

Zur Theorie der Fernsprechleitungen.

Von Dr. V. Wietlisbach in Bern.

(Schluss.)

B. Leitungen mit grosser Selbstinduktion.

Wir wenden uns jetzt zu einer Leitung ohne Kapazität aber mit grosser Selbstinduktion. die letztere wirkt wie eine elektromotorische Kraft. Nach dem Gesetze von Neumann ist dieselbe proportional der Selbstinduktion P und der Änderung der Stromstärke J und es lautet daher das Ohm'sche Gesetz

$$E - P \frac{dJ}{dt} = J \cdot W.$$

Hat nun die elektromotorische Kraft die Form einer harmonischen Welle $E = A \cos 2\pi nA$, so ist die Stromstärke

$$3. \quad J = \frac{A}{P \sqrt{1 + \left(\frac{W}{2\pi n P}\right)^2}} \cos(2\pi nA + \delta).$$

Der Wert P setzt sich aus zwei Teilen zusammen; aus der Selbstinduktion der eingeschalteten Apparate p und der Selbstinduktion der Leitung q .

Die Selbstinduktion der Apparate bestimmt sich aus der Form der Spulen und namentlich aus der Form und Grösse des Eisenkernes. Sie muss immer durch Versuche ermittelt werden.

Die Selbstinduktion des Leitungsdrahtes von der Länge l und dem Radius r ist

$$q = 2l \left(\ln \frac{2l}{r} - 0,75 \right).$$

Es ist nun zu beachten, dass nach den Versuchen von Hughes und den theoretischen Ergebnissen von Maxwell und Rayleigh*) sowohl der Widerstand W als die Selbstinduktion q für harmonische Schwingungen von der Geschwindigkeit der Stromwellen abhängt, und zwar wird für wachsende Schwingungszahl der Widerstand grösser und die Selbstinduktion kleiner. Ist μ die Magnetisirungskonstante und ρ der Widerstand der Länge 1 , so ergeben die Formeln von Rayleigh, wenn $\frac{\mu^2 n^2 \pi^2}{\rho^2} < 1$ für den scheinbaren Widerstand

$$W^1 = W \left[1 + \frac{1}{3} \frac{\mu^2 n^2 \pi^2}{\rho^2} \right]$$

*) Phil. May p. 381, May 1886.

und für die scheinbare Selbstinduktion

$$lq^1 = l \left(q + \mu \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{12} \frac{\mu^2 n^2 \pi^2}{\rho^2} \right] \right).$$

Ist dagegen $\frac{\mu^2 n^2 \pi^2}{\rho^2} > 1$, so wird der scheinbare Widerstand $W^1 = l \sqrt{\pi n \mu \rho}$ und die scheinbare Selbstinduktion

$$lq^1 = l \left[q + \sqrt{\frac{\mu \rho}{4 \pi n}} \right]$$

Bei der telephonischen Uebertragung kommen in der Regel nur die letzteren Werte in Betracht. Setzen wir diese in die Formel für J ein, so erhalten wir

$$4. \quad J = \frac{A}{[p + l(q + \alpha)] \sqrt{1 + \frac{\alpha^2 l^2}{[p + l(q + \alpha)]^2} \cos(2\pi nt + \delta)},$$

wenn $\alpha = \sqrt{\frac{\mu \rho}{4 \pi n}}$.

Die Grösse α enthält die Schwingungszahl n und es ist daher auch J eine Funktion derselben. Die Abhängigkeit ist der Art, dass mit wachsendem n die Stromstärke ebenfalls grösser wird. Die relative Intensität der einzelnen Partialtöne wird daher verändert, und die Grösse dieser Änderung wird durch den Widerstand und die Selbstinduktion der Apparate und der Leitung gemäss obiger Formel bedingt. Um einen Einblick in die Natur dieses Einflusses zu erhalten wollen wir die Formel auf eine Leitung von 300 km Länge anwenden, welche das eine Mal aus einem Kupferdraht von 2 mm Durchmesser, das andere Mal aus einem Eisendrahte von 5 mm Durchmesser bestehen soll, so dass beide Leitungen einen gleichgrossen elektrischen Widerstand darbieten. Die Magnetisirungskonstante μ ist für Kupfer gleich 1 zu setzen; die Angaben für ihren Wert beim Eisen sind noch sehr unbestimmt. Nach den letzten Messungen von Rayleigh scheint er ungefähr 100 zu sein.

Die Selbstinduktion der eingeschalteten Apparate beträgt unter den gewöhnlichen Verhältnissen ungefähr $1 \cdot 10^9 \text{ cm} = 1 \text{ W}$.

Für den Kupferdraht ist $q = 37,4$; $\alpha = 66 \sqrt{\frac{1}{n}}$
 und für den Eisendraht $q = 35,6$; $\alpha = 660 \sqrt{\frac{1}{n}}$

Die relativen Intensitäten der Partialtöne für die verschiedenen Schwingungszahlen ergeben folgende Werte für $A = 1$:

Schwingungszahlen	100	500	1000	10 000
Kupfer	0,0043	0,0044	0,0044	0,0044
Eisen	0,0022	0,0036	0,0032	0,0043

Während sich beim Kupferdraht die Intensität für Töne mit 100 bis 1000 Schwingungen per Sekunde um kaum 2 Proz. ändert, wächst sie beim Eisendraht um 50 Proz. Durch Vergrößerung der Selbstinduktion p der Apparate kann der Einfluss der Schwingungszahl reduziert werden; im gleichen Masse wird aber dabei die Schallwirkung abgeschwächt. Es empfiehlt sich daher für längere Leitungen immer Kupferdraht anzuwenden, wobei der Einfluss der Schwingungszahl unmerklich wird. Die Erfahrung steht mit obigen Resultaten im Einklang. Nach der deutschen Verkehrszeitung*) ist die Verständigung auf der Eisenleitung Berlin-Hannover (Länge 340 km) schwierig, und nur von speziell ausgerüsteten Stationen aus möglich, andererseits wurde auf einem Kupferdrahte zwischen New-York und Chicago (Länge 1500 km) von Rysselberghe und anderen mit den gewöhnlichen Apparaten eine gute Übertragung erzielt.

Zur Vermeidung der gegenseitigen Induktion einzelner parallel laufender Drähte werden die Luftlinien oft in Schleifen gelegt, so dass die einzelne Leitung aus zwei unmittelbar nebeneinander liegenden Drähten besteht, welche vom Strom hintereinander in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden. Es ist leicht, auch für diesen Fall die maßgebenden Formeln aufzustellen. Zu der Selbstinduktion der Leitung, welche sich wegen der zweifachen Länge des Drahtes verdoppelt, tritt noch die gegenseitige Induktion der beiden Schleifenhälften. Da der Strom in denselben die umgekehrte Richtung hat, so wirken Selbstinduktion und gegenseitige Induktion einander entgegen. Bedeutet d den Abstand der beiden Schleifendrähte, so ist die gegenseitige Induktion

$$Q = l \left[4 \ln \frac{d}{r} + \mu \right]$$

und es wird die gesamte Induktion des Drahtes

$$P = p + l \left[4 \ln \frac{2l}{r} - 3 + 2 \sqrt{\frac{\mu \rho}{4 \pi n}} - 4 \ln \frac{d}{r} - \mu \right]$$

$$= p + l \left(4 \ln \frac{2l}{d} - 3 - \mu \left[1 - \sqrt{\frac{\rho}{4 \pi n \mu}} \right] \right)$$

und die Stromstärke

$$5. \quad i = \frac{A}{P \sqrt{1 + \frac{l^2 \mu \rho}{\pi n P^2}}} \cos(2 \pi n t + \delta).$$

Die relativen Intensitäten für verschiedene Schwingungszahlen werden in einer Leitung von 300 km Länge unter den oben angegebenen Verhältnissen

Schwingungszahlen	100	500	1000	10 000
Kupfer	0,00381	0,00407	0,00415	0,00430
Eisen	0,0024	0,0053	0,0071	0,0030

Eine Schleifenleitung mit Eisendraht ist also noch viel schlechter, als eine einfache Leitung. So ist nach dem oben erwähnten Berichte von Preece eine Verständigung auf der Eisenschleife London-Liverpool nur bis auf eine Distanz von 160 km möglich, während auf den Kupferschleifen Paris-Bruxelles (200 km), New-York-Boston (600 km) das Sprechen verhältnismäßig leicht vor sich geht.

Im allgemeinen besitzt nun jede Leitung sowohl Kapazität als Selbstinduktion und es werden dadurch die oben erhaltenen Resultate beeinflusst. Man kann auch diesen Fall auf dem Wege der Rechnung wenigstens annähernd verfolgen. Wenn der Einfluss der Kapazität vorherrschend ist, so kann man die Formel 1 benutzen, in welcher man aber für den Widerstand den Nenner aus Formel 3 einführt. Ist umgekehrt die Selbstinduktion überwiegend so benutzt man Formel 3 und führt für die Selbstinduktion die Größe $P - \frac{1}{(2 \pi n C)^2}$ ein.

