstrahlung. Wieder andere werden ausser richtiger Function kommen, wenn sie aus dem Niveau gebracht werden.

10. Billigkeit. Der Messer soll billig zu erstehen sein. Manche in diesem Buche behandelten Systeme sind für geringen Consum beinahe unzugänglich und sind selbst wenn sie in Miethe gegeben werden, noch zu theuer.

Im August des Jahres 1890 waren die Preise einiger der bekanntesten Verbrauchsmesser folgende:

Type	Benützbar bis Ampères									
	12	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Aron's neuer Elektricitätszähler (Mark) . . . . (Voltcoulombzähler)	148	160	175	190	205	225	250	300	350	400
Aron's Elektricitätszähler (Mark)	133	143	155	170	190	205	225	275	325	375
Aron's Coulombzähler für Dreileiterkabel (Mark) .	165	180	200	225	260	300	350	375	500	—
Cauderay, Paris (Francs) .	240	275	325	375	500	—	600	650	700	750
Brillié, Paris (Francs) . .	240	260	300	400	580	700	900	—	—	—
Edison, New-York (Dollars)	10	12	15	—	25	—	—	—	—	—

11. Temperatureinwirkungen. Messer sollen keine leicht gefrierbaren Flüssigkeiten enthalten, und wenn schon, so soll dem Gefrieren durch einen Thermostat vorgebeugt werden.

---

etwaigen Betrugsversuche der Messer anstatt weniger mehr Verbrauch anzeigt, als wirklich statthatte, und also der Betrüger seine Rechnung eher erhöht als vermindert sieht.

12. Gleich- und Wechselströme. Manche Messer können blos für Gleichstrom, andere wieder blos für Wechselströme benützt werden. Ein Messer, welcher für beide Stromgattungen anwendbar ist, hat doppelten Werth. Manche Centralstationen geben von beiden Gattungen Strom ab und besonders in einem solchen Falle ist es wichtig, einen einheitlichen Messer zu haben.

13. Anzahl der Wechsel. Wechselstrom-Messer sollen mit gleicher Genauigkeit messen, welch' immer auch die Anzahl der Alternationen per Secunde sind.

14. Stromunterbrecher. Es sollen in keinem Messer Vorrichtungen gestattet sein, welche irgend einen Stromkreis unterbrechen, weil die hiezu verwendeten Contacte sich mit der Zeit abnützen.

15. Solide Construction. Die Messer sollen äusseren Einflüssen leicht widerstehen können und aus solidem Material hergestellt sein.

Zu diesen fünfzehn Punkten fügt Verfasser noch hinzu:

16. Messung des Stromes. Der Messer soll immer den Hauptstrom direct und nie einen Theilstrom messen. Manche Erfinder behaupten zwar, dass in ihren Apparaten der Theilstrom immer proportional zum Hauptstrom sei; so lange aber durch verschiedene Ursachen der Widerstand des vom Theilstrom durchflossenen Leiters sich verändern kann, steht diese Behauptung auf sehr schwachen Füssen.

17. Remanenter Magnetismus. In einem Verbrauchsmesser soll der remanente Magnetismus von Ampèremessern, Elektromagnet-Ankern, Solenoïdkernen u. s. w., u. s. w. nicht die Ursache von Fehlern in den Ablesungen werden können.

18. Doppelte Registrirung. Es soll womöglich dafür vorgesorgt werden, dass der Gang des Verbrauchsmessers durch einen vom Hauptapparat vollständig unabhängigen Nebenapparat dermassen controlirt werde, dass bei etwaiger Ausserbetriebsetzung des Messers durch irgend einen Unfall, dennoch eine Registrirung des mittlerweile statthabenden Verbrauches stattfinde. Es soll vermieden werden, dass mit dem Stillstand des Apparates auch zugleich ein totaler Stillstand der Registrirung eintrete.

Theoretische Eintheilung der Verbrauchsmesser.

Je nachdem der dem Abnehmer gelieferte Strom bemessen werden soll, theilen sich die Verbrauchsmesser in verschiedene Kategorien ein.

Will man die verbrauchte Energie messen, so hat dieselbe zum Ausdruck: VA. V bedeutet die Potentialdifferenz oder Volts, A die Intensität des Stromes oder Ampères. Das Product der Beiden ist »Watts« oder Voltampères.

Für eine bestimmte Zeitperiode ist daher die verbrauchte Energie:

$$\int VA\,dt.$$

Wenn die Potentialdifferenz in der Centralstation eine gleiche bleibt, so ist V eine Constante und der verbrauchte Strom berechnet sich nach der Formel

$$\int A\,dt.$$

In diesem Falle giebt der Verbrauchsmesser die Ampèrezeit an. Er wird daher **Ampèrezeit-Messer** oder **Coulombmesser** genannt. (Quantitätsmesser.)

Wenn aber die Centralstation mit constanter Intensität und variabler Potentialdifferenz arbeitet, ist A eine Constante und wir haben die Formel

$$\int V dt.$$

In diesem Fall giebt der Verbrauchsmesser die Volt-Zeit an und wird **Voltzeitmesser** genannt.*)

Wenn sowohl A als V variabel sind, haben wir:

$$\int V A dt$$

Dann heisst der Verbrauchsmesser **Voltampère-Messer** oder **Wattzeitmesser** oder auch Energiemesser. (Ergmesser, Joulemesser.)

Praktische Eintheilung in Classen.

Zur leichteren Uebersicht haben wir die Messer in folgende Classen eingetheilt:

I. Elektrochemische Messer ohne selbstregistrirendes Zählwerk, beruhend auf den Gesetzen der Elektrolyse.

II. Elektrochemische Messer mit selbstregistrirendem Zählwerk.

III. Elektrochemische Messer mit beweglicher oder drehbarer Elektrode und selbstregistrirendem Zählwerk.

*) Voltmesser sind als Verbrauchsmesser in den praktischen Gebrauch nicht übergegangen. Es giebt eine genügende Anzahl selbstregistrirender Voltmesser, von welchen die meisten die Variationen auf eine Rolle endlosen Papieres eintragen. Der Edison'sche Messer eignet sich besonders als Voltzeitmesser. Er wird an die zwei Hauptklemmen des zu messenden Stromes angeschlossen. Die Intensität des diese Abzweigung durchfliessenden Stromes ist immer proportional zur Potentialdifferenz an den Abzweigungspunkten und der Metallniederschlag giebt uns die Voltzeit. In dem chemischen Voltzeitmesser Wright's giebt der Zeiger einer Wage auf einem graduirten Kreisbogen das Gewicht des Metallniederschlags direct an.

IV. Gasexpansions-Messer, beruhend auf der Zersetzung von Wasser oder angesäuerten Flüssigkeiten, auf dem reinen Voltameter beruhend. (Andere Gasmesser sind unter den elektrothermischen Messern aufgeführt.)

V. Elektromechanische Messer, beruhend auf der durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Anziehung von Ankern, Pendeln, Hebeln, Solenoïden, auf den Schwingungs- und Bewegungsunterschieden dieser magnetisch beeinflussten Apparate, verbunden mit Uhrwerk und Zählwerk.

VI a. Elektromotorische Messer, bei welchen der elektrische Strom die Drehung eines Motors, einer Scheibe, eines Rades, eines Cylinders hervorbringt, welche Drehung, auf passende Weise gedämpft, von einer Uhr und einem Zählwerk einregistrirt wird.

VI b. Reine Wechselstrommesser, aufgebaut auf dem elektromotorischen Principe.

VII. Ampère- oder Coulomb-Messer, bei welchen die Schwingungen der Nadel eines Ampèremessers von einer Uhr und einem Zählwerk einregistrirt werden. Hiezu gehören auch die Messer, bei welchen das Zählwerk durch eine Rolle endlosen Papiers und durch einen Stift ersetzt wird.

VIII. Quecksilber-Rotations-Messer.

IX. Elektrothermische Messer.

X. Photographische Messer.

XI. Messer auf der Foucaultscheibe beruhend.

XII. Messer, welche mit Accumulatoren betrieben werden.

XIII. Messer mit Elektrodynamometern oder Energiemesser.

XIV. Lampenstunden- oder Verbrauchszeitmesser.

Da viele Coulombmesser ebenfalls als Wattmesser ›nützt werden können, und ausserdem Volt-Verbrauchs-esser nicht in praktischer Anwendung existiren, haben ir von einer Untertheilung der Messer in Coulomb-, 'att- und Voltmesser abgesehen. Da viele Messer für leichströme auch für Wechselströme benützt werden ›nnen und umgekehrt, haben wir auch keine besondere ntheilung für Gleichstrom- und Wechselstrommesser genommen. Die reinen Wechselstrommesser sind in asse VI b eingereiht, da sie zumeist elektromotorische esser sind.

Ferner können wir die Messer noch eintheilen in solche:

a) mit directer Ablesung, bei welchen das Zählwerk it Zifferblättern versehen ist, welche die Ampère-Stunden ler Wattstunden oder andere Einheiten direct anzeigen;

b) Messer, bei welchen auf einer Rolle ein Diagramm ler eine Curve eingezeichnet wird, welches dann zur erechnung der als Mass dienenden Einheiten ge-aucht wird;

c) Messer ohne alle Ablesung.

Hospitalier*) theilt die Verbrauchsmesser in zwei rosse Gruppen ein:

I. *Compteurs intégrateurs:*

1. Verbrauchszeitmesser: Aubert, Soulat, Couderay, Hors-Humbert.
2. Ampèrestundenmesser oder Coulomb-Messer:
   Ohne Stundenmesser:
   Chemische Messer. Edison.

*) Les compteurs d'Energie Électrique. Paris, 1889. G. Masson éditeur.

Motorische Messer. Ferranti-Lippmann. Siemens.
Thermische Messer. Forbes.
Motorische Messer für Wechselströme. Borel und Paccaud. Schallenberger.
Mit Stundenmesser:
Continuirliche Integration: Aron. Vernon-Boys.
Discontinuirliche Integration: Cauderay.

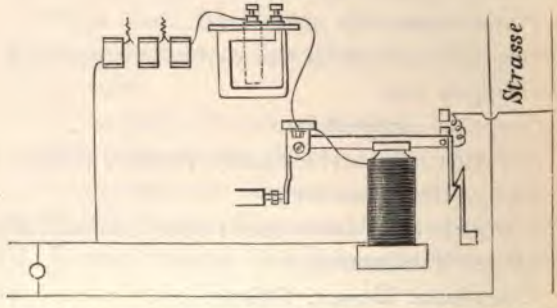
3. Voltstundenmesser. Chemische: Wright. Mechanische.
4. Wattstundenmesser. Ohne Stundenmesser: Weston. Mit Stundenmesser: Continuirliche Integration. Aron. Discontinuirliche Integration: Brillié.

II. *Compteurs enregistreurs* (Siehe Abschnitt XV). Richard.

I., II. und III.

Der erste, auf die Grundsätze der Electrolysis aufgebaute Messer wurde **Edison** im Jahre 1880 patentirt.

Fig. 2.

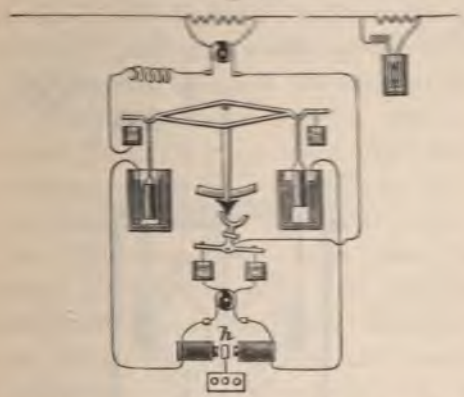


Derselbe hatte die in Fig. 2 dargestellte Anordnung. Ein elektromagnetischer Stromunterbrecher steht in Ver-

bindung mit einer Zelle, welche sich im Nebenschluss befindet. Der Widerstand dieser Zelle ist so angeordnet, dass ein bestimmter Bruchtheil des zu messenden Stromes durch dieselbe geht.

Diesem »Fundamental electrolytic meter« folgte im Jahre 1882 der **„recording electrolytic meter"** oder automatisch registrirender chemischer Messer. Zur Zeit der elektrischen Ausstellung in Paris 1881 wurde

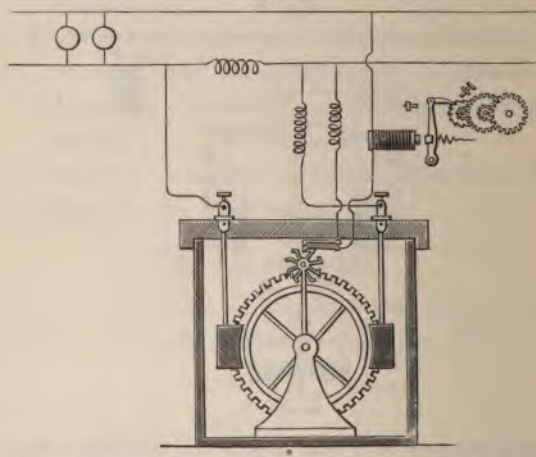
Fig. 3.



der Edison-Messer in Form eines automatisch registrirenden Apparates gezeigt. Derselbe hatte zwei elektrolytische Zellen. Eine Platte jeder Zelle war an dem Hebel einer empfindlichen Waage aufgehangen und die Stromkreise waren so angeordnet, dass zu einer gegebenen Zeit immer blos eine Zelle von Strom durchflossen war. Die elektrolytische Action in dieser Zelle brachte die Wage aus ihrem Gleichgewicht, der Hebel schnappte über, schaltete gleichzeitig den Strom auf die andere Zelle und markirte »Eins« im beigefügten Zählwerk (siehe Fig. 3). Das

Zählwerk wird auf elektrischem Wege durch den Zeiger der Waage in Gang erhalten. Hilfswerkzeuge hiebei sind Quecksilbercontacte und Luftkissen. Stromrichtungs-Wechsler (reversing commutators) werden alle Monate durch Handmanöver umgeschaltet, um den Kupfer-niederschlag von einer Platte zur anderen nach Belieben zu wechseln. Eine einzelne elektrolytische Zelle ist als

Fig. 4.



Controle beigeschlossen, was darauf hinweist, dass der Erfinder nicht viel Vertrauen in den mechanischen Theil des Meters hatte. Sobald dieser Messer in Praxis über-gegangen war, zeigten sich zwei Uebelstände. Erstens, wenn die Temperatur der Luft eine hohe war, nahm der Widerstand der Lösung ab, und es wurde also eine grössere Menge Metall niedergeschlagen. Zweitens gab die Anordnung, dass der Niederschlag bald auf einer, bald wieder auf der anderen Platte statt hatte, Anlass zu

vielen Irrungen, und diese Registrirungsmethode musste aufgegeben werden.

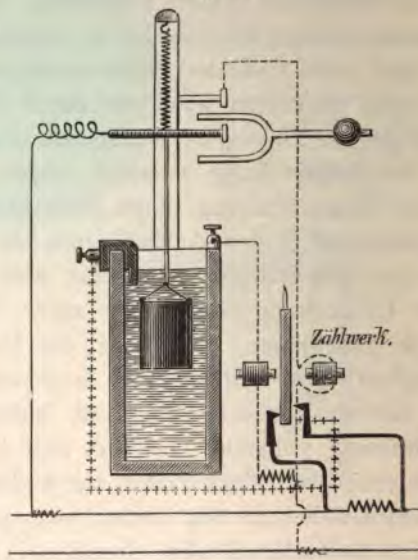
Eine andere Art elektro-chemischen Messers ist Edison's „**revolving recording electrolytic meter**“ oder »drehender automatisch registrirender chemischer Messer«, wie er in Fig. 4 dargestellt wird. Zwischen zwei Elektroden in einer Zelle ist ein Rad oder ein Cylinder aus demselben Metall aufgestellt, welche sich um ihre Achse drehen können. Es ist ersichtlich, dass, wenn das Rad (oder Cylinder) vollkommen ausbalancirt und sehr genau gearbeitet wäre, es durch die Passage des Stromes in der Flüssigkeit aus seinem Gleichgewicht gebracht und in Drehung versetzt würde. Die Geschwindigkeit dieser Drehung hinge dann blos von dem Reibungswiderstand in den Achsenlagern ab.

Wenn nun das Rad so angeordnet wird, dass z. B. eine halbe Umdrehung desselben einer bestimmten Stromeinheit gleichkäme, so würde die Umdrehungs-Geschwindigkeit proportional zur Intensität des zu messenden Stromes werden. Das Rad, indem es seine halbe Umdrehung vollendet, befindet sich in derselben Richtung wie der von einer Platte zur andern gehende Strom. Es wird daher an den beiden entgegengesetzten Hälften des metallischen Rades ebenfalls je ein Metallniederschlag und je eine Metallabnahme stattfinden. Durch diese entgegengesetzte Wirkung wird das Gleichgewicht des Rades verändert und die Umdrehung des Rades beginnt von Neuem und wird, sozusagen, eine continuirliche, so lange die Platten in elektrolytischer Thätigkeit sind. Die Geschwindigkeit der Umdrehung ist proportional zu dem niedergeschlagenen Metall und

folglich auch proportional zur Intensität des Str
Durch die Umdrehung des Rades wird auch ein
werk in Gang erhalten.

Ein anderes Patent **Edison's** behandelt
Messer, bei welchem eine Elektrode auf einer Fed
gehangen ist. Sobald die Platte eine gewisse Sc

Fig. 5.



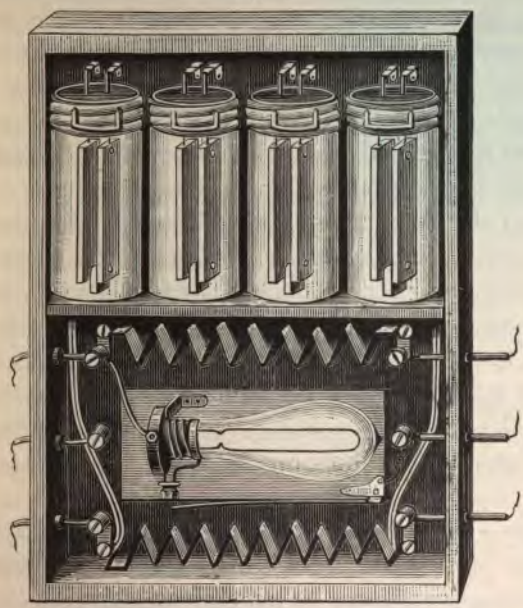
erreicht hat, sinkt sie, schliesst den Contact eines
werkes, und nach geschehener Registrirung wi
Stromrichtung gewendet. (Fig. 5.)

Der heutige Edison-Messer. Der h
Edison-Messer (Fig. 6) wird in zwei Arten herg
die eine für Zweileiter-, die andere für Dreileiters
Beide Arten sind dieselben im Principe; ein Dre

Messer ist ganz einfach ein doppelter Zweileiter-Messer in einem einzigen Kasten vereinigt.

In beiden Messern ist der Kasten in zwei Räume eingetheilt: in einen oberen und einen unteren. In dem oberen Raum befinden sich die Zellen, gefüllt mit Zink-

Fig. 6.



sulphat-Lösung, in welchen die Zinkplatten eintauchen. Der untere Raum enthält die Widerstände aus Neusilber oder »Shunts«, ebenso wie den »Thermostat«, welcher bei starker Kälte das Gefrieren der Flüssigkeit verhindern soll.

Der Hauptstrom geht durch den Neusilber-Shunt, während ein geringer Theil des Stromes in die Zink-

platten der Zellen geht, von einer Platte Zink abnehmend und dasselbe auf die andere Platte niederschlagend. Das Gewicht des niedergeschlagenen Zinks ist proportional zur Stromintensität.

In dem Dreileiter-Messer giebt es vier Zellen, in dem Zweileiter-System zwei. Einfache Zellen statt Zellenpaaren würden genügend sein, aber man stellt Paare ein, um die Messungen genauer zu machen und um eine Reserve zu haben, falls eine Zelle während ihres Dienstes stromlos würde.

Der Kasten ist aus paraffinirtem Holz gemacht und trägt die Contactstellen für die Hauptleitung.

Um die Aenderungen des Widerstandes der Zinksulphatlösung auszugleichen, welche durch Temperaturveränderungen hervorgerufen werden, wird in den Stromkreis jeder Zelle eine Kupferdrahtspule (compensating spool) eingeschaltet, deren Querschnitt so berechnet ist, dass ihr Widerstand durch Wärme in demselben Verhältniss zunimmt, als der Widerstand der Zinksulphatlösung abnimmt, wodurch das Ganze einen nahezu constanten Widerstand erhält.

Der »Thermostat« besteht aus zwei Metallstreifen; der eine aus Messing, der andere aus Stahl. Beide sind zusammengenietet, und ist ein Ende des Streifens in einem Gussstück festgehalten, während das andere Ende beweglich ist. Dem beweglichen Ende gegenüber befindet sich ein Lampenhälter. Wenn die Temperatur im Messer unter einen gewissen Grad hinabgeht, wird sich das Messing besser zusammenziehen wie der Stahl; der Streifen biegt sich, lehnt sich an den Lampenhälter an, schliesst den Stromkreis einer Glühlampe, welche glühend

wird und das Innere des Messers erwärmt. Wird die Temperatur wieder normal, so wird der Streifen wieder steif und die Lampe erlischt.

Die Zellen sind einfache Gläser, deren Grösse je nach der Capacität des Messers variirt. Oben trägt das Glas ein Gewinde, auf welches sich ein Blechring aufschraubt, welcher den ebenfalls aus Glas bestehenden Deckel niederhält. In dem Deckel befinden sich zwei Löcher, aus welchem die Kupferstifte der Elektroden hervorragen. Korkpfropfen und Kautschukringe machen den Verschluss dicht.

Jede Zelle hat zwei Zinkplatten. Dieselben sind aus dickem Blatt-Zink ausgestanzt. Am oberen Ende der Platte ist ein Kupferstift eingeschraubt, welcher als Contactpunkt dient. Blöcke aus Hartgummi, sowie ebensolche Schrauben halten die Zinkpaare in geeigneter Entfernung zusammen.

In einem alten Edison-Messer ist der Widerstand einer Zelle mit Hinzurechnung der Compensations-Spule 973 mal jener des »Shunt«, durch welchen der Hauptstrom geht. Nachdem es für jeden Pol zwei Zellen giebt, welche parallel geschaltet sind, wird der Widerstand des Flaschenpaares $973 : 2 = 486{\cdot}5$ sein. Es wird also der Strom, welcher durch beide parallel geschaltete Gläser geht, die Hälfte von $\frac{1}{487.5} = \frac{1}{975}$ tel Theil des Hauptstromes sein, so dass die Proportion des Stromes, welche durch die Messzellen geht, $\frac{1}{975}$ tel Theil des zu messenden Stromes ist.

Dieser Strombruchtheil nimmt von einer Platte und

schlägt auf die andere Platte 1.224 Mgr. Zink per Ampère und per Stunde nieder.

Dieser Zinkniederschlag bildet die Basis der Berechnung für die Lampenstunden.

Das gefundene Niederschlags-Gewicht, oder eigentlich der Zinkverlust der positiven Platte wird mit der Constante des Messers multiplicirt. Diese Constante wird folgendermassen erhalten:

S = Preis einer Lampenstunde,

C = Ampères per Lampe.

Der Strom, welcher durch die Zelle hindurchging, ist $= \frac{C}{975}$

Nachdem 1·224 Mgr. niederschlagenes Zink eine Ampère-Stunde ausmachen, wird eine Lampenstunde gleich sein $\frac{1224 \times C}{975}$ zum Preise von S. Es wird also der Preis für einen Strom, welcher ein Mgr. Zink niedergeschlagen hat, sein:

$$\frac{S}{\frac{1.224\ C}{975}} = \frac{S \times 975}{1224\ C} = \text{Constante.}$$

Setzen wir den Fall, bei einem Clienten würden nach einem Monat Zellen mit einem Durchschnitts-Niederschlag von 3312 gefunden. Wenn die Constante z. B. = 12 ist, so hat der Client

$3312 \times 12 = 39744 =$ 39 Dollars 74 Cents

zu bezahlen.

Es ist leicht vorauszusehen, dass bei einem chemischen Messer manche Störungen vorkommen können.

Die möglichen Fälle sind:

I. Eine Zelle kann zerspringen und die Lösung kann auslaufen.

II. Ein Deckel kann bersten und ein Pfropfen kann lose werden, so dass die Flüssigkeit verdunstet.

III. Die Lösung kann von ungehöriger Dichtigkeit sein.

IV. In dem Messer kann ein ungenügender Contact vorhanden sein. Die Compensations-Spule kann im Kurzschluss liegen.

V. Uebermässige Strom-Intensität oder ungenügende Amalgamirung kann Polarisirung der Platten oder Gas blasen hervorrufen, welche den Widerstand der Zelle vermehren.

VI. Der Zinkniederschlag ist ein unregelmässiger in Folge Ueberladung des Messers. In diesem Falle setzt sich das Zink in schwammiger, gesträuchartiger Form nieder und schliesst die Zellen kurz.

VII. Die Zelle war irrthümlicher Weise gar nicht eingeschaltet.

Damit ein Edison'scher elektro-chemischer Messer gut functionirt, gehört nicht besonders Viel. Alles, was man dazu braucht, ist ein gewissenhafter Arbeiter und gute Sulfat-Lösung.*) Die Hauptbedingnisse sind:

*) Prof. Forbes, der die Frage der Verbrauchsmesser gründlich studirt und mit den betreffenden Erfindern discutirt hat, giebt über den Edison-Messer folgende Meinung ab: »Man kann sagen, dass dieser Messer nicht genau derselbe ist, den wir wünschen würden, weil die Abnehmer keine Controle über die richtige Wägung haben und bloss von der Ehrlichkeit und der Treue der betreffenden Elektricitäts-Genossenschaft abhängen. Ebenso hat man eingewendet, dass das Shunt-Arrangement bei wechselnden Temperaturen nicht perfect sein kann. Es kann sein, dass viele Stromabnehmer in den amerikanischen

Das Zinksulphat soll chemisch rein sein. Das Wasser, in dem es aufgelöst wird, soll ebenfalls rein sein. Wenn die Lösung stets ein und dasselbe specifische Gewicht hat, können Irrungen nicht vorkommen. Die Platten sollen gut amalgamirt sein, damit sie nicht polarisirt werden. Sie sollen gut gewogen werden.

Man kann dem elektro-chemischen Messer folgende Vorwürfe machen:

Die Zellen müssen jeden Monat erneuert werden. Die Platten müssen eben so oft abgewogen, getrocknet, neu amalgamirt und polirt werden. Es erfordert dies zahlreiches Personal und ein grosses Laboratorium.

Der Verfasser, welcher aus einer langjährigen Praxis mit dem Edison'schen Messer urtheilt, kann in diesem Vorwurf nichts Ernstes finden. Eine Centralstation von über 1000 Lampen wird die Ausgaben für den elektro-chemischen Messer nicht allzu theuer finden. Das zu seiner Bedienung erforderliche Personal besteht aus einem Laboranten, welcher die Platten wiegt, die Lösung anmacht und Alles in Ordnung hält.

Ein geübter Laborant wiegt leicht hundert Platten im Tage. Ausser dem Letzteren ist noch ein Hilfsarbeiter erforderlich, welcher die Zellen einsammelt und sie wieder austrägt. Bei verständiger Arbeitstheilung

---

Centralstationen denken, das die Beamten Edison's gar nicht wägen, sondern die Consommation nur so ungefähr abschätzen und aufs Gerathewohl die Rechnungen ausstellen. Das ist nun ein grosser Irrthum.«

Edison selbst sagt von seinem Messer: »Es ist kein idealer Messer, aber er ist einfach und effectiv, und giebt überall gute Resultate, wo man ihn benützt.« Prof. Forbes macht diese Meinung zu der seinen.

genügen drei Personen vollkommen für zweihundert Messer. Der Raum, in welchem die Messer gehandhabt werden, braucht nicht grösser zu sein als eine Reparaturwerkstätte, welche für die Messer anderen Systems absolut nothwendig ist.

Die zum elektro-chemischen Messer nothwendigen Materialien sind chemisch rein leicht zu haben. Zinksulphat wird für Centralstationen besonders präparirt. Ein Destillationsapparat für Wasser ist ebenso leicht zu beschaffen.

Wo ein solcher nicht beschafft werden kann, wird man Wasser von schmelzendem Eise nehmen. Die Lösung kann mehreremale gebraucht werden, und kann späterhin das in ihr enthaltene Sulfat durch Verdampfen wieder gewonnen werden. Die Kosten der Unterhaltung des Messers sind sehr gering und werden durch die bei anderen Systemen nothwendigen Reparaturkosten leicht aufgewogen.

Ein anderer Vorwurf ist dieser: Im Edison'schen Messer wird ein kleiner Bruchtheil des ganzen Stromes genommen und durch eine elektrolytische Zelle gebracht, deren Beschaffenheit von Zeit zu Zeit variirt, so dass der Widerstand nie ein constanter ist. Die Compensations-Spule wird im Verhältniss zur Widerstandsveränderung in der Zelle nur im geringen Massstabe ihren Widerstand ändern. Wenn bloss ein geringer Bruchtheil des Stromes gemessen wird, so wird auch jeder vorkommende Fehler mit dieser Fraction multiplicirt werden. Wenn wir bloss das Tausendstel eines Stromes messen, so werden wir auch jeden etwaigen Fehler mit 1000 multipliciren.

Hierauf kann Folgendes geantwortet werden: Temperaturveränderungen können zuerst auf den Hauptleiter wenig Einfluss haben. Wie wir wissen, wird der Hauptstrom im Edison'schen Messer in sogenannte »Shunts« aus Neusilber eingeführt. Die Variation des Widerstandes in diesem Shunt beträgt für je 25° Centigrade oder 45° Fahrenheit bloss 1 Percent. Ein Shunt, welcher bei 60° Fahrenheit 0·01 Ohm Widerstand hat, wird bei — 2° Fahrenheit 0·00984 und bei 100° Fahrenheit 0·01009 Ohm Widerstand haben. Von dem Gefrierpunkte bis hinauf zu 120° Fahrenheit kann als Maximum eine Variation von 2% vorkommen.

Eine Ampère-Zunahme in der Zelle bewirkt eine Zunahme der elektro-motorischen Gegenkraft und demzufolge einen Verlust im Volts. Gleichzeitig nimmt der absolute Widerstand durch Erwärmung der Flüssigkeit ab und bewirkt eine Zunahme in den Volts. Beide Effecte gleichen sich also beinahe aus.

Nun haben wir die Temperatur-Compensation. Wenn wir den Widerstand der Zelle als solchen in Betracht nehmen, so wird die mit der Temperaturzunahme erfolgende Abnahme der elektromotorischen Gegenkraft und die hiedurch verursachte Voltzunahme sich zu der Voltzunahme addiren, welche durch die Abnahme des Widerstandes hervorgebracht wird. Diesen beiden Factoren steht die Einwirkung der Compensations-Spule gegenüber, deren Widerstand zunimmt und welche also den durch die Erwärmung des Elektrolyts hervorgebrachten Effect compensirt.

Was speciell den Vorwurf anbelangt, dass, da bloss ein Tausendstel Theil Stromes gemessen, auch alle Mess-

fehler mit 1000 multiplicirt werden, so ist das allerdings richtig. Nur ist der Procentsatz dieses Fehlers immer der gleiche. Wenn wir eine Irrung von 10% in dem Stromkreise haben, in welchem die betreffende Zelle eingeschaltet ist, so haben wir im gemessenen Strome auch nur einen Procentsatz von 10 als Fehler.

Die Hauptvortheile des elektro-chemischen Messers Edison's sind:

aussergewöhnlich billiger Preis;

Mangel jedes mechanischen Theiles als Zahnräder, Hebel, Feder, Zeiger;

wenig Stromverschwendung;

einfachste Construction.

Neuerer Zeit hat die Edison-Company beschlossen, die Grösse der Platten herabzumindern und die Control-Zelle in den kleineren Messern aufzuheben, so dass ein Edison-Messer Nr. 0, $^1/_2$, 1 und 2 für Zweileiter-System anstatt zwei bloss nur mehr eine Zelle, jene für Dreileiter-System anstatt vier bloss zwei Zellen haben. Auch wird die bisherige Form und Grösse der Zellen, ihr Verschluss und die specifische Dichtigkeit der Zinksulfatlösung geändert werden. (Siehe Nachtrag).

Lowrie geht von folgendem Principe aus:*) In einem Wechselstromkreis, von welchem die Lampen parallel abgezweigt werden, wird ein Accumulator und ein Voltameter eingeschaltet. Wir haben nun in dem Stromkreise einen Wechselstrom und einen Gleichstrom. Wenn in dem Stromkreis bloss passive Widerstände vorhanden sind, sind die zwei Ströme einander propor-

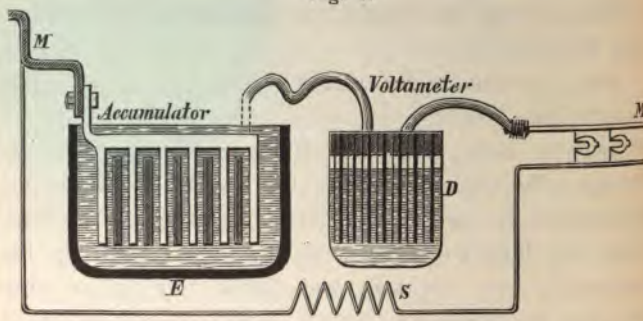
*) Lumière Électrique XXX, Nr. 43.

tinal und proportional zur Anzahl der eingeschalteten Lampen. Der Voltameter, welcher die dem Gleichstrom entsprechende Elektricitätsmenge misst, giebt in gleicher Zeit das Mass der ganzen verbrauchten Energie. Der Voltameter giebt nämlich:

$$\Sigma \frac{E}{r} t = E \Sigma \frac{t}{r}$$

wobei E die elektro-motorische Kraft des Accumulators

Fig. 7.



ist, vorausgesetzt, dass in diesem Falle die Wechselströme keine Einwirkung haben.

Die von den Wechselströmen entwickelte Energie ist gleich

$$\Sigma r i^2 t = \Sigma \frac{e^2}{r} t$$

Wenn die Potentialdifferenz im Leitungsnetz eine constante ist, ist Σe^2 eine Constante und folglich sind sich die beiden Quantitäten proportional.

Fig. 7 zeigt den Apparat. M ist der zu den Lampen gehende Leiter, E ist der Accumulator, D ist ein Voltameter mit Kupferplatten und einer Kupfervitriollösung. Der innere Widerstand der beiden Zellen ist gering.

R. einen Strom von 100 Volts und
num, der Widerstand ist 10
Accumulator wird daher in
stanten Strom von 0·2 Ampère
ermittelte Energie 1000 Watts ist,
ederschlag von
00327 = 0·235 Gr. Kupfer per Stunde

e Messer wird von Forbes folgendermassen
en: Ein Accumulator wird in den secundären
reis *S* eines Transformators mit einem Volta-
r oder einer elektrolytischen Zelle auf Spannung
schaltet. Blos wenn die Lampen eingeschaltet werden, wird der Stromkreis geschlossen, und nur dann kann die elektrolytische Wirkung, resp. der Metallniederschlag von einer Zelle auf die andere stattfinden. Der Wechselstrom selbst übt keinerlei elektrolytische Wirkung aus; der ganze elektro-chemische Vorgang wird von dem Accumulator besorgt, als wenn gar kein Wechselstrom vorhanden wäre. Welche Stromquantität wird durch die elektrolytische Zelle gemessen werden? Die Quantität des Stromes, welche den Stromkreis durchfliesst, hängt ab vom Widerstande der Lampen und ist proportional zur Anzahl der Lampen, welche sich im Stromkreise befinden. Es wird daher die Gesammtanzahl der Lampenstunden durch den Metallniederschlag in der elektrolytischen Zelle gemessen werden. . . . . Ueber die Dauerhaftigkeit der elektrolytischen Zelle, über die Auswechslung und Ladung der Accumulatoren hat Prof. Forbes keine Daten. Es ist zu verwundern, dass dieser Messer überhaupt in die

Praxis übergegangen ist, da die Annahme, dass ein Wechselstrom auf den Voltameter gar keine Einwirkung hat, eine unrichtige ist, und wird immer Gasentwicklung und Metallniederschlag stattfinden, wenn der Wechselstrom mehrere Tausend Alternationen per Minute macht.*) Der Messer ist in Eeastbourne und in West Brompton im Gebrauch.

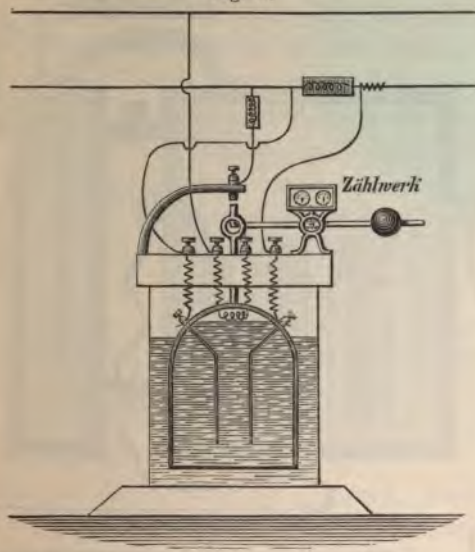
IV.

Edison, der überhaupt in Allem, was Verbrauchsmesser anlangt, bahnbrechend gewirkt hat, liess sich schon im Jahre 1880 einen Messer patentiren (Fig. 8), bei welchem durch zwei Elektroden Wasser zersetzt wird. Die hiebei entstehenden gemischten Gase werden in einer schwimmenden Glocke aufgefangen. Diese Glocke erhebt sich langsam und giebt bei einer gewissen Strom-

*) Man hat lange angenommen, dass ein Wechselstrom, welcher durch einen Voltameter geht, keine Gasentwicklung hervorruft, weil sich der an beiden Polen successive entwickelnde Wasserstoff und Sauerstoff sofort wieder mit einander verbinden. Es geht aber aus den Versuchen Maneuvrier's und Chappuis', ebenso wie aus den Beobachtungen von Ayrton und Perry hervor, dass, wenn die Dichtigkeit des Stromes per Oberflächeneinheit der Elektroden einen gewissen Werth annimmt, eine Gasentwicklung an jeder derselben stattfinde. Dieses Gas ist ein Gemisch von Sauerstoff und Wasserstoff, welche sich nicht verbunden haben, dessen Quantität von der Dichtigkeit des Stromes und von der Anzahl der Alternationen per Secunde abhängt. Kennelly hat gefunden, dass unter gewissen Bedingungen die von einem Wechselstrom entwickelte Gasquantität gleich ist jener, welche von einem Gleichstrom gleicher Intensität entwickelt, wird und er hat einen Voltameter construirt, welcher beide Stromgattungen misst. (Siehe Lumière Électrique XXX, Nr. 44.)

ıeit das Gasgemisch frei. Durch das Erheben der cke wird zugleich der Strom in einer Platinspirale chlossen; diese letztere erglüht, bringt das Gasgemisch Explosion; dasselbe vermischt sich wieder mit dem sser und ein Zählwerk registrirt die Anzahl der Ex-sionen ein. Unter den vielen Schwierigkeiten, welche

Fig. 8.

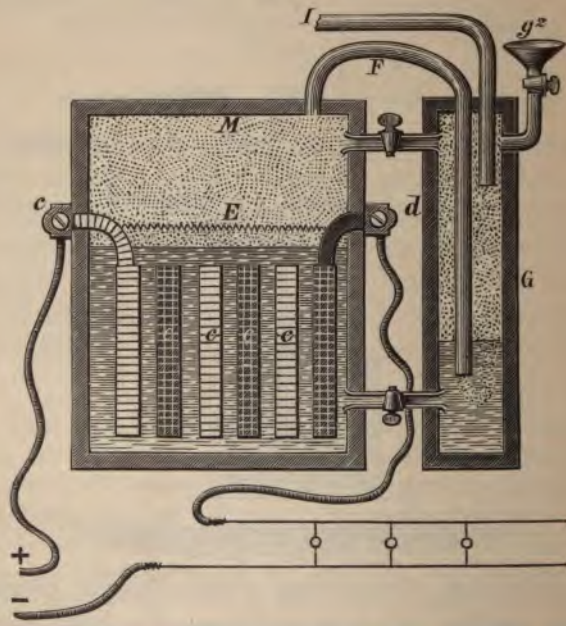


praktischen Verwendung dieses Messers entgegen-ıen, wollen wir blos anführen: die hohe elektro-:orische Kraft, welche zur Wasserzersetzung noth-ıdig ist, die verwendete Energie und die wahr-einliche Nothwendigkeit, »den Apparat fast nach :r Explosion wieder erneuern zu müssen.«

Marcel Deprez hat folgenden Coulombmesser an-eben: Der Apparat besteht aus einem U-förmig ge-

bogenen Glasrohr, dessen Enden kugelförmig erweitert und geschlossen sind; der eine Schenkel ist ganz und der andere zum Theil mit angesäuertem Wasser gefüllt. Ersterer enthält vier Elektroden, deren zwei zur Wasserzersetzung dienen; wird dieselbe durch einen Strom

Fig. 9.



eingeleitet, so steigt das Gas in den oberen Theil und verdrängt hier die Flüssigkeit, was nun ein Steigen derselben in dem anderen Schenkel bis zu einer bestimmten Marke bewirkt. Hiedurch ist das Mass der durchgegangenen Elektricitätsmenge gegeben. Die beiden anderen der vier oben genannten Elektroden dienen dazu, um

vermittelst eines Funkens das Gas wieder zu Wasser zu vereinigen.*)

Der Messer Walter F. Smith's kann eine Combination eines elektrolytischen mit einem Gasmesser genannt werden. Der Hauptstrom ist (Fig. 9) mit den Klemmen *c* und *d* verbunden, welche zu den Elektroden *ccc* führen. Diese Elektroden sind aus vernickeltem Eisen hergestellt und tauchen in eine Lösung von caustischer Potasse. Ueber den Elektroden befindet sich ein Drahtgewebe *E*, welches die durch die Passage des Stromes entwickelten Gasbläschen zurückhalten soll.

Das entwickelte Gas geht durch das Rohr *F* in den Behälter *G*, welcher als eine Art von Condensator angesehen werden kann, in welchem sich alle aus *M* kommende Feuchtigkeit ansammelt. Das aus *F* ausströmende Gas erhebt sich in dem Behälter *G* und ist gezwungen in das Rohr *I* einzutreten, welches zum Registrirapparat führt. Dieser letztere ist jener eines gewöhnlichen Gasmessers und soll die Quantität des entwickelten Gases proportional zur Stromintensität sein.

Kolle hat die Bemerkung gemacht, dass manche Elektroden in gewissen Elektrolyten bei Hindurchleitung von Wechselstrom an Gewicht verlieren. Da dieser Verlust der Stromstärke proportional sein soll, so basirt er hierauf einen voltametrischen Verbrauchsmesser.**)

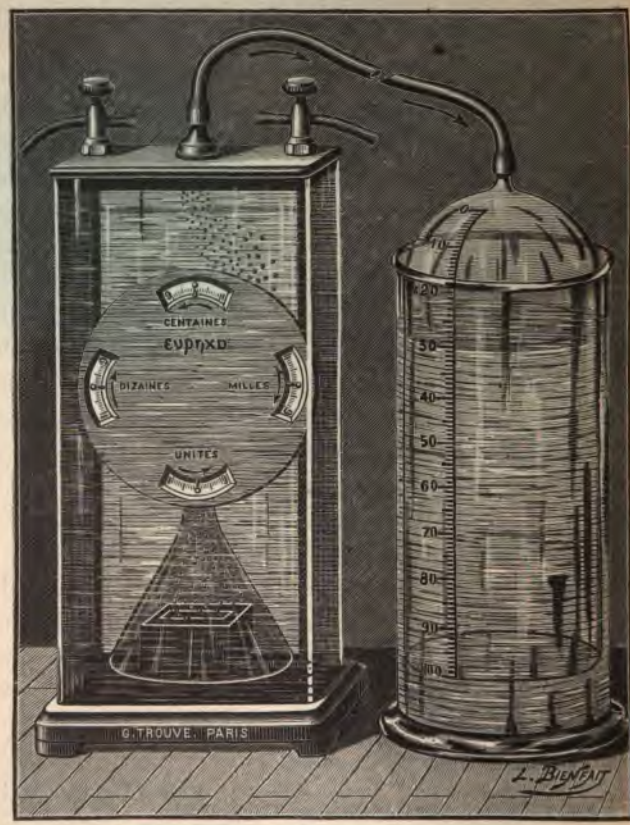
Trouvé's Verbrauchsmesser wird uns vom Verfasser folgendermassen beschrieben: Der Messer basirt auf der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom. Der frei werdende Wasserstoff und Sauerstoff

*) S. Fortschritte der Electrotechnik, 1888, Seite 359.

**) S. Fortschritte der Elektrotechnik, 1888, Seite 695.

wirken mechanisch auf eine Turbine oder auf ein Wasserrad, welche sich in leicht angesäuertem Wasser befinden.

Fig. 10.



Die sich drehende Turbine bethätigt ein Zählwerk, welches den Verbrauch einregistrirt. Alle Theile des Apparates sind unoxydirbar und werden von den Säuren

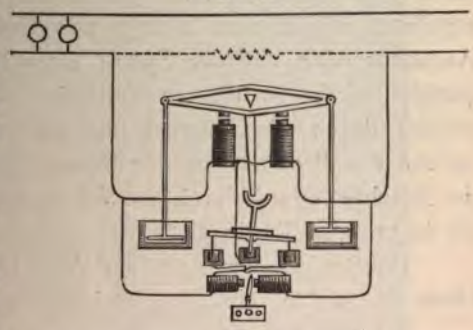
nicht angegriffen. Die Zersetzung des Wassers findet mittelst grosser Elektroden aus Platin statt. Ein Glastrichter nimmt die sich entwickelnden Gase auf und führt sie unter die Turbine. Die Gase können entweder gemischt oder getrennt aufgefangen werden. In letzterem Falle könnte man sich des Sauerstoffs zur Reinigung der Luft, des Wasserstoffs aber zur Erwärmung bedienen. Siehe Fig. 10.

Ein ähnlicher Apparat wird von **Emmot** und **Ackroyd** vorgeschlagen.

V.

Edison's Messer war auch in dieser Kategorie einer der ersten und hatte der Erfinder darauf verzichtet, die diesbezüglichen Ideen weiter zu verfolgen, obwohl dieselben gerade in Deutschland ausgedehnte praktische Anwendung gefunden haben.

Fig. 11.



Ein im J. 1882 gegebenes Edison'sches Patent zeigt (Fig. 11) einen Hebel, welcher durch Elektromagnete in Schwingung versetzt wird. Die Rapidität der Bewegung, welche durch Luftkissen von grosser Oberfläche regulirt wird, ist proportional zur Intensität des Stromes. Die Elektromagnete *liegen* entweder im Hauptstromkreis

oder im Shunt. Der Zählapparat ist durch einen localen Nebenstromkreis mit Elektromagneten und Quecksilbercontacten in Bewegung erhalten.

Die Aron'schen Verbrauchsmesser basiren auf den Eigenschaften des Pendels und auf den elektromagnetischen Einwirkungen eines Stromes auf die Schwingungsdauer des Pendels. Es ist bekannt, dass die Dauer der Schwingungen eines Pendels isochron ist (vorausgesetzt, dass sie von geringer Weite sind) und dass sie für ein gegebenes Pendel von dem Trägheitsmoment, von der auf das Pendel wirkenden verticalen Kraft und von seiner Länge abhängen.

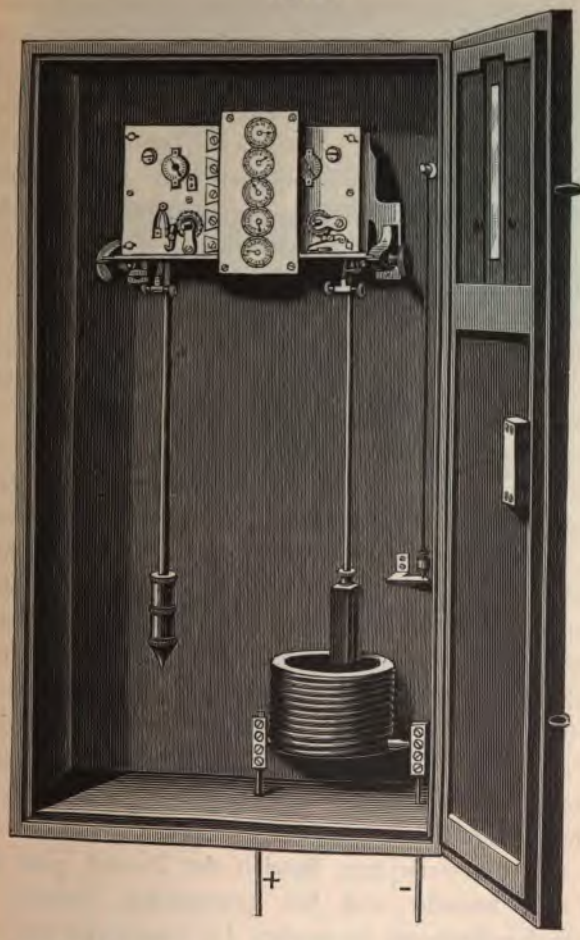
Nun variirt die Schwingungsdauer in umgekehrtem Verhältnisse zum Quadrat der auf das Pendel wirkenden verticalen Kraft, und wird eben deshalb ein in den mittleren Breitegraden, d. h. in unseren Regionen genau regulirtes Pendel sich verspäten, wenn es z. B. am Aequator oder auf der Spitze eines hohen Berges aufgestellt wird. In diesem Falle ist die verticale Kraft, welche durch die Schwere hervorgebracht wird (Kraft, welche das Product aus der Masse des Pendels und aus der Beschleunigung durch die Schwere ist), weniger gross als in unseren Regionen.*)

Construiren wir nun ein Pendel und lassen es in einen Magneten endigen, welcher über einer Spule

*) Die Kraft, welche von der Schwere auf die Masse eines Grammes ausgeübt wird, ist 983 Dynes an den Erdpolen, 981 in unseren Regionen und blos 978 Dynes am Aequator, d. h. eine Variation von ungefähr einem halben Percent auf der Erdoberfläche. Das Gramm, welches als Krafteinheit angenommen wird, ist daher in Folge dieser keineswegs geringen Variation eine ungenaue Einheit. Siehe E. Hospitalier, La Nature, Seite 58, 1888.

schwingt. Wenn kein Strom durch die Spule geht, wird

Fig. 12.



s Pendel in einem gegebenen Orte mit einer con-

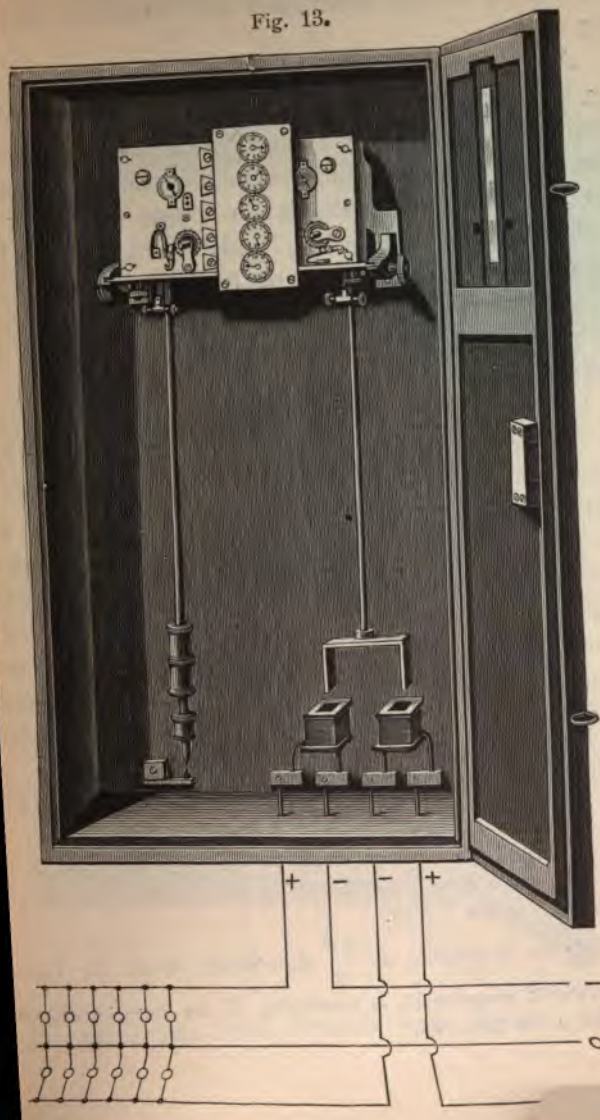
stanten Schwingungsdauer arbeiten. Wird aber die Spule von einem Strom durchflossen, so wird dieselbe den am Pendel angebrachten Magneten anziehen oder abstossen, und zwar mit einer Kraft, welche sich zur Schwerkraft hinzuaddirt, um die Schwingungsgeschwindigkeit des Pendels entweder zu beschleunigen oder zu verzögern.

Der neueste »Elektricitätszähler« Dr. H. Aron's (Fig. 12) besteht im Wesentlichen aus zwei Pendeln; dieselben sind auf gleiche Schwingungsdauer abgeglichen. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches, das rechte trägt am unteren Ende als schweren Körper einen Stahlmagneten. Die Pendel werden durch je ein Uhrwerk, das durch Federkraft getrieben wird, im Gang erhalten und wirken auf ein gemeinschaftliches Zählwerk, welches die Differenz ihrer Schwingungen zählt.

So lange kein Strom die im Apparat unter dem magnetischen Felde angebrachte Rolle durchfliesst, schwingen beide Pendel gleich. Wenn jedoch der Strom wirkt, wird das magnetische Pendel in seiner Schwingungsdauer beeinflusst, und zwar so, dass es desto schneller schwingt, je mehr Strom den Apparat durchfliesst. Das Zählwerk registrirt die Voreilung des magnetischen Feldes und is so eingerichtet, dass das oberste Zifferblatt die Einer, das zweite die Zehner, das dritte die Hunderte u. s. w. angiebt. Ein Factor, der durch Aichung bestimmt ist, giebt durch Multiplication die gelieferte Elektricitätsmenge.

Das Uhrwerk zum Betrieb der Pendel geht circa 40 Tage, braucht also bei genügender Reserve nur monatlich aufgezogen zu werden. Die Uhrwerke sind so zu reguliren, dass die etwaigen Abweichungen bei strom-

Fig. 13.



losem Gang für die Richtigkeit der Angaben ohne Belang sind.

Aron's Coulombzähler für Dreileiterkabel (Fig. 13) besteht ebenfalls aus zwei Pendeln von gleicher Schwingungsdauer. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches mit Messinggewichten am unteren Ende; das rechte trägt zwei Stahlmagnete, die an einem Querstück aus Messing befestigt sind. Die Pendel werden durch Uhrwerke, die in gemeinschaftliche Platinen eingebaut sind, im Gang erhalten und wirken auf ein gemeinschaftliches Zählwerk, das die Differenz ihrer Schwingungen einregistrirt.

Unter den beiden Magneten des rechtsseitigen Pendels sind zwei Rollen mit starkem Draht angeordnet; diese Rollen werden in die beiden Arbeitsleiter eingeführt, während der neutrale Leiter frei ausgeht. So lange nun kein Strom die unter dem rechten Pendel angebrachten Rollen durchfliesst, schwingen beide Pendel gleich und das Zeigerwerk steht stille. Wenn jedoch in einer der Rollen, oder in beiden zugleich, Strom auftritt, so wird das magnetische Pendel in seiner Schwingungsdauer beeinflusst, und zwar so, dass es desto schneller schwingt, je mehr Strom den Apparat durchfliesst.

Aron's »Voltcoulombzähler*) für Gleichstrom

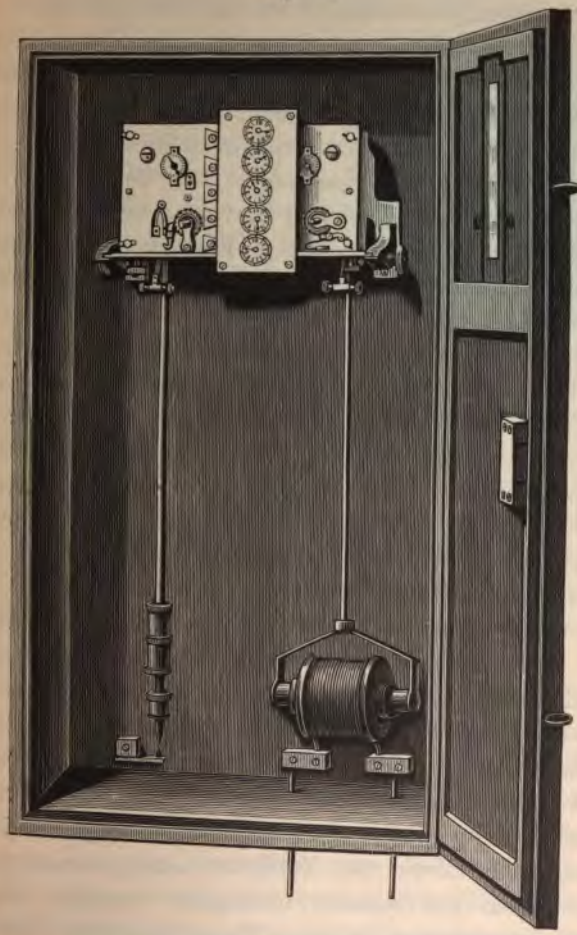
---

*) »Voltcoulomb« oder »Joule« ist die praktische Einheit der Arbeit. Es ist die Arbeit, hervorgebracht durch 1 Coulomb, bei einer Potentialdifferenz von 1 Volt.

Joule = 10 meg-Erg = $\frac{QF}{g}$ Kgr.-Meter. Q ist die Quantität der Elektricität ausgedrückt in Coulombs, E die Potentialdifferenz in Volts und g die Zahl 981.

und Wechselstrom« (Fig. 14) besteht, so wie die vor-

Fig. 14.



rgehenden, aus zwei Pendeln von gleicher Schwin-

gungsdauer. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches mit einem Messinggewicht am unteren Ende; das rechte trägt ein gabelförmiges Messingstück, in dem eine Rolle mit feinem Draht befestigt ist. Diese Rolle mit dünnem Draht wird von einer zweiten Rolle umgeben, innerhalb welcher sie unbehindert schwingen kann. Die innere Rolle liegt in einem Nebenschluss zur Stromleitung und misst die jeweilig herrschende Spannung. Die äussere Rolle ist mit starkem Draht umwickelt und wird vom Hauptstrom durchflossen. Die gegenseitige Einwirkung der beiden Rollen bewirkt eine Veränderung in der Schwingungsdauer des Messpendels, welche dem Product der jeweilig herrschenden Spannung und Stromstärke proportional ist.

Betreffs der Aron'schen Messer bemerkt »Electrician«: Der Aron'sche Messer ist eine blosse Modification des Ayrton und Perry'schen, und diesen letzteren ging der chronographische Galvanometer von Watkins voraus. Prof. Ayrton behauptet überdies von seinem Messer, Aron habe die Priorität desselben anerkannt.

Gisbert Kapp hat über den Werth der Aron'schen Messer der General Electric Company in London einen Bericht erstattet, in welchem er bei seinen Versuchen einen verschiedenen Coëfficienten für stärkere und schwächere Ampère-Belastung fand. Wie wir wissen, ist die Differenz der Schwingungen der beiden Pendel nahezu proportional zur Energiemenge, welche zu einer gegebenen Zeit den Messer durchgegangen hat. Um diese Energie zu finden, müssen die durch das Zählwerk angegebenen Ziffern durch einen Coëfficienten multiplicirt werden, welcher durch Experimente für jeden Messer besonders bestimmt werden muss, und welcher eine Constante für alle In-

tensitäten und Spannungen, welche den Messer durchgehen, sein soll.

In seinen Versuchen hat nun Kapp mit einem Messer zu thun gehabt, welcher bei 100 Volts einen Coëfficienten von 1·07 hatte. Kapp fand diesen Coëfficienten zwischen 15 und 25 Ampères beinahe exact, für schwächere Stromintensität aber war der Coëfficient unexact und der Fehler nahm an Zahl zu, je geringer die Stromintensität wurde. Für eine einzige Glühlampe war der Coëfficient nur mehr 0·97. Kapp fand, dass dieser Umstand darauf zurückzuführen war, dass der Messer nicht genügend genau regulirt war.

Wenn ein solcher Messer genau reguliren soll, ist es nothwendig, dass das Gewichtspendel genau die gleiche Schwingungsdauer habe wie das magnetische Pendel, so lange kein Strom durch den Messer geht. In dem bezogenen Messer hatte das Gewichtspendel eine längere Periode, und folglich registrirte das Zählwerk selbst dann, wenn kein Strom durchgeht. Kapp hält dies für keinen organischen Fehler, weil ja das Gewichtspendel leicht durch Höher- oder Niederstellung des Gewichtes genau einregulirt werden kann.

Hierauf wird von anderer Seite entgegnet, dass das Gewichtspendel leicht stehen bleiben kann, was jedenfalls ein gewichtiger Fehler des Systems ist, welchen es übrigens mit allen Uhrwerken theilt. Es ist bekannt, dass selbst das genauest regulirte Uhrwerk, sobald es die Fabrik verlassen hat, am Aufstellungsorte noch einmal nachregulirt werden muss. Um eine nur geringe Differenz der Schwingungsdauer der beiden Pendel herauszufinden, gehört eine ziemlich geraume Zeit, und der Installateur

muss daher mehrere Tage mit der Regulirung verbringen. Auch ist man nicht sicher, dass, wenn an den Pendeln etwas geändert wird, der von der Fabrik angegebene Coëfficient auch derselbe geblieben ist.*)

Mit D.R.-P. Nr. 45217 hat Aron folgende Neuerung angegeben: Um zu erreichen, dass die Pendel, bezw. die Unruhen beider Uhren völlig übereinstimmend schwingen, so lange kein Strom verbraucht wird, dagegen unabhängig von einander schwingen, sobald der Strom den Apparat durchfliesst, werden die beiden Pendel durch eine sehr leicht nachgiebige Verbindung in Zusammenhang gebracht. Am Besten erweist sich hiefür ein Faden, dessen Spannung durch ein an seiner tiefsten Stelle angehängtes kleines Gewicht bewirkt wird, oder auch ein leichtes Kettchen, das sich durch sein eigenes Gewicht spannt.

Der Messer **Rotten's****) (Fig. 15 und 16) (Berlin) besteht aus einem Zählwerk, welches die pendelnden Bewegungen des Eisenkernes eines Solenoïds einregistrirt. Das Solenoïd ist gebildet aus zwei Wickelungen, deren

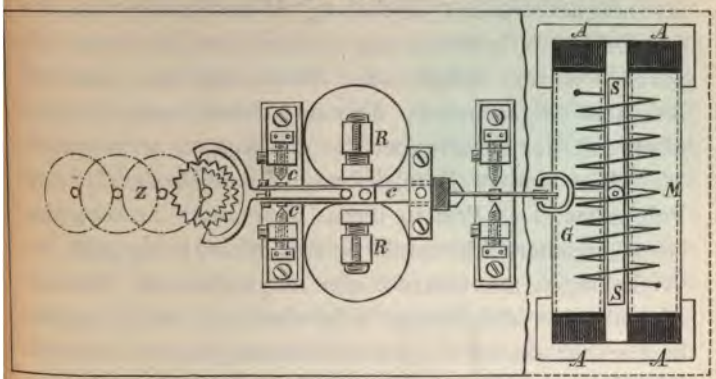
---

*) Prof. H. Aron sagt uns, er habe noch nie die Nachricht erhalten, dass seine Verbrauchsmesser mittelst eines Magnets oder eines Eisenstückes mit Erfolg alterirt worden wären. Es sei nicht so leicht, auf diese Weise die Schwingungsdauer des magnetischen Pendels zu verkürzen oder zu verlängern, und sei dies bei den Voltcoulombzählern überhaupt unmöglich. Wenn der Apparat genau nach den Instructionen des Erfinders aufgestellt werde, könne ein Stehenbleiben eines oder aller zwei Pendel in Folge getroffener Verbesserungen nicht mehr vorkommen. Natürlich zeigen die Verbrauchsmesser Aron's eine kleine Differenz, doch habe dieselbe in der Praxis auf das Endresultat keinen entscheidenden Einfluss.

**) Elektrotechnische Zeitschrift 1890, Heft 11.

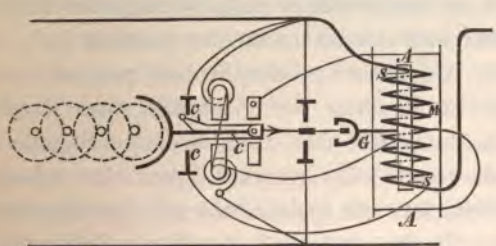
Achsen nicht parallel sind, so dass die eine Wickelung M magnetisirend, die andere A abstossend auf den Eisenkern S wirkt, der sich im Innern der Spule befindet.

Fig. 15.



Ein Commutator wechselt fortwährend die Richtung des eine der beiden Wickelungen umkreisenden Stromes,

Fig. 16.



wodurch eben die pendelnde Bewegung des Eisenkernes eine continuirliche wird. Um die Stromrichtung in der magnetisirenden Wickelung constant zu erhalten, ist diese in den Hauptstrom oder einen Zweig desselben einge-

muss daher mehrere Tage mit [illegible] ckelung A zwischen
Auch ist man nicht sich[illegible] Wickelung M und dem
etwas geändert wird, [illegible] Contactwerkes eingeschaltet
Coëfficient auch der [illegible] cc mit den beiden Enden

Mit D. R.-P. N [illegible] Wickelung M verbunden sind. Um
angegeben: Um [illegible] Bewegung zu versetzen, ist hinter oder
Unruhen beid[illegible] der ablenkenden Wickelung ein polarisirtes
so lange k[illegible] eingeschaltet, dessen Contactzunge C mecha-
hängig vor[illegible] der Schaltgabel des Zählwerkes verbunden ist.
Apparat [illegible] Eine andere Beschreibung dieses Messers*) besagt
eine sel[illegible] Das Princip dieses Apparates besteht darin,
hang [illegible] Folgendes: weichen Eisenstab S der Einwirkung von zwei
desse[illegible] Wickelungen auszusetzen: eine magnetisirende Wickelung
geh[illegible] und eine dirigirende Wickelung A, welche perpen-
leic[illegible] zur ersten ist. Beide Wickelungen sind von einem
sp[illegible] des zu messenden Stromes durchflossen. Wenn
man zeitweise den Durchgang des Stromes in einer der
beiden Wickelungen unterbricht, wird der Stab S unter
der Einwirkung einer Kraft zu schwingen anfangen,
welche Kraft proportional zum Producte des Magnetismus
des Stabes und der Intensität des Stromes in A ist; oder
wenn der Magnetismus des Stabes proportional ist zur
Intensität in M, unter der Wirkung einer Kraft propor-
tional zur Intensität des zu messenden Stromes. Nach-
dem andererseits die Geschwindigkeit der Schwingungen
proportional ist zur Quadratwurzel der dieselben veran-
lassenden Kraft, genügt es, durch ein Zählwerk die An-
zahl der Schwingungen des Stabes S während einer
gegebenen Zeit einzuregistriren, um aus denselben die

*) Lumière Électrique XXXVII, Nr. 29. G. Richard.

mittlere Intensität des Stromes während dieser Zeit ableiten zu können. Dieser Apparat kann auch für Wechselströme verwendet werden, weil der Stab *S* ebenfalls unter der Einwirkung von Wechselströmen zu schwingen anfängt, und zwar immer in derselben Richtung, so lange die Ströme in den Wickelungen *A* und *M* simultan ihre Richtung wechseln. Wenn der Hebel des Relais die Verbindungen derart wechselt, dass die Richtung der Ströme in *A* periodisch im Verhältniss zu *M* permutirt wird, wird der Stab *S* wie bei Gleichströmen zu schwingen anfangen.

Singer in Berlin beschreibt seinen Messer folgendermaassen: Ein Uhrwerk, dessen einzelne Räder durch geeignete Wahl des Uebersetzungsverhältnisses direct als Zählräder dienen können, bewegt einen Körper (Ring oder Scheibe) aus Eisen oder Kupfer zwischen den Polen eines Elektromagneten, der durch seinen Magnetismus eine hemmende Wirkung auf die Umdrehungsgeschwindigkeit des Körpers und mithin des Uhrwerkes ausübt. Dieser Elektromagnet trägt zwei Wickelungen, von denen die eine, von einem constanten Strom durchflossene, die Hemmung hervorruft, während die andere vom Verbrauchsstrom durchflossen wird und so gewickelt ist, dass sie den von der erstgenannten Wickelung erzeugten Magnetismus aufzuheben bestrebt ist. Je nach der Stärke des Verbrauchsstromes wird daher die magnetische Hemmung mehr oder weniger aufgehoben und also das Zählwerk schneller oder langsamer laufen.

Im Verbrauchsmesser **Hookham's** (Fig. 17) kreist der Strom fortwährend durch das mit dickem Draht bewickelte Solenoïd *d*, und geht in Abwechslungen (jede

schaltet, während die ablenkende Wickelung *A* zwischen der Mitte der magnetisirenden Wickelung *M* und dem beweglichen Hebel *G* eines Contactwerkes eingeschaltet ist, dessen beide Anschläge *cc* mit den beiden Enden der magnetisirenden Wickelung *M* verbunden sind. Um das Zählwerk in Bewegung zu versetzen, ist hinter oder parallel zu der ablenkenden Wickelung ein polarisirtes Relais *R* eingeschaltet, dessen Contactzunge *C* mechanisch mit der Schaltgabel des Zählwerkes verbunden ist.

Eine andere Beschreibung dieses Messers*) besagt Folgendes: Das Princip dieses Apparates besteht darin, einen weichen Eisenstab *S* der Einwirkung von zwei Wickelungen auszusetzen: eine magnetisirende Wickelung *M* und eine dirigirende Wickelung *A*, welche perpendiculär zur ersten ist. Beide Wickelungen sind von einem Theile des zu messenden Stromes durchflossen. Wenn man zeitweise den Durchgang des Stromes in einer der beiden Wickelungen unterbricht, wird der Stab *S* unter der Einwirkung einer Kraft zu schwingen anfangen, welche Kraft proportional zum Producte des Magnetismus des Stabes und der Intensität des Stromes in *A* ist; oder wenn der Magnetismus des Stabes proportional ist zur Intensität in *M*, unter der Wirkung einer Kraft proportional zur Intensität des zu messenden Stromes. Nachdem andererseits die Geschwindigkeit der Schwingungen proportional ist zur Quadratwurzel der dieselben veranlassenden Kraft, genügt es, durch ein Zählwerk die Anzahl der Schwingungen des Stabes *S* während einer gegebenen Zeit einzuregistriren, um aus denselben die

*) Lumière Électrique XXXVII, Nr. 29. G. Richard.

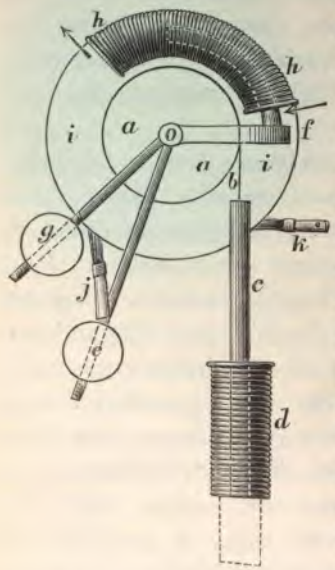
mittlere Intensität des Stromes während dieser Zeit ableiten zu können. Dieser Apparat kann auch für Wechselströme verwendet werden, weil der Stab *S* ebenfalls unter der Einwirkung von Wechselströmen zu schwingen anfängt, und zwar immer in derselben Richtung, so lange die Ströme in den Wickelungen *A* und *M* simultan ihre Richtung wechseln. Wenn der Hebel des Relais die Verbindungen derart wechselt, dass die Richtung der Ströme in *A* periodisch im Verhältniss zu *M* permutirt wird, wird der Stab *S* wie bei Gleichströmen zu schwingen anfangen.

Singer in Berlin beschreibt seinen Messer folgendermaassen: Ein Uhrwerk, dessen einzelne Räder durch geeignete Wahl des Uebersetzungsverhältnisses direct als Zählräder dienen können, bewegt einen Körper (Ring oder Scheibe) aus Eisen oder Kupfer zwischen den Polen eines Elektromagneten, der durch seinen Magnetismus eine hemmende Wirkung auf die Umdrehungsgeschwindigkeit des Körpers und mithin des Uhrwerkes ausübt. Dieser Elektromagnet trägt zwei Wickelungen, von denen die eine, von einem constanten Strom durchflossene, die Hemmung hervorruft, während die andere vom Verbrauchsstrom durchflossen wird und so gewickelt ist, dass sie den von der erstgenannten Wickelung erzeugten Magnetismus aufzuheben bestrebt ist. Je nach der Stärke des Verbrauchsstromes wird daher die magnetische Hemmung mehr oder weniger aufgehoben und also das Zählwerk schneller oder langsamer laufen.

Im Verbrauchsmesser **Hookham's** (Fig. 17) kreist der Strom fortwährend durch das mit dickem Draht bewickelte Solenoïd *d*, und geht in Abwechslungen (jede

Minute z. B.) durch das mit dünnem Draht bewickelte Solenoïd *h*. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, zieht das Solenoïd *d* seinen Kern *c* an und versetzt das Rad *a* trotz der Gegenwirkung seines Pendels *e* in eine der Stromintensität proportionale Drehung.

Fig. 17.

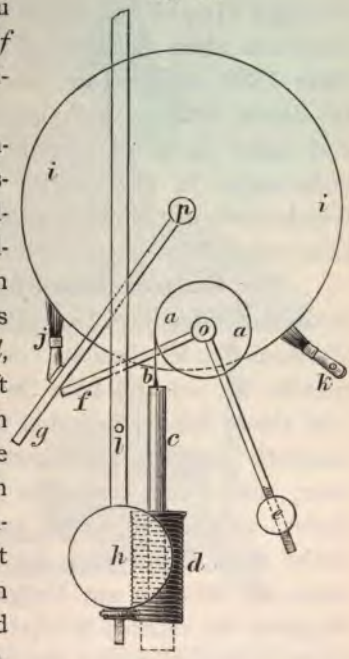


Das Pendel *e*, auf die Bürste *j* aufdrückend, überträgt diese Bewegung oder Drehung auf das Rad des Zählers *i*, welches ebenso wie das Rad *a* lose auf der Achse *o* sitzt. Mit dem Rade *i* dreht sich auch der Kern *f* des Solenoïds *h*, welch' letzteres bis zu diesem Augenblick stromlos geblieben war. In bestimmten Zeiträumen (sagen wir in je einer Minute) tritt durch einen Commutator eine Abzweigung des zu messenden Stromes in das Solenoïd *h*. Die magnetische Wirkung des Stromes auf den Kern *f* überwindet die magnetische Wirkung des Solenoïds *d* auf *c* und führt das Pendel *e* auf Null zurück. Der Zweigstrom wird hierauf unterbrochen. Die Bürste *k* verhindert das Rad *i* von links nach rechts zurückzugehen, wenn das Pendel *e* in sein natürliches Gleichgewicht zurückgekehrt ist. Die Schwingungen von *e* sind proportional zur mittleren Intensität des zu messenden Stromes und die Drehung

von i ist proportional zum Producte dieser Intensität multiplicirt mit der Zeit. Damit die Schwingungsdauer des Pendels proportional zur Stromintensität sei, müssen der Kern f und das Solenoïd d zwei- oder dreifach so lang sein, wie der Durchmesser des Rades a.

Für Wechselströme werden, um die Selfinduction zu vermeiden, die Kerne c und f der Solenoïde aus dünnen Eisendrähten hergestellt.

Fig. 18.



Eine andere, auf demselben Princip beruhende Disposition Hookham's ist folgende:*) Der Arm des Zählwerkes (Fig. 18) ist mit einem Pendel h versehen. Dieses Pendel trägt eine Nase l, welche den Arm g blos streift so lang der Strom in dem Solenoïd d nicht kreist. Sowie der Stromkreis geschlossen wird, bringt l in seiner nunmehr der Stromintensität proportional gewordenen Schwingung die Arme g und f, welche auf einander ruhen, aus ihrer Ruhe, so zwar, dass l auf seinem Rückweg durch Arm g und durch die Bürste j das Rad i in Drehung versetzt. Der Drehungswinkel ist proportional zur Intensität des zu messenden Stromes, ebenso

*) Lumière Electrique XXXV, Nr. 17.

wie die Schwingung des Hebels proportional zu derselben Intensität war. Mit einem Worte, das Pendel *h* ersetzt das intermittirende feindrähtige Solenoïd des vorhin beschriebenen Apparates.

Dem Hookham'schen Messer wurde nachgesagt, derselbe sei einem Messer von Siemens nachgebildet. George Hookham erklärt nun,*) dass Dr. Werner Siemens einen auf selbem Princip beruhenden Messer im März 1887, einige Tage nach ihm patentirt habe. Es sei dieser letztere kein praktisches Instrument gewesen und habe Siemens irrthümlich behauptet, dass Veränderungen in der Stärke des Feldes theoretisch die Geschwindigkeit nicht verändern, während doch die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältniss zum Feld variirt.

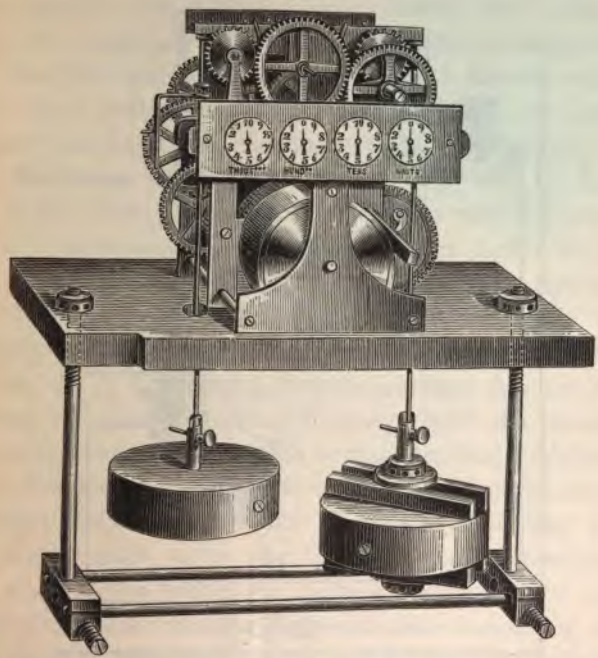
Der **Oulton-Edmondson**'sche Messer (Fig. 19) besteht aus einem Uhrwerk, welches zwei unabhängige Torsions-Pendel besitzt, deren Schwingungsdauer die gleiche ist, solange kein Strom durch den Messer geht. Auf einem Pendel befinden sich zwei oder mehrere permanente Magnete auf astatischem Wege angebracht, ober, unter oder zwischen welchen sich ein Leiter befindet, welcher von dem zu messenden Strome durchkreist wird. Bevor sich das Uhrwerk in Gang setzt und wenn die Klinken am Nullpunkt sind, befinden sich die Magnete im rechten Winkel zum Leiter. Wenn das Uhrwerk im Gang ist und der Strom den Leiter durchkreist, übt der letztere entweder eine hindernde oder aber eine beschleunigende Wirkung auf das Magnetpendel aus und zwar je nach der jeweiligen Richtung des Stromes.

Der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des

*) Electrician February 8, 1889.

Magnetpendels und des anderen Pendels wird durch ein Zählwerk einregistrirt. Die Pendel machen ungefähr fünfzehn Schwingungen in der Minute. Als Vorzug dieses Messers wird die Anwendung von Torsions-Pendeln an-

Fig. 19.

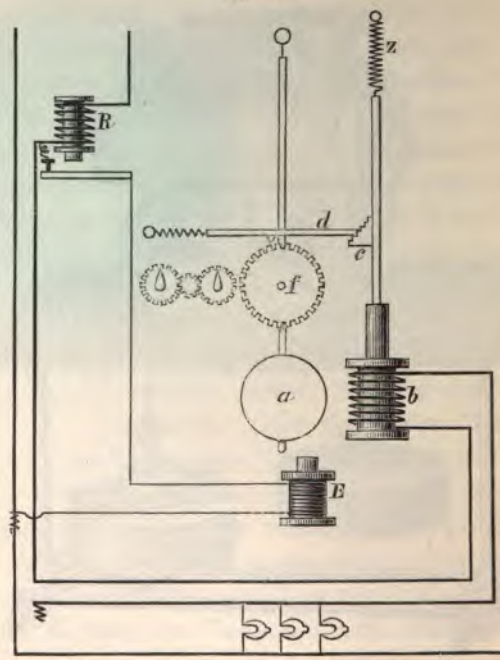


gegeben, wodurch das Uhrwerk sehr langsamen Gang erhält und nicht so oft aufgezogen zu werden braucht. Die astatische Anbringung der Magnete soll deren Magnetismus vor Variationen bewahren und ihn für äussere Einflüsse weniger empfindlich machen.*)

*) Electrician, XXIV, Nr. 603.

Der Messer der Brush-Co. (Fig. 20) besteht aus einem Pendel *a*, das von einem Elektromagneten *E* bethätigt wird. Das Pendel trägt einen horizontalen Querbalken *d*, welcher links an eine Spiralfeder befestigt ist.

Fig. 20.



Der Hauptstrom geht zuerst in ein Relais *R*, von diesem zu einem Solenoïd *b* und von letzterem zu den Lampen. Der Kern des Solenoides ist auf einer Spiralfeder *z* aufgehangen. Auf der Führungsstange des Kernes befindet sich ein stufenförmig ausgezackter Kamm *c*, dessen Stufen den Variationen der Stromintensität entsprechen.