Solche Berechnungen müssen aber mit großer Vorsicht ausgeführt werden, da in denselben zwei Größen, die Selbstinduktion und die Kapazität mit einander verglichen werden, deren Wirkungen grundsätzlich von einander verschieden sind. Die Selbstinduktion pflanzt sich mit der Geschwindigkeit des Lichtes über die ganze Leitung fort, die durch sie hervorgerufenen Stromvariationen machen sich zu gleicher Zeit in allen Punkten der Leitung fühlbar, und die Stromstärke ist daher im gleichen Zeitmomente auf der ganzen Leitung dieselbe. Die Kapazität dagegen wirkt nur an

*) Jan. 87, p. 37; ebenso Archiv f. Post u. Telegraph.

denjenigen Punkten der Leitung, an welchen die nötigen Bedingungen vorhanden sind. Die durch sie hervorgerufene Stromvariation pflanzt sich nicht über die Leitung fort, sondern bleibt auf die betreffende Stelle eingegrenzt. Es wird infolge dessen die Stromstärke nicht in allen Punkten der Leitung dieselben Werte haben, sondern je nach der Verteilung der Kapazität auf die verschiedenen Teile des Drahtes im gleichen Zeitmomente ganz abweichende Werte annehmen können.

Da die Kapazität die tiefen Töne verhältnismäßig verstärkt, die Selbstinduktion sie dagegen schwächt, so läßt sich durch Kombination beider eine Leitung herstellen, bei welcher die Deformation näherungsweise aufgehoben wird. Auf einer solchen Leitung muß sich die Klangfarbe unverändert erhalten, und es kann sich nur eine gleichförmige Schwächung aller Wellen geltend machen. Eine aus Kupfer bestehende Luftleitung scheint diese Bedingung sehr nahe zu erfüllen. Man sieht hieraus, daß es nur für Kabel mit großer Kapazität einen Sinn hat, die Länge, auf welche eine Übertragung möglich ist, durch das Produkt $C \cdot W$ zu bestimmen. Für andere Leitungen, auf welchen sich auch die Selbstinduktion geltend machen kann, verliert diese Größe ihre Bedeutung vollständig. Das Wesentliche, was man wissen muß, ist die Änderung der Stromstärke wenn die Schwingungszahl variiert, also die Größe

$$6. \quad \Delta = \left(\frac{d i}{d n} \right) : i.$$

Dieser Wert muß innerhalb eines gewissen Gebietes von n , welches von dem Umfang der sprechenden Stimme abhängt, etwa zwischen $n = 100$ und 1000 eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Aus meiner Untersuchung über die Telephonkabel möchte ich schließen, daß dieser Wert kleiner als $0,02$ bleiben müsse. Ist diese Grenze einmal bekannt, so kann mit Hilfe der Rechnung leicht bestimmt werden, bis zu welcher Länge eine Leitung noch eine gute Übertragung gestatte. Da die Wirkungen der Kapazität und der Selbstinduktion einander bis zu einem gewissen Grade kompensieren, so wird für eine gemischte Leitung der Einfluß der Kapazität wie der Selbstinduktion einzeln größer ausfallen können als in einer einfachen Leitung.

Bestimmt man zusammengehörige Werte der Kapazität und der Selbstinduktion, welche eine gute Übertragung noch gestatten, und konstruiert mit diesen Größen als Koordinaten eine Kurve, so erhält man ungefähr die Form eines Ellipsenbogens.

Die Erfahrung, welche man mit den sogenannten künstlichen Kabeln beim Gegensprechen auf Unterseekabeln gemacht hat, zeigen, daß es nicht genügt, einen gewissen Widerstand und eine gewisse Kapazität zusammenzustellen, um einen gewünschten Effekt zu erhalten, sondern daß dabei noch die Verteilung dieser elektrischen Eigenschaften über das Kabel hin eine wesentliche Rolle spiele. Ähnlich wird bei einer genauen Theorie der Telephonleitungen die Verteilung der Kapazität, der Selbstinduktion und des Widerstandes einen wichtigen Einfluß ausüben, und zu berücksichtigen sein, doch bieten die einfachsten Fälle immer die für die Technik günstigsten Verhältnisse dar.

Das Hauptergebnis der bisherigen Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß die vollkommenste Leitung ein einfacher Luftkupferdraht ist, die schlechteste aber eine einfache Kabelader mit großer Kapazität oder eine Schleife aus Eisendraht. Für die technische Verwendung vereinigt eine Schleife aus Kupferdraht die meisten Vorteile. Die Übertragung durch dieselbe ist beinahe ebenso vollkommen, wie auf einem einfachen Kupferdrahte, daneben ist aber die Einschaltung von Kabeln, welche ja in besonderen Fällen notwendig werden kann, bis zu einer beträchtlichen Länge nicht ausgeschlossen. So besteht die Schleifenlinie zwischen New-York und Philadelphia aus 150 km offenem Kupferdraht und 10 km Kabel der Verkehr auf dieser Linie soll sich ebensowohl abwickeln wie auf den Anschlußleitungen in den einzelnen Städten.

Neben der Möglichkeit Kabel in die Leitung einzuschalten, spricht aber noch ein anderer wichtiger Grund zu Gunsten der Schleifen, welcher in der fast gänzlichen Vermeidung der durch fremde elektrische Störungen verursachten Induktionserscheinungen liegt. Allerdings ist die Schleife aus Kupferdraht die teuerste Leitung und die Erfahrung muß zeigen, ob die Bau- und Unterhaltungskosten in Einklang mit dem Nutzen einer solchen Anlage stehen, dies um so mehr, als nur die vorzüglichsten Isolatoren und die sorgfältigste Besorgung die Isolation bleibend auf einer solchen Höhe erhalten können, wie sie die Fernsprechtechnik für lange Linien fordern muß, und es bildet überhaupt die Aufrechterhaltung der Isolation gegenwärtig das schwierigste Problem für die Fernsprechtechnik auf lange Distanzen, indem die in der Telegraphie gebräuchliche Isolation bei einigermaßen feuchtem Wetter sich sehr bald als unzureichend erweist. Sollte sich mit der Zeit ein all-

gemeines Bedürfnis nach Fernsprechleitungen auf weite Distanzen geltend machen, so kann ein solches Netz nur dann zweckmäßig ausgenutzt werden, wenn auch die Sprechstellen der einzelnen Teilnehmer, welche miteinander verbunden werden sollen, diesen Leitungen angepaßt werden. Um die Schleifen mit den bestehenden Einrichtungen benutzen zu können, verbindet man gegenwärtig zuweilen die Schleifen durch einen Übertrager oder Translator mit den einfachen Teilnehmerleitungen. Da aber die Übertragung immer mit einer Deformation und starken Schwächung verbunden ist, so muß dieses Hilfsmittel prinzipiell verworfen werden, wenn es sich darum handelt, möglichst weite Entfernungen zu überwinden.

In diesem Falle muß der Anschluß der Sprechstellen an die Vermittlungsämter mit zwei Drähten erfolgen, und die Apparate müssen der größeren Distanz entsprechend eine kräftige Lautwirkung gestatten. Offenbar ist eine solche Umgestaltung für diejenigen Teilnehmer, welche nur im Weichbild der Stadt zu sprechen wünschen, überflüssig. Es stellt sich daher die Frage, ob alle Teilnehmerstationen in obigem Sinne umgestaltet werden sollen, oder nur diejenigen, welche beabsichtigen, die langen Linien häufig zu benutzen. Wenn ein Netz vorzugsweise oberirdisch angelegt ist, so wird es kaum möglich sein, jeder Sprechstelle zwei Drähte zuzuführen, da die Dächer und das Gestänge zu stark belastet werden müßten. Man wird also in diesem Falle nur die speziell sich meldenden Teil-

nehmer hiermit ausrüsten. Dieses Vorgehen wird gegenwärtig in Amerika, namentlich in New-York und Philadelphia angewendet, und sofern es die Apparate betrifft, vom Deutschen Reichspostamte für die auf der Linie Berlin-Hannover eingeschalteten Netze.

In großen Städten dagegen, in welchen der vorwiegende Teil der Anlage mit Kabeln ausgeführt ist, empfiehlt es sich, jede Sprechstelle in Schleife zu legen. Man erreicht dabei zwei große Vorteile; einmal wird die Anlage, namentlich auch auf der Umschaltstation, einheitlich; dann ist, wie wir oben gesehen haben, die Übertragung durch Kabel in Schleifenhaltung wesentlich besser als durch einfache Kabeladern. Die Anlagekosten für eine einfache induktionsfreie Ader und für eine Schleife sind zudem ungefähr gleichgroß. Solcher Netze giebt es gegenwärtig in Paris, Ostende, Newcastle on Tyne, Brescia. Der Nutzen der Schleifenschaltung tritt bei diesen vereinzelt Netzen nicht hervor, da der Hauptvorteil eben in der Leichtigkeit des Sprechens auf weite Distanzen liegt. Es werden jedenfalls noch mehrere Jahre verfließen, bis dieses System sich allgemein Bahn gebrochen hat, und bei den größeren Telephonanlagen die Regel bilden wird. Aber es wird nur auf dieser Grundlage eine rationelle Entwicklung des Fernsprechens auf weite Distanzen möglich sein, wobei die Erfahrung entscheiden muß, bis zu welchem Umfange solche Einrichtungen einem wirklichen Bedürfnis neben dem Telegraphen genügen können.

Einfluss der Ankerströme auf das magnetische Feld einer Dynamomaschine.

Aus der Wiener Zeitschrift für Elektrotechnik entnehmen wir eine Mitteilung von F. v. Dobrzynski über den Einfluss der Ankerströme auf das magnetische Feld einer Dynamomaschine. Die elektromotorische Kraft einer Dynamomaschine ist bekanntlich*):

$$E = 4 z N F n \dots \dots \dots (1)$$

wo z die Zahl der während einer Vierteldrehung durch eine Windungsfläche F gehenden Kraftlinien, N die Zahl der um die Armatur geschlungenen Windungen und n die Tourenzahl per Sekunde bedeutet.