Das Pendel wird in Bewegung gesetzt durch den Elektromagneten *E*, welcher im Nebenschluss zur Hauptleitung liegt und dessen Strom zeitweilig durch das Relais unterbrochen wird. Der Arm *d* des Pendels trägt einen Klinker, welcher das Zählwerk bethätigt. Die Schwingungen des Pendels werden durch den Kamm *c* behindert, gegen welchen der Pendelarm *d* anschlägt. Je tiefer der Eisenkern in das Solenoïd *b* hineingezogen wird, desto tiefer sinkt auch der Kamm *c* und desto grösser wird auch die Ausschlagsweite des Pendels.

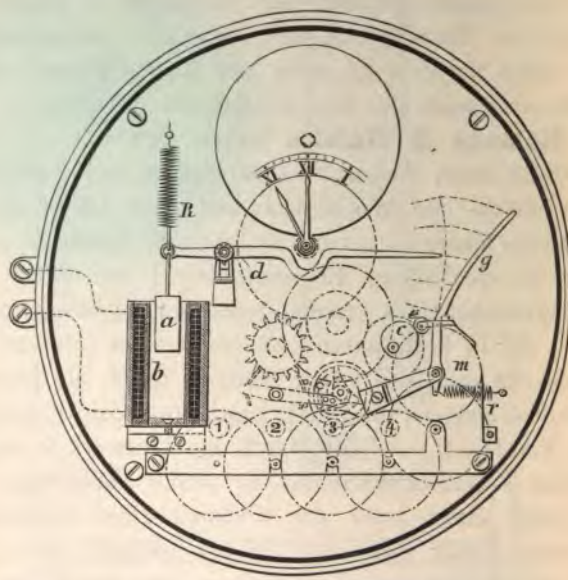
Siemens & Halske haben sich mit D. R.-P. Nr. 50.623 einen Apparat »zum Messen und Summiren der in Gleich- und Wechselströmen einen Leiter durchströmenden Energie« patentiren lassen.*) Dieser Apparat gehört zu denjenigen Energiemessern, bei denen die Drehungswinkel eines passend gestalteten Hebels summirt werden, der in bestimmten Zwischenräumen (bis zur Berührung mit einem in seiner Stellung durch die jeweilig vorhandene elektrische Energie bestimmten Zeiger) gedreht wird. Ein Hebel, welcher durch ein Uhrwerk in regelmässigen Zeitabschnitten bis zu seiner Berührung mit der Spitze eines unter der Wirkung eines Solenoïdes und einer Feder stehenden Zeigers gedreht wird und durch eine Klinke und ein Sperrrad seine Bewegung auf ein Zählwerk überträgt, wird durch eine excentrische Scheibe, mit der er mittelst eines Röllchens in Berührung steht, vom Zeiger entfernt und beim Rückgang des Excenters durch eine Feder ohne Stoss gegen die Spitze dieses Zeigers geführt.

---

*) Elektrotechnische Zeitschrift, 1890, Heft 17. 1889, Heft 24.

An Stelle dieser Einrichtung kann zur Bewegung des oscillirenden Hebels auch ein Elektromagnet oder Solenoïd angewendet werden, dessen Windungen im Nebenschluss zur Leitung liegen, und durch dessen, einen Zahnradsector bewegenden Ankerhebel gleichzeitig das

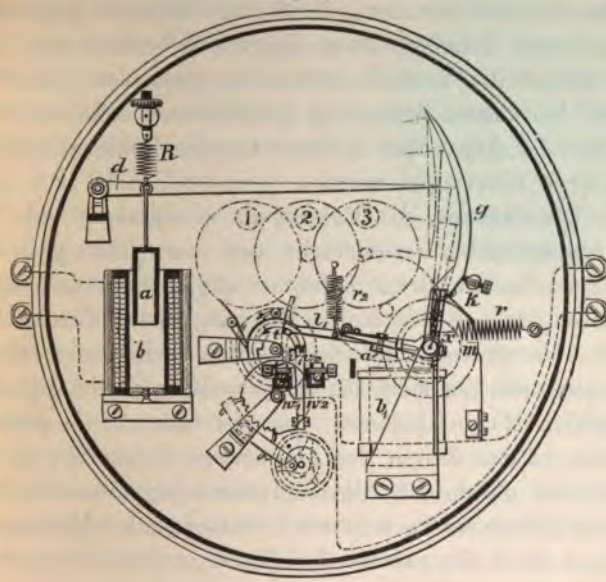
Fig. 21.



Aufziehen des Uhrwerkes bewirkt wird, welches den periodischen Contact zur Ein- und Ausschaltung des Elektromagneten herstellt. Diese Contactherstellung erfolgt in der Weise, dass eine vom Uhrwerk bewegte Scheibe mit ihren zwei Nasen bei jeder Umdrehung zweimal das Anheben und nacheinander erfolgende Abfallen zweier Contactfedern bewirkt, welche metallisch

mit einander verbunden, nur dann den Nebenstromkreis schliessen, wenn beide mit ihren Contactschrauben in Berührung sind, was nur während der kurzen Zeit

Fig. 22.



zwischen dem Abfallen der einen Feder und demjenigen der anderen von einer der Nasen der Fall ist.

Einer genaueren, von Rühlmann verfassten Beschreibung dieses Apparates entnehmen wir Folgendes: Der zu registrirende Strom hat keine weitere Arbeit als die

Einstellung des Zeigers auszuführen. Der Apparat beruht im Wesentlichen darauf (Fig. 21 und 22), dass ein leichter, passend gekrümmter Hebel *g* aus seiner Ruhelage in bestimmten kurzen Zeitabschnitten, beispielsweise alle fünf Minuten, durch ein Uhrwerk gegen die Spitze oder Schneide eines Zeigers *d* bewegt wird, bis der Hebel die letztere trifft, und dass der von dem Hebel bei dieser Bewegung beschriebene Winkel durch ein auf der Achse des Hebels sitzendes Zahnrad auf ein Zählwerk übertragen wird.

Die Stellung des Zeigers *d* ist abhängig von der zu registrirenden Stromstärke und der Hebel *g* ist an der Seite, welche der Zeigerspitze gegenübersteht, derart gestaltet, dass die Winkel, welche der Hebel durchlaufen muss, bis derselbe die Zeigerspitze trifft, proportional den Stromstärken sind, die den jeweiligen Stellungen entsprechen. Das Zählwerk summirt alle Stromstärken, welche zu den Zeiten der Messungen vorhanden waren, und misst mithin die Elektricitätsmenge, sofern in dem kurzen Zeitintervalle, welches zwischen beiden Messungen gelegen ist, keine grossen Aenderungen der verbrauchten Strommenge vorkommen.

Die Bewegung des die Messung ausführenden Hebels *g* wurde früher durch eine excentrische Scheibe bewirkt, die durch ein mit der Hand aufzuziehendes Uhrwerk regelmässig gedreht wurde. Jetzt wird die Bewegung des Hebels durch einen Elektromagneten hervorgebracht, dessen Windungen vermittelst einer selbstthätigen Contactvorrichtung in bestimmten Zeitabschnitten von einem kurzen Strom durchlaufen werden.

Der Zeiger *d* ist als einarmiger Hebel ausgebildet

und dermaassen angeordnet, dass die stromlose Ruhelage des Zeigers am äussersten Ende des oscillirenden Hebels *g* liegt. Es hat diese Anordnung den Vorzug, dass sehr schwere Ströme genauer registrirt werden können. Der messende Hebel *g* wird bei dieser Anordnung durch die Feder *r* gegen einen festen Anschlag *i* gezogen, der so abgeglichen wird, dass bei Stromlosigkeit die Schneide des Zeigers *d* dem äussersten Theilstrich der Curve des Hebels *g* nahe gegenübersteht, ohne dass eine Berührung stattfindet.

Die Krümmung der Innenfläche des Hebels *g* wird derart gewählt, dass auch bei allen Zwischenstufen der Stromstärke und der von der letzteren abhängigen Stellung der Schneide des Zeigers, der Drehungswinkel des Hebels *g* der Stromstärke proportional ist. Es gewährt dies den grossen Vortheil, dass es unnöthig wird, das Magnetsystem so einzurichten, dass die Drehung des Zeigers der Stromstärke proportional ist oder überhaupt in einem bestimmten Verhältniss zu ihr steht. Es genügt, die Curve des Hebels *g* empirisch so einzurichten, dass die Proportionalität der Drehungswinkel dieses Hebels mit der zu messenden Grösse vorhanden ist. Sollte durch Aenderung des Magnetismus oder aus anderen Gründen eine Aenderung in den Stellungen des Zeigers veranlasst werden, so genügt es, mittelst der Feder *R* den Zeiger für eine einzige Stromstärke wieder richtig einzustellen, um die Angaben für alle Stromstärken aufs Neue richtig zu machen.

Zur Uebertragung der Drehungswinkel des Hebels *g* auf das Zählwerk ist auf die Drehachse *x* des Hebels ein loses Sperrrad *m* gesetzt, welches durch Trieb und

Rad mit dem Zählwerk zusammenhängt. An dem Hebel g sitzt eine Hakenfeder k_2, durch welche das Rad stets proportional der Hebeldrehung gedreht wird. Eine Sperrfeder verhindert die Zurückdrehung des Rades. Der Hebel g selbst wird durch die Spiralfeder gegen die Schneide des Zeigers bewegt, während die durch einen Elektromagnet gedrehte excentrische Scheibe c vermittelst der am Hebel befestigten Rolle e diesen einmal bei jeder Umdrehung unter Spannung der Feder in die Ruhestellung zurückdrückt. Damit der Zeiger sich möglichst ohne Reibung dreht und doch festgelagert ist, sind die gehärteten Stahlspitzen der Welle des Zeigers in glasharten kreisförmigen Stahlrinnen gelagert. Die Welle ist horizontal fest gelagert, ohne Berührung an anderen Punkten als an den äussersten Spitzen zu haben.

Die Drehung des Hebels g gegen die Schneide des Zeigers d wird durch einen kleinen Bandmagnet a_1 mit der feinen Drahtwindung b_1 vermittelst der Ankerplatte a_2 bewirkt. Diese Eisenplatte sitzt lose auf der Achse des Hebels g, mit welchem sie jedoch durch die Feder r_2 verbunden ist. Da diese Feder nur wenig stärker ist wie die Feder r, so wird der Hebel g durch die Feder r_2 bei dem Anzug des Ankers sanft gegen die Schneide des Zeigers d gedrückt und an derselben so lange festgehalten, bis die Magnetisirung aufgehört hat, wodurch die Feder r wieder das Uebergewicht erhält und den Hebel g an den Anschlag zurückführt. Die Windungen des Elektromagnets b_1 sind in einen Nebenschlusskreis von sehr hohem Widerstande eingeschaltet; der Magnet wird also stets gleichmässig erregt, wenn der Kreislauf hergestellt ist. Dies kann auf irgend einem Weg geschehen,

auf welchem ein kurzer Strom in regelmässig wiederkehrenden Zeitintervallen erzeugt wird. Bei dem in Rede stehenden Apparat geschieht dies durch ein Uhrwerk mit Anker-Échappement, welches ausser der Unruhe und dem Steigrad nur noch ein Triebrad mit Triebfeder enthält, welche durch den mit dem Magnetanker a_2 verbundenen Rechen bei jedem Anzuge desselben um so viel gespannt wird, als erforderlich ist, damit das Uhrwerk bis zum nächsten Anzuge in Thätigkeit bleibt.

Zur Hervorbringung des kurzen Stromes durch die Magnetwindungen ist eine Contactvorrichtung angebracht, welche in Fig. 22 besonders dargestellt ist. Auf der Welle des Federgehäuses ist eine Scheibe mit zwei excentrisch ansteigenden und senkrecht abfallenden Nasen n_1 n_2 angebracht, auf welchen die Enden zweier Federn w_1 und w_2 schleifen, bis dieselben an einer Nase vorübergegangen sind und dann abfallen. Die beiden Federn sind metallisch verbunden. Die leitende Verbindung zwischen den beiden Contactschrauben v_1 und v_2 ist daher hergestellt, wenn beide Federn mit ihren Anschlagschrauben in Berührung sind. Dies ist aber nur so lange der Fall, als die eine Feder w_1 abgefallen ist, während die andere an der betreffenden Nase noch nicht vorübergegangen ist und durch die letztere gegen den Contact w_2 gedrückt wird. Der Contact und damit der Strom wird auf diese Weise plötzlich hergestellt und ebenso unterbrochen; weder bei der Schliessung noch bei der Unterbrechung kann ein zweifelhafter Contact entstehen, welcher bei Erschütterungen falsche Zeigerangaben hervorbringen könnte. Um eine Beeinflussung der Apparate durch denselben genäherte, starke Magnete zu verhindern, ist das Solenoïd

b mit einem Eisenmantel *o* umgeben worden. — Soll der beschriebene Apparat nicht zur Elektricitätsmessung, sondern zur Messung der elektrischen Energie in Leitungskreisen verwendet werden, in welchen die elektrische Spannung wesentlichen Aenderungen unterliegt, so wird anstatt eines Stahl- oder Eisenkernes, wie bei einem Elektrodynamometer, ein in einem festen Solenoid drehbares Solenoïd angewendet und mit diesem der Zeiger *d* verbunden.

Mott und **Douglas** benützen die magnetischen Eigenschaften eines Elektromagneten oder eines Solenoïds, um die Schwingungen eines der Unruhe einer Uhr ähnlichen Apparates durch Verkürzung oder Verlängerung der Spiralfeder zu verändern.

Vernon-Boys' Energiemesser besteht aus zwei Solenoïden in Cylinderform, welche röhrenförmig in einander gesteckt sind und vom Hauptstrom durchflossen werden. In dem Zwischenraume zwischen den beiden Solenoïden bewegt sich ein drittes feindrähtiges Solenoïd, dessen Wickelung zur Hälfte nach rechts, zur anderen Hälfte nach links kreist. Ein Gegengewicht hält dieses von einem Zweigstrom durchflossene Solenoïd im Gleichgewicht. Die gegenseitige Anziehung der Solenoïde ist nach Hospitalier proportional zum Producte und zur Tangente des Neigungswinkels des Hebels, auf welchem das Solenoïd aufgehangen ist. Das Gegengewicht ist proportional zur elektrischen Kraft, welche stets zwischen den beiden Punkten verausgabt wird. Der Hebel trägt zwei Rollen, welche zu beiden Enden eines Integrations-Cylinders angebracht sind, welcher durch ein Uhrwerk in eine hin- und hergehende Bewegung längs seiner Ro-

tationsachse versetzt wird. Der Cylinder drückt bald auf die eine, bald auf die andere Rolle auf, und zwar auf die rechtsseitige Rolle in seiner Bewegung von links nach rechts und auf die linksseitige, wenn er von rechts nach links geht. Infolge der mehr oder weniger geneigten Lage der Rollen bringt die Bewegung des Integrations-Cylinders gleichzeitig eine Drehung desselben um seine Achse hervor, welche Drehung umso grösser wird, je mehr die Rollen von der Horizontallage entfernt sind, d. h. je mehr die im Stromkreis verbrauchte Energie eine grössere ist. Es geht daraus hervor, dass die Anzahl der Umdrehungen des Cylinders um seine Achse das Mass jener elektrischen Energie gibt, welche in einer gewissen Zeit verbraucht wurde. Der Cylinder wird zu diesem Behufe mit einem Zählwerk verbunden.

In **Vernon-Boys' vibrirendem Messer** ist bei einem Pendel die Schwerkraft durch die elektromagnetische Wirkung des Stromes ersetzt.*) Der Apparat besteht aus zwei Eisenstücken, welche von einander isolirt, eine Art Rad bilden, dessen Felge durch zwei sich gegenüberstehende fixe Solenoïde hindurchgeht. Sobald die Spulen vom Strome durchflossen werden, werden die Eisentheile des Rades von den Solenoïden in sich gesaugt. In dieser Stellung werden sie durch einen kleinen Elektromagneten in periodischen Zeiträumen aus der Ruhe gebracht und in pendelähnliche Schwingungen versetzt, welche von einem Zählwerk einregistrirt werden.

Leonhard Volkert's Verbrauchsmesser besteht in der Hauptsache aus einem Ampèremesser, bestehend

*) Les Compteurs d'énergie électrique. Paris, Masson. Seite 30.

aus einem Solenoïd, in welchem sich ein Eisenkern dreht. Der Ampèremesser wird vom Hauptstrom durchflossen. Auf dem drehbaren Kern, respective auf dem Zeiger des Ampèremessers befindet sich eine unrunde Scheibe. Diese Scheibe hebt in ihrer Drehung eine lose Stange empor, welche an ihrem oberen Ende einen Gewichtshebel trägt. Nachdem die unrunde Scheibe so gestaltet ist, dass den verschiedenen Stromstärken proportionale Verschiebungen des Spaltrades eines Zählwerks entsprechen, beschreiben je nach der Stromstärke Stange und Gewichtshebel einen längeren oder kürzeren Weg, welcher durch eine Klinke auf das Spaltrad übertragen wird. Das Uhrwerk wird elektrisch bethätigt und findet die Einregistrirung in regelmässigen Zeitabschnitten statt, während welchen der Stromkreis durch einen Elektromagneten abwechselnd geöffnet und geschlossen wird.

VI a.

A. Edison's Fundamental - Motorischer Meter. Fig. 23 zeigt einen der ältesten Messer Edison's, in welchem eine Art von elektrischem Motor, getrieben entweder durch den ganzen zu messenden Strom oder aber durch einen Theil desselben, dazu angewendet ist, einen flüssigen Widerstand oder Reibung zu überwinden. Das ganze diesbezügliche Patent (vom 3. März 1887) umfasst die Verbindung eines Stromkreises mit Motor, Flügelrad, Registrirapparat, Verminderung der Geschwindigkeit durch einen festen oder flüssigen Widerstand.

Edison sagt in seinem vom 3. März 1881 datirten Patente, er habe gefunden: »dass die Rapidität, mit welcher der Motor seine Arbeit verrichten wird, proportional ist zur Strommenge, welche ihm Energie zuführt. Wenn nun der Motor so construirt wird, dass er sich langsam dreht, wenn eine Stromeinheit ihn durchfliesst, wird seine Geschwindigkeit in demselben Masse zunehmen, als die Anzahl der Stromeinheiten vermehrt wird.

Fig. 23.

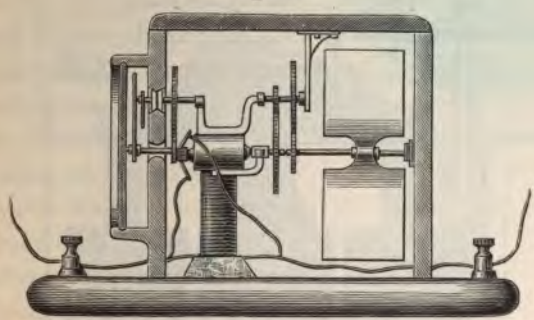
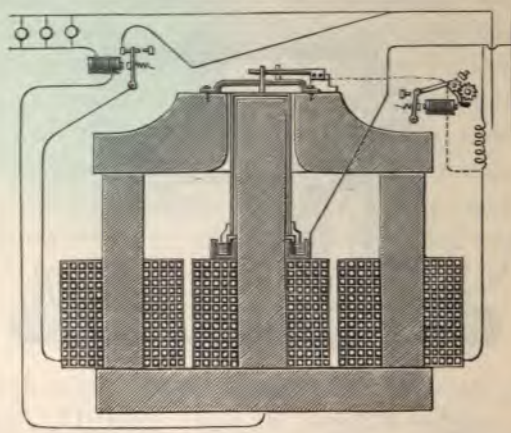


Fig. 24 zeigt uns eine andere Art von motorischem Messer, welcher Edison im Jahre 1883 (17. April) patentirt wurde. Die Form des Motors ist eine Anwendung des »Sturgeon-Rades«.*) Das Rad ist in einen

*) Sturgeon, nach den Engländern Erfinder des Elektromagneten, geboren 1783, gestorben 1850. Seine Versuche sind im Jahre 1825 in den »Procedings of the Society of Arts« publicirt worden. In denselben heisst es: »The superlative intensity of electromagnets and the facility and promptitude with which their energies can be brought into play, are qualifications admirably adapted for their introduction into a variety of arrangements in which powerful magnets so essentially operate, and perform a distinguished part in the production of electromagnetic rotations, etc. etc.

Cylinder umgewandelt, welcher den einen Pol des Magneten umgiebt, während der Cylinder selbst vom anderen Pole umschlossen ist. In diesem Messer ist die Reibung der rotirenden Theile zu einem minimen Factor geworden, die Bürsten sind durch Quecksilbercontacte ersetzt, und die Construction kann einfach und compact gemacht werden. Wahrscheinlich würde, wenn das Quecksilber

Fig. 24.

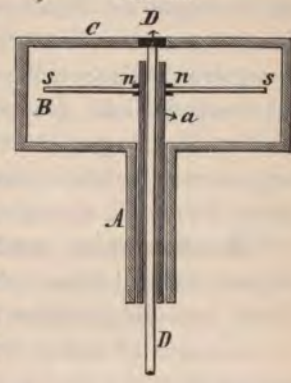


nicht ein solches Unvermögen zu continuirlicher praktischer Arbeit hätte, und wenn es wirklich den idealen Charakter einer »Flüssigkeit« besässe, dieser Messer gewiss zur praktischen Anwendung gekommen sein. Ein in den Hauptstrom eingeschalteter Elektromagnet bewirkt das Oeffnen und Schliessen des Erregerkreises der Elektromagnete des Motors.

Dr. Werner Siemens hat einen Verbrauchsmesser vorgeschlagen, dessen Haupttheil von einem kleinen

elektrischen Motor gebildet wird. Derselbe dreht sich unter dem Einflusse eines Zweigstromes, welcher von den beiden Polen des zu messenden Hauptstromes abgenommen wird. Die Achse des Motorankers, welche ein Zählwerk bethätigt, trägt einen Kupfercylinder, welcher sich, von einem Eisencylinder eingerahmt, im magnetischen Felde des Motors bewegt. Die hiebei sich entwickelnden Foucault'schen Ströme dämpfen die Geschwindigkeit des Motorankers. Wenn der zu messende Strom schwach ist, verursachen die vorhandenen Reibungswiderstände unrichtige Angaben des Zählwerkes. Siemens hat daher vorgeschlagen, zwei Messer von verschiedener Empfindlichkeit zu gebrauchen und zwar einen für schwache, den anderen für stärkere Ströme, welche automatisch ein- oder ausgeschaltet werden. (Siehe Seite 19.)

Fig. 25.



Der Messer Munker's (Nürnberg) (Fig. 25) beruht auf dem Drehungsmomente, welches ein stromdurchflossener Leiter einem Magnet ertheilt, dessen Achse der Ebene des Stromleiters parallel ist. Das aus mehreren Nadeln *n s* bestehende Magnetsystem wird von der drehbaren hohlen Achse *a* getragen. Der Stromleiter geht durch die Achse und in zwei diametralen Richtungen *A B C D* um das System herum und ertheilt demselben ein continuirliches Drehungsmoment.*)

*) Elektrotechn. Zeitschrift, 1889, S. 477.

Dubs in Zürich giebt folgenden Messer an. Man denke sich eine verticale Spule und dieser gegenüber eine andere. In dem von den Spulen leer gelassenen Zwischenraum befindet sich eine Eisenscheibe, welche auf eine Achse aufgekeilt ist. Diese Achse dreht sich in dem leeren Kern der Spulen. Die Spulen selbst sind mit wenigen Wickelungen dicken Drahtes umgeben, durch welche der Hauptstrom fliesst, während ein abgezweigter Theilstrom durch den dünnen Draht geht, mit welchem die Spulen bewickelt sind. Bei constanter Spannung wird der durch den dünnen Draht gehende Zweigstrom die Scheibe mit constanter Kraft hemmen, der veränderliche Hauptstrom wird durch mehr oder minderes Entmagnetisiren der Scheibe eine schnellere oder langsamere Rotation derselben gestatten, welche von einem Zählwerk einregistrirt wird.

Reckenzaun und Pentz gebrauchen in ihrem Messer einen kleinen elektrischen Motor, welcher im Shunt zum Hauptstrom liegt und welcher eine Scheibe in constante Drehung bringt. Diese Scheibe bethätigt mittelst Reibung eine Rolle, deren Achse den Kern eines Solenoïds bildet. Der Hauptstrom geht durch das Solenoïd, und je nachdem der Kern desselben angezogen wird, desto mehr verschiebt sich diese Rolle in radialer Richtung zur Scheibe. Die Geschwindigkeit dieser Rolle nimmt zu, je entfernter sie sich vom Mittelpunkt der Scheibe befindet, und diese Geschwindigkeit ist proportional zur Intensität des Stromes. Reckenzaun hat ferner eine Vorrichtung erfunden, welche darin besteht, dass in der Planscheibe entsprechend geformte Ausschnitte oder Lücken angebracht sind, um die Berührung zwischen

der Reibungsrolle und der Planscheibe zeitweilig auf längere oder kürzere Dauer aufzuheben. Hiedurch soll einmal die Einstellung der Reibungsrolle durch den Elektricitätsmesser gesichert werden und das andere Mal die Umdrehungsgeschwindigkeit der Reibungsrolle proportional der zu messenden Stromstärke, beziehungsweise Energie geändert werden.

Bentz benützt in seinem Messer einen durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation versetzten Kegel, auf dessen Mantel ein an einem Hebel befestigtes Frictionsrad aufliegt. Die Stellung des Hebels wird durch einen Elektromagneten, durch welchen der zu messende Strom fliesst, bestimmt. Die Drehung des Frictionsrades wird auf ein Uhrwerk übertragen.

Stocker's Verbrauchsmesser ist mit dem von Reckenzaun und Pentz identisch, nur dass die Scheibe, auf welcher die Rolle ruht, durch ein Uhrwerk, anstatt durch einen Elektromotor, bewegt wird. Uebrigens ist ein solcher Apparat als Energiemesser schon vor vielen Jahren von Siemens construirt worden.*)

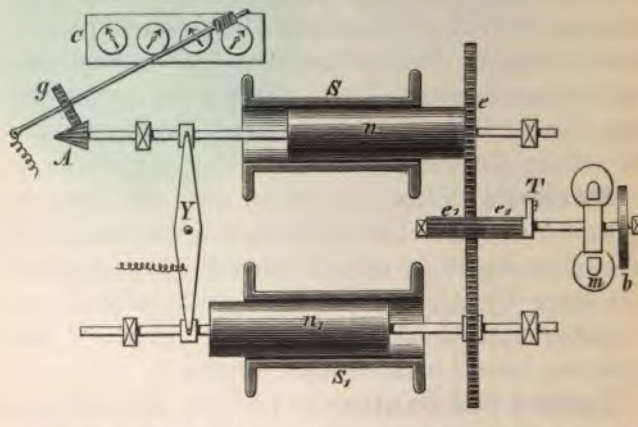
Cuénod und Sautter in Genf (Fig. 26) construiren einen »Coulombmesser«. Bei demselben wird das Zählwerk C durch einen Conus A angetrieben, welcher sich entsprechend der Stromstärke verschiebt. Hiedurch wird das Uebersetzungsverhältniss zwischen dem Conus und einem an selben aufliegenden Frictionsrad g proportional zur Stromstärke verändert. Die Verschiebung des Conus findet statt durch zwei Solenoïde SS^1, deren Kerne nn^1 durch einen Ausgleichshebel Y und ein Rädergetriebe ee^1

*) Siehe Fortschritte der Elektrotechnik 1888, S. 696.

verbunden sind. Der Antrieb der Räder *ee* erfolgt durch ein mittelst Elektromotor *m* mit Unruhe *b* und einer Schaltvorrichtung *T* in Umdrehung versetztes Trieb *e'*.*)

Schuckert's Messer vom Jahre 1888 besteht im Wesentlichen aus zwei kleinen Elektromotoren, wovon der eine den anderen dreht. Der sogenannte »treibende« Motor erhält seinen Strom von einem Zweigtheil

Fig. 26.



des zu messenden Hauptstroms und setzt sich, sobald er vom Strome durchflossen wird, in Bewegung. Durch eine geeignete Kuppelung ist er mit dem »getriebenen« Motor verbunden, welch' letzterer die Aufgabe hat, die vom treibenden Motor entwickelte Arbeit zu consumiren, resp. dieselbe auf ein Zählwerk zu übertragen. Durch eine besonders beschriebene Dämpfung, welche sich in der Wickelung oder Umhüllung des Ankers des getrie-

*) Elektrotechn. Zeitschrift 1890, Heft 8.

benen Motors befindet, wird die Umdrehung der beiden Motoren der Stromintensität proportional gemacht.

Fischer und Stiehl's Verbrauchsmesser wirkt in der Weise, dass die Umfangsgeschwindigkeit eines von einer ununterbrochen und gleichmässig sich umdrehenden Scheibe angetriebenen und ein Zählwerk bewegenden Reibungsrades entsprechend der jeweiligen Stromstärke verändert wird. Zu diesem Zwecke ist das Reibungsrad in einem Bügel gelagert, welcher von einem Ampèremesser gedreht werden kann, so dass die Achsen der treibenden Scheibe und des getriebenen Reibungsrades je nach der zu messenden Stromstärke unter einem Winkel von 90^0 bis 0^0 zu einander gestellt werden. Die Bewegung des Zählwerkes wird dadurch abhängig von der Stärke des zu messenden Stromes, so dass die Umfangsgeschwindigkeit des Reibungsrades bei gleichförmiger Bewegung der Scheibe proportional ist dem Sinus des Ablenkungswinkels aus der Ruhelage.*)

Wilken's »Wattzähler für Wechselstrom und Gleichstrom mit Differenz-Zählwerk« wirkt in der Weise, dass die Messung der Watts durch einen Elektromotor, dessen Schenkelwickelung in den Stromkreis des zu messenden Stromes und dessen Ankerwickelung in einen Nebenschluss hiezu geschaltet ist, erfolgt, während die Zählung derselben durch ein von zwei Uhrwerken getriebenes Zählwerk erfolgt. Der bewegliche Theil des Elektromotors ist mit einer Trommel gekuppelt, auf welcher die Aufhängfeder eines Pendels aufgewickelt ist, so dass bei Drehung des Motors eine Veränderung der Pendel-

*) Elektrotechn. Echo 1890, Seite 293.

länge bewirkt werden kann. Die Grösse der Abweichung der Schwingungszeiten des Pendels von der vorschriftsmässigen Schwingungszeit bestimmt die Summe der Stromwirkungen. Der Drehung des Motors wirkt eine Feder entgegen. Das Zählwerk kann mit dem als Zählrad dienenden Schnurrade eines zwei übereinstimmende Uhrwerke treibenden Uhrgewichtes verbunden werden.

VI b.

Wright-Ferranti's Messer. In einem von Wechselströmen erregten magnetischen Felde sind die elektrodynamischen Impulse, welche auf einen im Feld befindlichen Ring oder Scheibe nichtmagnetischen Metalles einwirken, abwechselnd anziehend oder abstossend. Wenn der magnetische Kreis eine genügend grosse Selfinduction besitzt, überwiegen die abstossenden Impulse und ihre Wiederholung bildet eine abstossende Kraft.*)

Nach Prof. Elihu Thomson, dem wir die hierauf bezüglichen Experimente verdanken, ist die Periode,

*) Zur Erweisung dieser Thatsache machte Prof. Fleming folgende Experimente: Auf einem Elektromagneten, welcher einen aus Drähten bestehenden Eisenkern hat, legt man einen Kupferring. Wird der Elektromagnet von einem kräftigen Wechselstrom durchflossen, springt der Ring in die Luft. — Weiters: Ueber einem Elektromagneten wird eine Kupferscheibe auf einer Wage aufgehangen, so dass die Scheibe die eine Wagschale bildet. Fliesst der Strom durch den Elektromagneten, so fängt die Wage zu schwingen an, weil die Scheibe abgestossen wird. Es ist wesentlich, dass die Scheiben, Ringe u. s. w. einen geschlossenen Stromkreis bilden. Sie dürfen daher keine radialen Einschnitte haben.

während welcher die Ströme entgegengesetzter Natur sind, und während welcher die Abstossung stattfinden kann, eine verlängerte, und findet diese Verlängerung auf Kosten jener Periode statt, während welcher die Ströme in der rechten Richtung für eine anziehende Action sind.

Diese abstossende Wirkung, welche durch die Differenz in der effectiven Periode hervorgerufen wird, beruht aber noch auf einem anderen Umstande, welcher den Repulsionseffect noch mehr hervortreten lässt. Dies ist der Umstand, dass während der Periode der Abstossung beide Ströme, sowohl der inducirende als auch der inducirte, ihren grössten Werth erreichen, während sie in der Periode der Anziehung (Attraction) vergleichungsweise einen geringen Werth besitzen. Dieser Umstand kann auch ausgedrückt werden, dass man sagt, dass die Periode, während welcher die Abstossung (Repulsion) stattfindet, alle Strom-Maxima in sich einschliesst, während die Periode der Anziehung keine Maxima einschliesst. Wir haben daher eine Abstossung, verursacht durch die summarischen Effecte von starken entgegengesetzten Strömen für eine verlängerte Periode, gegen eine Anziehung, verursacht durch die summarischen Effecte von schwachen Strömen gleicher Richtung während einer verkürzten Periode. Der resultirende Effect ist eine vorherrschende Abstossung.

Es ist nun nicht schwer, die Wirkungen zu verstehen, welche ein von einem Wechselstrom durchflossener Elektromagnet auf Ringe, Scheiben, Spulen u. s. w. ausübt. Man wird ebenso leicht begreifen, dass ein von

einem Wechselstrom hervorgerufenes magnetisches Feld in jeder Beziehung dieselben Wirkungen ausübt, wie eine Wechselstrom-Spule, welche einen geschlossenen Leiter abstösst, weil die Abstossungen zwischen zwei Leitern das Resultat von magnetischen Abstossungen sind, welche durch entgegengesetzte Felder hervorgerufen werden, welche Felder durch die Spulen erzeugt werden, wenn die Ströme in ihnen entgegengesetzter Richtung sind.*)

Prof. Elihu Thomson hat bezüglich der seltsamen Effecte, welche zwischen zwei Stromkreisen stattfinden, wenn dieselben dem magnetischen Flux eines durch Wechselstrom erregten magnetischen Poles ausgesetzt sind, nachfolgende Gesetze gebracht.**)

1. Wenn zwei oder mehrere geschlossene Stromkreise gleichmässig von einem Wechselstrom-Magnetfeld beein-

*) Eines der hübschesten, diese Abstossung darstellenden Experimente ist folgendes: In einem mit Wasser gefüllten Gefässe schwimmt eine geschlossene Drahtspule, welche in einer Glühlampe endigt. Das Gefäss wird über eine andere Spule mit Eisenkern gestellt. Sobald ein Wechselstrom die Eisenkernspule durchfliesst, wird in der schwimmenden Spule ein Strom inducirt, welcher die Glühlampe aufleuchten macht. Zu gleicher Zeit erhebt sich die schwimmende Spule über das Wasser und schwebt frei in der Luft.

Dasselbe Experiment dient auch dazu, die Wirkung magnetischer Ueberschirmung (richtiger gesagt Bedeckung, im Englischen: magnetic screening) zu demonstriren. Wenn zwischen dem Magnetpol und der Inductionsspule eine Kupferscheibe eingeführt wird, so lenkt die Scheibe die inductive Action des Magnetpoles ab (the copper »screens« the coil from the inductive action of de pole — das Kupfer überschirmt die Spule von der inductiven Wirkung des Poles) und das Licht in der Glühlampe erlischt.

*) Electrician, XXV, No. 628.

flusst werden, ziehen sie sich gegenseitig an und suchen sich in Parallelismus zu bewegen.

2. In einem Wechselstrom-Magnetfeld befindliche Eisen- oder Stahlmassen geben zur lateralen Verschiebung von Magnet-Kraftlinien Veranlassung und können daher geschlossene Stromkreise in der Richtung der Verschiebung solcher Linien bethätigen.

3. Geschlossene Stromkreise in Wechselstrom-Magnetfeldern oder Felder von wechselnder Intensität geben zur Verschiebung von Magnetismus, oder zu Kraftlinien Anlass, welche sich lateral zu ihrer eigenen Richtung bewegen, und können daher andere geschlossene Stromkreise in der Richtung solcher Linien bewegen.

4. In einem Wechselstrom-Magnetfelde befindliche Eisen- oder Stahlmassen können in Wechselwirkung treten mit anderen solchen Massen oder mit geschlossenen Stromkreisen, so dass sie eine Bewegung solcher Massen oder Stromkreise hervorbringen.

Wenn wir zu unserem ersten Experiment zurückkehren, welches in der Abstossung eines Kupferringes bestand, so finden wir, dass, wenn wir einen zweiten Ring unter dem ersten einschieben, beide Ringe sich anziehen und beide Ringe abgestossen werden, als ob sie Eins wären. Die inducirten Ströme sind in beiden Ringen gleicher Richtung und ziehen sich gegenseitig an.

Diese anziehende Wirkung kann dazu verwendet werden, um eine continuirliche Umdrehung hervorzubringen.

Man hält eine Kupferplatte über den Magnetpol, doch so, dass blos ein Theil dieses Poles von der Platte überschirmt wird. Eine Kupferscheibe ist über der Platte

gegenüber dem Pol angebracht. Die Scheibe fängt dann an sich rapid zu drehen, sobald der Wechselstrom den Pol erregt. In diesem Falle beschirmt oder überschattet (shading) die Platte blos einen Theil des Magnetpols, verursacht hiedurch eine unsymmetrische Vertheilung der inducirten Ströme in der Scheibe und bringt diese zur Umdrehung.

Fig. 27.

Der Messer von Wright-Ferranti (Fig. 27) beruht auf dieser unsymmetrischen Entwicklung von inducirten Strömen in einem drehbaren Körper. Das Instrument besteht aus zwei vertikalen Elektromagneten, deren Eisenkern aus einem Bündel Drähte besteht. An den Polen dieser Elektromagnete sind aus Eisen-Lamellen bestehende gekrümmte Hörner angebracht, welche in der horizontalen Ebene liegen. Diese Hörner sind ihrer Länge nach theilweise mit in sich selbst geschlossenen Kupferringen oder Kupferstreifen überwunden, wodurch ihr Magnetis-

mus stückweise überschirmt wird. Die gekrümmten Hörner umfassen zum Theil die Peripherie eines Raumes, in welchem sich ein leichtes Metallrad dreht, das mit einem Zählwerk verbunden ist.

Prof. Fleming erklärt das elektromagnetische Princip dieses Messers auf folgende Weise: Die Ueberschirmung oder Drosselung (throttling) der Eisenhörner veranlasst den rapid umgekehrten Magnetismus, die Form einer lateralen Diffusion von Kraftlinien von den Seiten der Hörner aus anzunehmen. In Wirklichkeit geht eine Serie von magnetischen Polen entgegengesetzten Zeichens von der breiten Seite des Hornes (wo es mit dem Magnetpol in Verbindung ist) zu der Spitze des Hornes. Diese Pole sind dargestellt durch eine Serie von Kraftlinien-Bündeln, lateral von den Seiten des Hornes ausgehend und dasselbe durchstreifend. Der laterale Durchgang dieser Kraftlinien durch das Metallband, welches die Felge des drehbaren Rades bildet, erzeugt in diesem Bande Extraströme. Diese letzteren werden fortwährend von dem sie erzeugenden veränderlichen magnetischen Felde abgestossen, und durch den wechselnden Magnetismus der Magnetpole wird das Rad in Drehung versetzt.

Das Princip dieses Messers mag noch durch die Experimente erläutert werden, welche Prof. Thomson angestellt hat und welche darauf beruhen, dass Eisen- oder Kupferscheiben in Drehung versetzt werden, wenn sie Eisen- oder Stahlmassen nahegebracht werden, in welchen die Propagation des Magnetismus durch geschlossene Stromkreise unterbrochen oder »gedrosselt« wird. In diesen geschlossenen Stromkreisen (welche im

Ferranti-Messer durch Kupferband-Ringe an den Hörnern dargestellt werden) werden, sobald die magnetische Induction im Eisenkern zunimmt, Extraströme entwickelt, deren Kraftlinien der primären Induction im Stromkreise entgegengesetzt sind. Diese Extraströme sind aber ausserhalb des Eisens und ausserhalb des Kupferbandes gleicher Richtung mit den im Eisen entwickelten Strömen. Das Resultat dieser Drosselung ist gleichsam, als ob die Linien der primären Induction im Eisen lateral abgelenkt würden und um das Band herum ihren Ausgang fänden. Wenn die magnetische Induction im Eisen (welche durch den Wechselstrom hervorgebracht wird) periodisch gemacht wird, wird diese Action eine Art lateraler Pulsation der Magnetkraftlinien in der Nähe der Kupferbänder hervorrufen. Wenn nun ein drehbarer Leiter einem solch magnetisch gedrosselten Eisenhorne nahegehalten wird, so wird eine laterale Verschiebung der Kraftlinien durch diesen drehbaren Leiter hindurch stattfinden, und in dem Leiter (Rade) werden Extraströme inducirt werden. Diese Ströme, in der Umkehrungsperiode des Feldes vermöge der Selfinduction in dem Leiter (Rad) ausharrend, werden verursachen, dass ein Theil des Rades fortwährend abgestossen wird, und das Rad wird endlich eine Drehung annehmen.

Der **Shallenberger-Messer** wird von der Westinghouse-Gesellschaft folgendermassen beschrieben: Die Achse des Messers ist mittelst Zahnradübersetzung mit einem Zählwerk, ähnlich wie das eines Gasmessers verbunden. Der Messer besteht im Wesentlichen aus einer Spule mit einer kurzen Wickelung dicken Drahtes, durch welche der zu messende Strom geht. Innerhalb dieser Spule

und von derselben theilweise umfangen, befindet sich ein aus Kupferringen bestehender geschlossener metallischer Leiter. In demselben dreht sich eine Metallscheibe, bestehend aus wenig Eisen und Aluminium. Die magnetischen Achsen der Spule und des Leiters sind horizontal und schliessen einen Winkel von beiläufig 45° ein. Dieser Winkel kann adjustirt werden und von ihm hängt die Calibrirung des Messers ab. Die Achse steht mittelst Schneckenschraube mit dem Zählwerk in Verbindung.

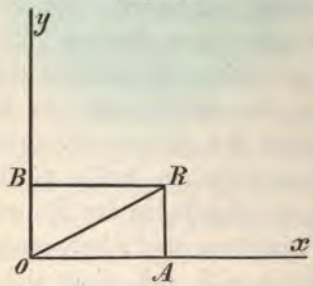
Sobald die Spule von einem Wechselstrom durchflossen wird, wird ein Kraftfeld geschaffen, welches eine gewisse polare Achse in Beziehung zur Scheibe hat. Zu gleicher Zeit werden in den Kupferringen Ströme inducirt. Diese letzteren Ströme magnetisiren die Scheibe und die Lage der beiden Spulen ist eine solche, dass die in der Scheibe hergestellte magnetische Achse mit dem von der Spule hergestellten magnetischen Felde einen Winkel bildet. Folglich werden von den Polen der Spulen auf die magnetische Scheibe Anziehung und Abstossung entwickelt, und die Scheibe dreht sich mit einer dem Quadrate der Stromintensität entprechenden Geschwindigkeit. Um directe Ablesungen zu ermöglichen, ist an der Achse ein Flügelrad angebracht, welches die Geschwindigkeit auf ein der Stromstärke direct entsprechendes Minimum reducirt.

Erklärend für den Vorgang in diesem Messer sind die Mittheilungen Galileo Ferrari's über elektrodynamische Drehungen durch Wechselströme. Wenn auf einen gewissen Punkt *O* zwei magnetische Kräfte in auf einander senkrechten Richtungen einwirken, und wenn die Intensitäten der beiden magnetischen Felder als

Gerade aufgetragen werden, so stellt die Diagonale des aus letzteren zu construirenden Rechteckes die Intensität des resultirenden magnetischen Feldes der Grösse und Richtung nach dar. Aendern sich die Intensitäten der beiden Felder nach einem gewissen Gesetze, so wird der Endpunkt R jener Diagonale eine Kurve beschreiben, und zwar derart, dass OR stets die Bedeutung der Diagonale beibehält (siehe Fig. 28).

Es sollen nun die beiden magnetischen Felder durch Wechselströme von gleicher Periode und von sinusartigem Verlauf erzeugt werden. Besitzen dann die Ströme eine Phasendifferenz gleich Null oder gleich einem Vielfachen der halben Periode, so ist die von R durchlaufene Curve eine durch O gehende Gerade. Bei anderen Phasenunterschieden wird sich R auf einer Ellipse mit dem Mittelpunkt O fortbewegen; es entsteht also ein um O rotirendes magnetisches Feld, dessen Umlaufszeit gleich der Periode der Ströme ist. Wird die Phase eines der Ströme um ein ungerades Vielfaches der halben Periode geändert, so verwandelt sich die Rotationsrichtung in die entgegengesetzte. Setzt man bei beiden magnetischen Feldern dasselbe Periodenmaximum voraus, so kann die Ellipse in einen Kreis übergehen.*)

Fig. 28.



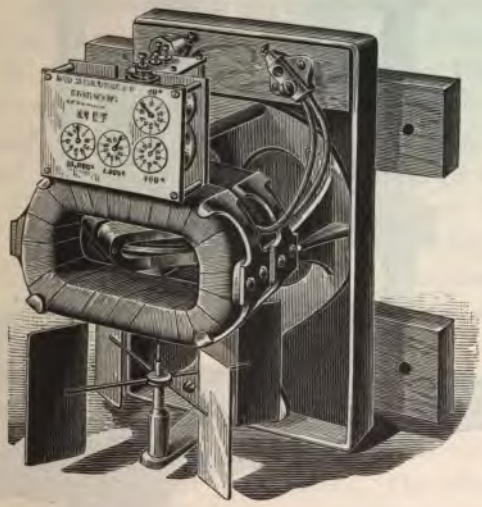
Das durch verschiedene Combinationen entstehende

*) Atti della R. Accadem. delle scienze di Torino Bd. XXIII. 1888. Elektrotechn. Zeitschr. Dec. 1888.

rende magnetische Feld vermag wie ein rotirender gnet zu wirken und kann einen um *O* drehbaren ter in Folge von Inductionserscheinungen in Rotation setzen.

Eine andere Erklärung der in dem Shallenberger-sser (Fig. 29) vorgehenden Phänomene ist folgende:

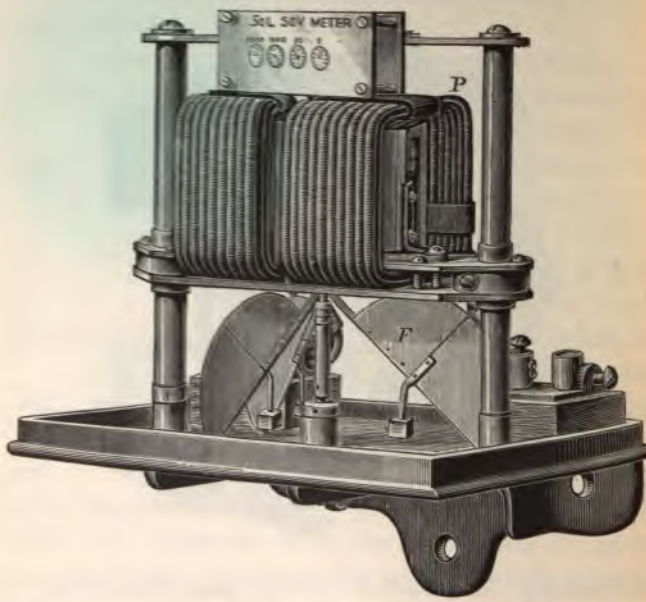
Fig. 29.



Drehung der Scheibe, welche einen Eisenanker be-t, ist hervorgebracht durch eine alternirende Polari-onslinie, welche durch den Strom hervorgebracht wird, in der ersten Spule kreist. Eine zweite Polarisations-wird hervorgerufen durch eine zweite Spule, be-nend aus einem geringelten geschlossenen Leiter, in cher von der ersten Spule Ströme inducirt werden. de Polarisationslinien stehen im Winkel zu einander

und bilden dergestalt in dem Eisenanker der Scheibe zwei correspondirende Linien von verschiedenen Phasen, deren gegenseitige Anziehungen auf einander wirken. Die Drehung der Scheibe ist eine continuirliche, weil die Polarisationslinien ihre Polarität mit jedem Strom-

Fig. 30.



wechsel ändern und dadurch immer eine relativ gleichmässige Anziehung ausüben.

Der **Slattery-Messer** (Fig 30) wird folgendermassen beschrieben.*) Das Princip dieses Messers ist die Combination von zwei im Winkel sich kreuzenden Spulen

*) »Electrician« XXIII Oct. 25. 1889.

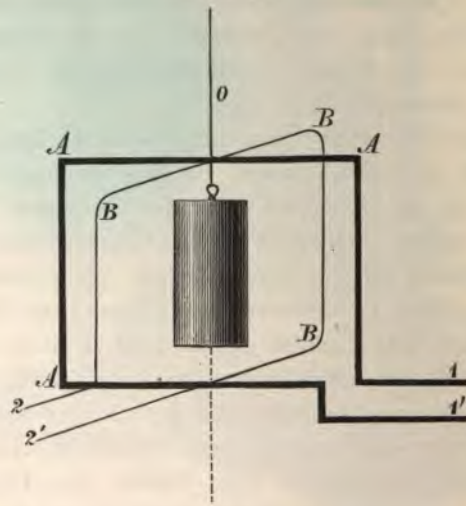
(von welchen eine vom primären, die andere vom secundären Strome durchflossen ist) mit einem beweglichen Anker, bestehend aus einem sehr leichten Kupfercylinder. Die geringe Inertie, welche der Cylinder besitzt, gestattet auch die Messung von geringen Stromintensitäten. Die secundäre Spule hat geringen Widerstand und ist aus einem Kupferband hergestellt. Um die Rotation (welche mit dem Quadrat der Stromintensität zunimmt) derart zu gestalten, dass das Zählwerk directe Ablesung gestattet, ist die Achse mit fächerförmigen Flügeln als Dämpfer versehen.

Dieser Messer ist ganz auf den Versuchen Ferrari's aufgebaut, welche wir schon bei Shallenberger's Messer erwähnt haben. Ferrari sagt: Mittelst eines Wechselstromes lassen sich die beiden magnetischen Felder (von welchen wir bei Shallenberger gesprochen) unter anderem dadurch hervorbringen, dass man denselben durch eine feste Spirale gehen lässt, welche das eine Feld erzeugt, und dass man ihn dann durch eine primäre Spule eines Transformators schickt, dessen secundärer Strom eine andere feste Spirale durchläuft, die das zweite magnetische Feld bildet. Die Herstellung der Phasendifferenz geschieht durch Einschaltung eines geeigneten Widerstandes mit Selbstinduction in den secundären Stromkreis. Ebenso kann man die von zwei Transformatoren gelieferten secundären Ströme zur Hervorbringung der beiden magnetischen Felder benützen.

Das in der erwähnten Weise entstehende rotirende magnetische Feld vermag wie ein rotirender Magnet zu wirken und kann z. B. einen um O drehbaren Leiter infolge von Inductionserscheinungen in Rotation

versetzen. In Fig. 31 sehen wir die von Ferrari gemachten Versuche in schematischer Darstellung. Der primäre Strom geht durch die Spirale $1AAA1'$ aus dickem Drahte, der secundäre durch die senkrecht zu dieser stehende Spirale $2BBB2'$ aus dünnem Drahte. Der Widerstand wird so abgeglichen, dass er eine ge-

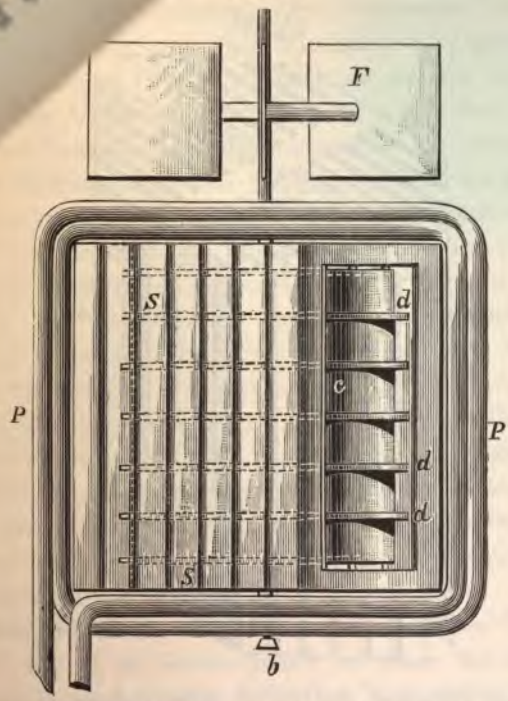
Fig. 31.



nügende Phasendifferenz der Ströme hervorruft und die beiden magnetischen Felder gleich macht. In dem Raume zwischen beiden Spiralen hängt an einem Faden ein kleiner, geschlossener, hohler Kupfercylinder C, welcher zu rotiren anfängt, sobald durch jede Spirale ein Strom geschickt wird. Die Rotationsrichtung ändert sich bei einer Vertauschung der Verbindungen mit der secundären Spirale.

bst sagt von seinem Messer Folgendes: Der Wechselstromes durch die primäre h Induction einen Strom gleicher esetzter Richtung in der secun-

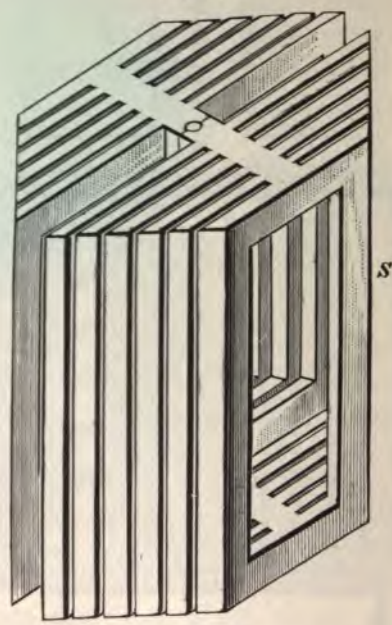
Fig. 32.



dären Spule *S*. Der Cylinder *C* spielt die Rolle einer secundären Spule für jede der beiden Spulen *P* und *S* und empfängt durch Induction von jeder derselben Strom. Unter allen diesen Strömen giebt es Abstossungen und Anziehungen, welche abhängen von ihrem Parallelismus,

von ihrer gegenseitigen Entfernung, von der Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Bewegung in deren Impulsen in Zeit und Richtung. Der Cylinder (Fig. 32 u. 33), welcher frei drehbar ist, gehorcht der Kraft, welche die Resultante aus all den Anziehungen und Abstossungen

Fig. 33.



ist, welche zwischen den im Cylinder inducirten und den in den Spulen *P* und *S* circulirenden Strömen statthaben. In analoger Weise sind die Scheiben *ddd* aus weichem Eisen den magnetischen Anziehungen und Abstossungen der zwei Kraftfelder unterworfen, welche die Spulen *P* und *S* [illegible] men, deren resultirende Kraft dahin strebt,

die Scheiben in gleicher Richtung zu drehen, in welcher der Cylinder durch die inducirten Ströme gedreht wird.

Die Flügel des Windmühlrades *F* haben solche Oberfläche und Form, dass sie mit dem schwächsten Strome, welcher den Mechanismus in Gang setzt, dessen Geschwindigkeit verzögern. Der Widerstand der Luft gegen die Umdrehung des Windmühlrades nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu und die Geschwindigkeit des Cylinders (von Reibung abgesehen) nimmt mit dem Quadrat der Stromintensität zu; wenn diese beiden Wirkungen in das richtige Verhältniss gebracht werden, kann die Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders proportional zur Intensität des in der primären Spule *P* circulirenden Stromes gemacht werden.

Es ist nothwendig, dass die secundäre Spule äusserst geringen Widerstand habe und den Cylinder so eng als möglich umfassen solle. In Slattery's Messer besteht die secundäre Spule aus einem Kupfer-Gussstück, welches so ausgesägt wird, dass es eine Combination von parallelen Rechtecken bildet, welche durch eine Mittelrippe zusammengehalten werden. Der Cylinder ist aus äusserst leichtem Kupferblech, welcher an seinem Ende mit Aluminium eingefasst ist.

Der Messer von Ganz & Co. für Wechselströme besteht im Wesentlichen aus einer um eine verticale Achse sehr leicht drehbaren horizontalen Kupferscheibe, die durch einen Schneckentrieb und diverse Uebersetzungsräder ein Zählwerk in Bewegung setzt. Die Kupferscheibe ist der inducirenden Wirkung zweier Systeme von Elektromagneten ausgesetzt. Das eine dieser Systeme wird durch den zu messenden Wechsel-

strom magnetisch erregt, und ist der in diesem Magnetsysteme (Hauptstrom-Magnet) entwickelte Magnetismus dem hindurchgehenden Strom proportional.

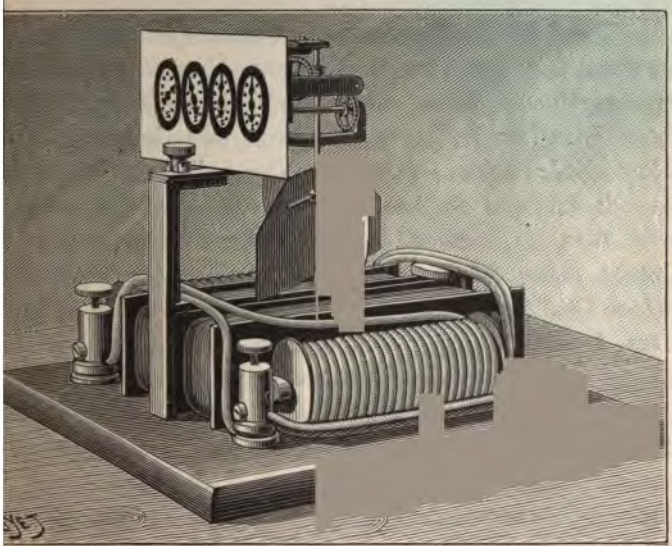
Das zweite Magnetsystem ist mit sehr dünnen Drahtwickelungen versehen und an die beiden stromführenden Hauptleitungen angeschlossen. Beide Magnetsysteme induciren in der Kupferscheibe Ströme und versetzen dieselbe in Drehung. Die Bewegung der Scheibe in den magnetischen Feldern inducirt wieder Ströme in ihr selbst, welche sich auf die Bewegung der Scheibe hindernd verhalten. Bei einer gewissen Geschwindigkeit tritt zwischen den treibenden und hemmenden Kräften Gleichgewicht ein. Diese Geschwindigkeit ist der Intensität des Hauptstromes unter sonst gleichen Umständen proportional, da ja bei einer rationellen Stromvertheilung die Stromspannung constant erhalten wird. Die Uebersetzungen der Räder bis zum Zählwerk sind so gewählt, dass die Zeiger auf den Zifferblättern direct die Ampèrestunden anzeigen. Aus den Frankfurter Versuchen, welche mit diesem Messer angestellt wurden, geht hervor, dass derselbe mit einer Genauigkeit von 3 Procent arbeitet.

Der Messer von Paccaud-Borel wird von Hospitalier*) folgendermassen beschrieben: Dieser Messer basirt auf den besonderen Eigenschaften der magnetischen Felder, welche durch Wechselströme von häufiger Frequenz hervorgerufen werden. Denken wir uns (Fig. 34) zwei Spulen, deren Achsen im Rechteck aufeinander stehen, welche eine ungleiche Anzahl von Wickelungen enthalten und eine im Verhältniss von der anderen abgezweigt sind, und zwar so, dass der Gesammtstrom beide mit

*) La Nature Nr. 861.

nem Male durchfliesst, sich ungleichmässig jeden Augen-
ick in jeder der beiden vertheilend, und zwar in Folge
r Ungleichheit der Coëfficienten der Selfinduction.
de dieser Spulen wird versuchen ein magnetisches Feld
rvorzurufen, dessen Intensität jeden Augenblick von
r Intensität des Stromes abhängen wird. Das resul-

Fig. 34.



ende Feld wird in einer Richtung drehbar sein, welch'
tztere von den Verbindungen der Spulen unter einander
hängt. Eine Scheibe aus weichem Eisen wird sich in
er Richtung der Drehung des magnetischen Feldes zu
rehen suchen, und zwar um so schneller, je intensiver
as Feld selbst und der Strom ist, welcher das Feld
ervorruft. In dem Modell, welches auf der Pariser Welt-

ausstellung figurirte, wird eines der magnetischen Felder durch einen Elektromagneten hervorgerufen, über welchen, perpendiculär zu seiner Achse, eine Spule feinen Drahtes gewickelt ist. Zwischen den Schenkeln des Elektromagneten, in einer Spalte der feindrähtigen Spule, dreht sich die Eisenscheibe, deren Geschwindigkeit durch ein Flügelrad gedämpft wird. Der Apparat ist sehr einfach und nimmt wenig Platz ein.

Prof. Elihu Thomson hat einen Verbrauchsmesser construirt, welcher auf Grund seiner Versuche über elektromagnetische Abstossung durch Wechselströme aufgebaut ist. Der Apparat besteht in der Hauptsache aus einer Spule dicken Drahtes, welche halbmondförmig aufgerollt ist und ein kräftiges Solenoïd bildet, indem es von dem zu messenden Strom durchflossen wird. Im Innern dieser festen Spule schwingt eine doppelte Spule feinen Drahtes, welche auf einem Pendel aufgehangen ist. Das Pendel ist sehr empfindlich, indem es wie eine Wage auf Messerschneiden balancirt. In seiner Schwingung beschreibt das Pendelende (d. h. die feindrähtige Spule) einen Kreisbogen, dessen Form dem Inneren der dickdrähtigen Spule angepasst ist. Der obere Theil des auf den Messerschneiden schwingenden Pendels ist verlängert und endet in einem sehr leichten Kupferblechstück, welches den Bewegungen des Pendels folgend, in dem Felde zweier permanenter Magnete schwingt, welche rechts und links zu Seiten des Kupferbleches angebracht sind. Ausserdem befindet sich auf dem Pendel ein Mitnehmer, welcher auf ein Zählwerk einwirkt. Die das Pendel treibende motorische Kraft ist die Repulsion, welche das dickdrähtige Solenoïd auf die feindrähtigen

Spulen ausübt. Diese feindrähtigen Spulen bestehen aus zwei Wickelungen, welche im Nebenschluss zum Hauptstrom liegen. Diese zwei Wickelungen werden abwechselnd von einem Zweigstrom durchflossen, was mit Hilfe eines automatischen Commutators geschieht. Das Kupferblechstück dient als Dämpfer.*)

Ueber seinen Messer äussert sich Prof. Thomson noch in folgender Weise:**) Der schwingende Körper ist auf Messerschneiden aufgehangen und ist so genau ausbalancirt, dass der Apparat aus dem Niveau gerathen kann, ohne dass die Lage des schwingenden Theiles dadurch eine Aenderung erfahren könnte. Was die mögliche Funkenbildung anbelangt, welche durch das Verschieben (shifting) des Stromes von einer feindrähtigen Spule zur anderen entstehen könnte, sei derselben nur wenig Bedeutung beizumessen, weil diese Spulen grossen Widerstand besitzen und von einem sehr geringen Strombruchtheil durchflossen werden. Das abwechselnde Schliessen des Stromkreises in den feindrähtigen Spulen geschieht durch einen Hebel, der eine Eisenmasse trägt, welch' letztere in einem magnetischen Felde schwingt, welches die schnellen Schwingungen veranlasst. Man könne mit Recht sagen, der Apparat sei eher ein Motor (reciprocating electric motor) als ein Verbrauchsmesser. Seine Registrirungen sind fast genau proportional zur Stromintensität und werden vom Quadrat derselben nicht beeinflusst.

---

*) Electrical World 1890. XVI. Nr. 5.

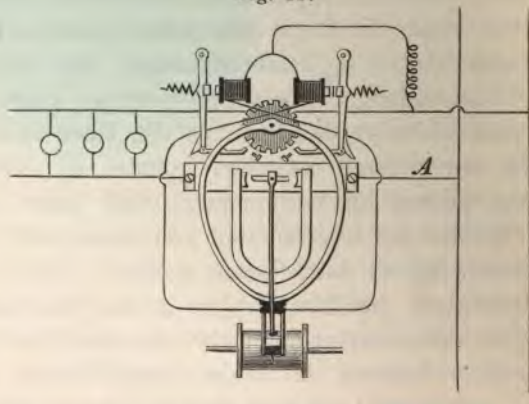
**) Electrician. Vol. XXV. Nr. 643.

VII.

Edison's Messer war auch in der Kategorie der sogenannten galvanometrischen Messer einer der ersten, welche nicht nur theoretisch angedeutet, sondern auch wirklich construirt wurden.

Fig. 35 zeigt uns in schematischer Darstellung einen Messer Edison's (patentirt 1883), in welchem sich in der Hauptlinie ein Galvanometer befindet, welch' letzterer

Fig. 35.



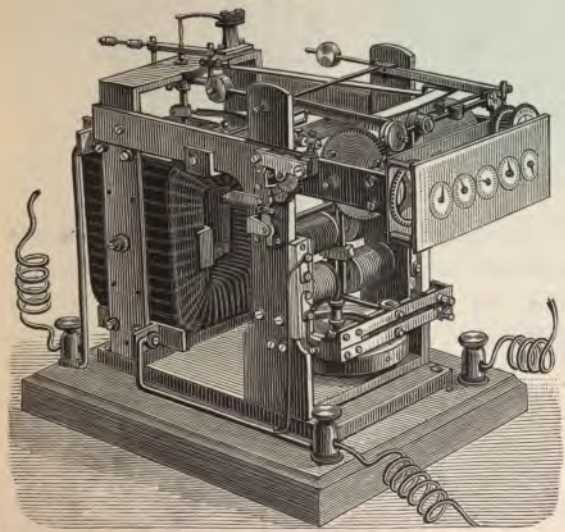
auf einen Stromkreis einwirkt. Dieser Stromkreis erregt verschiedene Elektromagnete, welche ihrerseits einen Registrir- oder Zählapparat in Bewegung setzen. Der Vorzug wird bei letzterem einem Stift-Recorder gegeben und wird das erzielte Diagramm mit einem Planimeter gemessen.

Trotz seiner zahlreichen auf diese Kategorie Bezug habenden Patente ist Edison von einer praktischen Ausnützung derselben abgegangen, indem er diese Sorte

von Apparaten als inconstant, complicirt und ungenau betrachtet.

Cauderay's Coulombmesser (Fig. 36) besteht aus: 1. einem Uhrwerk, welches die Zeit misst, 2. einem Ampèremesser, welcher die Intensität des Stromes misst, 3. aus einer mechanischen Anordnung, welche die Multi-

Fig. 36.

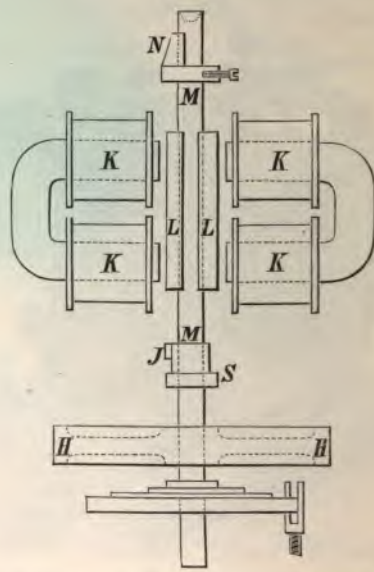


plication der Intensität mit der Zeit vornimmt, und 4. aus einem Zählwerk oder Totalisateur.

Die Hauptbestandtheile des Uhrwerkes sind (Fig. 37): Ein rundes Pendel *H* im Gewichte von 700 Gr., welches eine doppelte Schwingung per Secunde macht. Auf derselben Achse befindet sich eine Spirale *J*, welche die Regelmässigkeit der Schwingungen aufrechterhält. Die motorische Kraft, welche das Pendel *H* in Bewegung zu

erhalten hat, wird durch eine Abzweigung vom Hauptstrom erhalten, welche die Spulen *K* durchkreist, und welch' letztere die Anker *L L* anziehen, welche auf der Achse *M* aufgekeilt sind. Durch diese Anziehung geräth das Pendel in Bewegung.

Fig. 37.

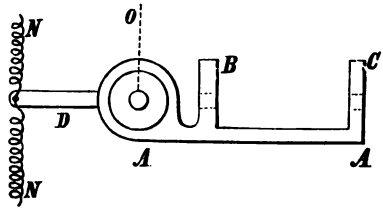


Die vier Spulen *K* haben zusammen 1000 Ohms Widerstand für Apparate von 100 Volts, sie werden daher von einem Zehntel Ampère durchflossen. Dieser Strom durchfliesst die Spulen alle 10—12 Secunden und blos während einer Viertel-Secunde.

Der Regulator oder automatische Unterbrecher hat eine grosse Wichtigkeit, weil von ihm der gute Gang

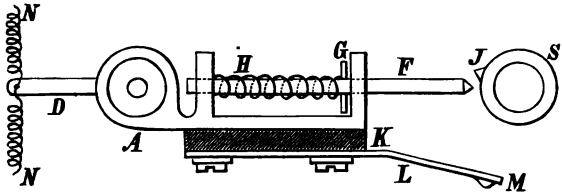
des Apparates und die Continuität des Betriebes abhängt. Er besteht aus zwei Systemen von Züngelchen, welche von Kämmen und Klinkern bethätigt werden, welche auf zwei Reifen auf der Pendelachse angebracht sind. Wir werden jedes dieser zwei Systeme getrennt beschreiben.

Fig. 38.



Ein Bronzestück *A* (Fig. 38), welches um den Punkt *O* schwingen kann, hat in *B* und *C* zwei Ausläufer, in welche ein viereckiges Loch eingestanzt ist. *D* ist ein kleiner Stift, auf welchem die Spiralen *NN* befestigt sind.

Fig. 39.



Durch die viereckigen Löcher in *B* und *C* geht ein viereckiger Stahlstift *F* (Fig. 39), welcher von der Feder *H* und von dem Stift *G* auf seinem Platze gehalten wird, welcher sich aber in Längsrichtung nach dem Centrum *O* bewegen und durch die Gegenfeder *H* wieder zurückgeführt werden kann. *K* ist ein Plättchen aus Ebonit,

welches die doppelte bewegliche Lamelle L zu isoliren hat. Diese Lamelle ist in M mit einem Platincontact versehen.

Die beiden Spiralen NN haben den Zweck, das Züngelchen F in einer bestimmten Position verharren zu machen, wenn der Kamm J es weder von der einen noch von der anderen Seite angreift.

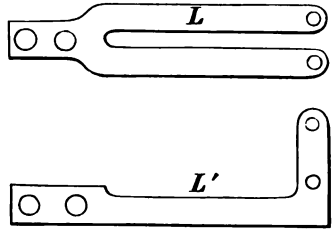
Auf der Pendelachse ist ein Reifen S angebracht, welch' letzterer mit dem Kamm J versehen ist, welcher bei jeder Schwingung das Züngelchen F anstösst und den Contact (jedoch nur in einer Richtung) herstellt.

Das andere System differirt von dem soeben beschriebenen nur in der Form der Lamelle L, welche einfach und an ihrem Ende gebogen ist und zwar so, dass sie in einem gegebenen Momente die erste Lamelle berühren kann. Der mit ihr correspondirende Reif auf der Pendelachse trägt keinen Kamm, sondern hat zwei Einschnitte, in welche sich die Lamelle derart einlegt, dass, so lange der Pendel eine eine halbe Umdrehung übersteigende Schwingung macht, die zwei Lamellen miteinander in Contact kommen können, und setzt der Hebel seine Schwingungen fort. Sobald aber die Schwingungen eine kleinere Amplitude als eine halbe Umdrehung haben, gehen die Einschnitte nicht weit genug, das zweite Züngelchen bleibt auf seinem Platze, und das erste durch den Kamm T angestossen, stellt in M den Contact her. Der Strom geht dann durch eine Viertel-Secunde durch die Spulen K und der Hebel empfängt eine neue Impulsion.

Wir haben gesagt, dass die Lamelle L (Fig. 40), welche von dem ersten Züngelchen getragen wird, doppelt ist (in Gabelform), während die zweite L' einfach,

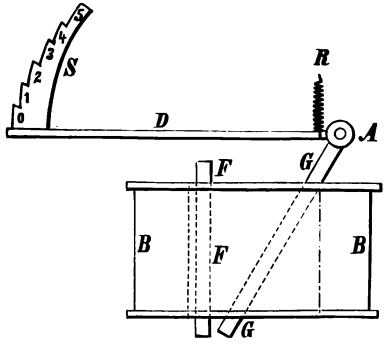
aber gebogen ist. Diese Lamellen tragen Platincontacte, welche im rechten Momente sich berührend, den Stromdurchfluss in den Spulen *K* reguliren. Dieser doppelte

Fig. 40.



Contact hat in der Praxis eine grosse Wichtigkeit, weil, nachdem einer der Contacte immer etwas verspätet nach dem andern ist, der Unterbrechungsfunke sich

Fig. 41.

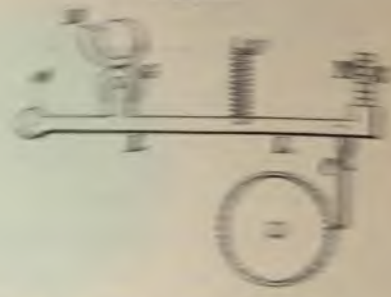


immer auf demselben Punkte zeigt, und der andere Contact immer rein bleibt, was für die Continuität des Betriebes eine Garantie ist.

Der Ampère-Messer (Fig. 41, 42 und 43) besteht 1. aus einer fixen länglichen Spule *B*, in deren Innerem ein

[illegible] welcher Theil F angebracht ist, [illegible] aus einem [illegible] Theil weichen Eisens, drehbar um die Achse [illegible] und [illegible] aus einer Messingplatte [illegible]. Wenn der Strom durch den Apparat geht, magnetisirt er die

Fig. 40.



beiden Stücke F und G, in beiden gleiche Pole herstellend, welche sich gegenseitig abstossen und zwar mit einer Kraft, welche der Stromstärke proportional ist.

Fig. 41.

In dem Messer ist die Uebertragung der Bewegung des Ampère-Messers eine directe, aber die Amplitude ist regulirt durch einen Sector S, welcher auf der Achse des Ampère-Messers so angebracht ist, dass diese Amplitude proportional zur Intensität werde. Der obere Theil

der Uhrwerkachse trägt einen konischen Kamm N, von welchem vier Zehntel des Umfanges in Spirale geschnitten sind. Bei jeder Schwingung treibt dieses Rad eine Rolle G an, welche sich auf dem Hebel L befindet. Der letztere schwingt um den Punkt O und wird durch die Abreissfeder S auf seinen Platz zurückgeführt. Der Hebel L stösst auf den gezahnten Sector M und der von ihm beschriebene Weg ist proportional zur Intensität.

Ein anderer Messer Cauderay's (v. J. 1883) wird folgendermaassen beschrieben:*) Der Zeiger des Ampère-Messers schwingt über einem Cylinder, welcher durch ein Uhrwerk angetrieben wird. Der Cylinder trägt auf seiner Oberfläche Stifte aus Stahl oder Platin, welche alle dieselben Dimensionen haben. Die Oberfläche des Cylinders ist in mehrere Partien getheilt, welche den Schwingungen des Zeigers entsprechen. Wenn der Zeiger auf Null steht, befindet er sich gegenüber dem Theil des Cylinders, welcher keine Stiften trägt; wenn er schwingend z. B. 3 Ampère zeigt, wird er sich der dritten Theilung des Cylinders gegenüber befinden, auf welcher sich drei Stifte befinden. Jede Umdrehung des Cylinders wird also drei Contacte herstellen, und jeder Contact wird durch ein Zählwerk einregistrirt. Und so fort: Jeder Ampèrezahl entspricht eine proportionale Ablenkung des Zeigers, welcher sich vor einen entsprechenden Theil des Cylinders hinstellt und dort ebensoviele Contactstifte vorfindet, als er Ampères anzeigt.

Der Verbrauchsmesser Jacquemier's besteht in der Hauptsache aus einem Ampère-Messer, dessen Zeiger die Form eines Kreissectors hat. Durch eine

*) Dictionnaire d'électricité par Dumont.

Spiralfeder wird dieser Zeiger fortwährend auf Nullpunkt gehalten, solange kein Strom den Apparat durchfliesst. Je nach der Intensität des zu messenden Stromes begibt sich der Zeiger aus seiner Ruhelage nach rechts. Ein immer gehendes Uhrwerk löst alle fünf Minuten einen Stift aus, welcher vertical nach abwärts geht und auf den Zeiger aufstösst. Je nach der Stellung des letzteren ist der von dem Stift beschriebene Weg ein längerer und kürzerer, und wird diese wechselnde Distanz von dem Zählwerk einregistrirt. Nach geschehener Registrirung kehrt alles wieder in die Ruhelage zurück. Dieser Verbrauchsmesser hat den Vortheil, den ganzen Strom zu messen und nicht einen Theilstrom, wie so viele andere; einer seiner Nachtheile ist das immer gehende Uhrwerk, das leicht zu irrigen Lesungen Anlass giebt.

An Stelle des im Hauptpatente angemeldeten excentrischen Sectors wendet Jacquemier in neuerer Zeit einen geraden Arm an, welcher mit dem Anker verbunden ist. Ferner sind in das die Verschiebung des Stiftes bewirkende Getriebe zwei in einander greifende unrunde (d. h. nicht kreisförmige) Räder eingeschaltet. Die Linie, nach welcher diese Räder gestaltet sind, ist derart gewölbt, dass die durch das Getriebe der Taste hervorgerufene Bewegung des Zählers jedesmal proportional dem Wege ist, welchen die Taste von ihrer Anfangsstellung bis zur Berührung mit obigem Arm zurücklegt.*)

Der Richard'sche Messer (Fig. 44) ist ein gewöhnlicher Ampère-Messer, auf dessen Zeiger sich eine

*) Elektrotechnische Zeitschrift, S. 149. 1890.

Feder befindet, welche die Variationen des Stromverbrauches auf eine von einem Uhrwerk getriebene endlose Papierrolle einträgt. Der Apparat ist sehr praktisch und erfordert wenig Beaufsichtigung. Ein Uebelstand ist das Versagen der Feder, in welcher die Tinte zeitweilen eintrocknet. Durch robustere Construction kann diesem Uebelstande abgeholfen werden.

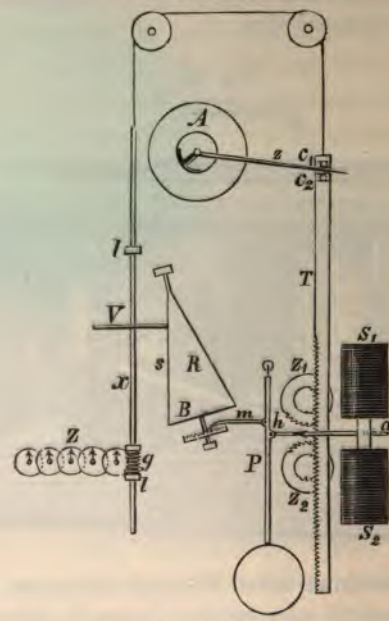
Fig. 44.

Irish combinirt einen Verbrauchsmesser mit einem Regulator. Derselbe besteht aus einem Solenoïd, welches von dem zu messenden Strome durchflossen wird. Der Eisenkern des Solenoïds, welcher je nach der Intensität eingesaugt oder ausgestossen wird, trägt seine Variationen mittelst eines Schreibstiftes auf eine Rolle endlosen Papieres ein. Das andere Ende des Kernes, zu einem Kolben ausgebildet, regelt durch Verdrängung von Quecksilber den Widerstand im Hauptstromkreise und

erhält demzufolge constante Potentialdifferenz in de
abgezweigten Lampenleitungen.

Einstein's Verbrauchsmesser*) besteht (Fig. 45
aus einem Ampère-Messer, dessen Zeiger zwischen zwe

Fig. 45.



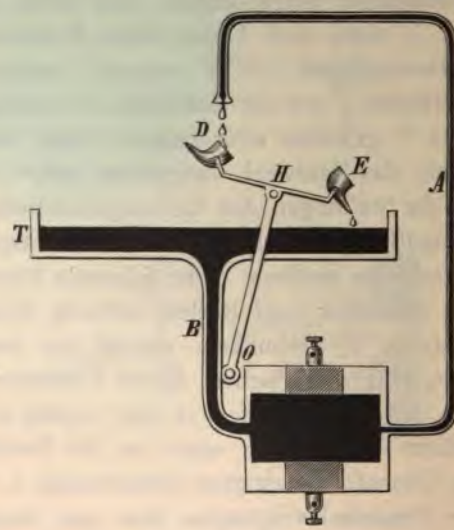
Contactpunkten c_1 c_2 schwingt. Je nachdem der Zei
nach rechts oder links geht, wird durch die Conta
punkte in zwei Solenoïden S_1 S_2 der Kreis eines Th
stromes geschlossen. Zwischen diesen beiden abwechse

*) Siehe »Neueste Erfindungen und Erfahrungen auf den
bieten der prakt. Technik, Elektrotechnik u. s. w. XVII. Jahrg., 10. H
A. Hartleben's Verlag. Wien, Pest, Leipzig.

magnetisirten Solenoïden spielt ein Anker *a*, welcher hebend oder senkend auf ein schwingendes Pendel *P* einwirkt. Dieses Pendel bethätigt mittelst eines Mitnehmers *m* einen rotirenden Konus *R*. Parallel zu der einen Längsseite *s* des Rotationskörpers ist eine Achse *x* angeordnet, welche in den Lagern *l l* verschoben werden kann und mit der ein Zwischenrädchen *V* fest verbunden ist. Das Verbindungsglied *V* wird durch Reibung von dem Rotationskörper mitgenommen und dreht sich um so schneller, je mehr sich *V* der Basis *B* nähert. Die drehenden Bewegungen von *V* werden mittelst eines endlosen Getriebes *g* auf ein Zählwerk *Z* übertragen. Je nachdem nun *V* gehoben oder gesenkt wird, wird sich *V* und damit das Zählwerk langsamer oder schneller drehen. Um die Stellungen des Reibungsrädchens *V* und damit die Angaben des Zählwerkes *Z* genau entsprechend der Stromstärke zu machen, dient folgende Einrichtung. *V* ist durch eine über zwei Rollen laufende Schnur mit einer Zahnstange *T* verbunden, welche die erwähnten Contacte c_1 c_2 trägt. Zwischen diesen Contacten spielt der Zeiger *z* des Ampèremeters *A*. Der vorhin erwähnte Anker *a* bildet die Führung eines an der Pendelstange *P* in einem Charnier befestigten Schubhebels *h*, welcher infolge der Pendelschwingungen hin- und hergehende Bewegungen macht. Stellt nun *z* bei stärkerem oder schwächerem Strom bei c_1 oder c_2 Contact her und wird dadurch *a* durch Kurzschliessen eines der beiden Solenoïde S_1 S_2 in das nicht kurzgeschlossene eingezogen, so wird gleichzeitig *h* gehoben und kommt dadurch vermittelst eines Stosszahnes entweder mit dem Zahnrade Z_1 oder Z_2 in Eingriff. Die Zahnräder werden dann bei

jedesmaligem Pendelhube um einen Zahn weitergeschoben. Z_1 und Z_2 übertragen ihre Bewegungen und zwar in entgegengesetzter Weise auf die Zahnstange T, so dass dieselbe von Z_1 aufwärts, von Z_2 abwärts bewegt wird. Die Bewegungen der Zahnstange werden dann wiederum auf das Verbindungsglied V übertragen.