Die Zahl z der Kraftlinien kann auch als der wirksame Magnetismus oder die Intensität des magnetischen Feldes der in Thätigkeit gesetzten Dynamomaschine bezeichnet werden. Diese Intensität des Feldes setzt sich aber aus zwei Komponenten zusammen, aus der der Elektromagnete und der der Armatur.

Wenn der Anker nicht magnetisch erregt würde, so befänden sich die neutralen Querschnitte A und A_1 (Fig. 1) um je 90 Grad von dem Nord- und Südpol

des Schenkelmagnets entfernt; an eben diesen Stellen müssten denn auch die Schleifbürsten angelegt werden. Durch die magnetische Erregung des Ankerkernes aber, durch die „Ankerströme“, wird die Lage der neutralen Querschnitte in der Richtung der Ankerrotation verschoben und es müssen deshalb auch die Schleifbürsten um einen gewissen Winkel α gedreht werden, wenn man die stärkste Stromwirkung erhalten will.

Die Wirkung auf den Anker ist eine doppelte: die beiden Pole S und N der Elektromagnete rufen bei A_2 einen Nord- und bei A_6 einen Südpol im Armaturkern hervor; dagegen erzeugen sowohl die Solenoidströme in der oberen Wickelungshälfte $A_2 A_4$, als die in der unteren Wickelungshälfte $A_6 A_4$, bei A einen Südpol und bei A_1 einen Nordpol, wie an der Richtung der Solenoidströme sofort erkannt wird. Diese Wirkungen kombinieren sich derart, dass der Nordpol im Anker, welcher ohne die Solenoidströme bei A_2 aufgetreten wäre, sich um eine gewisse Strecke von A_2 nach A_4 hin verschiebt, während

*) Elektrotechnische Rundschau, Maiheft (V), 1887.

umgekehrt der Südpol um ebensoviel von A_3 nach A rückt.

Der Schenkel- und der Ankermagnetismus ergeben nun eine Resultierende, welche auf der Verbindungslinie derjenigen Punkte des Ankers bezw. Kollektors senkrecht steht, an welche die Schleifbürsten angelegt werden müssen, um die stärkste Wirkung zu erhalten. Es sei A_2O (Fig. 2) die Richtung der von den Polen der Elektromagnetschenkel ausgehenden Kraftlinien und BB' die Verbindungslinie der Stellen, wo die Schleifbürsten den Anker bezw. Kollektor berühren

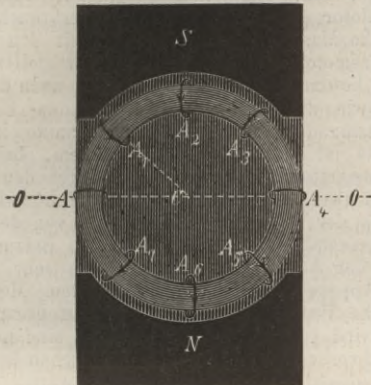


Fig. 1.

müssen, um die stärkste Wirkung zu erhalten; ferner A_4OB' der Winkel α , um welchen die Schleifbürsten gegen AA_4 gedreht sind; dann muss die Resultierende Z aus der Intensität Z_m des magnetischen Feldes der Elektromagnetschenkel und der Z_a des Ankers auf BB' senkrecht stehen. Konstruiert man nun über $A_2O = Z_m$ einen Halbkreis, so giebt der Punkt C' , wo die auf BB' Senkrechte OC' den Halbkreis trifft, den Ort an, wo sich der Nordpol des Ankers befindet. Ferner ist $OC'' \parallel A_2C'$ die Intensität Z_a der Ankerströme.

Hieraus folgt sofort:

$$Z_a = Z_m \cdot \sin \alpha \dots \dots \dots (2)$$

Ferner ist, da $Z = OC'$:

$$Z^2 = Z_m^2 + Z_a^2 - 2 Z_m \cdot Z_a \cdot \sin \alpha.$$

Außerdem:

$$Z = \sqrt{Z_m^2 - Z_a^2} \dots \dots \dots (3)$$

und

$$Z = Z_m \cos \alpha \dots \dots \dots (4)$$

Aus (1) und (4) erhält man:

$$E = 4 Z_m N F n \cos \alpha \dots \dots \dots (5)$$

Durch den Einfluss der Ankerströme wird also der wirksame Magnetismus und damit auch die elektromotorische Kraft im Verhältnis von $\cos \alpha : 1$ vermindert.

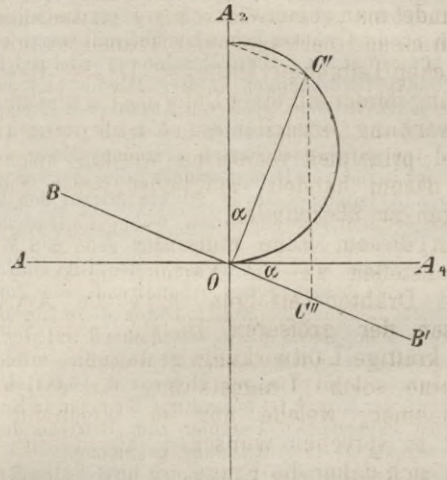


Fig. 2.

v. Dobrzynski führt folgendes Beispiel an:

Durch Messung hat man gefunden:

$$E = 70 \text{ Volt und } \alpha = 37 \text{ Grad,}$$

also ist:

$$\cos \alpha = 0,8 \text{ und } \frac{E}{\cos \alpha} = 87,5 \text{ Volt.}$$

Die elektromotorische Kraft wird also durch den Einfluss der Ankerströme um

$$100 \left(1 - \frac{70}{87,5}\right) = 100 (1 - \cos \alpha) = 20 \text{ Proz.}$$

herabgemindert.

Krebs.

Die Motoren der Dynamomaschinen mit besonderem Bezug auf den Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen.

Die zur Erzeugung des elektrischen Lichtes benutzten Dynamomaschinen bedürfen für ihren Betrieb eines mechanischen Motors, zu dessen Bewegung ein Wasserfälle oder Wärme dienen kann. Als Wassermotoren wird man am zweckmäßigsten Turbinen benutzen, weil diese mit entsprechend hohen Umdrehungszahlen laufen, so daß es für den genannten Zweck keiner zu großen Geschwindigkeitsübersetzung bedarf. Dieser Hinweis muß hier genügen, denn eine nähere Besprechung der Turbinen würde zu weit führen. Wir haben uns deshalb mit einer kurzen Betrachtung der Wärmemotoren zu begnügen, von denen wiederum nur die Dampfmaschine und die Gasmaschine einschließlich der Petroleum- und Benzinmotoren ins Auge zu fassen sind.

Im allgemeinen ist für den Betrieb der Dynamomaschinen ein sehr gleichmäßiger und rasch umlaufender Motor nötig, außerdem wird man aber auch einen möglichst ökonomisch arbeitenden Motor wählen müssen, um

das elektrische Licht für den Wettbewerb mit dem Gaslichte billig herzustellen. Häufig wird die Umdrehung des Motors auf die Dynamomaschine mittels Riemen übertragen, nicht selten ist aber auch der direkte Betrieb der Raumersparnis und Vereinfachung der Einrichtung wegen vorzuziehen; in letzterem Falle muß selbstverständlich der Motor mit derselben Umlaufzahl wie die Dynamomaschine arbeiten und demgemäß mit Bezug auf die gewöhnlichen Dynamomaschinen eine sehr hohe Umlaufzahl haben, wenn man nicht vorzieht, Dynamomaschinen mit möglichst niedriger Umlaufzahl anzuwenden, bei deren Herstellung eine gute Ausnutzung des magnetischen Feldes und eine sparsame Drahtbewicklung des Ankers geboten ist.

Was zuerst die Dampfmaschine anbelangt, so wird man für größeren Betrieb stets der sogenannten Kompoundmaschine ihres äußerst sparsamen Dampfverbrauches wegen den Vorzug geben. Für direkten Betrieb ist aber

eine gedrängte Bauart und rasche Umlaufzahl die Hauptsache. Mit Rücksicht hierauf sind besondere Dampfmaschinentypen entstanden, die aus drei oder auch vier einfach wirkenden, an einer Welle unter verschiedenen Winkeln angreifenden Arbeitszylindern bestehen. Ein sehr gebräuchlicher Typus dieser Art ist die mit drei, unter 120 Grad im Kreise angeordneten Zylindern versehene Brotherhoodmaschine. Für denselben Zweck wurde neuerdings von der Firma Clarke, Chapmann & Co. zu Guteshead-on-Tyne der Parson'sche Turbo-Electric-Motor gebaut, der seiner eigentümlichen Anordnung und ungeheuer hohen Umlaufzahl wegen einiges Aufsehen erregt hat. Diese Maschine arbeitet mit 10,000 bis 20,000 Umdrehungen in der Minute und ist mit Erfolg schon in einer größeren Anzahl von Exemplaren für elektrische Lichtmaschinen in Betrieb gesetzt worden. Dieser vom Engländer Parson erfundene Motor besteht aus einer Reihe von Dampfmaschinen, die in zwei gleichwertigen Abteilungen zu je 20 bis 30 auf den beiden Hälften der Betriebswelle sitzen, wobei die Durchmesser dieser Turbinen von der Wellenmitte nach den Wellenenden zu größer sind, so daß der in der Mitte eintretende Dampf, nach beiden Seiten expandierend, die Turbinen in gleicher Richtung umdreht. Durch diese Einrichtung kann der Dampfdruck nicht verschiebend auf die Welle wirken und deren Umdrehung wird wesentlich erleichtert. Ein derartiger 11pferdiger Motor mit 10,000 Umdrehungen in der Minute ist neuerdings für einen in England gebauten chinesischen Dampfer zum Betriebe der Beleuchtungsanlage in Anwendung gekommen.