Fig. 46.



VIII.

Der Messer Lippmann's (Fig. 46) besteht a einem Behälter aus Glas oder Mica von gering Dicke (0·3 Mm.), welcher mit Quecksilber gefüllt wi so dass dasselbe sich in Form einer äusserst dünn Schichte vorfindet. Dieser Behälter befindet sich in eine

starken magnetischen Felde. Auf jeder Seite der Quecksilberschichte über und unter derselben befinden sich zwei Platinlamellen, welche den Hauptstrom einführen. Der Behälter bildet den horizontalen Theil eines in U-Form gebogenen Rohres. Sobald der Stromkreis im Apparat geschlossen ist, erhebt sich das Quecksilber in dem Arm *A* und senkt sich in *B* und ist die derart hervorgebrachte Niveaudifferenz proportional zur Stromintensität.

Wenn zwischen den verticalen Armen *A* und *B* eine Verbindung hergestellt wird, so wird zwischen beiden Armen ein stetiges Kreisen des Quecksilbers stattfinden, welches um so schneller sein wird als der Strom stärker wird, so dass die Quantität des Quecksilbers, welche in einer bestimmten Zeitperiode den Apparat durchflossen hat, proportional ist zur Anzahl der Coulombs. Ein besonderer Mechanismus gestattet es, die Quantität des abgeflossenen Quecksilbers einzuregistriren.

Das Quecksilber, anstatt direct in den anderen Arm des U-förmigen Rohres zu fallen, fällt in einen beweglichen Behälter *D*. Sobald derselbe voll ist, kippt er über, leert seinen Inhalt in den Arm *B*, welcher mit einem Teller *T* versehen ist. In demselben Momente stellt sich ein anderer Behälter *E* unter das abfliessende Quecksilber und kippt, wenn er voll ist, ebenfalls um Durch dieses Umkippen wird der Stange *O H* eine schwingende Bewegung ertheilt, welche von einem Zählwerk einregistrirt wird*).

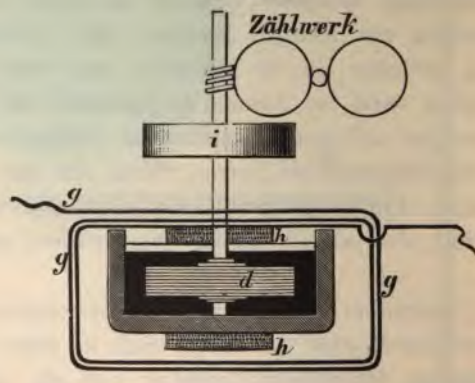
Ferranti's Messer für Wechselströme (Fig. 47)**)

*) Dumont, Dictionnaire d'électricité.

**) Lumière électrique XXXIV, Nr. 48 u. 52.

besteht im Wesentlichen aus einer Lamellen-Scheibe *d*, welche in Quecksilber eintaucht. Auf der Achse der Scheibe befindet sich als Gegenkraft gegen die Bewegung des Quecksilbers eine schwere Masse *i*. Das Ganze, Scheibe und Quecksilberbehälter, ist umgeben von zwei gekreuzten Wickelungen *h* und *g*. Die Wickelung *g* wird von den zu messenden Wechselströmen durchflossen, während *h* blos einen constanten Theil dieser Ströme

Fig. 47.

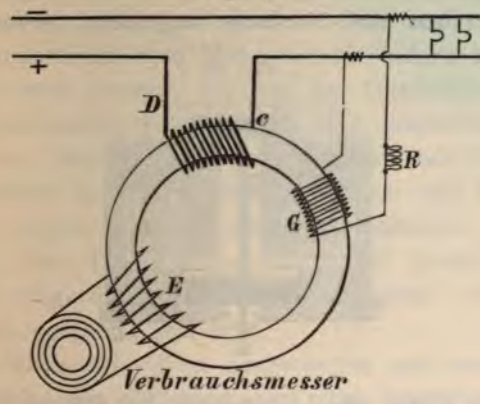


aufnimmt. Die Achse der Scheibe steht mit einem Zählwerk in Verbindung.

Ferranti setzt seinen Messer nicht in directe Verbindung mit dem Hauptstrom, sondern in den secundären Stromkreis eines Transformators, durch dessen primäre Wickelung ein Pol des Hauptstromes geht. Dieser Transformator (Fig. 48) trägt ausserdem noch eine andere primäre Wickelung, welche von beiden Polen des Hauptstromes abgezweigt und mit einem Widerstand versehen ist, und welche als Compensator wirkt. Wenn

die Intensität des Stromes in D schwach ist, vermehrt der Compensator G die Magnetisirung des Transformators und beschleunigt den Messer; nimmt aber die Stromintensität in D zu, so inducirt er in G einen Strom, welcher jenen von E abschwächt und den Messer verhindert, sich zu überhasten. Der Widerstand R dient dazu, die Wickelung G auf genaue Compensation einzureguliren.

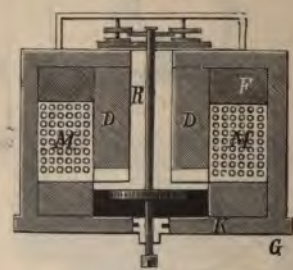
Fig. 48.



Ferranti's Messer wird von Prof. Forbes folgendermassen beschrieben: Dieser Messer ist auf dem Principe aufgebaut, dass, wenn ein elektrischer Strom eine Flüssigkeit durchgeht, welche sich in einem magnetischen Raume befindet, die Flüssigkeit sich in einer perpendiculären Richtung zum Strome und zur magnetischen Wirkung zu drehen versucht. In Fig. 49 sehen wir eine eiserne Säule D in der Mitte ausgehöhlt, in welcher sich eine Achse befindet, an deren oberem Ende ein Mechanismus angebracht ist, welcher das Zählwerk bethätigt.

Dieser centrale Eisencylinder ist von Spulen *M* umgeben, welche in der Figur im Querschnitt gezeigt sind, und das Ganze ist von einem eisernen Gehäuse *G* umgeben. Wenn nun ein Strom durch diese Wickelung geht, haben die centralen Theile eine Polarität, sagen wir »Nord«, während das Gehäuse eine andere Polarität, d. h. »Süd« annimmt. In dem magnetischen Felde befindet sich eine Quecksilberschichte, in welcher ein an der Achse *R* befestigter sehr leichter Flügel taucht. Ferranti hat viel Versuche angestellt, bevor er die

Fig. 49.



günstigste Form und Querschnitt für genaue Lesungen fand. Der Strom tritt bei *K* ein, kreist in dem Quecksilber, das magnetische Feld durchkreuzend. Hierauf geht er in die Spulen, welche den Cylinder umschliessen, und verlässt dann den Messer. Demzufolge ist das Quecksilber von einem Strom durchflossen, welcher von seinem Mittelpunkte zur Peripherie geht, und nachdem es sich in einem magnetischen Felde befindet, sucht es sich im rechten Winkel zur magnetischen Einwirkung zu drehen, und zwar auch im rechten Winkel zur Stromrichtung. Das heisst, die Flüssigkeit sucht sich um die centrale

verticale Linie zu drehen, und hiedurch setzt es den Flügel und die Achse in Bewegung. Die im Nebenschluss liegende Spule wird angewendet, um dem Magnetfelde einen Initialwerth zu geben, welcher vom Strom unabhängig ist und die aus der Reibung des Flügels entstehenden Ablesungsfehler corrigiren soll.

Die Original-Apparate waren für Gleichströme gebaut, und die Magnete waren blos von einem Bruchtheile des zu messenden Stromes erregt, so dass der Magnetismus der Stromintensität proportional war. Nun ist die drehende Kraft proportional zum Magnetismus und ist auch proportional zum Strome, welcher das Quecksilber durchfliesst, und nachdem der Magnetismus proportional zum Strome ist, folgt daraus, dass die drehende Kraft mit dem Quadrat der Stromintensität variirt, und dass endlich die Reibung der Flüssigkeit annähernd mit dem Quadrate der Drehungsgeschwindigkeit variirt. Es ist daher zu folgern, dass die Geschwindigkeit der Strommenge proportional sein wird.

Natürlich sind diese Folgerungen nur annähernde. Die Reibung des Zählwerkes ist nicht proportional zum Quadrate der Geschwindigkeit, und dies ändert das Endresultat.

Der Messer wird auch für Wechselströme gemacht und wird durch Hinzufügung eines Nebenschlusses von sehr hohem Widerstande empfindlicher gemacht. Dieser Nebenschluss ist mit den Lampen parallel geschaltet auf den Leitern, welche der Anlage den Strom zuführen.

Sowohl Edison als Weston haben schon früher einen ähnlichen Apparat ausgearbeitet, haben ihn aber als unpraktisch wieder aufgegeben. Als Hauptschwierig-

keit wurde angesehen, dass Quecksilber für einen permanenten Contact unbrauchbar sei. Man fand, dass sich das Quecksilber mit einer Art Staub oder Schimmel bedecke, welche die freie Bewegung der drehenden Scheibe hindern. In Ferranti's Apparat soll das Quecksilber so gereinigt sein, dass eine solche schädliche Parasitenwirkung nicht vorkommt.

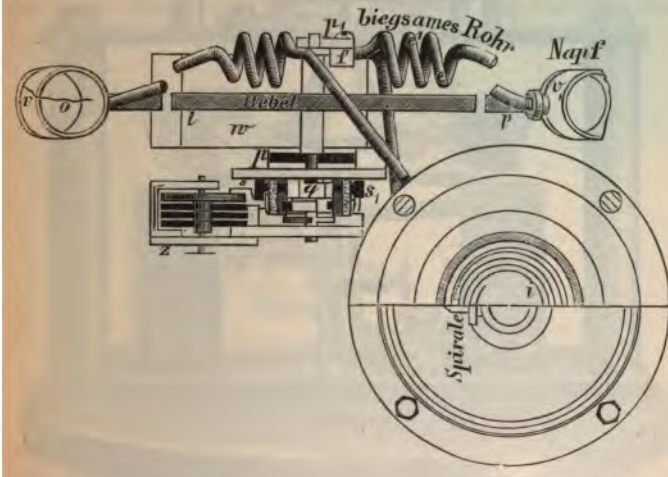
Crompton und **Kapp** haben beinahe identische Verbrauchsmesser construirt, doch sind dieselben nicht in die Praxis übergegangen.

Als grosser Uebelstand der Quecksilber-Rotations-Messer wird hervorgehoben die ausserordentlich grosse Rolle, welche die Reibung des Zählwerkes bei den Resultaten der Messung spielt. Es wird zwar das Zählwerk auf die kleinsten Dimensionen gebracht und auch der in das Quecksilber tauchende oder vielmehr auf demselben schwimmende Flügel wird sehr leicht gemacht, aber dies kann den organischen Fehler des Systems nicht ganz beseitigen.

Snowdon (Fig. 50) beschreibt einen Verbrauchsmesser, welcher auf dem Princip der elektro-magnetischen Rotationen oder auf dem Barlow'schen Rade beruht. Zwei Näpfe v und v^1 sind auf einem Hebel l angebracht, welcher auf dem Gestell p lagert. Die Näpfe sind mit einander verbunden durch eine continuelle Circulation von Quecksilber, welche von dem Napfe v nach der Spirale i geht. Von dem Aeusseren der Spirale i geht sie längs ihres Umfanges in das Innere derselben, von wo sie durch den biegsamen Schlauch ee^1 nach dem Napf v^1 zurückkehrt. Um i herum befindet sich ein Elektromagnet, welcher im Nebenschluss zum Haupt-

strom liegt und um die Spirale herum die Pole N und S bildet. Der zu messende Strom durchgeht in radialer Richtung vom Mittelpunkt zum Umfang die Spirale i, hernach in entgegengesetzter Richtung die Spirale i^1, und zwar vom Umfang zum Mittelpunkt in einer gewissen Richtung, von v nach v^1 zum Beispiel, je nach

Fig. 50.

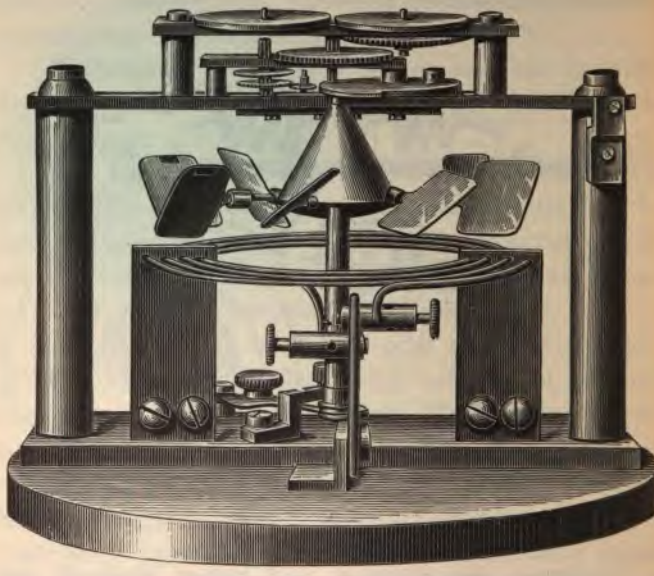


der Richtung des Stromes, und bringt hiedurch den Hebel l zum Ueberkippen.

An dem Hebel befindet sich ein Commutator, welcher mit seinen Schrauben ss' an ein Flügelrad q anstösst, auf welchem sich Platincontacte befinden. Mit Hilfe dieser Combination wird die Stromrichtung im Elektromagneten mit jeder Schwingung des Hebels umgekehrt. Dasselbe findet mit der Umdrehungsrichtung des Quecksilbers statt, so dass der Hebel l solange immerwährend schwingt,

als Strom durchgeht. Ein Gegengewicht auf dem Hebel macht die Schwingungen desselben proportional zur Stromstärke.

Fig. 51.



IX.

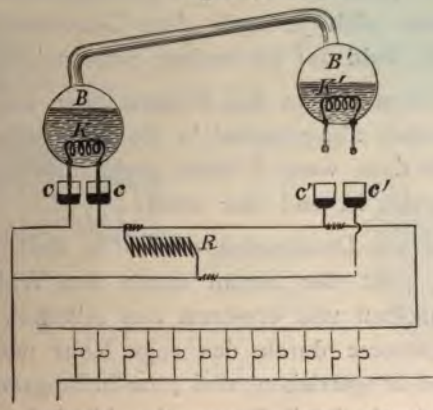
Der Messer von Prof. Forbes (Fig. 51), den er selbst »Windmühlmesser« nennt,*) besteht aus einem Drahte, welcher durch den Durchgang des Stromes erwärmt wird, hiedurch einen Luftzug erzeugt und die Windmühle drehen macht. Diese letztere besteht aus einer Scheibe aus Mica mit schiefen Flügeln aus dem-

*) Electrician, February 8. 1889.

selben Stoffe. Auf der Scheibe befindet sich ein gestutzter Conus aus Papier, auf welchem als Spitze ein Aluminium-Conus aufgesetzt ist. Dieser letztere bethätigt das Zählwerk. Der Messer wird in Amerika von der Westinghouse-Company für Gleichströme und zur Messung des für motorische Zwecke abgegebenen Stromes verwendet.

Ein anderer Verbrauchsmesser von Forbes benutzt die vom Strom entwickelte Wärme zur Verdampfung

Fig. 52.



der von einem Docht aufgesogenen Flüssigkeit; die durch Condensation des Dampfes erhaltene Flüssigkeitsmenge dient als Maass der Elektricitätsmenge.

Prof. Elihu Thomson (Fig. 52, 53 und 54) bedient sich der Wärmeentwicklung des elektrischen Stromes, um den beweglichen Theil seines Messers in Gang zu setzen. Der Apparat besteht hauptsächlich aus zwei hohlen Kugeln *BB'*, welche durch ein enges Rohr derart mit einander verbunden sind, dass die Flüssigkeit nur langsam durchfliessen kann. In den Kugeln ist je ein

geringer Widerstand $k k'$ eingelöthet. Die Kugeln sind gefüllt mit Alkohol und werden hermetisch geschlossen, sobald ihr Inneres mit den Alkoholdämpfen vollständig gefüllt ist.

Auf dem oberen Theile der mittleren Säule des Apparates befindet sich eine Schneide, auf welcher die Kugeln mit dem Rohr balanciren. Die Sache ist so angeordnet, dass sich der Schwerpunkt ausserhalb dem Aufhängungspunkte befindet. Es kann daher nie im Gleichgewichte bleiben, sondern muss sich je nach dem Gewichtsüberschusse bald auf die, bald auf die andere Seite neigen.

Die Enden der an den Widerständen angebrachten Drähte tauchen abwechselnd in die Quecksilbernäpfe $c c$ und $c' c'$, so dass, wenn B unten steht, blos die Spule K im Stromkreise ist und vice versa.

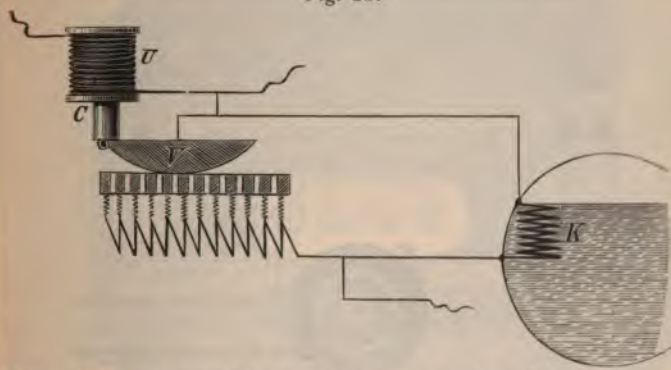
Sobald die Drahtenden von B in das Quecksilber eintauchen, geht der Strom durch den Widerstand k, erhitzt denselben und erwärmt den Alkohol. Hiedurch wird der Letztere durch das enge Rohr nach der anderen Kugel B' getrieben, und zwar in langsamer Weise. Sobald B' durch das Zufliessen des Alkohols das Uebergewicht erlangt hat, schnappt der Wagehebel auf die Seite von B'. Hiedurch wird der Contact in $c c$ gebrochen, jener in $c' c'$ aber hergestellt. Das Manöver wiederholt sich nun in B und so fort. Jede Bewegung des Wagebalkens wird von dem Zählwerk einregistrirt.

Was dieser Messer anzeigen wird, davon kann man sich im Vorhinein gar keine Vorstellung machen. Man kann voraussetzen, dass das Ueberkippen des Wagebalkens um so häufiger stattfinden werde, als der Strom

ntensiver ist. Die Indicationen des Messers können daher nur auf empirischem Wege bestimmt werden.*)

Damit die Proportionalität zwischen den Ablesungen und der Stromzeiteinheit hergestellt werde, glaubt Thomson sich nicht des ganzen zu messenden Stromes oder eines Theiles desselben bedienen zu müssen, sondern einer Stromabzweigung, welche sich beständig verändert, wie die Quadratwurzel des gelieferten Stromes.

Fig. 53.



Um dies zu erreichen, genügt es den Shunt R zu variiren.

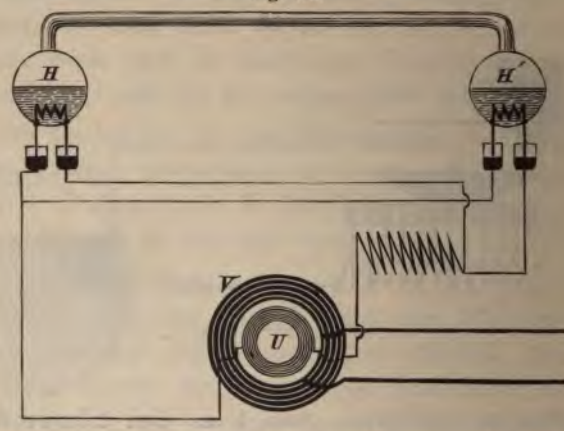
Der Hauptstrom geht immer (Fig. 53) durch das Solenoïd U und er entfernt je nach seiner Intensität den Contact V, welcher von dem Solenoïd C bethätigt wird, und zwar dermassen, dass K mit einem Widerstande parallel geschaltet wird, welcher je nach der Stellung des Contactes auf dem Widerstande, veränderlich ist.

Dieser Messer soll auch für Wechselströme angewendet werden (Fig. 54). Der Hauptstrom oder eine Abzweigung

*) Lumière électrique XXXII, Nr. 23.

desselben durchkreist die fixe Spule *V* und der in *U* inducirte Strom geht in die Kugeln, respective in die zu erhitzenden Drähte *HH'*. Die Spule *U* ist beweglich um ihre Achse, und hiedurch wird der Inductionscoëfficient der beiden Spulen variabel, so dass auch bei den Wechselströmen die Ablesungen proportional werden zur Quadratwurzel des zu messenden Stromes.

Fig. 54.

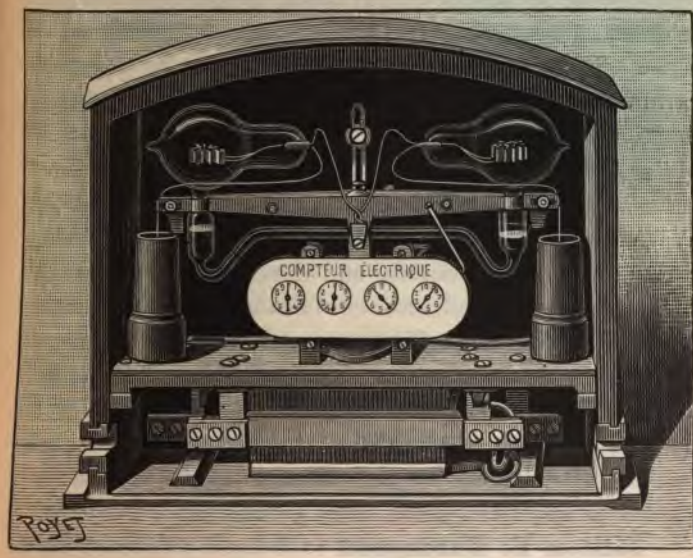


Ein Thomson'scher Verbrauchsmesser für Wechselströme wird von Hospitalier*) folgendermassen beschrieben: Der untere Theil des Apparates (Fig. 55) enthält einen kleinen Transformator, dessen primärer Stromkreis von dem zu messenden Hauptstrome durchflossen wird. Der secundäre Stromkreis dieses Transformators wird abwechselnd auf automatischem Wege durch zwei Platinblättchen geschlossen, welche sternförmig zusammengebogen und hermetisch in zwei Glaskugeln eingeschlossen

*) La Nature Nr. 861.

sind. Die Kugeln sind durch ein mit Glycerin gefülltes horizontales Glasrohr mit einander verbunden. Nachdem der im secundären Kreis entwickelte Strom proportional zum primären Strome ist, wird die Wärmemenge, welche in den Platinblättchen während einer Zeiteinheit ent-

Fig. 55.



wickelt wird, proportional zum Quadrate des primären Stromes sein. Diese Wärme entwickelt sich jedesmal blos in einer der Kugeln, dehnt die in ihr enthaltene Luft aus, treibt das Glycerin in die entgegengesetzte Kugel und bringt den Wagehebel zum Umkippen. Hierauf geht der Strom in das Platinblättchen der anderen Kugel und der eben beschriebene Vorgang hat wieder statt.

Gustav Pfannkuche in Cleveland beschreibt seinen Messer folgendermassen: Der Apparat ist auf die Thermobatterie (thermopile) basirt. Die Thermobatterie oder Thermospirale wird erhitzt durch die Wärme, welche durch den in ihr circulirenden Hauptstrom hervorgebracht wird, und wird der durch Wärme in der Thermobatterie entstehende secundäre Strom durch ein galvanometrisches Instrument gemessen. Die Thermobatterie spielt also die Rolle eines Transformators, indem der zu messende Strom in ihr gewissermassen als primäre Wickelung functionirt und der in der Thermobatterie entwickelte als secundärer Strom anzusehen ist. Je nach der Intensität des Stromes variirt auch die von ihm hervorgebrachte Wärme und folglich auch der entwickelte secundäre Strom, welcher gemessen und durch ein Zählwerk einregistrirt wird. Nachdem es bekannt ist, dass die Potentialdifferenz einer Thermosäule für ein gegebenes Material und Construction blos von den Temperaturunterschieden ihrer alternirenden metallischen Verbindungen abhängt, müssen die Ablesungen des beschriebenen Instrumentes immer correct sein, ob nun die äussere Temperatur hoch oder niedrig ist.

Milton E. Thompson in Boston construirt einen Messer, in welchem die durch irgend eine Weise hervorgebrachte Erwärmung proportional ist zu der zu messenden elektrischen Energie. Ein Theil der hervorgebrachten Wärme, geht, wie in Pfannkuche's Messer, durch eine thermo-elektrische Batterie, bringt in derselben einen continuirlichen Strom hervor und dieser letztere Strom wird durch eine elektrolytische Zelle gemessen. Derselbe Thompson lässt sich auch einen Messer paten-

tiren, in welchem eine irgendwie durch Widerstände hervorgebrachte Erwärmung durch einen Differential-Thermometer gemessen wird, welch' letzterer von der Expansion eines Gases oder einer Flüssigkeit abhängt und die Schwankungen automatisch einregistrirt.

Barber Starkey's Verbrauchsmesser besteht aus zwei mit Flüssigkeit gefüllten Kesseln, deren einem die Stromwärme zugeführt wird, welche Verdampfung verursacht. Aus der Differenz der beiden Flüssigkeitsvolumina soll dann auf die hindurchgegangene Elektricitätsmenge geschlossen werden.*

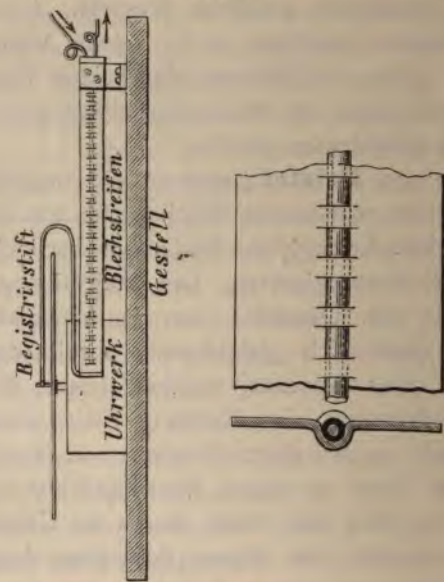
Geyer und **Bristol** benützen die ungleiche Ausdehnung zweier gekrümmter Blechstreifen aus demselben Metall, welche sehr ungleiche Radiationsoberfläche haben, um dieselbe einzuregistriren. Die Indicationen, welche proportional zum Quadrate der Stromintensität sind, werden auf einem sich gleichförmig abrollenden Papier eingetragen. Der Apparat, welcher diesem Messer zunächst gleichkommt, ist Roïti's Elektrocalorimeter. Geyer nahm zuerst einen Streifen von Neusilber, an dessen eines Ende er einen Neusilberdraht anlöthete; der Draht lag über dem Blech, durch ein Glimmerplättchen davon isolirt. Der Strom floss also durch Blech und Draht hintereinander und machte den Blechstreifen mehr oder weniger convex. Bristol führte einen Streifen von Blech ein (Fig. 56), den er in der Mitte mit einer Zahl kurzer paralleler Schnitte versah, welche den Rand unversehrt liessen; das Blech konnte so abwechselnd nach oben und unten ausgebogen und in den hohlen

*) S. Fortschritte der Elektrotechnik 1888, S. 695.

Raum Drahtstäbchen eingesteckt werden; durch Asbest sind beide von einander isolirt.

Cutler in Newton, Mass. benützt zwei Drähte von gleichem Material, Durchmesser und Länge. Blos einer der Drähte wird von dem Strom durchflossen, von dem-

Fig. 56.

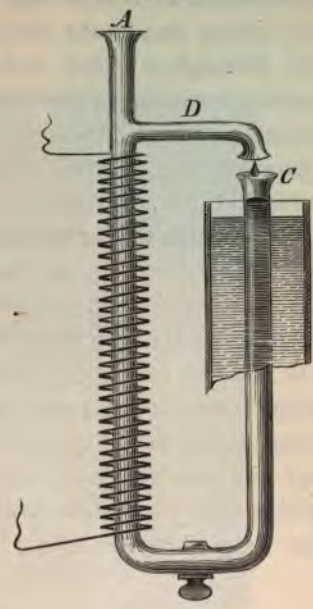


selben erwärmt und stosst in seiner Expansion an einen Klinker, welcher das Zählwerk in Bewegung setzt.

Wagner benützt in seinem Verbrauchsmesser die Biegung, welche ein System zweier von einander isolirter Metallstreifen beim Auftritt von Stromwärme in einem derselben erfährt. Wird der obere Streifen erwärmt, so biegt sich das System nach unten; hiedurch

Commutator in Thätigkeit, der nun den Strom in
eren Streifen leitet. Der Streifen biegt sich nach
s. w. Die Zahl der Wechsel wird auf ein Zähl-
ertragen.*)

Fig. 57.



ab hat folgenden
ausgedacht. Zwei Spi-
welche durch eine
rmige Umhüllung mit
in gleicher Entfer-
n einander gehalten
bestehen aus dünnem
Blech von grosser
Dieselben werden
len Strom erwärmt.
nze befindet sich in
ftdichten, gut isolirten
eingeschlossen, der
effnungen hat. Durch
ärmung der Spiralen
ein Luftzug, welcher
nemometer in Bewe-
ersetzt. Ein Touren-
egistrirt die Anzahl
drehungen ein, welche proportional zur Erwärmung
Stromintensität sein sollen.

mith hat folgenden Messer (Fig. 57) vorge-
n: Eine U-förmige Röhre trägt an ihrem oberen
inen Ausflusshahn und unten an der Biegung
erbindungshahn. Ein Arm *A* der Röhre ist mit

S. Fortschritte der Elektrotechnik 1888, S. 696.

einem Draht umwunden, durch welchen der zu messende Strom geht, der andere Arm *C* wird durch eine stetige Wassercirculation in constanter Temperatur erhalten. Das Rohr wird mit Mineralöl so gefüllt, dass etwa noch ein Centimeter vom Rande des Rohrendes *C* fehlt. Sobald der Strom den Draht durchkreist, erwärmt er denselben. Die Flüssigkeit dehnt sich durch die mitgetheilte Temperaturerwärmung aus und fliesst durch den Ausflusshahn ab. Ein Zählwerk wiegt die fallenden Tropfen, bevor sie in *C* zurückfallen, und giebt eine der Stromintensität proportionale Indication.

Thélin's Verbrauchsmesser besteht aus einem System kreisförmig angeordneter, elastischer Blechdosen, die je einen in den Stromkreis einer Lampe eingeschalteten Widerstand in einer flüchtigen Flüssigkeit enthalten. Die Deckel der Dosen tragen Stifte, welche bei Erwärmung des Widerstandes durch die auftretende Ausdehnung der Büchse gehoben werden; hierbei treffen sie auf eine Schiebklinke, die an einem über den Büchsen gleichmässig horizontal rotirenden Arm befestigt ist, und die dann ihre Bewegung auf ein Zählwerk überträgt.*)

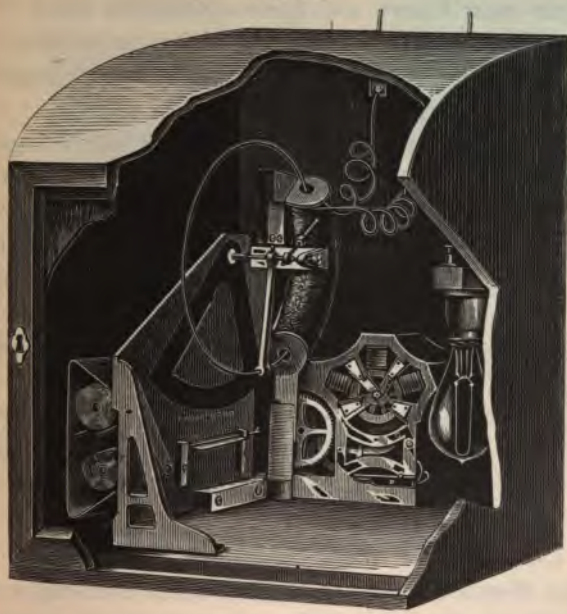
X.

Walker's Verbrauchsmesser (Fig. 58) ist eine Anwendung eines alten Principes: der photographischen Registrirung von Galvanometer-Spiegelungen. Die Photographie ist schon lange Zeit im Gebrauch für registrirende Instru-

*) Siehe Fortschritte der Elektrotechnik, 1888, Seite 164.

ente, besonders für jene, welche continuirliche Aufichnungen über Erdmagnetismus und atmosphärische ektricität liefern. Die drei Hauptbestandtheile des alker'schen Messers sind: der Ampère-Messer, die ichtquelle und das empfindliche Band (oder Streifen),

Fig. 58.



elches die verschiedenen Ablenkungen des Ampèreesser-Zeigers fixirt.

Der Ampère-Messer hat die bekannte Form eines ekrümmten Solenoïds, in welcher ein weicher Eisenkern Form eines dünnen Drahtes den beweglichen Kern ildet. Der Zeiger des Ampère-Messers hat in diesem

Falle die Form eines Kreistheiles, welcher aus schwarz bemaltem Aluminium hergestellt ist. In dem Kreistheil befindet sich ein dünner Spalt, welcher das Licht durchlässt. Dieser Spalt registrirt die Position des Kreistheiles auf dem empfindlichen Bande ein.

Die Ampèrestunden werden von dem Instrument in Form einer Curve auf das empfindliche Band eingetragen. Die Horizontal- und Querlinien, in welchen sich diese Curve bewegt, werden ebenfalls auf photographischem Wege eingetragen.

Die Horizontallinien, d. h. die mit der Längsseite des Bandes parallel laufenden Linien bezeichnen die Einheiten der Ampères. Die Querlinien, d. h. die mit der Breite des Bandes parallel laufenden Linien, oder, wenn man will, die Ordinaten, bezeichnen die Stunden.

Vorläufig beschäftigen wir uns damit, wie die Horizontallinien oder Abscissen auf photographischem Wege auf das Band eingetragen werden.

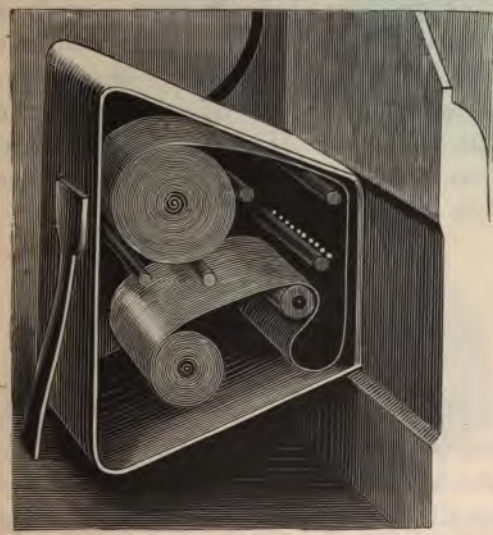
Ein Uhrwerk wickelt das Band regelmässig ab. Ein kleiner Elektromotor zieht das Uhrwerk regelmässig jede Stunde auf, damit die Bewegung des Bandes eine äusserst gleichförmige bleibe.

Das sensitive Band befindet sich in einer vom übrigen Messer hermetisch abgesonderten Dunkelkammer. In die Wand dieser Dunkelkammer ist ein mit der Achse des Uhrwerkes und also auch mit der Breite des Bandes parallel laufender Spalt eingeschnitten (Fig. 59), welcher das Licht auf das Band durchscheinen lässt.

Gewöhnlich ist dieser lichtdurchlassende Spalt durch einen Schieber verschlossen. Sobald aber eine Stunde schlägt, erhellt sich das Innere des Verbrauchsmessers

t Ausnahme der Dunkelkammer) durch eine innen gebrachte Glühlampe, welche von dem laufenden Uhrrk automatisch eingeschaltet wurde. Das Innere des essers wird hell und der Schieber, welcher den Spalt der Wand der Dunkelkammer verdeckt, schiebt sich i Seite. Das Licht tritt durch den Spalt auf das neben

Fig. 59.



em Spalt sich abrollende Band und zeichnet auf das and eine dunkle Linie ein, welche eine Stunde bedeutet. de Stunde wiederholt sich dieser Vorgang und die reite des Bandes bedeckt sich mit gleichmässig entrnten parallelen Linien, deren Zwischenraum einer tunde Arbeit des Uhrwerkes gleichkommt.

In gleicher Zeit werden auch die Längslinien, elche die Ampères bezeichnen, auf das Band fixirt.

Ober dem Lichtschieber, welchen wir soeben beschrieben haben, befindet sich eine Anzahl Löcher in der Wand der Dunkelkammer, welche senkrecht auf die Stundenlinie stehen. Das Licht dringt durch diese Löcher und zeichnet auf das abrollende Band continuirliche Linien ein.

Die Curve der Ampèrestunden wird, wie schon gesagt, durch den Zeiger des Ampère-Messers eingetragen, welcher die Form eines Kreissectors hat. Derselbe schwingt vor der Wand der Dunkelkammer, in welche ebenfalls ein vom Sector verdeckter, dünner, kreisförmiger Spalt eingeschnitten ist. Der Sector trägt, wie gesagt, ebenfalls einen Spalt, welcher das Licht durchlässt, so dass die Position des Zeigers durch einen Punkt auf dem sensitiven Bande markirt wird.*)

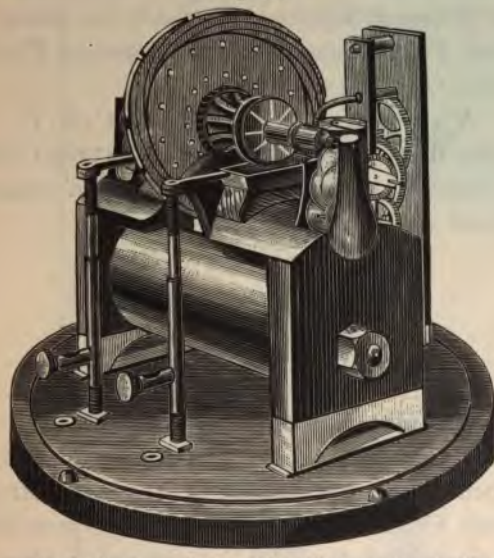
XI.

Der Messer **Hookhams** (Fig. 60) vom Jahre 1889 besteht aus einer Scheibe, welche von dem zu messenden Strome durchflossen wird, und welche sich zwischen den Polen eines Elektromagneten bewegt, welch letzterer von einem Zweigtheil des zu messenden Stromes erregt wird und dessen magnetisches Feld also proportional ist zur elektromotorischen Erregerkraft. Die Bewegung der Scheibe findet statt, trotz des Widerstandes einer Bremse, welche aus einer Foucaultscheibe besteht und sich in einem unveränderlichen magnetischen Felde bewegt, das aus permanenten Magneten besteht. Die Ankerscheibe,

*) Electrical World, XV. Nr. 15.

welche sich zwischen den Polen des Elektromagneten bewegt, kann auch ein Rad sein, gebildet aus einzelnen Armen, die auf einer Ebonitnabe festgeschraubt sind und mit der Felge durch spiralförmige Bogen verbunden sind, so dass so viel als möglich die Foucault'schen

Fig. 60.



Ströme aufgehoben werden. Die Foucaultscheibe, welche sich in dem unveränderlichen Magnetfelde bewegt, ist aus Kupfer und setzt mittelst Schraube ohne Ende ein Zählwerk in Gang. Die permanenten Magnete sind aus Wolframstahl.

Die Theorie des Apparates ist die folgende: Innerhalb der Proportionalitäts-Grenzen ist die vom Motor absorbirte Energie:

$$T_M = e \,.\, I = K \,.\, E \,.\, n \,.\, I.$$

Hiebei bezeichnet I die Stromintensität und e die elektromotorische Gegenkraft des Motors, welche proportional der Geschwindigkeit oder Umlaufszahl (in der Minute) ist, und als proportional zu der vorhandenen (veränderlichen oder constanten) Spannung E angenommen werden kann. Andererseits absorbirt ein elektromagnetischer Dämpfer (Foucault-Scheibe), der sich in einem unveränderlichen Felde dreht, eine Energiemenge $T_D = K^1 . n^3$ Aus beiden Gleichungen folgt:

$$K^1 . n^2 = K . E . n . I \text{ oder } n - C . E . I.$$

Es ist also die Umdrehungszahl proportional der elektrischen Energie, oder für den Fall, dass E constant ist, proportional der Stromstärke.

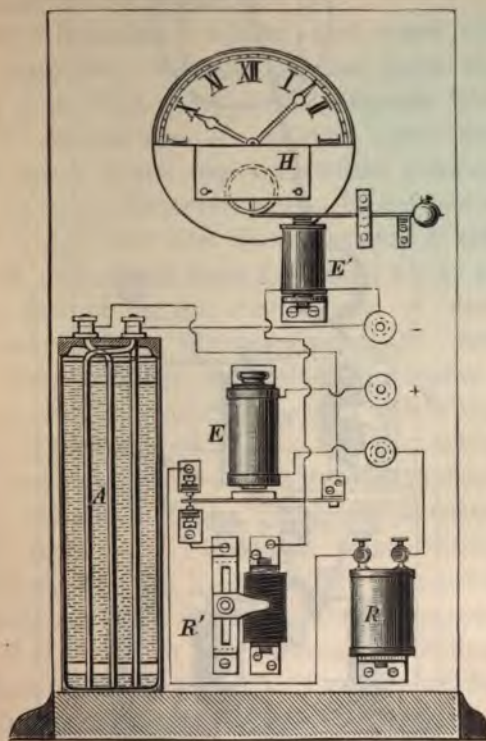
XII.

Sir **Charles Forbes** hat einen Messer (Fig. 61 und 62) angegeben, der nur theoretischen, aber keinen praktischen Werth hat.*) Der zu messende Strom geht durch einen Elektromagneten E, welcher, seinen Anker anziehend, einen Zweigtheil des Stromes durch einen Widerstand R in einen Accumulator A sendet, welcher sich ladet. Wenn der Strom aufhört, fällt der Anker des Elektromagneten zurück und sendet den Entladungsstrom des Accumulators durch den Widerstand R^1 nach dem Elektromagneten E^1. Dieser letztere giebt dann ein Uhrwerk frei, welches er einen der Ladung des Accumulators entsprechenden Zeitraum gehen lässt. Durch Experi-

*) Lumière électrique, XXXV, Nr. 12.

ıt kennt man das Verhältniss des zu messenden
›mes zum Ladestrom des Accumulators und zur

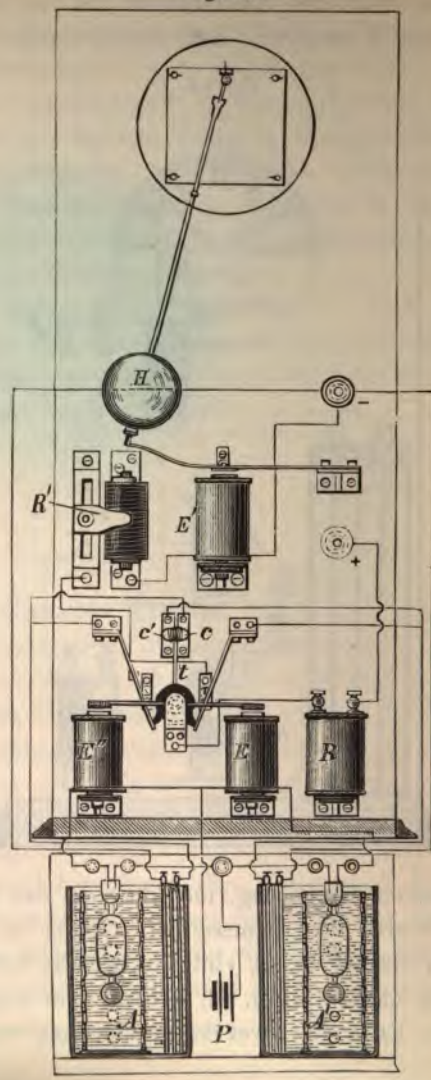
Fig. 61.



tensität seiner Entladung, und die Zeit der Entladung
ebt den Werth des gemessenen Stromes an.

Dieser Messer heisst »intermittirender Zähler«. Der
permanente Zähler« (Fig. 62) hat mit dem vorgenannten
iel gemein. Er besitzt zwei Accumulatoren, von welchen

Fig. 62.



jeder einen Schwimmer hat, der in einem Quecksilbercontact endigt. Dieser Schwimmer erhebt sich nach Maass der Ladung des Accumulators und nach Zunahme der Dichtigkeit der Flüssigkeit.

Der Accumulator A ladet sich durch einen Theil des zu messenden Stromes, welcher durch den Widerstand R geht. Dies geschieht auf folgende Weise:

Der Accumulator A', welcher schon geladen ist, schliesst durch seinen emporgehobenen Schwimmer den Stromkreis eines Elektromagneten E, welcher von einer Zelle P erregt wird. Der Elektromagnet E zieht seinen Anker an und schickt einen Zweigtheil des zu messenden Stromes dadurch in den Accumulator A, dass er den Anker eines zweiten Elektromagneten E'' bewegt und so den Stromkreis auf A schliesst. In gleicher Zeit entladet sich der Accumulator A durch den Widerstand R' auf den Elektromagneten E', welcher seinen Anker anzieht und das Pendel des Zählwerkes freigiebt.

In demselben Maasse, als der Accumulator A' sich entladet, nimmt die Dichtigkeit seiner Flüssigkeit ab; der Schwimmer sinkt langsam und er unterbricht den Stromkreis der Zelle P auf den Elektromagneten E. Der Anker $E\,E''$ kehrt in seine horizontale Stellung zurück und öffnet den Stromkreis von A auf E', welcher, seinen Anker freilassend, das Zählwerk feststellt.

Während dieser Zeit ladet sich der Accumulator A. Wenn seine Flüssigkeit genügend dicht geworden ist, hebt sich der Schwimmer, schliesst den Stromkreis von P auf den Elektromagneten E'', welcher den Anker $E\,E'$, anziehend, den zu messenden Stromtheil nach A' schickt, während er zu gleicher Zeit den Stromkreis von E'

schliesst, welch letzterer das Zählwerk wieder in Gang setzt. Der Elektromagnet E' ist mit A und A' durch Contactpunkte $c\,c'$ des Stiftes t in Verbindung. Der Stift ist solidarisch mit dem Hebel $E''\,E$.

XIII.

Lucien Brillié's Energiemesser (Fig. 63). »Das Princip dieses discontinuirlich einregistrirenden Apparates besteht darin, mit Hilfe eines Uhrwerkes in regelmässigen Zeitabschnitten die Indicationen eines Torsions-Elektrodynamometers zu sammeln, welch letzterer dem Ende einer Feder Bewegungen ertheilt, deren Weite von einem Zählwerk einregistrirt werden.« Also wird dieser Verbrauchsmesser vom Fabrikanten beschrieben. Die Torsionsbewegung der Feder wird mittelst Hilfe eines elektromotorischen Apparates erhalten, dessen Bewegung durch einen Windmühlflügel regulirt wird.

Der Apparat besteht aus fünf Haupttheilen:

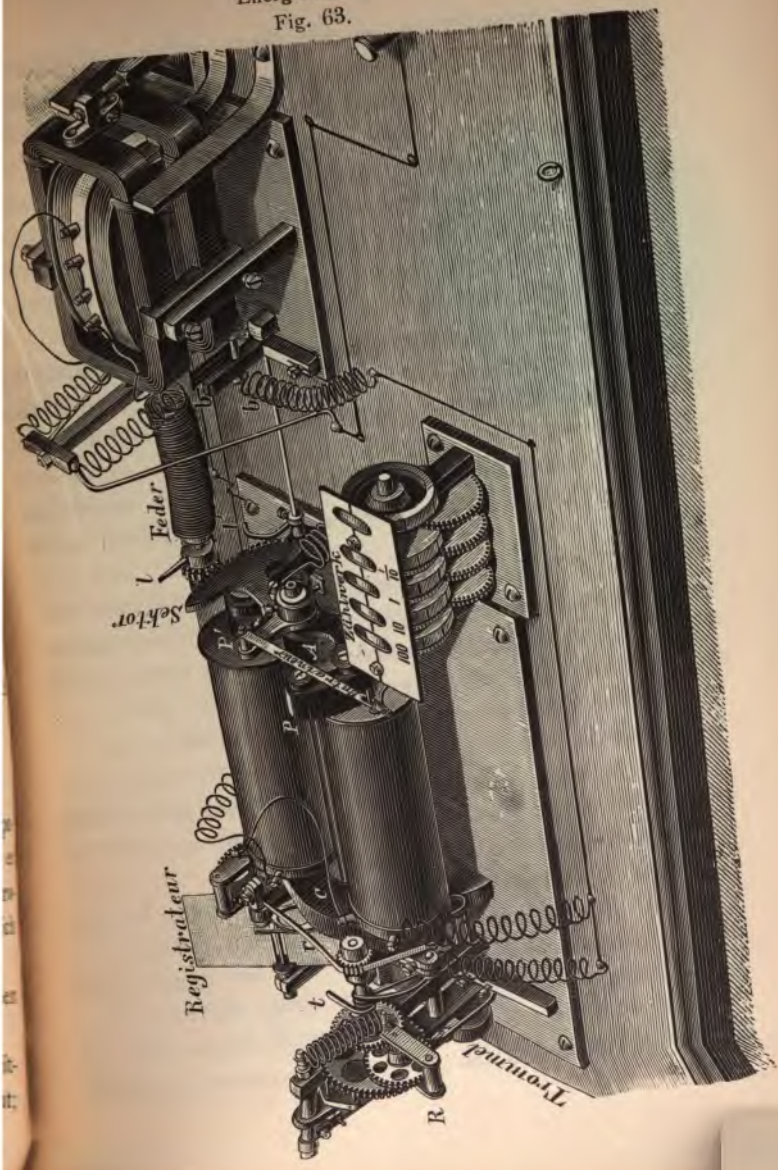
1. einem Elektrodynamometer;

2. einem Elektromotor, welcher den ganzen Apparat in Bewegung setzt. Nach jeder Messung zieht er das Uhrwerk auf und spannt die Feder des Elektrodynamometers, bis die bewegliche Spule desselben sich unter ihrer Wirkung aus ihrer Ruhelage begiebt;

3. einem Moderateur, welcher die verschiedenen Bewegungen regulirt;

4. einem Uhrwerk, welches die regelmässigen Zeitabschnitte zwischen den einzelnen Messungen bestimmt;

Energie-Messer.
Fig. 63.



5. einem Zähler (numéroteur), welcher die Summe der Producte EI in periodischen egalen Zeitabschnitten einregistrirt, jedesmal in einer dem Drehungswinkel der Feder proportionalen Quantität vorwärts gehend.

Die Feder des Elektrodynamometers ist folgenden Bewegungen ausgesetzt: alle Minuten und periodisch begiebt sich das Ende der Feder aus ihrer Ruhelage, dreht sich langsam, bis die bewegliche Spule des Elektrodynamometers, welche von dem die festen Spulen durchgehenden Strom festgehalten wird, unter der Wirkung der Feder umkippt. Die Feder wird dann in ihre Ruhelage zurückkehren, wo sie durch eine Gegenfeder festgehalten wird.

Bei jeder Messung ist die Stromstärke durch den von dem Ende der Feder beschriebenen Winkel repräsentirt.

Die Summe dieser Winkel, welche einregistrirt wird, stellt die totale Energie vor, welche während der entsprechenden Zeit verausgabt wurde. Die Kräfte, welche auf die bewegliche Spule einwirken, sind einerseits proportional zur Grösse EI und andererseits proportional zu den Torsionswinkeln der Feder, folglich ist, wie der Erfinder behauptet, »der Apparat selbst im Principe proportional, indem die Spule dieselbe Lage einnimmt, welch immer auch die zu messende Stromstärke sei.«

Der Elektrodynamometer besteht aus zwei Rahmen, gebildet durch dickdrähtige Wickelungen, welche vom Hauptstrom durchflossen werden. Der bewegliche Theil des Apparates besteht aus einer Spule feinen Drahtes, welcher mit der Bewickelung des Elektromotors auf Spannung geschaltet ist, und welcher von einem Zweig-

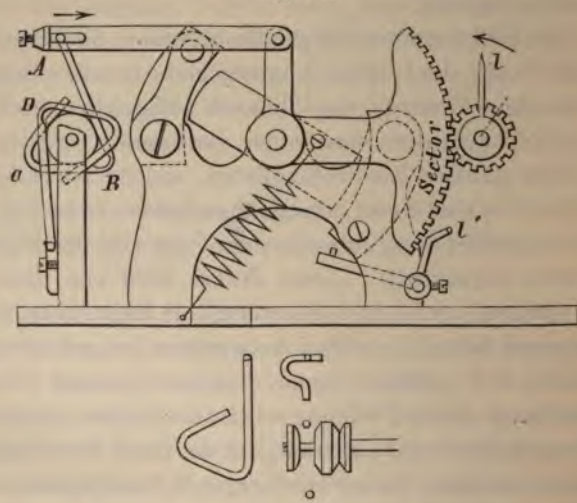
trom durchgangen wird. Die bewegliche Spule ist auf iner Spitze und einer Schneide aufgehangen, was ihren Schwingungen eine grosse Empfindlichkeit giebt. Zwei liametral entgegengesetzte Anschläge begrenzen die Schwingungen der Spule, deren Weite gerade genügend st, um einen Contact *b b'* zu unterbrechen, und welche die Spule bei jeder Messung genau in derselben Position verharren machen.

Der Elektromotor hat die Bestimmung, die Bewegungen der Feder des Elektrodynamometers hervorzubringen und bei jeder Messung das Uhrwerk aufzuziehen, welches die Periodicität der Messungen bestimmt. Er besteht aus einem grossen Elektromagneten, welcher zwei Anker bethätigt. Der eine dieser beweglichen Anker *c* zieht das Uhrwerk auf und ist am Ende eines der Schenkel des Elektromagneten angebracht. Dieser Anker wird von dem Erfinder »culasse« genannt. Der zweite vom Elektromagneten angezogene Anker *A* dreht sich zwischen den gekrümmten Polenden *P P*, hierbei einen ziemlich grossen Winkel beschreibend. Diese Drehung wird durch einen gezahnten Sector und durch ein Kegelrad *l* auf das Ende des Dynamometers übertragen, dessen Drehungsgeschwindigkeit durch das Windmühlrad regulirt wird.

Der Moderateur besteht, wie gesagt, aus einem Windmühl- oder Flügelrad, welches die Torsionsgeschwindigkeit der Feder des Elektrodynamometers reguliren und constant erhalten soll, was nach dem Erfinder ermöglichen soll, die durch das Trägheitsmoment verursachte Verspätung in der Schwingung der beweglichen Spule als eine minimale, kaum zu berücksichtigende Grösse anzusehen.

Das Uhrwerk functionirt mittelst einer Trommel (barillet), deren Feder nach jeder Messung um ebensoviel wieder aufgezogen wird, als sie sich ausgedehnt hat. Die Achse der Trommel trägt einen Stift t und die Trommel selbst einen anderen Stift t'. Bei normalem Gang des Uhrwerkes wird der Stift t durch ein Zahnrad R und

Fig. 64.



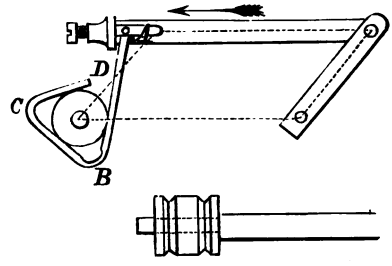
durch einen Klinker r festgehalten, während der Stift t, infolge der Bewegung der Trommel, deren Feder sich ausdehnt, mit dem Stift t in Contact zu kommen sucht.

Sobald die Stifte t und t' in Contact gerathen, wird der Stromkreis geschlossen und der Strom geht in die Wickelung des Elektromagneten, welcher den beweglichen Anker (culasse) anzieht. Dieser Anker stellt auf seinem Niedergange mittelst verschiedener Hebel den

Contact $b\,b'$ her und nimmt mit Hilfe des Klinkers r' das Zahnrad R mit sich, zugleich auf plötzliche Weise t und t' auseinander reissend. Die Zeit, welche t' infolge seiner Drehung braucht, um den Contact mit t wieder von Neuem herzustellen, etablirt die Periodicität der Messungen, welche constant und leicht regulirbar sein soll.

Das Zählwerk (Fig 64 und 65) hat die Summe der Winkel einzuregistriren, welche von dem Ende der Feder beschrieben werden, oder auch die proportionalen

Fig. 65.

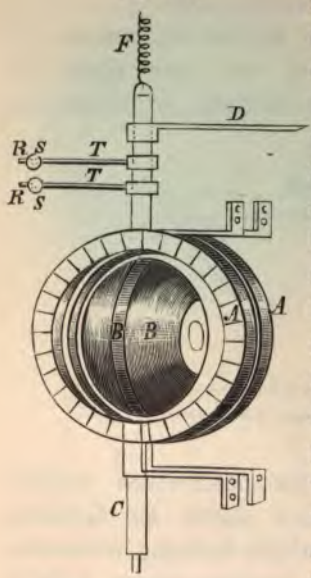


Winkel, welche von dem Sector beschrieben werden. Das Zählwerk wird angetrieben durch ein Gelenks-Parallelogramm, welches einen mittels Reibung wirkenden »Entraineur« bethätigt. Dieses Parallelogramm $ABCD$ besteht aus einem Stahldraht, welcher in B biegsam gemacht ist. Der Entraineur gleitet reibend in einer V-förmigen Nute, welche durch die Juxtaposition von Kegelschnitten gebildet wird, welch' letztere auf der Antriebsachse des Zählwerks aufgekeilt sind.

Je nach der Richtung, in welcher man auf das Ende des »Entraineurs« einwirkt, wird der biegsam gemachte Winkel sich öffnen oder schliessen, und der

Entraineur wird in der V-förmigen Nute entweder frei gleiten oder er wird in derselben eingezwängt. In dem letzteren Falle wird er die Achse des Zählwerkes mit sich fortnehmen.

Fig. 66.



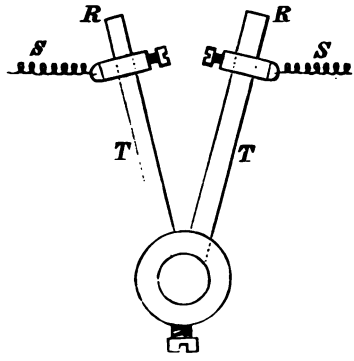
Im **Energiemesser Frager-Cauderay's** (Fig. 66 und 67) ist das Uhrwerk identisch mit dem im Cauderay'schen Coulombmesser. Der zur Verwendung kommende Wattmesser ist sehr empfindlich und besteht aus einer fixen und einer beweglichen Spule. Die fixe Spule besteht aus zwei Kupferbandwickelungen *A A*, deren Querschnitt nach dem zu messenden Strome berechnet ist. Die bewegliche Spule *B B* besteht aus einer doppelten Wickelung feinen Drahtes von einem Gesammtwiderstande von 3000 Ohms, welche von einem Zweigstrom durchflossen ist, dessen Intensität, wie die Erfinder behaupten, »exact proportional zur elektromotorischen Kraft ist«. Diese Wickelung ist inmitten der fixen Spulen mit einem Stahlstifte aufgehangen, und ihr Gewicht ist annullirt durch eine Spiralfeder *F*, um ihr die grösste Empfindlichkeit zu geben.

Die diametrale Ebene der beweglichen Spule bildet mit der verticalen Ebene der fixen Spulen einen Winkel, welcher halb so gross ist als der Winkel, welchen der

Zeiger auf seinem totalen Wege von Null bis zum Maximum der Messerablesungen macht.

Auf dem oberen Ende der Achse der beweglichen Spule sind auf zwei regulirbaren Reifen zwei Stifte *T T* angeschraubt, welche die Abreissfedern *S S* tragen. Sobald der Strom die Spulen durchfliesst, macht der auf der Achse der beweglichen Spule angebrachte Zeiger eine Schwingung, welche der Energie proportional

Fig. 67.

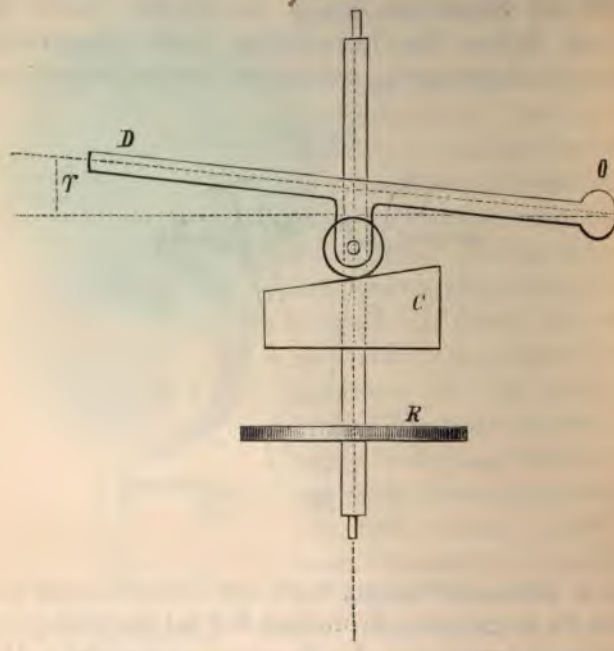


ist. Um diese Schwingung exact zur Energie zu machen, dienen die Regulirungs-Schrauben *R R* auf den Stiften *T T*.

Die Uebertragung der Bewegung geschieht auf folgende Weise: Die Achse des Balanciers trägt einen Reifen mit einem Einschnitt, welcher bei jeder einfachen Schwingung die Spitzen eines Hebels mit sich reisst, welch' letzterer mittelst eines Klinkers ein Zahnrad um einen Zahn vorwärts schiebt. Dieses Rad hat 60 Zähne und macht eine Umdrehung per Minute.

Auf der Achse des Rades R (Fig. 68) ist ein Cylinder C aus Bronze aufgekeilt, welcher in einer schiefen Ebene geschnitten ist. Dieser Cylinder ist es, welcher mittelst einer Rolle G einen Hebel D (welcher sich um

Fig. 68.

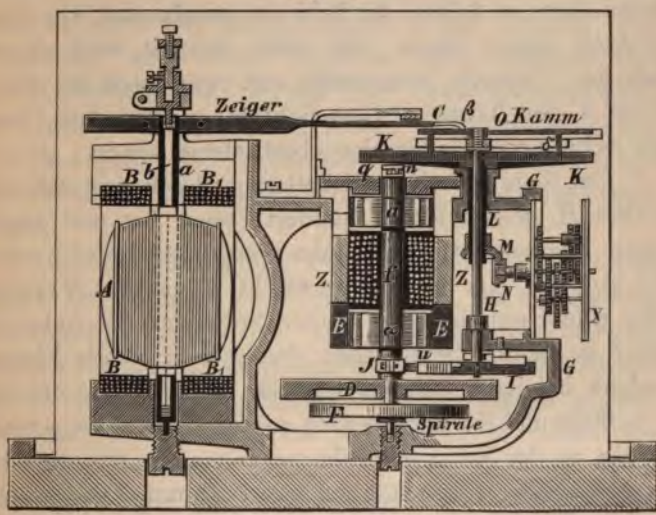


die Achse O dreht) einen unveränderlichen Winkel T beschreiben lässt. Dieser Hebel stösst in seiner Bewegung auf den Zeiger des Wattmessers, hebt denselben je nach seiner Position mehr oder weniger auf, und ist diese Aufhebung eine zu EI proportionale Quantität. Der festgehaltene Zeiger überträgt seinerseits

durch R die Bewegung auf einen mit einem gezahnten Sector versehenen Rahmen, der in das Kegelrad des »Enregistreurs« eingreift, welcher die Minutenräder bethätigt.

Der **Messer A. Fragers'** (Fig. 69) besteht aus einem Elektrodynamometer, einem Uhrwerk und einem

Fig. 69.



Zählwerk. Der Elektrodynamometer besteht aus einer Spule A, gebildet von zwei feindrähtigen Solenoïden, aufgehängt auf einem Torsionsfaden b und umfasst von zwei dickdrähtigen Spulen BB^1. Der Torsionsfaden ist durch die hohle Achse a geschützt, welche von der Spule A in ihren Schwingungen mitgenommen wird. Auf der hohlen Achse befindet sich der Zeiger C befestigt.

Die dickdrähtigen Spulen sind vom Hauptstrom durchflossen, die feindrähtigen von einem Theilstrom. Das Uhrwerk wird geregelt durch einen Balancier *D* mit Spirale *F*, welcher die Secunde schlägt. Das Uhrwerk wird durch Elektricität angetrieben. Die Achse *f* des Balanciers trägt sechs Flügel und dreht sich frei in der Eisenumhüllung *Z*, einer Spule *E*, deren drehbaren Kern er bildet, die Pole *a a'* annehmend. Die Verbindung dieser Spule mit dem Strome wird durch federnde Contacte hergestellt, und zwar durch das obere Ende *n* der Achse *f*. Eine Scheibe *q* verhindert, dass die Schwingungsdauer eine übertriebene werde.

Das Zählwerk *G* wird bethätigt durch eine verticale Achse *H*, dessen Rad *I* hundert Zähne hat und durch einen Klinker um einen Zahn verschoben wird, wenn die Achse *f* eine Oscillation macht. Die Achse *H* macht also eine Umdrehung in hundert Secunden. Die Achse *H* trägt an ihrem oberen Ende eine schiefe, runde Ebene, welche bei jeder Schwingung die Spitze β des Zeigers *C* aufhebt und ihn unbeweglich macht. Sobald die schiefe Ebene an der Spitze β vorübergegangen ist, fällt dieselbe vermöge ihrer Elasticität auf einen Kamm *O* und drückt den Kamm nieder, so dass sein Stift *S* das Rad *K* in die Bewegung des Kammes *O* mit fortnimmt. Die Bewegung des Rades *K* überträgt sich durch *L M N* auf den Zeiger des Zählwerkes *X* und nachdem die Drehungsgeschwindigkeit von *K*, welche sich so lange erhält, als die Spitze β auf *O* bleibt, proportional ist zu der zu messenden Energie, dreht sich der Zeiger *X* während einer Periode von 100 Secunden in einer der Energie proportionalen Menge.

Einer anderen Beschreibung dieses Messers entnehmen wir Folgendes: Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einem Elektrodynamometer bekannter Gattung und einem Zählwerk, welches elektromagnetisch angetrieben wird. Das Triebwerk wird gebildet aus zwei Paaren Elektromagneten, zwischen denen ein mit einer Federnunruhe DF verbundener Anker f hin und her gedreht wird. Die Unruhe macht in der Secunde einen Ausschlag und erhält dadurch ihren Antrieb, dass die Elektromagnete für die eine Schwingungsrichtung der Unruhe erregt, auf den Anker anziehend einwirken. Die Bewegung der Unruhe wird durch einen Sperrkegel auf ein Schaltrad I zur Bewegung des Zählwerkes übertragen.

Um die Bewegung des letzteren aber proportional der verbrauchten Stromstärke, beziehungsweise Stromenergie zu machen, wird das Zählwerk in einem bestimmten Zeitabschnitt auf eine längere oder kürzere Dauer eingerückt. Die Einrückung wird dadurch bewirkt, dass mit der Welle H des Schaltrades ein Arm und eine Curvenscheibe, welche um eine liegende Welle schwingen kann und durch eine Feder hochgehalten wird, fest verbunden sind, über welche die Nadel des Elektrodynamometers sich bewegt. Trifft der Arm die Nadel, so hebt er dieselbe an, und hält sie durch Anpressen gegen ein festes Querstück O in ihrer Stellung fest; sobald der Arm die Nadel verlassen hat, fällt dieselbe herab auf die Curvenscheibe, drückt diese entgegen der Federkraft nach unten und bringt dadurch eine mit der Scheibe verbundene Sperrklinke eines zweiten Schaltwerkes K in Eingriff, wodurch die Bewe-

gung des ersten Schaltwerkes auf das Zählwerk übertragen wird.*)

Blondlot's Wattstundenmesser besitzt einen Elektrodynamometer, dessen fixe, aufrechtstehende Spule von dem Hauptstrom durchflossen ist. Die feindrähtige Spule schwingt im Innern der Spule. Ein Uhrwerk schliesst in kurzen Zeiträumen den Stromkreis zweier Elektromagnete. Der eine hat den Zweck, die feindrähtige Spule auf Null zurückzuführen; der zweite Elektromagnet, welcher horizontal liegt, hat die Aufgabe, zeitweise die Kuppelung der Achse der feindrähtigen Spule mit der Achse eines Zählwerkes zu bewerkstelligen. Die Kuppelung des Ankers wird bewirkt durch einen Elektromagneten (siehe Fig. 70),**) dessen Kern mit der Achse des Zählwerkes und dessen Anker durch eine ovalförmige Feder mit der Achse des Dynamometers fest verbunden ist. Die Kuppelung des Ankers mit dem Kern wird durch in Vertiefungen des Kerns eindringende Stifte des Ankers bewirkt, sobald die Erregung des Elektromagneten stattfindet. In dem Stromkreis dieses horizontalen Elektromagneten liegt ein zweiter verticaler Elektromagnet, dessen schwingender, von einer Feder hoch gehobener Anker einen Hebelarm trägt. Bei Erregung dieses verticalen Elektromagneten verliert der Hebelarm seinen Stützpunkt, indem der Elektromagnet seinen Anker anzieht und er schlägt gegen einen Anschlag eines gekrümmten Hebels auf der Dynamometerachse, so dass dieser gekrümmte Hebel durch das Eigengewicht des ausser Stütze ge-

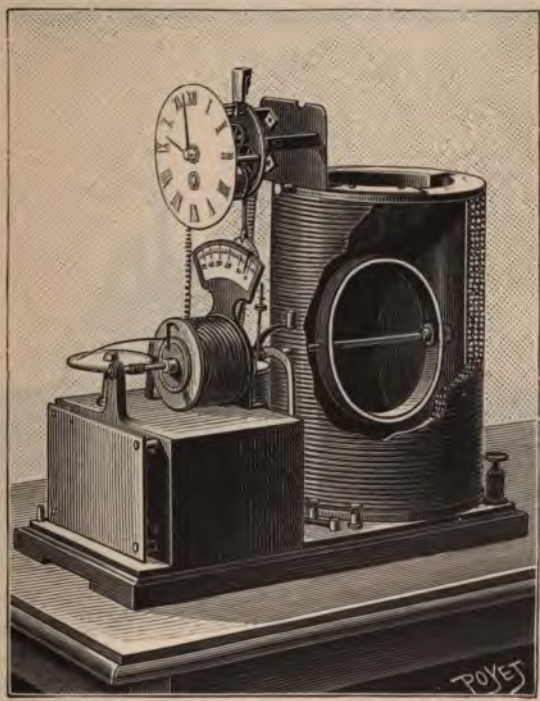
*) Elektrotechn. Zeitschrift 1890, Heft 34.

**) Siehe »La Nature« Nr. 861. 1889.

thenen Hebelarmes gedreht wird, wodurch der Dyna-
ometer in seine Nullstellung gebracht wird.

Clerc Gravier construiren einen Verbrauchsmesser

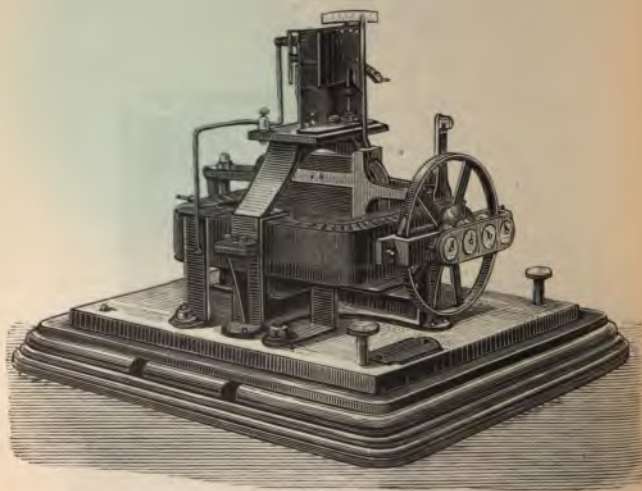
Fig. 70.



g. 71, 72), der zum Principe hat, einen Apparat von stetiger
igerbewegung auf Null zurückzuführen und diese Be-
gungen einzuregistriren. Zu diesem Behufe ist ein
attmesser auf zwei Punkten oder Schneiden auf-

gehangen, wodurch eine grosse Empfindlichkeit erzielt wird.*) Die entgegengesetzte Kraft besteht in einem regulirbaren Gewichte. Wenn der grösste Abweichungswinkel nicht 20 Grade übersteigt, corrigiren die Variationen der Gewichtskraft die Variationen, welche aus den verschiedenen Stellungen der Wickelungen des

Fig. 71.



Wattmessers resultiren. Die Abweichungen sind daher proportional zur zumessenden Kraft.

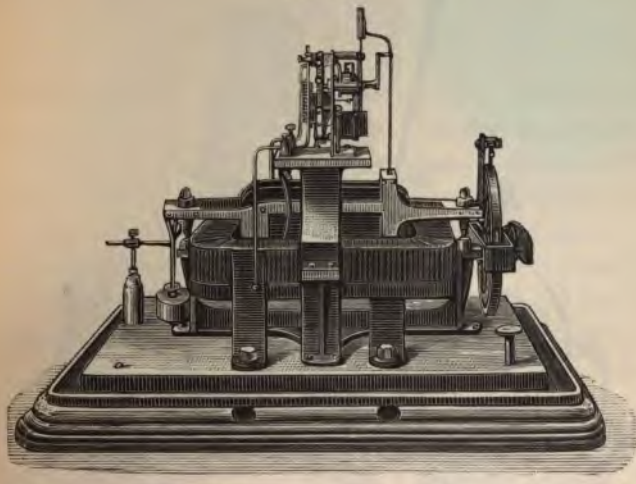
Der Wattmesser trägt einen Klinker, welcher auf der glatten Felge eines concentrischen Rades gleitet, wenn der Apparat sich dem Punkte zuneigt, wo er eine Indication gibt. Dieser Klinker oder Hemmschuh reibt auf der Felge, sobald die Rückkehr nach Null

*) Lumière électrique XXXIII, Nr. 30.

stattfindet. Das glatte Rad bethätigt mittelst beigegebenem Zahnrad das Zählwerk.

Der Wattmesser wird langsam auf Null zurückgeführt und zwar mit Hilfe einer Kurbel, welche von einer elektrischen Uhr (System Reclus) bethätigt wird. Diese Kurbel macht alle Minuten eine Umdrehung und

Fig. 72.

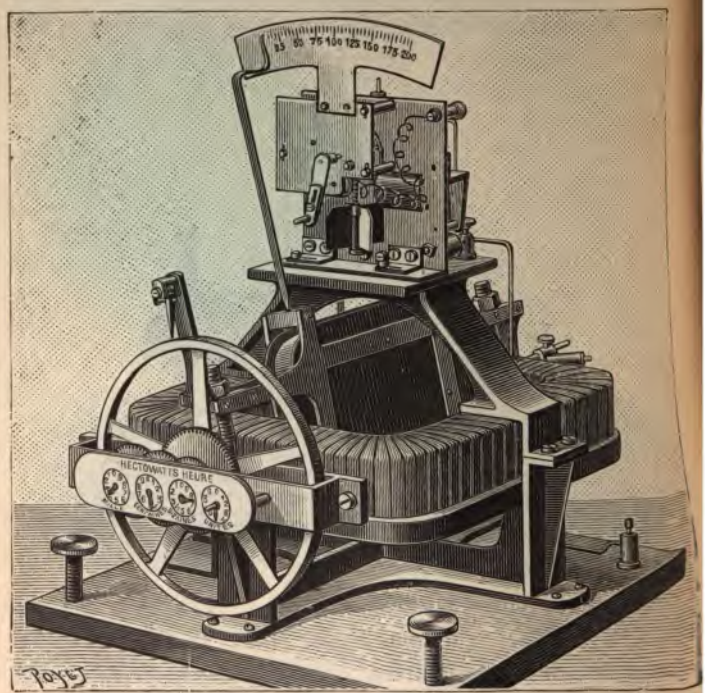


begegnet bei jeder Umdrehung einer verticalen Stange, die auf der beweglichen Spule des Wattmessers befestigt ist. Jede Begegnung hat daher den Zweck, den Apparat in die Nulllage zurückzuführen und denselben somit eine Registrirung ausführen zu lassen. Hierauf lässt die Kurbel den Zeiger des Wattmessers, respective den Messer selbst zu jenem Punkte zurückkehren, wo er eine Indication giebt. Dieser Zeiger giebt auf einem Ableseblatt die entwickelte Energie in Hektowatts an,

während die Zifferblätter des Zählwerkes die verbrauchte Energie in Hektowatt-Stunden angeben.

In einem anderen Modell ist die Uhr durch eine

Fig. 73.



Spule ersetzt, welche durch Anziehung eines Eisenklinkers den Wattmesser auf Null zurückführt.

Clerc's Wattstundenmesser (Fig. 73) wird in »La Nature« folgendermassen beschrieben:

Dieser Apparat — im Principe analog mit jenem

Blondlot's — (beide Apparate wurden zu gleicher Zeit entworfen und unabhängig von einander ausgeführt) differirt von jenem durch die Art der periodischen Integration. Das Uhrwerk wird durch einen Theilstrom in Bewegung erhalten; es nimmt mit einer gleichmässigen Winkelgeschwindigkeit eine Kurbel mit sich fort, welche auf der Hauptwelle aufgekeilt ist. Wenn die verbrauchte Energie gleich Null ist, so befindet sich die auf der Achse der beweglichen Spule befestigte Nadel in der in Fig. 73 gezeigten Stellung. Der Griff am Ende der Kurbel befindet sich tangential zur Nadel, giebt ihr aber keinerlei Abweichung. Wenn ein gewisser Stromtheil in beiden Spulen, in der fixen und beweglichen circulirt, schlägt die Nadel nach rechts um einen Winkel aus, welcher mit Hilfe von Gegengewichten annähernd proportional zum Producte VA gemacht werden kann. Die Kurbel führt per Umdrehung einmal die Nadel auf den Nullpunkt zurück. Diese Umdrehungen werden auf einen Tourenzähler übertragen und mittelst einer mechanischen Einrichtung totalisirt, welche auf der linken Seite der Figur ersichtlich ist. Auf der beweglichen Spule befindet sich ein Hebelarm, welcher eine Spitze trägt. Wenn der Hebel von rechts nach links schwingt, nimmt er das grosse Rad des Totalisateurs mit sich. Schwingt der Arm von links nach rechts, gleitet die Spitze lose auf der Felge des Rades.

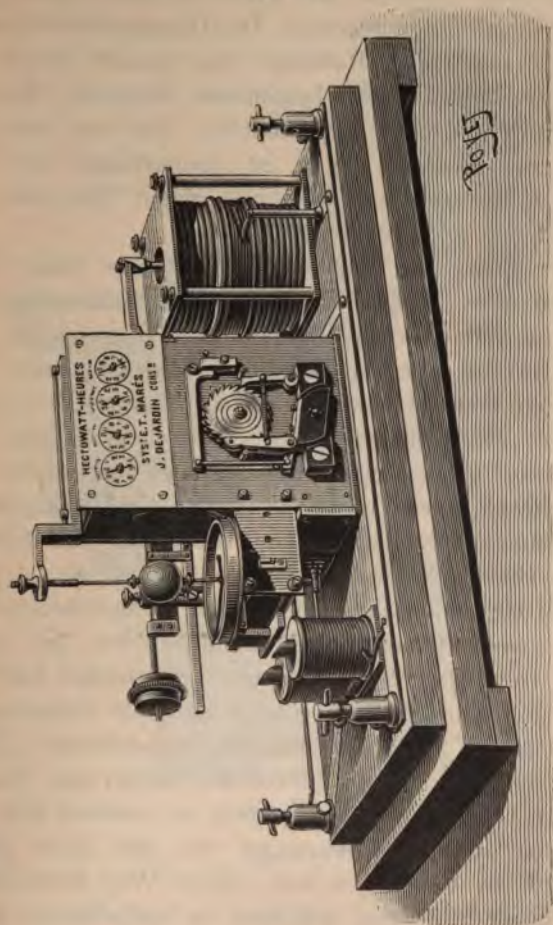
Der Messer Dr. R. Börnstein's besteht aus einem Elektrodynamometer, dessen Angaben der ersten Potenz der Stromstärke proportional sind, und ferner aus einem Planimeter, um die Ausschläge des Dynamometers einzuregistriren. Der Dynamometer wird so auf-

gestellt, dass die Drehungsachse der beweglichen Rolle in die Richtung der erdmagnetischen Kraft fällt und dass also eine Einwirkung des Erdmagnetismus nicht stattfindet. An dem Zeiger, respective auf der Drehungsachse der beweglichen Spule ist eine Schnur befestigt, welche von einem Hängegewichte gespannt ist. Sobald sich die Achse der beweglichen Spule dreht, nimmt ein an der Achse befestigter Greif die Schnur mit und hebt das Gewicht empor. Es tritt Gleichgewicht ein sobald die mit der Drehung zunehmende Wirkung dieses Gewichtes der elektrodynamischen Wirkung gleichkommt, und ist die trigonometrische Tangente des Ausschlagwinkels proportional der ersten Potenz der Stromstärke.