Eine wesentliche Vereinfachung im direkten Betriebe von Dynamomaschinen hat die Firma Siemens & Halske mit ihrer neuen, sehr leichten und ökonomisch arbeitenden Innenpolmaschine (für Gleichstrom) dadurch erreicht, daß der vierschenkliche kreuzförmige Elektromagnet am Dampfmaschinenlager befestigt und der diesen Magnet umfließende leichte, mit einer einfachen Drahtlage bewickelte Ankerring auf das vorstehende Ende der Dampfmaschinenwelle aufgesteckt wird.

Neben der Dampfmaschine hat die Gasmaschine eine hervorragende Bedeutung für den Betrieb der elektrischen Lichtmaschinen dadurch erlangt, daß sie die Umwandlung der dem Leuchtgase innewohnenden Energie in elektrische Wirkung vermittelt und dadurch einen sehr bequemen Übergang von der Gasbeleuchtung zur elektrischen Beleuchtung gestattet. Somit wird durch die Gasmaschine der großartigste Fortschritt in der Beleuchtungstechnik wesentlich erleichtert.

Die Gasmaschine hat ihre hauptsächlichste Verbesserung im Wirkungsprinzip durch die Einführung der Kompression der Gasladung als Vorbereitung zur Entzündung erfahren. Als der beste und gegenwärtig gebräuchlichste Typus der Gasmaschinen haben diejenigen zu gelten, bei den sich nach der Kompression die Verbrennung des explosiblen Gasgemisches bei konstantem Volumen vollzieht, eine Betriebsweise, welche zuerst von Barnett im Jahre 1838 in Vorschlag gebracht wurde, deren praktische Benutzung aber erst durch den Otto'schen Gasmotor in befriedigender Weise gelungen ist. Andere Gasmaschinenkonstruktoren haben alsdann denselben Weg betreten. Um eine Vereinfachung in der Konstruktion zu erhalten, und in der irrigen Ansicht, es sei am besten, die Gasmaschine in der Wirkungsweise der Dampfmaschine möglichst ähnlich zu machen, unterliefs man aber nach Barnett's Vorgange wiederum die Kompression, wie dies in den alten Lenoir'schen und Hugon'schen Gasmaschinen der Fall war, in denen die Ladung unter Atmosphärendruck aufgenommen und alsdann bei konstantem Volumen verbrannt wurde. Neuerdings hat jedoch Lenoir ebenfalls bei seiner

Gasmaschine die Kompression zur Wirkung gebracht und überhaupt die Einrichtung ähnlich wie bei dem Otto'schen Gasmotor getroffen, indem er den Cylinder nicht mehr doppelt wirkend, sondern einfach wirkend herstellt, wodurch die Überhitzung der Zylinderwand und des Kolbens leichter vermieden und überhaupt eine bessere Wärmeausnutzung herbeigeführt werden kann.

Es ist Lenoir dadurch gelungen, wie Tresca durch Versuche nachgewiesen hat, bei einem zweipferdigen Gasmotor den Gasverbrauch für die Pferdestärke und Stunde auf 712,5 Liter herabzubringen, während sein älterer Motor über das Dreifache verbrauchte. Die Lenoir'sche Maschine würde sich damit den neuesten besten Gasmotoren ebenbürtig zur Seite stellen.

Von besonderer Bedeutung sind die nach demselben Prinzip wie die Gasmotoren arbeitenden Petroleum- und Benzinmotoren, in denen sogenannte karburirte Luft, das ist Luft, die mit flüchtigem, brennbarem Kohlenwasserstoffe gesättigt und dadurch dem Leuchtgase gleichwertig gemacht ist, verbrannt wird. Die Benutzung der Gasmotoren wird somit von der Anlage einer Gasanstalt unabhängig gemacht, indem zur Erzeugung der karburirten Luft nur ein sehr einfacher kleiner Apparat nötig ist, der mit dem Motor ohne wesentliche Vergrößerung oder Zusammensetzung verbunden wird. Diese Petroleummotoren sind neuerdings bedeutend verbessert und für den praktischen Betrieb geeignet gemacht worden. Der gegenwärtig von der Pariser Firma Mignon und Rouert gebaute Lenoir'sche Petroleum-Motor verbraucht nach Tresca's Versuchen für die stündliche Pferdestärke nur 2,7 Liter sogenanntes Petroleumnaphtha, ein dem Benzin ähnlicher Brennstoff. Die berühmte Deutzer Gasmotorenfabrik liefert gleichfalls einen ihrer ausgezeichneten Gasmaschine ganz ähnlich eingerichteten, ökonomisch und sicher arbeitenden Benzin-Gasmotor mit Flammzündung, während bei dem Lenoir'schen Motor die alte etwas umständlichere elektrische Zündung angewendet wird; ebenso arbeitet der Spiel'sche Benzin-Motor und der Benz'sche Gasmotor mit elektrischer Zündung.

Ein Gasmotor von ganz eigentümlicher Konstruktion und Wirkungsweise ist die vom Engländer Atkinson erfundene Differenzial-Gasmaschine, welche mit zwei Kolben in einem beiderseits offenen Zylinder arbeitet. Beide Kolben sind durch Kniehebel mit dem Kurbelzapfen verbunden und arbeiten derartig, daß sie das zwischen sich aufgenommene Gas komprimieren und nach der bei gleich bleibendem Volumen erfolgten Entzündung rasch auseinander fahren, um die Expansionswirkung auf die Welle zu übertragen. Gegenwärtig hat Atkinson diese Maschinen noch dadurch wesentlich vereinfacht, daß er einen einerseits geschlossenen Zylinder mit nur einem Kolben benutzt; dieser Kolben läßt bei einer Kurbelumdrehung den vollständigen Kreisprozess zu stande kommen, wozu der Otto'sche Gasmotor bekanntlich zwei Umdrehungen benutzt. Mit diesem Motor soll der außerordentlich hohe Wirkungsgrad von 0,9 bei Maximalbelastung und von 0,88 in normalen Betriebe erreicht worden sein, während bisher die besten Gasmotoren nur höchstens 75 Proz. der verfügbaren Wärme in effektive äußere Arbeit umwandelten.

Innerhalb eines Jahrzehntes hat die Deutzer Gasmotorenfabrik über 20000 ihrer Maschinen mit einer Gesamtleistung von mehr als 60000 Pferdestärken, von $\frac{1}{3}$ bis zu 1000 Pferdestärken Einzelleistung geliefert. Nachdem aber durch teilweise Aufhebung ihres Patentes der Wettbewerb auch anderen Firmen auf diesem Gebiete ermöglicht worden ist, haben sich die Gebrüder Körting in Hannover, Buß, Sombart & Co. in Friedrichstadt-

Magdeburg, die Münchener Maschinenfabrik mit dem Bau des Adam'schen Gasmotors und andere durch neue, verbesserte Konstruktionen hervorgerichtet, wodurch die Gasmaschinen einfacher, leistungsfähiger und billiger

geworden sind, so daß dieselben nunmehr mit der Dampfmaschine insbesondere auf dem Felde des elektrischen Lichtbetriebes vollständig konkurrenzfähig auftreten.
Th. Schwartz.

Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnzügen.

I.

Schon seit mehreren Jahren wurde der Lösung der Aufgabe, einen Eisenbahnzug während der Fahrt elektrisch zu beleuchten, große Aufmerksamkeit geschenkt.

Nachdem in neuester Zeit der Zusammenstoß zweier Züge bei Wannsee gezeigt hat, daß bei solchen Vorfällen die Explosion des mitgeführten Gases eintreten kann und von entsetzlichen Folgen ist, wird der Frage der elektrischen Zugbeleuchtung jedenfalls erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Die einfachste Lösung dieses Problems erscheint mit Rücksicht darauf, daß die Lokomotive leicht im Stande ist, den nötigen Dampf zum Betriebe eines passenden Motors für die Dynamomaschine herzugeben, durch die Aufstellung eines besonderen Motors nebst Dynamomaschine auf der Lokomotive selbst oder im Wagen hinter der Lokomotive gegeben zu sein, da es alsdann möglich wird, bei jeder Fahrgeschwindigkeit sowie beim Stillstand des Zuges die Beleuchtung in regelmäßigem Gang zu erhalten.

Sobald jedoch die zeitweise Abtrennung der Lokomotive erfolgt, muß der Betrieb ausgesetzt werden. Es lag nun nahe, für diesen letzteren Fall die fortgesetzte Speisung der Lampen durch Akkumulatoren zu bewirken, welche im Gepäckwagen oder in den einzelnen Personenwagen aufgestellt sind und ihre aufgespeicherte elektrische Energie beim Abtrennen der Lokomotive den Lampen zuzuführen.