Die Uebertragung der Bewegung auf den Planimeter geschieht derart, dass ein unter der schrägstehenden Drehachse des Dynamometers hindurchgeführter Stab in seiner Längsrichtung verschoben werden kann. Dieses Verschieben bewirkt die Drehung des Planimeters um eine der jeweiligen Stromstärke entsprechende Strecke.

Marès hat, das Princip der William Thomson'schen Wage benützend, einen Verbrauchsmesser construirt, der trotz seiner gelungenen Ausführung ebensowenig ein industrielles Instrument ist, wie so viele andere. Er besteht in der Hauptsache aus einem Elektrodynamometer, dessen bewegliche Spule auf dem einen Ende eines Wagehebels aufgehangen ist. Auf dem anderen Ende des Hebels befindet sich ein bewegliches Gewicht, welches die Einwirkung des Elektrodynamometers zu balanciren hat. Je nach der Stromstärke wird die be-

Fig. 74.



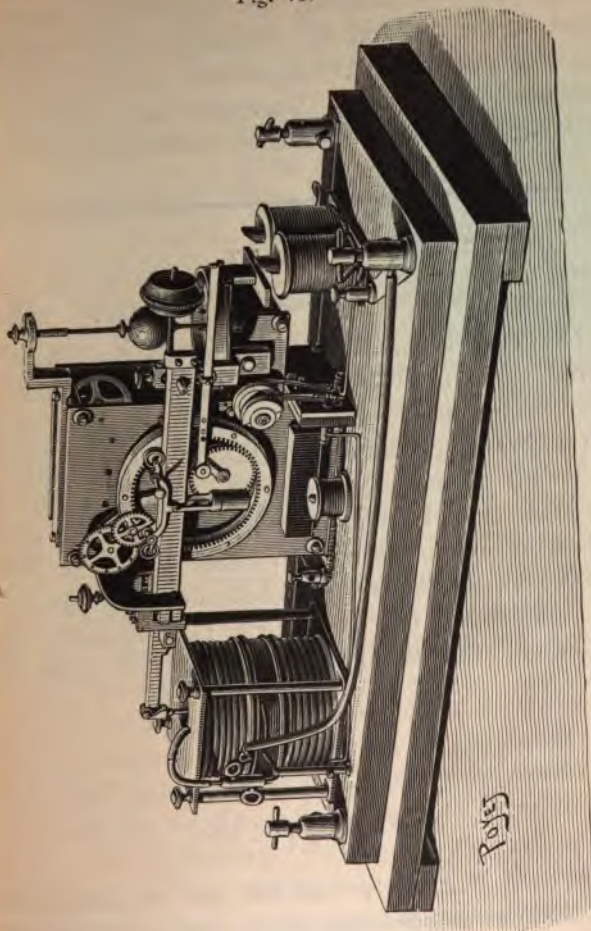
Frontansicht des Marès'schen Messers.

wegliche Spule tiefer in das Innere der fixen Spule eingesaugt und hiedurch der Hebel in eine mehr oder minder schiefe Lage gebracht. Das Gegengewicht kommt hiedurch aus seiner Ruhelage und gleitet längs des Hebels so lange in einer bestimmten Richtung, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Der von dem Gewichte zurückgelegte Weg ist proportional zur verbrauchten Energie und wird von einem Zählwerk einregistrirt.

Das Instrument gehört in die Classe jener Verbrauchsmesser, welche nur in gewissen Zeiträumen einregistriren. Im vorliegenden Falle z. B. geschieht die Einregistrirung alle vier Minuten. Während dieser Zeit bereitet ein Pendel-Uhrwerk alles zur Messung Nothwendige vor. Das Uhrwerk selbst wird ebenfalls alle vier Minuten auf elektro-magnetischem Wege aufgezogen und zwar mittelst eines Commutators, der nicht weniger als fünf Contactstiften hat, welche successive den Stromkreis in einem Elektromagneten schliessen.

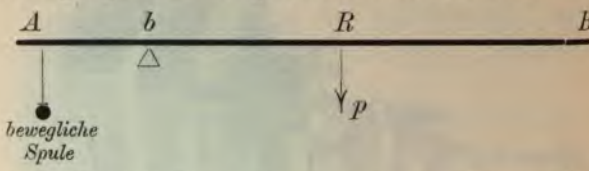
Das Gegengewicht ist auf einem Wägelchen aufgehangen, welches auf dem Wagehebel wie auf einer Schiene rollt. Das Wägelchen trägt zu gleicher Zeit parallel zu seiner Achse eine horizontale Zahnstange, welche in das Zahnrad eines über ihr stehenden Zählwerkes eingreift. Sobald durch das Rollen des Wägelchens das Gleichgewicht hergestellt ist, entfernt sich der Wagehebel mit der Zahnstange von dem fixen Zählwerk und das Wägelchen rollt, seinen Weg fortsetzend, bis an einen Stift, von welchem es aufgehalten wird. Durch das Uhrwerk wird der Karren wieder in seine Position zurückgeführt, wo er dann wieder einer neuen

Fig. 75.



Rückansicht des Marès'schen Messers.

Messung harrt. Das Uhrwerk etablirt wieder den Contact in dem Dynamometer, die feindrähtige Spule wird wieder in die dickdrähtige eingesogen, der Wagehebel neigt sich gegen den Dynamometer und der früher beschriebene Vorgang der Einregistrirung und des Hin- und Herganges des Wägelchens wiederholt sich.



Die Theorie dieses Instrumentes ist folgende:*) Die elektrodynamische Wirkung, hervorgebracht durch die beiden Spulen des Elektrodynamometers, producirt eine Kraft $f(EI)$ gleich einem variablen Gewicht, welches in dem Punkte A aufgehangen ist und auf den Arm bA des Hebels einwirkt. Um diese Kraft zu messen, genügt es, dieselbe mittelst eines Gewichtes p zu equilibriren, welches Gewicht längs des Hebelarmes bB verschoben wird. Nehmen wir an, es herrsche Gleichgewicht, wenn das Gewicht p in R aufgehangen ist. Wir haben alsdann:

$$f(EI) \times bA = p \times bR.$$

Woraus wir folgern:

$$f(EI) = \frac{p}{bA} \times bR$$

Die zwei Factoren p und bA sind fix und werden durch die Constructionselemente des Apparates bestimmt. Bei jeder Messung haben wir daher:

*) Le Génie Civil, 1890. Page 306.

$$f(EI) = bR \times Constante.$$

Was soviel heisst, dass das Product EI der Länge des Hebelarmes bR mit einer Constante multiplicirt gleichkommt.

Man hat daher als mechanisches Resultat anzustreben, ein Gewicht p längs des Wagebalkens AB bis zur Herstellung des Gleichgewichtes zu verschieben und den von dem Gewichte zurückgelegten Weg zu messen und zu totalisiren.

Sir William Thomson's neuester Verbrauchsmesser wird folgendermassen beschrieben:*) Das Princip des Instrumentes besteht darin, dass ein Theilstrom in gewissen Zeiträumen durch ein Zählwerk gemessen wird. Der Strom wird durch einen Elektrodynamometer gemessen. Eine feindrähtige bewegliche Spule im Nebenschluss zum Hauptstrom geschaltet, befindet sich auf der Spitze eines langen verticalen Hebels oder doppelten Pendels, welches nahe zu seinem Schwerpunkte aufgehängt ist. Ein Integrator oder Zählwerk, dessen Achse mit einer Haspel versehen ist, bildet das Gegengewicht. Eine fixe Spule stösst (wie in Sir William Thomson's elektrischen Waagen) die bewegliche Spule ab. Der Hebel bildet in diesem Falle den Zeiger eines Ampèremessers. Unterhalb des Zählwerkes dreht sich durch ein mit Gewicht angetriebenes Uhrwerk eine Trommel, oder besser gesagt, ein Theil einer Trommel oder eines Cylinders. Die cylindrische Oberfläche ist nämlich derart beschaffen, dass der weggebliebene Theil, wenn er hinzugefügt wäre, eine Curve repräsentiren würde, welche die Bewegung der mobilen Spule unter verschiedenen

*) The Electrician, 1890. Page 549 und 711.

Stromstärken darstellt. Diese Trommel vollbringt in sechs Minuten eine Umdrehung. Wenn ein starker Strom durch den Apparat geht, wird der Integrator des Zählwerkes gegen die Scheibe geschwungen, welche die Trommel trägt und gleitet auf der cylindrischen Oberfläche während eines beträchtlichen Theiles einer ganzen Umdrehung. Bei einem schwächeren Strome wird der Integrator jenen Theil berühren, welcher mehr beschnitten ist. Das Princip und die Art der Integration erinnert viel an jene des Frager'schen Verbrauchsmessers.

XIV.

Aubert's Verbrauchszeit-Messer besteht aus einem in einer Blechdose eingeschlossenen Uhrwerk, dessen Pendel von dem Anker eines Elektromagneten stetig in einer schiefen Lage verhalten wird. Der zur Verbrauchsstelle gehende Strom geht durch die wenigen Wickelungen des ebenfalls im Gehäuse angebrachten Elektromagneten, welcher seinen Anker anzieht, das Pendel freigiebt und hiedurch das Uhrwerk in Gang setzt. Sobald der Stromkreis geöffnet wird, fällt der Anker wieder ab und hält das Pendel von Neuem fest. Da der Apparat nur einige wenige Drahtwickelungen enthält, kann er nur für constanten Verbrauch angewendet werden. Sobald der Strom viel geringer wird als jene Stärke, für welche der Messer vorgesehen wurde, hat der Elektromagnet nicht mehr die Kraft, den Anker anzuziehen, und es kommt sehr oft vor, dass bei wech-

elnder Intensität das Uhrwerk stille stehen bleibt, trotzdem der Stromkreis geschlossen ist. Der Apparat würde vollständig praktisch werden, falls der Elektromagnet von einem invariablen Theilstrom durchflossen würde, so dass die Anziehung des Ankers unter jeden Umständen, selbst bei der geringsten Belastung statthaben würde. Natürlich müsste der Messer complicirter werden und er verlöre zu gleicher Zeit einen seiner Hauptvortheile: den billigen Preis.

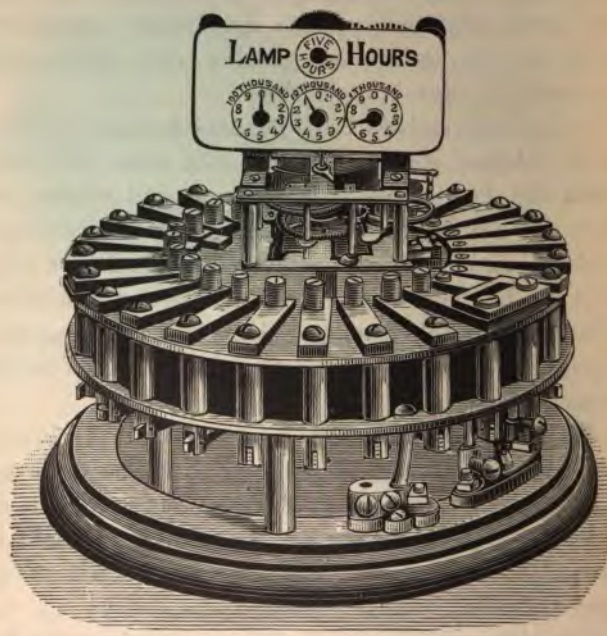
Da die Verwendung eines Pendel-Uhrwerkes bedingt, dass das letztere stets genau im Lothe stehe, hat schon **Soulat** den Pendel durch ein Schwungrad ersetzt, was erlaubt, den Zeitmesser in irgend einer Position anbringen zu können. Auch **Aubert** ist von der Pendeluhr abgegangen und hat einen neuen Messer construirt, in welchem der bewegliche Anker eines Solenoïds das Hemmungsrad eines gewöhnlichen Uhrwerkes mit ruhender Stiftenhemmung auslöst.

Manwaren's Messer (Fig. 76 und 77) besteht aus einem multipolaren Magnet, welcher eine Serie von Ankern bethätigt, deren eines Ende beweglich an der Aussenseite eines kreisförmigen Gestelles angebracht ist, während ihr freies Ende sich nach dem Centrum des inneren Gestelles bewegen kann.

Der Messer registrirt die Lampenstunden ein. Der erste Anker wird angezogen, sobald der Strom die Intensität einer Lampeneinheit besitzt. Bei jeder neu hinzugeschalteten Lampe wird ein neuer Anker angezogen. Wenn die gewählte Lampeneinheit z. B. eine achtkerzige ist, so wird, wenn blos eine Lampe im Betrieb ist, blos ein Anker angezogen. Schaltet man

zur achtkerzigen noch eine 16 kerzige hinzu, so werden noch zwei Anker angezogen werden, und wenn dann noch eine 32 kerzige hinzugeschaltet wird, werden vier neue Anker angezogen. Im Ganzen haben wir also

Fig. 76.

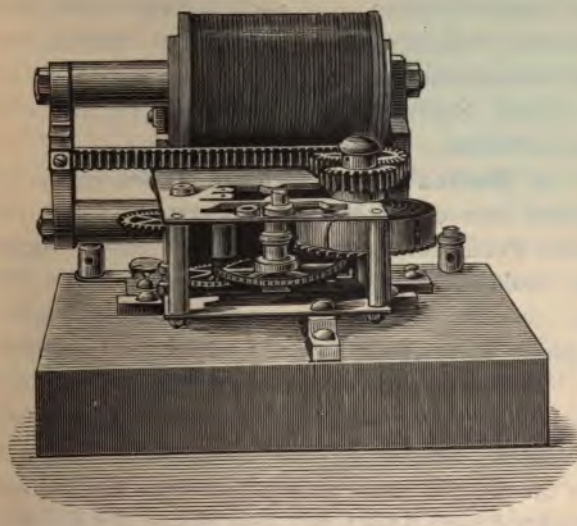


sieben Lampeneinheiten zu 8 Kerzen und sieben angezogene Anker.

Ein Uhrwerk hält das Zählwerk in Gang. Dasselbe hat eine verticale Achse, welche an ihrem unteren Ende einen Schuh trägt. Dieser, über die sternförmig nach innen stehenden Ankerenden gleitend, hebt bei jeder

Passage über ein Ankerende die Achse des Zählwerkes in die Höhe, auf diese Art die vorgefundenen Contacte registrirend. Die Achse fällt dann, wenn das betreffende Ankerende passirt ist, durch ihre eigene Schwere wieder zurück.

Fig. 77.



In **Pugnetti's** Verbrauchszeit-Messer befindet sich eine Uhr, welche von nicht grosser Präcision zu sein braucht und welche die Zeit des Verbrauches markirt. Dieselbe schliesst alle Minuten den Stromkreis einer localen Batterie, in welcher ein Elektromagnet eingeschaltet ist. Dieser Elektromagnet zieht seinerseits einen horizontalen Anker an, auf welchem sich ein Klinker befindet, welcher in das Steigrad eines Zählwerkes eingreifen soll. Dieser Klinker kann, solange der Ausschalter des

Lampenkreises geöffnet ist, nicht eingreifen, weil er durch eine verticale Stange daran gehindert wird, welche mit dem Ausschalter in Verbindung steht. Sobald aber der Ausschalter des Lampenkreises geschlossen wird, geht die mit ihm verbundene hindernde Stange hinab, und nun kann der Klinker eingreifen. Auf dem Anker können sich auch mehrere Klinkerstangen befinden, welche je ein Zählwerk bethätigen. Das gäbe also einen Messer mit einer einzigen Uhr und eben so vielen Zählwerken als Lampengruppen controlirt werden sollen.

In **Pattee's** Verbrauchszeit-Messer ist ein Elektromagnet mit einem Neusilberwiderstand direct von den beiden Polen der zu controlirenden Leitung abgezweigt. Der Anker dieses Elektromagneten löst das Uhrwerk aus, sobald Strom durch die Leitung geht. Der Apparat ist in Amerika im praktischen Gebrauche.

Victor Popp bringt seinen Messer in Verbindung mit seinem Druckluftsystem. Er liess sich einen Apparat patentiren, welcher in der Hauptsache aus einem in den Hauptstromkreis eingeschlossenen Elektromagneten besteht, dessen Anker mit dem Hahne der Zuflussleitung einer pneumatischen Uhr in Verbindung steht. Der Apparat giebt die Zeit an, während welcher eine bestimmte Lampengruppe vom Strom durchkreist war.

Hours-Humbert hat einen Verbrauchsmesser vorgeschlagen,*) welchen wir blos als Curiosum erwähnen. Das Instrument besteht aus einem Zählwerk, in welchem ein Klinker das grosse Rad immer um einen Zahn vor-

*) Les Compteurs d'Energie Electrique, par E. Hospitalier.

wärts schiebt. Dieser Klinker wird durch einen Elektromagneten bethätigt. Sobald der Strom im Elektromagneten geschlossen wird, schiebt der Klinker das Getriebe des Zählwerkes um eins voran.

Die Einregistrirung findet jede sechs Minuten statt. Sie geschieht durch eine Contactfeder, welche den Strom im Elektromagneten schliesst. Diese Contactfeder befindet sich auf einem Rad, welches in einem Zeitraume von sechs Minuten eine Umdrehung macht. Die Contactfeder kommt in ihrem Wege mit einer Walze in Berührung, auf welcher sich ebensoviel Contactstifte befinden als es Lampen im Stromkreise giebt. Das heisst, von jeder Lampe wird eine Abzweigung nach dem Verbrauchsmesser geführt. Giebt es fünfzig Lampen zu controliren, müssen auch fünfzig Drähte in das Instrument einmünden.

Solange kein Strom in der Lampe vorhanden ist, wird der mit ihr correspondirende Stift auf der Walze, trotzdem die Contactfeder über ihn weggleitet, keine Arbeit des Elektromagneten hervorrufen. Sobald aber die Lampe in Function tritt, geht der Strom durch den Stift und von diesem aus durch die Contactfeder zum Elektromagneten, welcher alsdann seinen Anker anzieht und den Klinker vorwärts schiebt. Die Contactfeder gleitet im Zeitraume von sechs Minuten über alle vorhandenen Stifte und bewirkt die Anziehung des Elektromagneten ebenso oft, als Lampen in Function sind.

XV.

Wie wir aus der Construction der bisher beschriebenen Verbrauchsmesser ersehen haben, zählen dieselben zumeist in jene Gattung, in welcher die Variationen irgend eines Ampère- oder Wattmessers auf ein Zählwerk übertragen und von demselben totalisirt werden. Die meisten Verbrauchsmesser sind »Integrations-Messer« (Compteurs intégrateurs).

Ausnahmen hievon sind:

Edison's chemischer Messer (wie er heute im alleinigen Gebrauche steht) und alle anderen Messer, in welchen ein durch Elektrolyse hervorgerufener metallischer Niederschlag gewogen wird (z. B. Lowrie);

Richard's Messer, bei welchem die Variationen eines Ampèremessers als Curve auf eine Rolle endlosen Papiers eingezeichnet werden (siehe auch Irish, Geyer und Bristol u. A.).

Walker's photographischer Messer.

Wie wir gesehen haben, sind die Integrationsmesser zumeist sehr complicirte, kostspielige Apparate und man wird sicherlich von ihrem Gebrauche abkommen, sobald das Publicum mit der Elektricität ein wenig mehr vertraut geworden ist.

Die Zukunft gehört den registrirenden Verbrauchsmessern (Compteurs enregistreurs), deren Princip heute darin besteht, auf eine sich gleichmässig abwickelnde Papierrolle eine Curve einzutragen, deren Ordinaten jeden Augenblick proportional zur Stromintensität, zur Potentialdifferenz oder zur verbrauchten Energie sind, je nachdem es sich darum handelt, Ampère-, Volt- oder Wattstunden zu totalisiren.

Hospitalier schlägt vor, die erhaltene Curve derart zu messen, dass das Papier der Curve folgend, auseinander geschnitten wird. Die beiden erhaltenen Hälften werden gewogen und die eine wird dem Consumenten als Controle gelassen. Hospitalier schlägt noch vor, den Strom selbst zum Durchschneiden des Papiers zu benützen und zwar mit Hilfe eines dünnen ins Glühen gebrachten Platindrahtes.

Fodor geht noch weiter und will die in den anderen Verbrauchsmessern durch ein Zählwerk bewerkstelligte Totalisirung durch ein anderes Hilfsmittel ersetzen. Er hatte zu diesem Behufe einen Verbrauchsmesser construirt, welcher bis jetzt ziemlich günstige Resultate ergeben hat. Man denke sich ein Reservoir mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. reines, säurefreies, dünnflüssiges Oel. In diesem Reservoir befinden sich eine oder mehrere Ausflussöffnungen, welche auf geeignete Weise verschlossen sind, so dass auch nicht die geringste Flüssigkeitsmenge entweichen kann. Ein Ampère- oder Wattmesser ist mit dem Verschlussapparat verbunden. Sobald im zu controlirenden Stromkreise ein Verbrauch stattfindet, giebt der Ampère- oder Wattmesser die Ausflussöffnung (eine oder mehrere) je nach den Variationen des Stromverbrauches mehr oder minder frei. Die Flüssigkeit geht tropfenweise ab, und zwar ist der Apparat so eingerichtet, dass z. B. ein Ampère einem Tropfen per Minute gleichkommt. Zwanzig Ampère würden zwanzig Tropfen in der Minute bedeuten. Die abtropfende Flüssigkeit fällt in einen Glasbehälter, dessen Graduirung von aussen sichtbar ist. Die Striche auf der Scala bedeuten Ampèrestunden und der Consu-

ment kann jeden Augenblick aus der Höhe der Flüssigkeit im Behälter absehen, wie viel Strom man verbraucht hat. — Das hier zu lösende Problem war, den Querschnitt der Ausflussöffnung proportional zur Stromintensität zu machen. Dasselbe kann auf mechanischem Wege in vielfachen Varianten gelöst werden, und beansprucht in theoretischer Genauigkeit zumindest ebenso viele Beachtung als so manche andere Systeme.

Uebliche Bedingungen für die Lieferung von elektrischem Strom

zu Beleuchtungs- und motorischen Zwecken.

Herstellung der Anschlüsse. Veränderung in den Leitungen.

In Berlin werden: die Herstellung von den auf der Strasse liegenden Hauptleitungen, der sämmtlichen Leitungen mit ihren accessorischen Theilen bis zum Verbrauchsmesser, des Verbrauchsmessers und der Lampe, sowie etwaige an denselben nothwendig werdende Aenderungen und Ausbesserungen ausschliesslich von dem Unternehmer auf Antrag und für Rechnung der Abnehmer bewirkt, die Consumenten erhalten dadurch das Recht der unbeschränkten Benutzung der ihnen gelieferten Einrichtungen. Der Unternehmer, bezw. deren Beauftragte, sind allein berechtigt, die Zuleitung der Ströme in abgesperrten Leitungen wieder herzustellen.

In Köln bedarf jede Veränderung in der Leitungsanlage im Innern der Liegenschaften, sowie die Vertauschung von Glühlampen und Bogenlampen gegen solche mit grösserem Stromverbrauch der Genehmigung der Unternehmer, und steht die Entscheidung, ob oder inwieweit die vorhandenen Einrichtungen die gewünschten Aenderungen zulassen, lediglich den Unternehmern zu.

Dieselben Bestimmungen bestehen übrigens mit geringen Abänderungen in allen Orten Deutschlands.

Die Pariser städtische Centralanstalt sagt in ihren Abonnementsbedingungen: Die Stadt führt den elektrischen Strom vor die Behausung des Consumenten, welcher denselben mittelst eines Anschlusses an die Hauptleitung übernimmt. Die Stadt stellt diesen Anschluss und seine Apparate (als: Kasten, Umschalter, Sicherheitsvorrichtung) auf Kosten des Abonnenten von der Hauptleitung bis zum Verbrauchsmesser her.

Die Pariser Compagnie Edison hat für die Herstellung des Anschlusses die gleichen Bedingungen wie die obenstehenden. Sie sagt ferner: Die Herstellung der Abzweigung und die Arbeiten bis zum Verbrauchsmesser werden in jedem Falle durch die Compagnie hergestellt, und ist der Abonnent verpflichtet, den Betrag hiefür bei Unterzeichnung der Polizze auszubezahlen. Alle anderen Arbeiten, welche ausserhalb des Verbrauchsmessers auszuführen sind, können von einem durch den Abonnenten gewählten Unternehmer hergestellt werden. Wenn der Abonnent diese Arbeiten der Compagnie übertragen will, so wird der Herstellungspreis auf Grund gegenseitigen Uebereinkommens fixirt. Dasselbe hat auch betreffs der Unterhaltungskosten statt. In keinem Falle kann die Compagnie für die installirten Apparate verantwortlich gemacht werden; die Conservation und Unterhaltung derselben bleibt immer zu Lasten des Abonnenten.

In Brüssel hat der Stromabgeber auf seine Kosten den Anschluss vom Hauptnetz bis zum Verbrauchsmesser herzustellen.

Lübecker städtische Centralstation: Die Herstellung der Anschlüsse von den auf der Strasse liegenden Hauptleitungen, der sämmtlichen Leitungen mit ihren accessorischen Theilen (einschliesslich der Verbrauchsmesser und der Lampen) im Innern der Häuser und Wohnungen, sowie etwaige an denselben nothwendige Aenderungen und Ausbesserungen werden ausschliesslich von der Verwaltungsbehörde, bezw. deren Beauftragten auf Antrag und für Rechnung der Abnehmer bewirkt; die Kosten des Anschlusses werden circa 50 Mark, die Installation der Leitungen im Innern der Gebäude circa 10—20 Mark per Lampe betragen. Ueber die Kosten der inneren Einrichtung wird dem Besteller auf Verlangen vor der Ausführung ein Kostenanschlag aufgestellt.

Elektricitätswerk Innsbruck: Die Herstellung der Anschlüsse der secundären Anlagen in das Netz des Elektricitätswerkes erfolgt für Rechnung des Abnehmers durch das Elektricitätswerk. Es steht jedem Abnehmer von elektrischem Strom frei, die secundäre Installation seiner Anlage durch welchen Unternehmer immer herstellen zu lassen, das Elektricitätswerk ist jedoch berechtigt, den Anschluss zu verweigern, wenn die Installation nicht mit der erforderlichen Sachkenntniss und Solidität ausgeführt ist, und namentlich wenn bei Ausführung der Installation die Vorschriften des durch den elektrotechnischen Verein in Wien ausgearbeiteten Regulativs vom 1. Juni 1888 nicht beobachtet sind.

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Die Compagnie wird in den Localitäten des Abnehmers den Verbrauchsmesser und andere Apparate aufstellen, welche zum Anschluss der Anlage an das Haupt-

Leitungsnetz erforderlich sind. Alle anderen Installationsarbeiten geschehen auf Kosten des Consumenten und bedürfen der Genehmigung der Compagnie. Alle Apparate und Leitungen, welche von der Compagnie geliefert werden, bleiben deren Eigenthum. Die Compagnie unterhält und reparirt die von ihr gelieferten Apparate, insoferne dieselben nicht durch Verschulden des Consumenten beschädigt worden sind. In letzterem Falle hat der Consument den verursachten Schaden zu bezahlen und für die Reparaturkosten aufzukommen.

Chelsea Electricity Supply Company (London): Das Ansuchen um Anschluss muss auf gedruckten Formularen geschehen, welche die zu beleuchtenden Localitäten, das Maximum des zu verbrauchenden Stromes und den Tag, an welchem der Verbrauch beginnen soll, zu enthalten haben. Das Maximum des Stromes wird angezeigt durch die Maximalzahl von Lampen zu einer gewissen Kerzenstärke, welche auf einmal im Gebrauche sind. Die Lampen müssen 100-Volts-Lampen sein. Blos wenn das Hauptnetz der Compagnie nicht weiter als 25 Yards von den zu beleuchtenden Localitäten liegt, kann die Compagnie zu Stromlieferung zu den in ihrer behördlichen Concession enthaltenen Bedingungen verhalten werden.

Die Compagnie hat das Recht, die Grösse und Position der Anschlusslinie zu bestimmen. Die Compagnie legt auf ihre eigenen Kosten den Anschluss bis an die äussere Mauer der Localitäten des Abnehmers, wenn dieselben blos 30 Fuss von dem Hauptnetz entfernt sind. Alles, was über 30 Fuss hinausgeht, hat der Abonnent zu bezahlen. Ebenso hat er auch für die Kosten des

Anschlusses innerhalb der Localitäten aufzukommen. Das Ansuchen um Anschluss muss volle drei Tage früher geschehen, als derselbe stattfinden soll.

Vertragsverhältniss zwischen Stromverkäufer und Abnehmer.

Durch Unterzeichnung des Anmeldebogens verpflichtet sich in Köln der Abonnent auf die Dauer von einem Jahre, beginnend mit dem Zeitpunkt der vollzogenen Verbindung der Privatleitung mit dem städtischen Kabelnetz (der Einführung der elektrischen Leitung vom Kabelnetz in die Liegenschaft), den elektrischen Strom für seine Liegenschaft unter den mitgetheilten Bedingungen zu entnehmen. Wird drei Monate vor Ablauf dieses Jahres von keiner Seite gekündigt, so läuft das Uebereinkommen stillschweigend weiter und kann nur unter Beobachtung einer schriftlichen dreimonatlichen Kündigung an den Quartalstagen: 1. Januar, 1. April, 1. Juli und 1. October von jeder Seite aufgehoben werden. Erhöhungen der Preise berechtigen den Abonnenten vor Ablauf der jährigen Frist zu kündigen.

In Berlin ist der Abnehmer verpflichtet, wenn er nach Ablauf des geschlossenen Vertrages von der elektrischen Beleuchtung seiner Localitäten nicht mehr Gebrauch machen will, der Gesellschaft drei Monate zuvor hiervon schriftlich Anzeige zu erstatten, andernfalls er für die Bezahlung der Lampengebühr auf je ein ferneres Jahr verhaftet bleibt. Wird die Auslieferung der Lampen an die Gesellschaft in solchem Falle verweigert,

so ist die letztere berechtigt, den Vertrag als auf ein ferneres Jahr prolongirt zu betrachten.

In Paris werden in einem Sector die Contracte für drei Jahre abgeschlossen. Der Abonnent hat sechs Monate vor Ablauf des Contractes zu kündigen.

Bei der Pariser städtischen Centralanstalt muss der Abonnent, bevor er noch Strom geliefert erhält, eine Anzahlung von 5 Francs per Glühlampe und 20 Francs per Bogenlampe als Garantie deponiren. Diese Summe wird ihm nach Ablauf des Abonnements, nach Abzug aller mittlerweile aufgelaufenen Kosten, zurückerstattet.

Der Abonnent kann sich den durch Reparationen, Unterhaltung oder Verificirung nothwendigen Arbeiten nicht widersetzen, wenn dieselben seitens der Stadt als nothwendig erkannt werden.

Es ist dem Abonnenten ausdrücklich verboten, an der Anlage etwas abzuändern. Die Stadt ist im alleinigen Besitze der Schlüssel des Vertheilungskastens, von welchem aus der Strom in die Anlage geleitet wird. Die Contracte werden für ein Jahr abgeschlossen und müssen zwei Monate vor deren Ablauf gekündigt werden.

Die Pariser Compagnie Edison verlangt von den Abonnenten als Garantie eine jährliche Anzahlung von 7 Francs per Glühlampe, von 30 Francs per Bogenlampe und von 30 Francs per elektrischer Pferdekraft.

In London hat der Consument, wenn er den Anschluss wünscht, ein Maximum von gewünschter Energie anzugeben, so dass die Abzweigung für ihn in entsprechendem Querschnitte ausgewählt werden könne. Wenn er später unter dieses Maximum herunterzugehen wünscht, hat er für die entstandenen Mehrkosten aufzukommen.

Die Contracte werden für zwei Jahre abgeschlossen. Der Energieverbrauch jedes einzelnen Consumenten muss so gross sein, dass sich die Kosten der Abzweigung oder Anschlüsse an das Hauptnetz mit 20 Percent verinteressiren.

In Brüssel muss sich der Abonnent für wenigstens zwei Jahre verpflichten. Die Kündigung findet zwei Monate vor Ablauf des Contractes statt. Ferner hat der Abonnent als Garantie eine Anzahlung von 5 Francs per Glühlampe und von 15 Francs per Bogenlampe zu leisten.

Lübecker städtische Centralstation: Der Verwaltungsbehörde steht das Recht zu, in Fällen, wo der Abnehmer Aenderungen in der bestehenden Einrichtung eigenmächtig ausführt oder den Beauftragten der Verwaltungsbehörde den Zutritt zu den Leitungen, Messapparaten und den elektrisch beleuchteten Räumen verweigert, insbesondere aber in dem Falle, wo die im Vertrag festgesetzten Zahlungen nicht pünktlich geleistet werden, ohne vorherige richterliche Entscheidung die Leitungen absperren zu lassen und die fernere Lieferung von elektrischem Strom einzustellen.

Chelsea Electricity Supply Company (England): Der Consument hat, wenn solches verlangt wird, wegen Bezahlung des Stromes einen geschriebenen Contract mit der Compagnie abzuschliessen, und muss dieser Contract drei Monate vor seinem Ablauf gekündigt werden. Dieser Contract kann auch auf einen anderen nachfolgenden Consumenten übergehen, wenn die Compagnie solches gestattet. Die Compagnie kann von dem Abonnenten eine Garantie für die Zahlung des verbrauchten

Stromes, für die Unterhaltung und Abnützung des Verbrauchsmessers verlangen.

Innsbrucker Elektricitätswerk: Das Elektricitätswerk ist zur Abgabe elektrischen Stromes nur an solche Abnehmer verpflichtet, die sich zur tarifmässigen Abnahme des Stromes auf mindestens ein Jahr verbinden. Die eventuelle Kündigung muss mindestens drei Monate vor Ablauf des Jahres erfolgen, sonst gilt die Verpflichtung zur Stromabnahme für je ein weiteres Jahr verlängert.

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Die Compagnie verpflichtet, sich das Beste zu thun, um eine reguläre und ununterbrochene Stromlieferung zu bewirken; wenn aber die Stromlieferung unterbrochen werden sollte oder in Folge eines Unfalles oder in Folge einer behördlichen Intervention, oder in Folge irgend einer Ursache nicht statthaben könnte, kann die Compagnie weder hiefür verantwortlich gemacht noch auf Schadenersatz geklagt werden.

Der Consument kann den gelieferten Strom nicht für andere Zwecke verwenden als für jene, welche im Contracte vorgesehen sind. Für besondere Fälle ist die schriftliche Genehmigung der Compagnie einzuholen.

Die Compagnie hat das Recht, in den gewöhnlichen Tageszeiten in den Localitäten des Consumenten alle ihr nothwendig scheinenden Inspectionen, Reparaturen oder Installationen vornehmen zu lassen und die das Eigenthum der Compagnie bildenden Apparate nach Ablauf des Contractes zu entfernen.

Die Compagnie behält sich das Recht vor, die Stromlieferung ohne vorhergegangene Benachrichtigung zu

unterbrechen, falls der Consument mit der Bezahlung des Stromverbrauchs im Rückstand ist oder sich den Vorschriften der Compagnie nicht fügen will. Im Falle als die Compagnie die Stromlieferung unterbricht oder durch den Fehler des Consumenten verhindert ist, die Stromlieferung contractgemäss zu bewerkstelligen, hat die Compagnie das Anrecht auf einen stipulirten Schadenersatz (nicht Pönale) von 50 Cents per Monat für jede 16-Kerzen-Lampe, und zwar für so viele Monate oder Monats-Fractionen, welche noch bis zum Ablauf des Contractes fehlen.

Die Compagnie kann nicht auf Schadenersatz geklagt werden für Schäden, welche aus der Benützung des Stromes resultiren, sobald die Installation und die elektrischen Apparate in den Localitäten des Consumenten vom »Board of Fire Underwriters« gutgeheissen worden sind.

Verbrauchsmesser.

Die Berliner Elektricitätswerke überlassen leihweise die Verbrauchsmesser den Abnehmern zu einem durch den Tarif festgestellten jährlichen Miethpreise und bleiben die Messer Eigenthum der Gesellschaft, welche für ihre Unterhaltung zu sorgen hat. Die Kosten der Unterhaltung und etwaiger Reparaturen an miethweise überlassenen Verbrauchsmessern trägt die Gesellschaft, sofern die Beschädigung nicht durch die Schuld des Abnehmers herbeigeführt worden ist, in welchem Falle derselbe zur Erstattung der Kosten verpflichtet ist.

In Köln werden die Verbrauchsmesser ausschliesslich von dem Unternehmer geliefert und aufgestellt, bleiben auch Eigenthum desselben. Für deren Montirung und Unterhaltung wird eine Miethe von den Abonnenten erhoben. Dafür werden von der Unternehmung sämmtliche an den Messern vorkommenden Reparaturen besorgt, soweit dieselben nicht durch Verschulden der Abonnenten verursacht sind. Die Abonnenten sind verpflichtet, die Leitungen und Messer zu schützen, sie dürfen deren Verschlüsse nicht öffnen, auch von Niemanden als dem sich ausweisenden Angestellten der Unternehmung irgend welche Revisionen und Arbeiten an diesen Apparaten vornehmen lassen.

In Paris steht es in mehreren Sectoren dem Abonnenten frei, den Verbrauchsmesser anzukaufen, und werden die von ihm bereits gezahlten Miethraten in den Kaufpreis mit eingerechnet.

Die Pariser städtische Centralanstalt stellt folgende Bedingungen auf: Der elektrische Strom wird nach einer stündlichen Einheit gemessen. Der Abonnent hat daher bei sich auf seine eigenen Kosten einen oder mehrere Verbrauchsmesser seiner Wahl (welche jedoch von der Stadt gutgeheissen werden müssen) einrichten zu lassen. Die Einrichtung und die Versiegelung der Messer geschieht seitens der Stadt auf Kosten der Abonnenten. Die Messer müssen für das Maximum des etwaigen Stromverbrauches berechnet sein. Der Messer giebt den Verbrauch in Ampère-Stunden an. Der Messer wird jeder von der Stadt oder vom Abonnenten gewünschten Controle oder Verificirung unterworfen. Falls der Messer durch einen Zufall ausser Betrieb gekommen ist, wird

das Mittel des Verbrauchs des vorhergegangenen Monats als Basis der Berechnung angenommen. Die Stadt verpflichtet sich auch, Messer miethweise zu überlassen, und hat in diesem Falle die Stadt für die Reparaturen und Unterhaltung des Apparats aufzukommen.

Dieselben Bedingungen werden auch von der Compagnie Edison in Paris aufgestellt.

In London können die Rechnungen für gelieferte Energie nur auf Grund eines vom »electric inspector« benannten behördlichen Organe geaichten Verbrauchsmessers ausgestellt werden. In dem Aich-Scheine hat der Inspector zu bescheinigen: 1. dass der Verbrauchsmesser einem von dem »Board of Trade« approbirten System angehöre; 2. dass der Messer nach den vom »Board of Trade« erlassenen Vorschriften an das Strassen-Leitungsnetz angeschlossen wurde; und 3. dass der Messer als genau befunden wurde. Wenn der Messer dem Abnehmer gehört, so hat dieser ihn in Stand zu halten; ist er aber von dem Unternehmer ausgeliehen. so trägt der Letztere die Kosten seiner Unterhaltung.

In Brüssel werden die Verbrauchsmesser leihweise überlassen und müssen für das vom Abonnenten angegebene Maximum des Stromverbrauchs berechnet sein.

Lübecker städt. Centralstation: Die Verbrauchsmesser werden den Abnehmern zu einem in einem Tarif festgestellten jährlichen Miethpreise leihweise überlassen und bleiben Eigenthum der Verwaltungsbehörde, welche für ihre Unterhaltung zu sorgen hat. Nur ausnahmsweise wird es einzelnen Abnehmern gestattet werden, die Verbrauchsmesser von der Verwaltungsbehörde auch käuflich zu erwerben. Die Kosten der Unterhaltung

und etwaiger Reparaturen an miethweise überlassenen Verbrauchsmessern trägt die Verwaltungsbehörde, sofern die Beschädigung nicht durch die Schuld des Abnehmers herbeigeführt worden ist, in welchem Falle derselbe zur Erstattung der Kosten verpflichtet ist. — Reparaturen an den eigenthümlich erworbenen Verbrauchsmessern werden von der Verwaltungsbehörde auf Kosten des Abnehmers ausgeführt und müssen von demselben nach vollendeter Ausführung bezahlt werden. — Der Verwaltungsbehörde allein steht die Entscheidung über die Grösse, sowie die Art der Aufstellung des zur Benützung erforderlichen Verbrauchsmessers zu. Die Messung der elektrischen Ströme erfolgt unter Benützung solcher Apparate, welche von der Verwaltungsbehörde als zuverlässig bezeichnet werden. — Abnehmer, welche elektrische Ströme zu anderen als Beleuchtungszwecken verwenden, können die Aufstellung besonderer Messapparate hiefür verlangen.