Die Ausführung der Zugbeleuchtung in beschriebener Art ist mehrfach versucht worden, jedoch blieb der Mißstand bestehen, daß durch Versagen des Dampfmotors die Beleuchtung sofort gefährdet werden konnte, was neben der Möglichkeit, daß die Dynamomaschine auch versagte, eine zweite Störungsquelle abgab. Außerdem besteht die Schwierigkeit, für den Dampfmotor im Gepäckwagen Dampfleitungsrohre mit dampfdichten Kuppelungen herzustellen. Es mußte deshalb zu einer anderen Lösung der Frage geschritten werden, die eine möglichst unabhängige und sichere Aufrechterhaltung des Betriebes für jeden einzelnen Wagen gewährleistet.

In scheinbar einfachster Weise würde dies bewirkt werden können durch Unterbringung eines genügenden Satzes geladener Akkumulatoren in jedem Wagen, die an passend gelegenen Stationen durch frisch geladene ersetzt werden können. Einer solchen Einrichtung stehen weniger technische Bedenken als finanzielle Schwierigkeiten gegenüber, die durch die Notwendigkeit, Ladestationen mit maschinellen Anlagen zum Laden anzulegen, sowie auf den Ladestationen einen erheblichen Vorrat von Akkumulatoren zu halten, hervorgerufen werden.

Es bleibt daher für die Durchführung einer praktischen und wirtschaftlichen Zugbeleuchtung nur übrig, die lebendige Kraft des rollenden Zuges einerseits zur Bewegung einer Dynamomaschine zu benutzen und andererseits Vorkehrungen zu treffen, daß bei langsamer Fahrt, wenn die Dynamomaschine nicht mehr die notwendige Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht bzw. bei Stillstand, die Lampen von Akkumulatoren aus zu speisen, zu deren Ladung während der Fahrt die Dynamomaschine selbst mitwirkt. Dann ist es sogar, falls in jedem

Wagen ein Satz Akkumulatoren sich befindet, möglich, den Zug ohne Störung der Beleuchtung zeitweise behufs des Rangierens von Wagen zu trennen.

Dieses System schließt den Vorteil in sich, daß sich für den Betrieb der Dynamomaschine eine wirtschaftliche Benützung der von der Lokomotive erzeugten Kraft ergibt, und daß, sobald der Zug sich im Gefälle befindet, überhaupt keine durch Verbrennung von Kohlen erzeugte Kraft für die Dynamomaschine verbraucht wird.

Für das Funktionieren der Dynamomaschine während der Fahrt ergeben sich bei der genannten Betriebsart folgende Bedingungen:

1. durch mechanische Vorrichtungen wird, sobald die Geschwindigkeit des Zuges ein bestimmtes Minimum überschreitet, eine konstante Umdrehungsgeschwindigkeit der Dynamomaschine, also stets gleiche Spannung erhalten,

oder

2. die Spannung der Dynamomaschine, deren Drehungsgeschwindigkeit der Zuggeschwindigkeit proportional wächst, wird auf elektrischem Wege reguliert.

Beide Betriebsarten, unter passender Mitbenützung von Akkumulatoren, sind in praktischer und sinnreicher Weise auf deutschen Bahnen ausgeführt, die erstere nach Angabe der Herren Telegraphen Inspektor Löbbecke (Frankfurt) und Maschineninspektor Oestreich (Fulda), die zweite von der Elektrotechnischen Fabrik Cannstatt, welche auch das System Löbbecke-Oestreich zwischen Immendingen-Stuttgart verwendet hat. Das erstere ist außerdem längere Zeit auf einem Versuchszuge zwischen Frankfurt und Fulda in Betrieb gewesen.

Wir geben zunächst eine Beschreibung dieses Systems.

1. System Löbbecke-Oestreich.*

In einem Gepäckwagen befinden sich die Dynamomaschine und die Akkumulatoren. Zur Verbindung der Wagen untereinander dienen besonders isolierte Kabel, welche zum Schutz gegen Beschädigungen mit Leder umhüllt sind. Dieselben endigen in Schlüsseln, die beim Zusammensetzen des Zuges vom Zugpersonal gekuppelt und beim Trennen der Wagen gelöst werden. Die Kuppelung ist so eingerichtet, daß sie, falls das Personal beim Trennen der Wagen die Lösung vergißt, beim Anziehen nicht reißt, sondern sich aushängt.

Innerhalb der Wagen bestehen die Leitungen aus gut isoliertem Kupferdraht, welcher durch Deckleisten geschützt wird. Die Akkumulatoren werden vor der Fahrt geladen eingesetzt. Nachdem der Zug rangiert ist, werden dieselben vor der Abfahrt in den Stromkreis eingeschaltet.

* Es muss bemerkt werden, dass diese interessante Einrichtung, obschon solche schon vor längerer Zeit praktisch durchgeführt ist, bisher noch in keiner elektrotechnischen Zeitschrift eingehend berücksichtigt wurde. Die vorliegenden Angaben sind im wesentlichen einem von Herren Prof. Dietrich im Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin im Oktober 1886 gehaltenen Vortrage entnommen worden, ebenso die Figuren.

Wie das Schema Fig. 1 zeigt, geben die Akkumulatoren AA an die Glühlampen G den notwendigen Strom ab. Die Dynamomaschine D bildet mit einem Widerstande W einen besonderen Stromkreis.

Bei langsamer Fahrt ändert sich das Verhältnis nicht, so lange die Geschwindigkeit nicht 30 km in der Stunde übersteigt. Erst dann tritt eine Änderung ein und es stellt sich der Stromlauf Fig. 2 her, nach welchem nunmehr die Dynamomaschine in den Lampenstromkreis eingeschaltet ist.

Wie aus den Figuren 3 und 4 hervorgeht, sitzt auf der Axe des Gepäckwagens eine Riemenscheibe A, von welcher aus durch einen Riemen die konische Trommel B angetrieben wird (Fig. 3). Diese Trommel

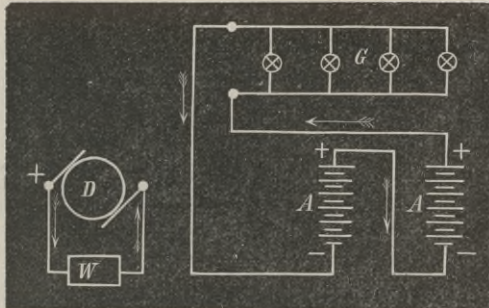


Fig. 1.

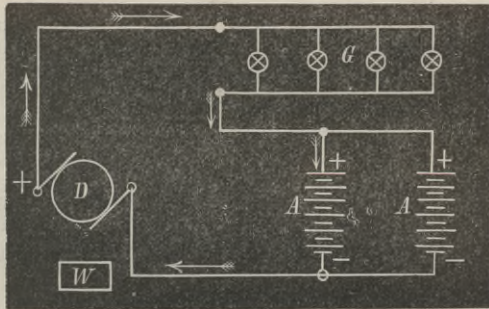


Fig. 2.

teilt einer zweiten konischen Trommel B₁ ihre Bewegung mittels eines zweiten Riemens mit.

Auf der Axe der Trommel B₁ sitzt das sog. Wechselgetriebe C (Fig. 3). Dasselbe besteht, wie Figur 5 zeigt, aus zwei konischen Rädern, welche unter sich starr miteinander verbunden sind, aber sich auf der Axe P der konischen Trommel B₁ auf einer Schraubenspindel hin und her schieben lassen.

Je nachdem nun der Zug vorwärts oder rückwärts fährt bzw. je nachdem der Wagen in einen Zug eingestellt ist und die Axe verschiedene Bewegungsrichtungen hat wird das an der Rotation teilnehmende starre Wechselgetriebe auf der Schraubenspindel sich verschieben, sodafs bald das Rad r, bald r₁ mit einem auf der Axe D (Figur 4 und 5) sitzenden Kegelrade K in Verbindung tritt. Dadurch wird bewirkt, dafs sich die Welle D unabhängig von der Richtung des Zuges oder der Stellung des Wagens im Zuge stets in demselben Sinne dreht und damit auch die Dynamomaschine M (Fig. 4), welche durch Vermittelung des Vorgeleges E (Figur 4) durch den Riemen T angetrieben wird, dieselbe Bewegungsrichtung beibehält.

Wie aus Fig. 4 ersichtlich, wird von der Axe D auch ein Zentrifugalregulator angetrieben. Durch dessen Spiel werden entweder die Friktionskonus op oder o p₁

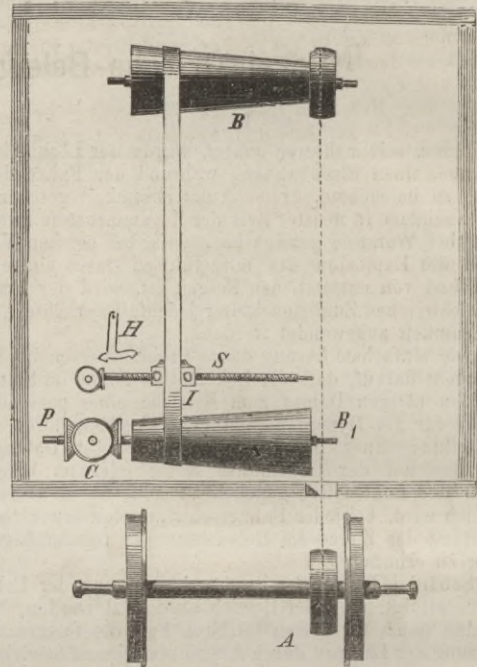


Fig. 3.