Chelsea Electricity Supply Company (England): Der Consument hat die Kosten des Anschlusses des Verbrauchsmessers an das allgemeine Netz und die locale Installation zu bezahlen. — Die Compagnie überlässt Verbrauchsmesser in Miethe und unterhält und besorgt dieselben. Wenn der Consument seinen eigenen Messer hat, so muss er ihn auch besorgen. — Die Compagnie kann den Verbrauchsmesser der Consumenten verificiren, und wird derselbe für unrichtig befunden, so hat der Consument die Untersuchungs- und Reparaturkosten zu bezahlen. — Die Compagnie kann ebenfalls einen Messer in den Localitäten anbringen, um die Genauigkeit des dem Consumenten gehörigen Verbrauchs-

messers zu controliren. — Soll der miethweise überlassene Messer entfernt werden, so hat der Consument dies 48 Stunden früher anzuzeigen. — Die Verbrauchsmesser werden alle Monate einmal inspicirt. — Die Angestellten der Compagnie haben zu allen gewöhnlichen Zeiten freien Zutritt zu dem Messer, um an demselben die ihnen nothwendig scheinenden Arbeiten, Reparaturen, Versuche u. s. w. auszuführen.

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Der Verbrauchsmesser wird auf Kosten der Compagnie installirt, bleibt deren Eigenthum, und hat der Consument für den Gebrauch des Messers keine Miethe zu bezahlen.

Die jährliche Miethe für einen Verbrauchsmesser beträgt:

In der Stadt	Für												
	5	10	12	20	25	30	40	50	60	100	150	200	300
	Ampères												
Altona . . . Mark	15	—	20	—	30	—	—	40	—	50	60	75	100
Berlin . . . »	15	—	20	—	30	—	—	40	—	50	60	75	100
Brüssel . . . Frcs.	—	18	—	—	27	—	42	54	—	—	—	72	90
Chelsea . . . Shill.	—	—	—	5	—	—	7½	10	10	10	—	—	—
Lübeck *) . . Mark	8	12	—	—	24	—	—	40	—	—	—	—	—
Paris *) . . . Frcs.	24	30	—	54	—	72	102	—	108	132	—	—	—
» *) . . . »	30	48	—	—	—	—	72	—	—	120	—	—	—
Athen . Drachmen	24	30	—	54	—	72	—	—	—	—	—	—	—

Der Messer zeigt die Quantität des verbrauchten Stromes an. Sollte die Genauigkeit des Messers angefochten werden, so kann er behördlich untersucht werden, und ist im Falle eines Irrthums die Compagnie ver-

*) Für Verbrauchsmesser über 100 Ampères werden besondere Mieth-Contracte abgeschlossen.

halten, die Untersuchungskosten zu bezahlen und die Verbrauchsrechnung für das betreffende Quartal entsprechend abzuändern. Ist der Messer als richtig befunden worden, hat der Consument die entstandenen Kosten zu bezahlen.

Stromlieferung.

In Berlin verpflichtet sich der Unternehmer, den Abnehmern die elektrischen Ströme innerhalb der behördlich festgesetzten Frist zu liefern. Die Abnehmer sind berechtigt, die nöthigen elektrischen Ströme zu jeder Tages- und Nachtzeit in ausgiebiger Menge zu verlangen. Sollte die Gesellschaft jedoch durch Feuersgefahr, Naturereignisse, Krieg oder Aufstand, überhaupt durch Ursachen, deren Verhinderung nicht in ihrer Macht stand, in der Erzeugung elektrischer Ströme und in deren Fortleitung zu den Wohnungen der Abnehmer verhindert sein, so hört ihre Verpflichtung zur Lieferung derselben so lange auf, bis die Störungen und deren Folgen beseitigt sind, und kann der Abnehmer in solchem Falle keinerlei Entschädigung beanspruchen.

Die Pariser städt. Centralanstalt und die Cie. Edison in Paris sagen: Der Abonnent hat freie Verfügung über den elektrischen Strom, welcher den Verbrauchsmesser durchgangen hat. Er kann, je nach seinem Belieben, alle oder einen Theil seiner Lampen in Betrieb setzen oder auslöschen.

Die Pariser Compagnie Edison besagt: In dem Falle, als ein ohne Verschulden der Gesellschaft oder durch höhere Gewalten herbeigeführter Unfall, ein »cas

de force majeure« die Compagnie bemüssigen sollte, die Lieferung von elektrischem Strom zeitweise zu unterbrechen, kann die Compagnie zu keinerlei anderer Ersatzleistung verhalten werden als zur Rückzahlung des Betrages, welcher für elektrischen Strom im Vorhinein bezahlt, und nicht geliefert wurde.

In Brüssel sind die gleichen Bedingungen maassgebend. Von 9 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags ist der Unternehmer zur Stromlieferung nicht verpflichtet.

Chelsea Electricity Supply Company (England): Im Falle als eine vierteljährliche Verbrauchsrechnung nicht bezahlt werden sollte, hat die Compagnie das Recht, die Stromlieferung einzustellen.

Preis der Stromeinheit.

Lampenstunde. In Berlin liegt der Preisberechnung diejenige Strommenge zu Grunde, welche eine Glühlampe von 16 engl. Normalkerzen Leuchtkraft während einer Stunde verbraucht. Der Preis der durch den Verbrauchsmesser ermittelten, auf vorgenannte Einheit reducirten Strommenge beträgt zur Zeit einschliesslich des Ersatzes der durch gewöhnliche Benützung verbrauchten Glühlampen 3·6 Pfennig.

Die Glühlampen anderer Stärken werden verhältnissmässig nach dem Stromverbrauch berechnet, und stellt sich hienach der ungefähre Preis einer

10-kerzigen	Glühlampe	pro	Stunde	auf	2·5	Pfennige
16	»	»	»	»	4·0	»
32	»	»	»	»	8·0	»
50	»	»	»	»	12·5	»
100	»	»	»	»	25·0	»

abzüglich 10 Percent.

Die Pariser Compagnie Edison verkauft die Carcelstunde für 4·5 Centimes. Nach ihrem Ermessen kommen 3·4 Carcelstunden hundert Wattstunden gleich.

Lübecker städt. Centralstation: Dieselben Bedingungen wie in Berlin. Hinzugefügt wird noch: Preis per Stunde einer Bogenlampe von ca. 400 Normalkerzen 15 Pfennig, von 800 Normalkerzen 30 Pfennig. Die Kohlenstäbe für Bogenlichtlampen hat der Consument auf seine Kosten von der Verwaltungsbehörde zu den Preisen der jeweilig veröffentlichten Preisliste zu beziehen. — Der Preis für elektrische Ströme, welche zu anderen als Beleuchtungszwecken verwendet werden, bleibt besonderer Vereinbarung vorbehalten.

Innsbrucker Elektricitätswerk. Die Bezahlung für den gelieferten Strom erfolgt gegen ein zu vereinbarendes Pauschale, welches auf Grund nachstehender Taxe und Grundpreise berechnet wird. Für den Verbrauch an Strom ist zu bezahlen für jede Brennstunde

						Bei mindestens 500 Brennstund.	
einer	10-kerzigen	Glühlampe	1·75	kr.	1·25	kr.
»	16- »	»	2·08	»	2·00	»
»	32- »	»	5·06	»	4·00	»
»	50- »	»	8·75	»	6·6	»
»	100- »	»	17·05	»	12·5	»

						Bei mindestens 500 Brennstund.	
einer	Bogenlampe	von	8	Amp.	15·00 kr.	10·75	kr.
»	»	»	12	»	20·00 »	14·25	»
»	»	»	16	»	25·00 »	17·85	»

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Preis der Stunde für eine 16-kerzige Lampe oder deren Aequivalent 1·1 Cents.

Wattstunde. In Köln sind für 100 Wattstunden 8 Pfennige zu bezahlen. Dieser Preis entspricht einem solchen von 4·4 Pfennige für die 16-kerzige Glühlampe pro Stunde, wenn dieselbe 55 Watt elektrischer Energie verbraucht. Für eine Bogenlampe von 400 Normalkerzen mit einem Stromverbrauch von 350 Watt sind pro Stunde 28 Pfennige zu bezahlen.

In Altona sind für 100 Volt-Ampères ebenfalls 8 Pfennig zu bezahlen, doch verringert sich dieser Preis auf 7 Pfennige, sobald 7500 Glühlampen von 15 engl. Normalkerzen Leuchtkraft oder deren Aequivalent an die Anlagen angeschlossen sind.

Die Pariser städtische Centralanstalt liefert 100 Volt-Ampères für 15 Centimes und behält sich eine Verminderung dieser Taxe vor. Man nimmt an, dass eine Glühlampe 3·33 Watts oder $^1/_{30}$ Ampère (zu 100 Volts) per Kerze Leuchtkraft beanspruche.

Die Pariser Compagnie Edison verlangt ebenfalls 15 Centimes für 100 Wattstunden, welche 3·4 Carcels Licht gleichkämen. Sie verkauft auch nach Carcelstunde.

In Brüssel sollen 100 Wattstunden für 10 Centimes geliefert werden.

Board of Trade-Unit. Dieselbe ist in England

eingeführt und kommt 1000 Watts oder 10 Ampèrestunden gleich.

Die Chelsea Electric Supply Company liefert die »Board of Trade-Unit« für 8 Pence und bemerkt hiezu, diese Einheit sei genügend, eine 10-Kerzenlampe während 30 Stunden zu unterhalten.

Ampèrestunde. In Paris kostet in mehreren Sectoren die Ampèrestunde für Beleuchtung 14 bis 20 Centimes. (Man nimmt an, dass die von einer Ampèrestunde gelieferte Lichtmenge derjenigen eines halben Kubikmeters Gas gleichkommt.) Das Licht kann nie weniger als 33 Kerzen per Ampère ausmachen.

In Athen wird die Ampèrestunde (zu 110 Volts) mit 12 Lepta berechnet. Es wird angenommen, eine

16	kerzige	Glühlampe	verbrauche	0·5 Ampères
32	»	»	»	1·0 »
50	»	»	»	1·5 »
100	»	»	»	3·0 »

per Stunde.

Pferdekraftstunde. Die Pariser Compagnie Edison berechnet 45 Centimes für eine elektrische Pferdekraftstunde.

In Athen kostet die Pferdekraftstunde (ἵππον-ωρα) 30—40 Lepta je nach der Verbrauchsmenge. Die Pferdekraftstunde wird mit x Ampères $\times$ 110 Volts : 736 berechnet. Für grössere industrielle Etablissements werden besondere Contracte abgeschlossen. Der Verbrauch wird mit Edison's chemischem Messer berechnet.

Die Edison Electric Illuminating Co. New-York verlangt 10 Cents für die Pferdekraftstunde; 746 Watt repräsentiren eine Pferdekraft. Dieser Preis

nmt aber nur in den seltensten Fällen zur Anwendung. wöhnlich werden folgende jährliche Verbrauchspreise e regelmässigen Arbeitstage zu zehn Stunden festzend) in Anwendung gebracht:

ferdekräfte	Allgemeine Fabriks-zwecke	Ventilation und continuirliche Pumparbeit	Personen-aufzug	Waaren-aufzüge	Blasbälge für Orgeln
1/8	$ 36·00	nach Verbrauchsmess.	—	—	—
1/4	60·00	id.	—	—	42·00
1/2	96·00	120·00	—	—	66·00
1	150·00	180·00	—	120·00	102·00
2	270·00	324·00	—	180·00	180·00
3	360·00	432·00	330·00	222·00	240·00
4	450·00	528·00	390·00	264·00	294.00
5	540·00	630·00	450·00	300·00	348·00
6	600·00	720·00	510·00	342·00	402·00
7	690·00	819·00	570·00	384·00	456·00
8	780·00	912·00	630·00	420·00	504·00
10	900·00	1080·00	750·00	498·00	600·00
15	1200·00	1440·00	1080·00	720·00	—
20	1500·00	1800·00	—	—	—
25	1800·00	2100·00	—	—	—

Grundtaxe.

In Berlin haben die Abnehmer ausser dem Preis r die Lampenstunden, auf welchen bei durchschnittlich ngerer Benutzung der Lampen Rabatte bewilligt werden. r jede installirte Lampe eine jährliche Gebühr von Mark an die Gesellschaft zu entrichten.

In Mailand beträgt die Grundtaxe für jede 16-kerzige lühlampe 30 Lire und wird in diesem Falle die Lampen-

stunde mit 3·50 Centesimi gerechnet. Wenn der Abnehmer keine Grundtaxe bezahlt, kostet die Lampenstunde 7·70 Centesimi. Die Grundtaxe wird in monatliche Raten eingetheilt und wird in die monatliche Verbrauchsrechnung mit einbezogen.

In Paris wird in einigen Sectoren für die Unterhaltung und Beaufsichtigung der Anlagen ein jährliches Abonnement von 4 Francs per Jahr und Lampe eingehoben. Eine Gesellschaft ersetzt die abgenützten Glühlampen, eine andere lässt sich dieselben vom Abonnenten bezahlen oder hebt für die Auswechslung der Lampen eine weitere Grundtaxe von 10 Francs per Jahr und per Lampe ein.

Lübecker städt. Centralstation: Ausser dem Preise für die Lampenstunden haben die Abnehmer für jede in ihrem Hause installirte Glühlampe, gleichviel wie gross die Leuchtkraft derselben ist, eine jährliche Gebühr von 5 Mark und für jede installirte Bogenlampe 25 Mark zu entrichten.

Innsbrucker Elektricitätswerk: Ausser den genannten Grundpreisen hat jeder Abnehmer noch eine fixe Gebühr zu entrichten, welche per Glühlampe monatlich 25, per Bogenlampe und Ampère 10 kr. monatlich beträgt.

Für Glühlampen mit einer Lichtstärke von weniger als 16 Normalkerzen tritt in Berlin denjenigen Abnehmern gegenüber, welche sich verpflichten, die Glühlampen auf eigene Kosten von der Gesellschaft zu beziehen, eine Ermässigung der Grundtaxe in der Weise ein, dass dieselbe nur für soviel Lampen berechnet wird, als bei gleichem Stromverbrauch für 16-kerzige Lampen zu entrichten wäre.

Wenn vermöge besonderer Umschalter oder geeigneter Ausschaltevorrichtung sämmtliche Lampen nicht gleichzeitig brennen können, so ist in Berlin die volle Grundtaxe (abgesehen von der vorstehend festgesetzten Ermässigung bei Glühlampen unter 16 Normalkerzen Leuchtkraft) nur für so viel Lampen zu entrichten, als im Maximum gleichzeitig brennen können, während für die übrigen Lampen nur $33^1/_3$ % der Gebühr pro Lampe zu zahlen sind. Wird zeitweise die gesammte Anzahl der installirten Lampen gebrannt (was jedoch nur nach vorangegangener Anzeige bei der Gesellschaft geschehen darf), so ist für jede Lampe, für welche nur $33^1/_3$ % der Gebühr gezahlt werden, noch eine fernere Gebühr von 50 Pfg. pro Tag zu entrichten.

Besondere Begünstigungen. Rabatt.

In Berlin betragen die Rabatte auf verbrauchte Strommenge bei jährlich längerer Benützung als:

800	Stunden	5	Prozent
1000	»	$7^1/_2$	»
1200	»	10	»
1500	»	$12^1/_2$	»
2000	»	15	»
2800	»	20	»
3000	» und darüber	25	»

Als durchschnittliche Benutzungszeit der Lampe gilt die Summe sämmtlicher, auf die 16-kerzige Lampe reducirten Brennstunden, getheilt durch die Anzahl der vorhandenen Lampen.

In Altona wird ein Rabatt auf die Grundtaxe gewährt, und zwar bei jährlich längerer Benutzung als:

200	Stunden	von	10	Prozent
500	»	»	20	»
1000	»	»	30	»
1500	»	»	40	»
2000	»	»	50	»

In Köln heisst es: Für Abonnenten mit grossem Stromverbrauch und langer Brennzeit ist Gewährung eines Rabatts besonderer Vereinbarung vorbehalten. Die Schlussabrechnung über diesen Rabatt und die fehlenden Brennstunden wird nach der letzten Zahlung des Geschäftsjahres aufgestellt.

In Mailand kostet eine Lampenstunde zu 16 Kerzen

7·70	Centes.,	wenn die	Lampe	durchschnittlich		40
7·—	»	»	»	»	»	41— 80
6·40	»	»	»	»	»	81—100
5·80	»	»	»	»	»	101—125
5·10	»	»	»	»	»	126—150
4·50	»	»	»	»	»	über 150

Stunden per Monat functionirt.

Die Pariser städtische Centralanstalt gewährt folgende Begünstigungen: Jeder Consument, dessen Lampen durchschnittlich 150 Stunden per Monat im Betriebe waren, hat Anrecht auf einen Nachlass von 10% auf seine Monatsrechnung; wenn der Durchschnitt sich über 180 Stunden erhebt, beträgt der Nachlass 20%; über 200 Stunden monatlich ist er 30%.

In Brüssel gewährt man folgenden Nachlass: Für Lampen von

1000	jährlicher	Brennstunden	5 Prozent
1200	»	»	7·5 »
1500	»	»	10 »
2000	»	»	15 »
2500	»	»	20 »
3000	»	»	25 »

Lübecker städtische Centralstation: Die Rabatte auf verbrauchte Strommenge betragen bei jährlich längerer Benutzung als:

1000	Stunden		5 Prozent
2000	»		10 »
3000	»	und darüber	20 »

Als durchschnittliche Benutzungszeit der Lampen gilt die Summe sämmtlicher auf die zehnkerzige Lampe reducirten Brennstunden, getheilt durch die Anzahl der vorhandenen Lampen.

Die Edison Electric Illuminating Co. New-York gewährt folgende Rabatte:

5	Proz.,	wenn	die	Monatsrechnung	100—200
10	»	»	»	»	200—300
15	»	»	»	»	300—400
20	»	»	»	»	400—500
25	»	»	»	»	500 u. darüber

Dollars ausmacht.

Für jede Rechnung, welche innerhalb zehn Tagen vom Datum ihrer Ausstellung bezahlt wird, wird noch ein Zusatz-Rabatt von 10% gewährt.

Minima der Consommation.

In Köln muss die in einer Anlage angebrachte Glühlampe jährlich wenigstens 300 Stunden in Betrieb

sein; wird diese Verbrauchszeit nicht erreicht, so ist trotzdem für jede Lampe die ihrem Stromverbrauch entsprechende Minimaltaxe zu bezahlen, welche also für jede Glühlampe von 16 Kerzen $\frac{55.300 \cdot 8}{100} =$ 1320 Pfennig oder 13·20 Mark und für die Bogenlampe von 400 Normalkerzen $\frac{350.300 \cdot 8}{100} = 84$ Mark betragen wird. Unter Vorbehalt einer späteren Abänderung von Seiten der Stadt kommen vorläufig folgende Sätze zur Anwendung, wobei nur der Minimal-Stromverbrauch ins Auge gefasst wird.

Eine Glühlampe von

10	N.-K.	verbraucht	stündlich	40	Watt
16	»	»	»	55	»
25	»	»	»	80	»

Eine Bogenlampe von

400	N.-K.	verbraucht	stündlich	350	Watt
800	»	»	»	550	»
1200	»	»	»	700	»
3000	»	»	»	1350	»

In Paris, in einem Sector, muss eine jede Glühlampe wenigstens 1200 Stunden jährlich im Betriebe sein. In einem anderen Sector verlangt man 600 Ampèrestunden Verbrauch per Jahr.

Die Pariser städtische Centralanstalt verlangt, dass jede Glühlampe von 10 Kerzen wenigstens 40 Francs, jede Glühlampe von 16 Kerzen wenigstens 60 Francs per Jahr an Verbrauch aufzuweisen habe. Die Bogenlampe muss wenigstens für 400 Francs per Jahr verbrauchen.

Die Pariser Compagnie Edison verlangt einen jährlichen Verbrauch von wenigstens 300 Ampèrestunden per 10-kerziger Lampe. Abnehmer von motorischer Kraft verpflichten sich zu einem Verbrauch von wenigstens 600 Stunden per Pferdekraft.

In Brüssel ist das Minimum der Consommation mit Francs 7·50 per Jahr und per installirte Lampe festgesetzt.

Bogenlampen.

Erfolgt in Berlin die Beleuchtung mit Bogenlampen, so ist für jede einzelne Lampe eine jährliche Grundtaxe von 30 Mark und ausserdem für die verbrauchte Strommenge der festgesetzte Preis von 3·6 Pfennig pro Stromeinheit (in diesem Fall die Lampenstunde) zu entrichten. Die Wartung der Bogenlampen und ihre Versorgung mit Kohlenstiften, welche letztere ausschliesslich von dem Unternehmer bezogen werden müssen, liegt dem Abnehmer ob.

In Mailand wird eine Grundtaxe von 35—50 Lire per Lampe bezahlt, in welche die Lieferung von Kohlenstiften mit einbegriffen ist. Als Stromverbrauch werden zwei Lampenstunden oder Stromeinheiten für 1 Ampère gerechnet.

In Lübeck hat der Consument die Kohlenstäbe für Bogenlichtlampen auf seine Kosten von der Verwaltungsbehörde zu den Preisen der jeweilig veröffentlichten Preisliste zu beziehen. Diese Preise betragen zur Zeit

für Dochtkohle	9 mm	Durchmesser	M. 0·95	p. m.
» »	11 »	»	» 1·00	» »
für homogene Kohle	9 mm	Durchmesser	0·85	p. m.
» »	» 11 »	»	1·00	» »

In Athen hat der Consument die Kohlenstäbe von dem Unternehmer zu kaufen. Das Wechseln der Kohlen ebenso wie die Wartung der Lampe erfolgt durch Angestellte der Unternehmung.

Miethe für Elektromotoren.

In Altona ist die Miethe pro Monat:

für	$^1/_5$ HP	. . . . .	6 M.
»	$^1/_4$ »	. . . . .	10 »
»	$^1/_2$ »	. . . . .	15 »
»	1 »	. . . . .	21 »
»	2 »	. . . . .	28 »
»	3 »	. . . . .	35 »

In Mailand varriirt die Miethe für Elektromotoren von 50 bis 1000 Lire für Motoren von $^1/_8$ bis 20 Pferdekräfte.

Nachtrag.

Zu Abschnitt I, II und III.

Edison's elektrochemischer Messer. *(Siehe Seite 47.)* Die bereits erwähnten Veränderungen im Edison-Messer sind nunmehr zur Thatsache geworden. Von nun an giebt es blos vier Typen desselben, u. zw.: Nr. 1, 2, 4 und 8, welche für 20, 40, 80 und 160 Ampères bestimmt sind. Für grösseren Stromverbrauch werden eigene Messer angefertigt. Die Grösse der Elektroden, sowie der Gefässe, der Widerstand der Compensations-Spule, sowie überhaupt der gesammte Widerstand des Stromkreises der elektrolytischen Zelle sind für alle Typen die gleichen. Blos der Querschnitt des »Shunt«, durch welchen der Hauptstrom hindurchgeht, variirt.

In der kleinsten Type (Nr. 1) kommt ein Milligramm niedergeschlagenes Zink 1 Ampèrestunde gleich (bisher 1224 Milligramm). Die Sache ist so arrangirt, dass der Niederschlag per Stunde bei voller Belastung des Messers 10 Milligramm beträgt. Nachdem alle Typen gleiche Grösse haben, ist der stündliche Niederschlag (bei voller Belastung) bei allen Typen 10 Milligramm per Stunde, nur bedeutet in einem Messer Nr. 2 jedes Milligramm

2 Ampèrestunden; in einem Messer Nr. 4 vier Ampèrestunden und in der Type Nr. 8 acht Ampèrestunden.

Durch diese Anordnung wird die Manipulation ziemlich vereinfacht. Natürlich wird ihr der sehr ernste Vorwurf gemacht werden, dass es sehr gefährlich sei, ein Milligramm Niederschlag als Aequivalent für 2, 4 oder gar 8 Ampèrestunden anzunehmen, weil ein Irrthum in der Abwägung des Niederschlages oder eine Verwechslung der Platten den Fehler zu einem zwei-, vier- oder achtfachen macht.

Der einzige gewichtige Umstand, welcher in einem elektrochemischen Messer Fehler hervorrufen kann, ist (andere äusserliche Zufälle abgerechnet) die Möglichkeit einer Aenderung des Widerstandes in der elektrischen Zelle, wodurch das Verhältniss des Niederschlages zum Hauptstrom geändert wird. In dem neuen Edison-Messer beträgt der Widerstand der Compensations-Spule $46^1/_2$ Ohms, während jener der Zelle selbst $2^1/_2$ Ohms ausmacht. Der Gesammtwiderstand des Stromkreises der Zelle beträgt daher 49 Ohms. Wenn nun der Widerstand der Zelle sich, nehmen wir an, verdoppeln würde (was wohl nicht leicht vorkommen kann), so beträgt der hierdurch hervorgerufene Fehler in der Ablesung blos fünf Prozent, während er im gegebenen Falle beim alten Edison-Messer 15 Prozent betragen würde. Die Erhöhung des Widerstandes der Compensations-Spule hat daher die Genauigkeit des Messers verdreifacht.

Eine weitere Verbesserung ist die Herabminderung der Grösse der Platten, wodurch der Oxydation derselben weniger Raum gegeben wird. Sehr vereinfacht wird auch die Manipulation durch die Aenderung des

Materials, aus welchem bis jetzt die Elektrodenplatten hergestellt wurden. Dasselbe bestand bis jetzt aus gewalztem Zinkblech von bedeutender Dicke, aus welchem die Platten ausgestanzt wurden. Dieselben mussten häufig amalgamirt werden, was jedenfalls eine zeitraubende Operation war. Von nun an bestehen die Platten aus Gusstücken, welche aus einer Legirung von 98 Prozent reinem Zink und 2 Prozent Quecksilber hergestellt werden, wodurch die Amalgamirung eine weniger häufige und gründliche zu sein braucht.

Auch der Gehalt der Zinksulfatlösung wurde geändert und ist dieselbe jetzt doppelt so dicht als in den früheren Apparaten.

Zu Abschnitt V.

Bristol's neuester Messer wird in einer amerikanischen Patentschrift folgendermassen beschrieben: Der Messer besteht aus einer Combination eines Zeigers oder Stabes (welche durch die Einwirkung des Stromes einen Ausschlag geben) mit einem Apparat, in welchen der schwingende Stab (oder Nadel) eingreift. Dieser Apparat wird transversal zur Schwingungsebene des Stabes durch den Strom in Vibrationen versetzt. Diese transversalen Vibrationen werden auf mechanischem Wege auf ein Zählwerk übertragen. (Amerik. Patent Nr. 439.381, J. 1890.)

Reckenzaun's neuester Messer besteht in der Hauptsache aus einem Hebel, der zwei cylinderförmige Anker trägt, welche in Solenoiden eintauchen. Das längere Ende des Hebels trägt eine vertikale Spindel,

auf welcher sich eine Frictionsrolle befindet. Wenn der Strom durch den Apparat geht, geräth der Hebel in eine mehr oder minder geneigte Stellung, wodurch die Spindel aufwärts gehoben wird. Die Frictionsrolle bethätigt mittelst Schneckentrieb das Zählwerk. Die Rolle wird in Bewegung versetzt durch eine an sie gepresste Scheibe, welch' letztere durch ein Uhrwerk bethätigt wird. Die Scheibe befindet sich stets in gleichmässiger Umdrehung und die auf die Rolle übermittelte Geschwindigkeit hängt von der Entfernung ab, in welcher sich die Rolle vom Mittelpunkt der Scheibe befindet. Je nachdem der Hebel die Spindel mit der Rolle aufwärts hebt, wird sich die auf der Scheibe gleitende Rolle mehr oder minder schnell drehen.

Batault's Messer besteht aus drei Haupttheilen: einem isochronen Pendel, einer Tangentenboussole und aus einem Totalisateur. Der letztere wird bethätigt durch einen Riemen, welcher durch einen Klinker des schwingenden Pendels in gleichmässig intermittirende Umdrehung versetzt wird. Das Pendel wird durch ein Contactwerk auf elektrischem Wege in Gang erhalten. In Ruhestellung wird der Zeiger der Tangentenboussole durch einen Rahmen an eine Barre gepresst. Der in Umdrehung befindliche Riemen hat zwei Knaben, welche den Rahmen bei jeder halben Umdrehung aufheben und den Zeiger freigeben. Das Zählwerk ist durch einen Klinker mit einer Scheibe x verbunden, welche um einen Winkel proportional zu $tang\ \alpha$ (α = der Durchschnittsausschlag des Zeigers der Boussole) gedreht wird, und deren Umdrehungen eine proportionale Messung von $t\,tg\,\alpha$ ergeben. Die Scheibe x wird mittelst Schnur

in Drehung versetzt. Diese Schnur wird angezogen durch einen Karren, welcher von dem bereits erwähnten Riemen in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt wird. Auf diesem Wege stösst der Karren auf den Zeiger und wird von letzterem aufgehalten. Der von dem Karren beschriebene Weg überträgt sich mittelst Schnur auf Scheibe x und von dieser auf das Zählwerk.

Zu Abschnitt VIa.

Edison's neuer elektromotorischer Messer. *(Siehe Seite 83.)* In dem letzten Meeting (September 1890) der »Edison Illuminating Companies« machte Mr. Kennelly folgende Mittheilung: Edison hat in jüngster Zeit eines seiner Patente auf mechanische Messer weiter ausgearbeitet. Dieses Instrument besteht aus einem empfindlichen kleinen Motor, dessen Anker sich schon zu drehen beginnt, sobald der Stromkreis einer einzigen Lampe geschlossen wird. Die Geschwindigkeit der Umdrehung nimmt zu, je mehr Lampen eingeschaltet werden, bis bei voller Belastung (20 Lampen) 600 Umdrehungen in der Minute erreicht werden. Ein mit der Ankerachse verbundenes Zählwerk trägt die Anzahl der Umdrehungen ein und giebt die Ablesungen in Lampenstunden.

Die Elektromagnete des Motors werden von einem Theilstrom durchflossen, während der Hauptstrom, wie im chemischen Messer, einen »Shunt« durchgeht und sich von dort zu den Ankerklemmen begibt. Der Spannungsverlust im »Shunt« macht bei voller Belastung $1^1/_2$ Volts aus.

Zu Abschnitt XII.

Der Verbrauchsmesser von **Korst** (Racine, Wisconsin, Amerika) beruht auf der Aenderung des Widerstandes in einem Accumulator, hervorgerufen durch dessen Ladung oder Entladung. Der Apparat besteht aus einem Zählwerk, welches durch eine Feder und ein Gewicht angetrieben wird. Eine von einem Elektromagneten bethätigte Klinke hemmt das Werk, so lange kein Strom den Apparat durchfliesst. Der Hauptstrom durchgeht einen »Shunt« aus Neusilber, von dessen beiden Klemmen ein dünner Draht abgezweigt ist, welcher zu einem Accumulator geht. Der abgezweigte Strom ladet den Accumulator so lange, bis dessen Potentialdifferenz eine derartige geworden ist, dass keine Ladung mehr stattfindet. Durch verschiedene automatische Vorrichtungen verzweigt sich nun der Entladungsstrom des Accumulators nach dem Stromkreise des als Hemmung benützten Elektromagneten, hebt dessen Wirkung auf, giebt das Zählwerk frei, worauf nach geschehener Registrirung der oben beschriebene Vorgang von Neuem statt hat. Die Anzahl der Registrirungen ist proportional zur Intensität des Stromes.

Zu Abschnitt XIII.

Ueber Sir **William Thomson's** neuen Elektricitätsmesser (Siehe Seite 173) finden wir noch folgende Beschreibung:*) Dieser Messer, welcher unlängst der British »Association« vorgezeigt wurde, gibt auf einem Zählwerke die Strommenge an, welche den Apparat durchgangen hat, und bildet zu gleicher Zeit einen Indicator, vermittelst welchem die jeweilige Stromstärke jeden gegebenen Moment von einer Scala abgelesen werden kann.

Der Indicator besteht aus einem leichten Aluminiumzeiger, welcher frei um eine horizontale Achse schwingen kann. Dieser Zeiger hat auf seinem oberen Ende eine flache feindrähtige Spule und an seinem unteren Ende ein Zählwerk. Dieser ganze Apparat ist auf Messerschneiden aufgehängt und der Strom wird der feindrähtigen Spule mittelst zwei Drahtspiralen zugeführt. Der Widerstand dieser Spule beträgt ungefähr 30 Ohms und ist mit einem Platinoid-Widerstande von 970 Ohms auf Spannung geschaltet. Der zu messende Hauptstrom geht durch eine fixe aus Kupferband hergestellte Spule, welche sich mit ihrer Ebene parallel zur Ebene der dünndrähtigen Spule befindet, sobald die letztere in Nullstellung ist.

Das Zählwerk besteht aus einem Rädergetriebe mit einem losen Rade auf der ersten Achse und aus einem sich drehenden Kamm oder Trommel, welche durch ein

*) Electrician, October 24, 1890.

mit Gegengewicht bethätigtes Uhrwerk in Umdrehung erhalten wird. Die Trommel dreht sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit, und sobald Strom im Apparat vorhanden ist, hebt die Trommel bei jeder Umdrehung das lose Rad auf der ersten Achse des Zählwerks empor, bringt das Rad in Umdrehung und registrirt also einmal ein. Die Trommel ist so gestaltet, dass ihre obere Schnittfläche eine schiefe Ebene repräsentirt, während die untere Grundfläche in der horizontalen Ebene liegt. Man mag sich diese Trommel als einen Cylinder vorstellen, dessen oberes Ende schief abgeschnitten worden ist. Die durch diesen Schnitt hervorgebrachte Curve der Mantelfläche ist gleich der Curve, welche sich aus dem Gesetz der Abstossung der feindrähtigen durch die fixe Spule ergibt. Die Trommel vollbringt in sechs Minuten eine Umdrehung.

Wenn kein Strom durch den Apparat geht, befindet sich der Zeiger auf dem Nullpunkt der Scala, die bewegliche Spule etwa einen Millimeter von der fixen Spule und das lose Rad des Zählwerkes in gar keinem Contact mit der Trommel. Wenn Strom durchgeht, wird die auf dem Zeiger befindliche feindrähtige Spule nach auswärts abgestossen und das auf dem Zeiger ebenfalls befindliche Zählwerk wird nach innen gegen die Trommel geschwungen. Die Stellung des Zeigers hängt von der Stromstärke ab. In dieser Stellung geht die Trommel an dem Zeiger vorüber, hebt das lose Rad des Zählwerkes empor und lässt das Rad einen kürzeren oder längeren Weg auf der Curve ihrer Schnittfläche beschreiben. Diesem Wege entsprechen die Einregistrirungen des Zählwerkes.

Der Mho-Stunden-Messer. Ueber denselben verlautet Folgendes:*) Dieses Instrument mit dem sonbaren Namen wird von Frager in Paris construirt. Die in einem Stromkreis von R Widerstand V Volts beanspruchende Kraft ist gleich V^2/R, und die diesem Producte integrale Zeit misst die Energie. Wenn V constant ist, hängt die Energie von der zu $^1/R$ integralen Zeit ab und es ist diese letztere Quantität, welche von dem Frager'schen Instrumente gemessen wird. Es ist schwer zu bestimmen, zu welchem Zwecke dieses Instrument eigentlich gebaut wurde. Wenn die Volts constant erhalten werden, kann die absorbirte Energie durch die Indicationen des Instruments erhalten werden, aber jeder gewöhnliche Coulombmesser würde für diesen Zweck genügen. Wenn aber die Volts variiren, wird der Coulombmeter, obwohl kein Instrument die gelieferte Energie misst, dennoch etwas leicht Verständliches anzeigen, während das neue Instrument eine unbekannte und von den Meisten unverstandene Quantität anzeigt. (»Mho«, das Anagramm von »Ohm«, ist ein von Sir William Thomson vorgeschlagener neuer Ausdruck, welcher das Umgekehrte von »Ohm« bedeutet, d. h. die Einheit der Leistungsfähigkeit.)

Zu Abschnitt XIV.

Wie wir aus einer uns neuestens zugegangenen Mittheilung ersehen, hat **Aubert** den besprochenen Mängeln abzuhelfen gesucht. Die hauptsächlichste Verbesserung besteht in der Ersetzung des Pendels durch einen an-

*) Electrician, Vol. XXV, Nr. 645.

deren Motor, so dass das Uhrwerk nicht mehr genau vertical eingestellt zu werden braucht, sondern in allen Lagen gut gehen kann. Der Apparat wird neuestens in zwei verschiedenen Serien hergestellt: Serie *A* mit Solenoïd, automatischem Umschalter und in allen Lagen gehendem Uhrwerk. Serie *B* mit einem Commutator verbundenes Uhrwerk, in allen Lagen gehend. Der Commutator wirkt mechanisch auf die Unruhe des Uhrwerkes, steht mit seinem Kopfe über der vorderen Seite der Büchse heraus und kann mit der Hand bewegt werden. Das Uhrwerk geht circa 380 Stunden und garantirt der Erzeuger die Regulirung der Zähler mit einer Maximalvariation von 15 Minuten auf 380 Stunden.

Interessant ist, was der Erzeuger zu Gunsten der Verbrauchszeitmesser anzuführen weiss. Sein Raisonnement ist folgendes: Der Verbrauchszeitmesser setzt die Beleuchtungsgesellschaften in den Stand, allen Nutzen aus den stets wachsenden Verbesserungen der Lampen zu ziehen. Die gegenwärtigen Glühlampen von 100 Volts brauchen einen Strom von 0·7 bis 0·8 Amp. Nehmen wir nun an, dass eine Lampe neuerer Construction 0·4 Amp. verbraucht, so zeigen die Quantitätsmesser für dieselbe Lampenzahl nur die Hälfte an. Dabei sind ja allerdings die Kosten für die Betriebskraft vermindert, aber die allgemeinen Spesen bleiben immer dieselben und somit hat in Wirklichkeit die Gesellschaft Verlust. Z. B. ein Abonnent bezahlt für die Stunde einer Lampe M. 0·09 und vertheilen wir diese Zahl wie folgt, in M. 0·03 für die motorische Kraft, M. 0·03 für Lampenersatz, M. 0·03 für allgemeine Spesen und Nutzen, so wird für den Fall, dass man die 0·8 Amp.-Lampe durch

eine 0·4 ersetzt, der Quantitätszähler nur noch die Hälfte anzeigen, der Abonnent M. 0·045 bezahlen, bleibt also M. 0·015 für motorische Kraft, 0·03 für die Lampe und 0·000 für allgemeine Spesen.

Wir unsererseits können nicht einsehen, warum gerade der Stromabnehmer nicht auch von den Verbesserungen und Fortschritten in der Fabrikation der Lampen profitiren soll. Ein auf solch engherzige Anschauungen basirendes Instrument wird nie zu allgemeinem Gebrauche kommen.

Das Glühlicht

sein Wesen und seine Erfordernisse.

Erfahrungen

über

Herstellung, Dauer und Leuchtkraft der Lampen, Berechnung und Ausführung der Anlagen, praktische Lichtvertheilung im Raume und ausserordentliche Betriebsverhältnisse.

Von

Etienne de Fodor.

Ingenieur der Société Électrique Edison in Paris.

Mit 119 Abbildungen.

15 Bogen. Octav. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.
Eleg. gebdn 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Das Bestreben des Verfassers dieses Buches war es, damit ein selbstständiges Ganzes des Glühlichtwesens zu schaffen, in dem vorzugsweise Neues und Originelles enthalten sein sollte. Wir finden daher auch in seinem Werke wenig Citate und wenig Entlehntes; die Behandlung des Stoffes, die Schreibweise und die meisten Illustrationen sind durchwegs originell und leichfasslich. Das Werk beginnt mit den Motoren, und ist das betreffende Capitel besonders den Gas- und hydraulischen Motoren gewidmet, da die Dampfmotoren in anderen Werken zur Genüge beschrieben wurden. Auf die Leitungen übergehend, finden wir Neues und Interessantes über die unterirdischen Leitungen; im Capitel über die Dynamo sind besonders die Schaltungs-Schemata, sowie das über die Isolation der einzelnen Dynamotheile Gesagte, was den Fachmann fesseln dürfte. Vollständig neu sind die Erfahrungen über die Ladungserscheinungen an den Leitern und an den Lichthältern, über Stromverluste in der Dynamo, über das Mehrleitersystem und über das Arbeitscentrum im Kohlenbügel. Besonders praktischen Werth besitzen die Angaben über Lichtvertheilung im Raume mit zahlreichen ausführlichen Beispielen, ferner die Formeln zur Berechnung des Querschnittes der Leiter und Sicherheitsvorrichtungen. Ganz neu sind ebenfalls die Regeln zur Montage einer Glühlichtanlage, ferner die Angaben zur Construction von Lichthältern für industrielle Zwecke. Der Verlasser, welcher seine Ausbildung von dem Erfinder des Glühlichtes und von dessen unmittelbaren Mitarbeitern erhalten und zahlreiche Glühlichtanlagen auf dem Continente ausgeführt, hat sich bestrebt, blos praktische Erfahrungen mitzutheilen, und selbe dürften in heutiger Zeit besonders willfährige und freundliche Aufnahme finden.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.