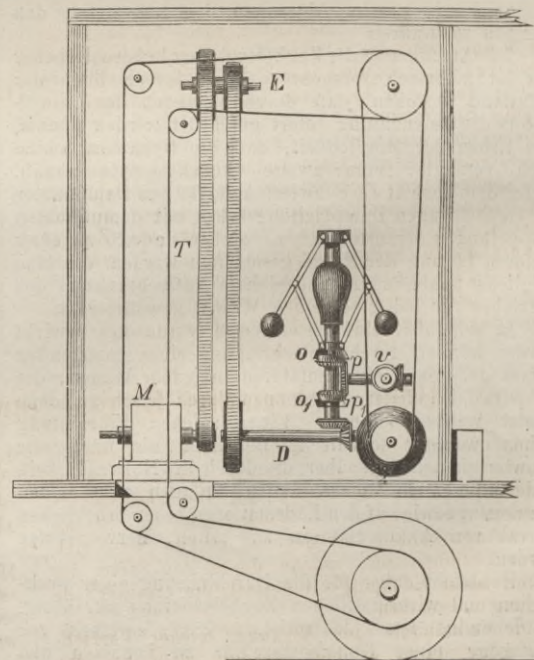


Fig. 4.

in Bewegung gesetzt, je nachdem die Drehungsgeschwindigkeit kleiner oder größer ist, sodafs sich die Axe v und damit die Leitspindel S (Fig. 3) rechts oder links herumdreht. Die Verschiebung der Vorrichtung J auf der Spindel

(Fig. 3) bewirkt aber eine Verschiebung des Riemens auf den Trommeln B und B₁ und zwar stets so, daß normale Geschwindigkeit der Trommel B₁ und des Zentrifugalregulators entsteht. Die Einrichtung ist nun derart angeordnet, daß bei einer Zuggeschwindigkeit, welche nicht 30 km in der Stunde erreicht, der Riemenlenker J an den Hebel H stößt und solchen mitnimmt (Fig. 3 und 6).

Mit dem Hebel H steht die Vorrichtung in Verbindung, welche das An- und Abschalten der Dynamomaschine von den Akkumulatoren bewirkt (Fig. 6). Der Vorgang während des Umschaltens ist folgender:

Sinkt die Geschwindigkeit unter 30 km, so stößt der Riemenlenker J bei seiner Verschiebung an den Hebel H. Durch dessen Drehung wird die Spiralfeder F zusammengedrückt, zugleich aber wird in Folge der Drehung des Hebels H die Stange P etwas nach rechts gedrückt. Sobald in Folge der Verschiebung der Sperrhaken K (welcher an Q sitzend mit diesem

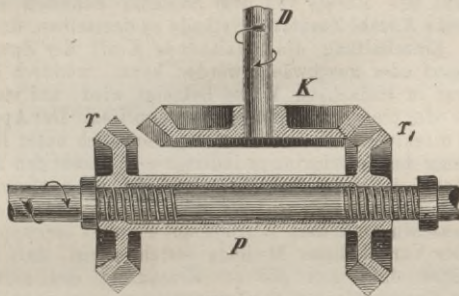


Fig. 5.

festliegenden Stück der Bewegung nicht folgen kann) von dem unterliegenden, am Gestänge P sitzenden Kegel abgeschoben ist, hebt die Feder F die Stange plötzlich in die Höhe und wird in dieser Lage durch den auf q gleitenden Sperrhaken K₁ festgehalten. Durch die Aufwärtsbewegung wird der Umschalter U verschoben, so daß die Schleiffedern ss auf andere Kontaktflächen zu liegen kommen und zwar in die punktiert gezeichneten Lagen. Dann ist die Maschine ausgeschaltet, nur die Akkumulatoren wirken allein. Nimmt die Zuggeschwindigkeit zu, so daß der Riemenlenker J, welcher nunmehr rechts vom Hebel H steht, sich nach links bewegt, so senkt sich der mit der Feder F in Verbindung stehende Arm des Hebels H, das Gestänge P wird

etwas nach links gedrückt, wodurch der Sperrhaken K₁ von seiner Unterlage q abgedrückt wird, das Gewicht G schiebt das Gestänge plötzlich abwärts, der Haken K gleitet auf seine Unterlage, so daß wieder die in der Figur gezeichnete Stellung erreicht wird, damit auch der Umschalter die Dynamomaschine einschaltet hat und die Letztere wieder Lampen und Akkumulatoren speist.

Für den Fall, daß der Strom der Maschine plötzlich unterbrochen wird, läßt der Elektromagnet E, welcher in einem Zweigstromkreis liegt, seinen Anker A los, der durch die Feder f abwärts gezogen wird. Die

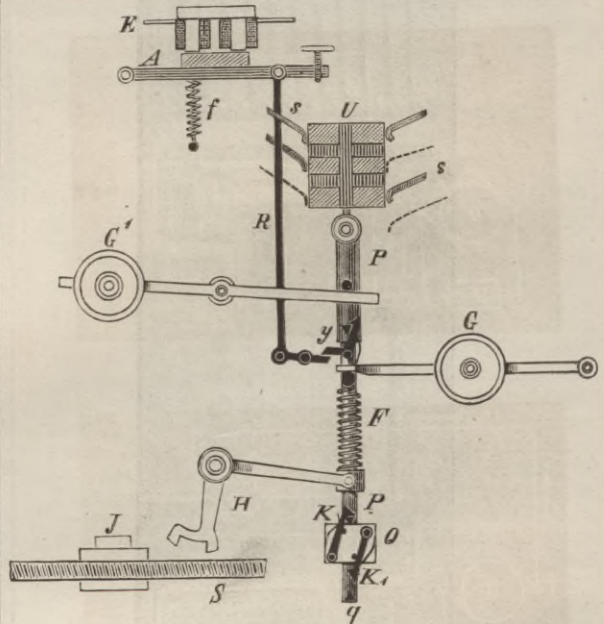


Fig. 6.

Stange R senkt sich, das Hebelende derselben wirft die auf einem Sperrkegel durch eine seitliche Feder angedrückte Klinke y von ihrer Unterlage ab und nun hebt das Gewicht G¹ den Umschalter für sich, ohne das Gestänge, wodurch die Maschine ausgeschaltet und die Akkumulatoren eingeschaltet werden.

Grawinkel.

Über elektrische Strom- und Spannungsregulatoren.

Um die regelmäßige Thätigkeit von Dynamomaschinen gegen Einflüsse, welche entweder durch Unregelmäßigkeiten im Gange der Betriebsmaschine oder durch Änderungen des Widerstandes im Stromkreise bedingt werden, zu sichern, wendet man vielfach Vorrichtungen an, welche durch den Strom der Maschine selbst in Thätigkeit gesetzt, die erforderliche Regulierung vornehmen.

Zum Verständnis der Wirkung solcher Vorrichtungen möge daran erinnert werden, daß bei den Dynamomaschinen mit veränderter Umdrehungsgeschwindigkeit bei gleichbleibendem äußeren Widerstande auch in bestimmtem Grade die Klemmenspannung und Stromstärke anwachsen bzw. abnehmen.

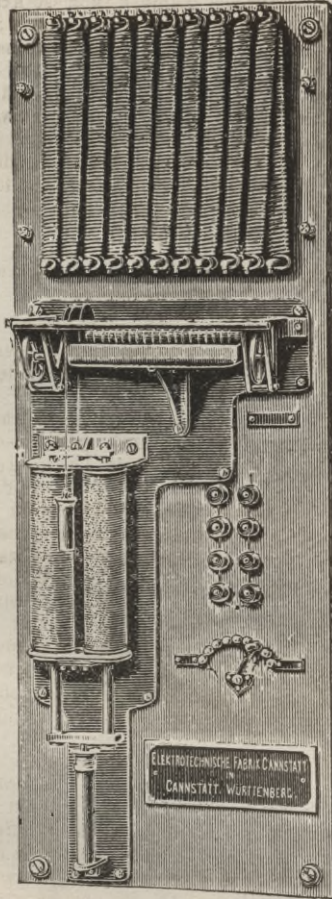
Wenn die Geschwindigkeit konstant bleibt, dagegen der äußere Widerstand wächst, so sinkt z. B.

bei der Nebenschlussmaschine der Strom, sobald der Widerstand einen gewissen Wert übersteigt, während die Klemmenspannung zunimmt, aber in geringerem Maße, als die Stromstärke abnimmt.

Maschinen mit gemischter Wicklung (sog. Compound-Maschinen) für konstante Klemmenspannung, wie solche sehr häufig zum Betriebe von Beleuchtungsanlagen verwendet werden, haben die Eigenschaft, daß auch bei wechselndem äußeren Widerstande, die Klemmenspannung konstant bleibt. Da aber infolge Veränderungen des Widerstandes (wechselnde Lampenzahl) die Belastung der Betriebsmaschine sich ändert, so treten auch bei diesen Maschinen Änderungen der Klemmenspannung ein, weil die Drehungsgeschwindigkeit der Betriebsmaschine nicht dieselbe bleibt.

Selbst bei konstanter Tourenzahl wird durch das

allmähliche Warmwerden der Drahtlagen während des Betriebs die Wirkung der gemischten Wickelung der Magnete stets etwas gestört. Für einen regelmäßigen Betrieb von Dynamomaschinen sind daher Korrektionswiderstände nötig, die entweder durch den Betriebsleiter oder automatisch eingeschaltet werden müssen.



Die Regulirwiderstände liegen bei den Nebenschluss- und den Maschinen mit gemischter Wickelung im Nebenschluss der Magnetwicklung. In vorstehen-

der Figur ist ein Spannungsregulator abgebildet, wie solcher von der Elektrotechnischen Fabrik Cannstatt verwendet wird (Patent angemeldet). Derselbe besteht aus einer Anzahl Widerstandsspiralen, deren Enden in Quecksilbergefäßen enden. Über diesen Gefäßen liegt eine Metallaxe, welche an ihrem Umfange eine entsprechende Anzahl gegeneinander versetzter Schaufeln trägt.

Unter der Axe befindet sich ein Doppelsolenoid von hohem Widerstande, welches zur Hauptleitung parallel geschaltet ist. Dieses Solenoid zieht zwei Eisenkerne je nach der Wirkung des Stromes mehr oder weniger an. Die auf- und absteigende Bewegung der Kerne wird benutzt, um durch Schnurübertragung der Axe eine Bewegung zu erteilen. Das in Folge der Axendrehung eintretende Ein- und Austausch der Schaufeln in und aus den Quecksilbergefäßen bewirkt das Ein- und Ausschalten der Widerstände in recht präziser Weise, da durch Friktionsrollenlagerung der Axe die Reibungsarbeit auf das äußerste Minimum beschränkt ist. Rechts von dem Solenoid befinden sich noch eine Anzahl Zusatzwiderstände zu demselben, durch deren Einschaltung die anziehende Kraft der Spulen gesteigert oder geschwächt werden kann, wodurch der Apparat in einfachster Weise befähigt wird, auf etwas höhere oder niedere Spannung einzuregulieren. Der Apparat ist direktwirkend, er läßt sich jedoch auch unter Beibehaltung des Grundprinzips indirekt — d. h. auf den Regulirmechanismus des Betriebsmotors wirkend, ausführen.

Letztere Anwendung wird man wählen, wenn die Lichtmaschine mit dem Betriebsmotor direkt verkuppelt ist. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß die Maschinen dann nur die zur Erzeugung des gerade nötigen Stroms erforderliche Tourenzahl zu machen haben, wodurch die Abnutzung der arbeitenden Teile vermindert wird.

Wenn aber eine Betriebsmaschine mit gleicher Geschwindigkeit laufen muß, ihre Touren jedoch periodischen Schwankungen unterliegen, weil sie außer der Lichtmaschine noch andere Arbeitsmaschinen zu treiben hat, so muß die Spannung der Dynamomaschine stets durch direkte Regulierung des Widerstandes des Magnetstromkreises korrigiert werden. Die Anschaffungskosten eines automatischen Spannungsregulators, der den Betrieb von der Zuverlässigkeit eines Wärters unabhängig macht, lohnt sich in allen Fällen bald durch Ersparnis an Beleuchtungskörpern, welche durch deren nachlässige Regulierung stärker in Anspruch genommen werden.

H. Voigt.

Die Fabrikation der Glühlampe.

Von R. Scharfhausen.

Vielleicht kein Teil der Elektrotechnik bietet so viel Interesse und ist zugleich so wenig bekannt, wie die Fabrikation der Glühlampe.

Der mächtige Aufschwung, welchen die elektrische Beleuchtung im Laufe der letzten Jahre zu verzeichnen hat, ist fast lediglich der Glühlampe und der durch sie ermöglichten weitgehenden Teilung des Lichtes zu verdanken.

Dabei giebt es kaum einen einfacheren Apparat als die Glühlampe; sie besteht lediglich aus einem Stück Kohle, welches in einem evacuirten Glasgefäß eingeschlossen ist. Wir werden im nachfolgenden eine eingehende Beschreibung sämtlicher Stadien, welche die Glühlampe bis zu ihrer Fertigstellung zu durchlaufen

hat, bringen und folgen hierbei einer Reihe von Artikeln, welche J. Swinburne im *Electrician* veröffentlichte.

Der Gedanke, einen dünnen im Vacuum befindlichen Kohlekörper zu Beleuchtungszwecken zu benutzen, ist fast ein halbes Jahrhundert alt. Die erste Erwähnung dieses Gedankens scheint im *Courier Belge* im Jahre 1836 zu suchen zu sein, welche Lomjet in den *Comptes Rendus* 1846 anführt.

„Nous voulons parler de l'incandescence de charbon produite dans le vide au moyen d'une pile voltaïque.“ Kurze Zeit darauf hat dann de Changy die Sache aufgenommen. Es entspricht nicht dem Zwecke der vorliegenden Arbeit, eingehend die Geschichte der Glühlampe zu geben, da dieser Gegenstand schon früher in

der Rundschau ausführlich behandelt wurde. Wir beginnen daher gleich mit der

Zubereitung der Kohle.

Die erste Haupteigenschaft einer für die Glühlampe zu verwendenden Kohle, ist ihre Haltbarkeit bei hohen Temperaturen im Vacuum, die zweite, daß sie leicht herzustellen ist, und die dritte, daß sie in jeder Stärke, von jeder Oberfläche und von jedem Widerstand gemacht werden kann. Der am schwierigsten zu erfüllende Punkt ist nun nicht, wie man anzunehmen geneigt sein könnte, der erste, sondern der dritte. Es wäre daher durchaus falsch, wollte man nach einigen günstigen Versuchen mit einer neuen Lampe glauben, daß nun nichts weiter nöthig sei als die Anfertigung im Großen. Der Erfinder, welcher mit einer neuen Kohlenfaser in einigen Dutzend Lampen Versuche angestellt hat, hat seine Arbeit daher bei weitem nicht beendet, sondern erst den Anfang gemacht, da nun erst Verfahren zur Herstellung der Kohle in großem Mafse, mit der erforderlichen Gleichförmigkeit anzustellen sind.

Die verschiedenen zur Verwendung gezogenen Kohlen lassen sich wie folgt einteilen:

- Retortenkohle oder Kohlenniederschlag aus Kohlenwasserstoffen mittels Wärme.
- Karbonisirtes Papier, Bambus etc.
- Karbonisirtes Amyloid
- Karbonisirte Seide, Darmseiten etc.
- Chemische Niederschläge.

Retorten Kohle.

Die ersten Experimentatoren auf diesem Gebiete benutzten Retortenkohle in Form von dünnen Streifen. Abgesehen von der Schwierigkeit der Herstellung, hat diese Kohle einen sehr verschiedenen Widerstand; die erforderliche Gleichförmigkeit ist daher mit diesem Material nicht zu erzielen. Kohlenniederschläge, welche durch die Zersetzung von Oel, Alkohol oder ähnlichen Körpern erhalten werden, scheinen nur eine allotrope Modification desselben Elementes zu sein. Erhitzt man Holzkohle sehr stark, so nimmt sie dieselben, oder doch fast dieselben Eigenschaften an, welche die Kohlenniederschläge zeigen. Die hauptsächlichsten dieser Eigenschaften sind:

- hohe elektrische und calorische Leitungsfähigkeit,
- Härte, Unverbrennlichkeit, außer bei sehr hohen Temperaturen, und Unfähigkeit viel Gas zu okkludiren.

Die Crutolampe, die hervorragendste Vertreterin dieser Gattung, wird durch elektrisches Erhitzen eines sehr feinen Platindrahtes in einer Atmosphäre von Kohlenwasserstoffen erhalten. Dieser Prozeß ist darum

so schwierig, weil der Draht, um einen guten Kohlenniederschlag zu erhalten, bis nahe seinem Schmelzpunkt erhitzt werden muß. Ein Hauptfehler der so erhaltenen Kohle ist der geringe Widerstand; ein Kohlebügel für eine Lampe von 100 V. muß also schon sehr lang und dünn gemacht werden; zwei Punkte, die nicht ohne Einfluß auf die Lebensdauer sein werden. Für hohe Spannungen eignet sich diese Art Kohle also nicht gut, um so besser dagegen für niedere Spannungen, d. h. für Lampen, welche hintereinander geschaltet werden sollen.

Messrs. Boulon, Probert und Soward stellen die Kohle dadurch her, daß sie in einer Kohlenwasserstoff-Atmosphäre, zwischen Metallspitzen Funken überspringen lassen und die Spitzen nach Mafgabe des Wachsens des entstehenden Kohlefadens von einander entfernen. Das gleiche Verfahren wendet neuerdings A. Bernstein in London an.

Vegetabilische Kohle von organischer Struktur.

Zu dieser Gruppe gehören die Bügel, welche aus karbonisirtem Papier, Bambus, verschiedenen Gräsern, Wurzeln, Holz, Baumwolle oder Leinenfäden hergestellt werden.

Es ist klar, daß eine Kohle, welche aus einem Bündel einzelner Fasern, daß mit einem Wort alle Kohlen dieser Gruppe, anderen, homogenen Kohlen bedeutend unterlegen sein werden. In der That werden auch viele Kohlen dieser Gruppe vor dem Karbonisiren „pergamentisirt“, d. h. in amorphe Substanz von gleicher prozentualer Zusammensetzung wie Cellulose übergeführt; denn je gleichförmiger die Masse eines Kohlefadens ist, um so größer wird seine Lebensdauer sein.

Karbonisirtes Papier wurde zuerst benutzt; die Bügel der Lampen von Sawyer, Edison, Maxim u. a. m. bestanden aus dieser Kohle. Maxim karbonisirte das Papier in Gegenwart von Kohlenwasserstoffen und regulirte den Widerstand durch nachheriges Glühen in diesen Dämpfen.

Edison benutzte Bambusfasern, welche durch Specialmaschinen geschnitten wurden. Neuerdings hat er, durch schlechte Erfahrungen mit diesen Lampen veranlaßt, andere Fabrikationsweisen ergriffen.

Swinburn suchte dadurch homogene Kohlen zu erhalten, daß er die Poren von Papier und Baumwollfäden durch Imprägniren mit Gummiarten, Dextrin, Stärke etc. versetzte. Versuche in dieser Richtung waren von keinem Erfolg begleitet; dagegen zeigten sich Anilinfarben und besonders Fuchsin als sehr geeignet. Lampen mit Bügeln aus so imprägnirtem Papier zeigten große Dauerhaftigkeit. (Fortsetzung folgt.)

Kleine Mitteilungen.

Internationale Ausstellung in Brüssel. Ein internationaler Wettstreit für Industrie, Wissenschaft und Kunst wird im Jahre 1888 unter dem Protektorate S. M. des Königs der Belgier in Brüssel stattfinden. Die Ausstellung ist auf dem Terrain der nationalen Ausstellung von 1880 geplant und soll aus 50 Spezial-Ausstellungen unter der Direktion des von der Regierung ernannten Kommissars, Grafen d'Oultremonte, bestehen. Die Bauten, welche später zu einem Museum verwendet werden sollen, sind bereits in Angriff genommen und werden zum 1. Februar 1888 beendet sein. Das von der Belgischen Regierung mit erheblichen Mitteln geplante Unternehmen wird von der Stadt Brüssel durch Über-

nahme eines Garantiefonds von 250 000 fres. lebhaft unterstützt. Die Einladungen zur Beteiligung werden bereits von dem General-Kommissar der Regierung versandt.

Ein ausserordentlich heftiger Blitzschlag wurde am 7. April in Schoren bei Langenthal, Kanton Bern, beobachtet, welcher eine Pappel traf, diese vollständig zerstörte und dabei in einer Umgebung von mehreren 100 m Zerstörungen anrichtete; ähnlich denjenigen wie sie durch eine heftige Pulverexplosion erzeugt werden. Die getroffene Pappel war ein gesunder Baum von 20 m Höhe und circa ein Meter Durchmesser; sie stand inmitten des etwa 35—40 Häuser zählenden Dorfes Schoren und überragte alle Gebäude, wie die in der

Nähe zahlreich vorhandenen Obstbäume. Ein Wald mit Nadelholz liegt in südwestlicher Richtung 500 m entfernt. Die Pappel stand am Rande eines kleinen Baches, ferner befinden sich in unmittelbarer Nähe Ziehbrunnen, so daß die Wurzeln der Pappel immer in feuchtem Boden lagen.

Durch den Blitz wurde die Pappel in zwei Teile zerrissen; der eine, etwa $\frac{1}{3}$ des ganzen Baumes ausmachend, blieb am Wurzelstock hängen und wurde gegen das Dach eines benachbarten Hauses geworfen, wobei fast alle Ziegel zertrümmert und Fensterladen losgerissen wurden; der Wurzelstock wurde teilweise aus dem Boden gehoben. Der andere Teil der Pappel wurde in viele Stücke zerrissen, die bis zu 50 kg Gewicht hatten, über Häuser und Bäume hinweg 100 m und weiter fortgeschleudert und teilweise 30 cm tief in den Boden hineingetrieben wurden. Ein in ca. 20 m Entfernung gelegenes Schindeldach wurde ganz mit Splintern bedeckt; zwei Äste, so dick wie ein Arm, waren in das Dach hineingetrieben und dasselbe war so vielfach durchlöchert, wie wenn es eine Konnade hätte aushalten müssen. Die ganze Umgebung des Platzes bis auf einen Umkreis von 50 m war mit einer Unzahl größerer und kleinerer Holzstücke dicht besät. Fast allen Häusern des Dorfes wurden Fensterscheiben

zerstört; in einem Stall wurde die Thüre eingedrückt und eine Zwischenwand umgeworfen.

Selbst in Langenthal, ungefähr 1 km entfernt, machte sich eine so starke Erschütterung bemerkbar, daß mehrere Personen an ein Erdbeben glaubten. In einem Hause in Langenthal sprangen 8 Fensterscheiben. Vor dem Blitzschlag regnete es nicht, erst nachher ergoß es sich in gewaltigen Strömen. Nach dem Blitzschlag bemerkten die Augenzeugen einen starken Ozongeruch (Schwefelgeruch); auch wollten einige derselben eine starke Ausbreitung des Feuers am Boden bemerkt haben (wahrscheinlich in Folge der Blendung.) Von Verkohlung zeigte sich nirgends eine Spur.

Dasselbe Gewitter entsendete noch weitere gefährliche Blitze. 4 km von dieser Pappel wurde ein Kirschbaum auf offenem Felde in ähnlicher Weise zerstört. Ein anderer Blitzschlag traf ein Haus und setzte dasselbe in Flammen, so daß es in kurzer Zeit vollständig niederbrannte. Eine merkwürdige Eigentümlichkeit dieses Gewitters sehe ich darin, daß es während desselben nicht regnete, erst nachher fiel ein kurzer Regen. In diesem Umstande mag ein Grund gesucht werden für die heftigen Wirkungen der Entladungen, deren Ausströmen in die Erde durch die Trockenheit erschwert war. Wi.

Neue Bücher und Flugschriften.

(Die der Redaktion zugehenden neuen litterarischen Erscheinungen werden hier aufgeführt und allmählich zur Besprechung gebracht.)

Julius Weifs, Die Galvanoplastik. Ausführliches Lehrbuch der galvanoplastischen Praxis nach den neuesten theoretischen Grundsätzen und praktischen

Erfahrungen. Dritte völlig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Mit 48 Abbild. Wien. A. Hartleben's Verlag.

Bücherbesprechungen.

Hoh, Prof. Dr. Theodor, Elektrizität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Wien, A. Hartleben's Verlag. Bd. XXXVII der elektrotechnischen Bibliothek. Preis 3 Mk.

Der Verfasser behandelt in vorliegender Schrift die elektrischen und magnetischen Kräfte der Erde und des Weltraums in übersichtlicher Weise. Entsprechend der ganzen Anlage der elektrotechnischen Bibliothek ist von mathematischer Behandlung im wesentlichen abgesehen, doch ruht die Darstellung auf streng wissenschaftlicher Grundlage. Das erste Kapitel behandelt den Magnetismus der Erdrinde (Magnetnadel, magnetische Polarität der Erde u. s. w.), das zweite die tellurische Elektrizität (Erdströme, Elektrizität der Luft und der Wolken, Ozon, Helenenfeuer, Blitz

und Donner, Ausbreitung und Bedeutung der Gewitter) und das dritte die kosmische Elektrizität (Sonnenelektrizität u. s. w.). Die neueren Forschungen sind überall berücksichtigt, nur vermischen wir die Theorie von Fuchsland über die Entstehung der Luft- und Gewitterelektrizität. — Einzelnes ist wohl umfangreicher erörtert, als dem Rahmen des Buches zu entsprechen scheint, wie das Ozon. Im ganzen aber enthält das Buch eine von großer Belesenheit zeugende, treffliche Behandlung des ziemlich schwierigen Themas, schwierig, da noch so gar Manches unaufgeklärt ist. Recht interessant sind die Kapitel über die Erdströme und die kosmische Elektrizität, sehr ausführlich und gründlich dargestellt ist das über Luft- und Gewitterelektrizität.

Frankfurt a. M.

Prof. Dr. Krebs.

Patentanmeldungen.

12. Mai. Neuerung in den Mitteln zum Anzeigen und Regulieren des elektrischen Potentials in Elektrizitäts-Verteilungssystemen. J. W. Howell in New-Brunswick. U. S.
 — Neuerung im Verfahren zur Herstellung von Isolierungsmaterial für elektrische Leitungsdrähte. R. Schefbauer in Dresden.
 18. Mai. Umschaltung von Fernsprechapparaten. C. Cornelius Gould und W. Smith in Batavia.
 — Elektropneumatische Registratur für Orgeln. Brüder E. und W. Bramer und Fr. Drexler in Wien.
 23. Mai. Neuerung an Telegraphen-Klopfern. Gebrüder H. A. House in Bridgepost.
 — Elektropneumatik für Orgeln. Brüder E. und W. Bramer und Fr. Drexler in Wien.

26. Mai. Elektrische Alarmvorrichtung zu Wasserstandszeigern. M. Schmetz in Aachen.
 — Elektrischer Wasserstandszeiger. Dr. A. Waldbauer, Stuttgart.
 28. Mai. Thermoelektrische Batterie für technische Zwecke. E. Raub, Berlin, Alte Jacobstr. 38.
 — Kontakt zu Alarm-Vorrichtungen. Firma J. F. Klentze & Co. Hamburg.
 2. Juni. Neuerungen an registr. Elektrizitätmessern. H. Austermann in Wiedenbrück i. W.
 — Neuerung an Pantelegraphen. H. Studle in Kruck b. Inowrazlaw.
 — Schloss mit elektrisch oder pneumatisch auszulösendem, drehbarem Schliesshaken. L. Radi in Paris.