



104



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298714

Die
ELEKTROTECHNIK

in
ihrer Anwendung auf das Bauwesen.

Bearbeitet von

H. Görges,
Ingenieur von Siemens & Halske
in Berlin,

und

K. Zickler,
Ingenieur, Assistent am elektrotechn. Institute
d. k. k. techn. Hochschule in Wien.

Anhang

zum IV. *Band* des

Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

Hierzu 6 lithographirte Tafeln und 102 Figuren im Text.



Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1890.



111-30652

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, sind vorbehalten.

BIBLIOTEKA I
KRAKOW

~~III. 15. 220~~

Akc. Nr.

~~400~~ 50

Vorwort.

Der vorliegende Beitrag zum Handbuch der Ingenieurwissenschaften, welcher bereits vor einigen Jahren von den Ingenieuren der Firma Siemens & Halske in Berlin, Herren E. Richter und Dr. O. Frölich, und zwar von Ersterem in bezug auf elektrische Beleuchtung, von Letzterem in bezug auf elektrische Kraftübertragung ausgearbeitet worden war, dessen Veröffentlichung aber bisher infolge von Hindernissen unterblieb, die trotz des eifrigsten Bemühens der Verlagshandlung sich nicht sofort beseitigen ließen, ist von Herrn H. Görges, ebenfalls Ingenieur der genannten Firma, neu bearbeitet und den inzwischen in der Elektrotechnik gemachten Fortschritten entsprechend erweitert worden. Durch bereitwillige Gestattung dieser Arbeiten und entgegenkommende Überlassung einer Reihe von Abbildungen hat die Firma Siemens & Halske das Unternehmen in freundlichster Weise unterstützt.

Die Hinzunahme der von Herrn Ingenieur K. Zickler bearbeiteten elektrischen Minenzündung, welche gleichfalls mancherlei Verbesserungen der Hilfsmittel aufweist, erschien durch die Ziele des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften geboten und wird seinem Leserkreise gewiss willkommen sein.

Darmstadt und Bremen, Januar 1890.

Die Herausgeber:

F. Lincke. L. Franzius.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Teil.

Einleitung. Elektrische Maschinen. Transformatoren. Accumulatoren.

Bearbeitet von **H. Görges**, Ingenieur in Berlin.

	Seite
§ 1. Einleitung	1
§ 2. Die Stromerzeuger	3
Erzeugung des Stromes und dazu nötige Arbeit. S. 3. — Maschinentypen. S. 5. — Erklärung von Volt, Ampère, Ohm. S. 6. — Princip der Wickelung — Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen. — Das dynamo-elektrische Princip. S. 7.	
§ 3. Gleichstrommaschinen	7
Ringmaschinen und Trommelmaschinen. S. 7. — Schema des Pacinotti-Gramme'schen Ringes, Entstehung und Verlauf des Stromes. — Gramme'sche Maschine. S. 8. — I-Maschine von Siemens & Halske. S. 9. — Maschine von Schuckert — von Brush. S. 10. — Trommelmaschinen. — Schema der Trommelwickelung S. 11. — Maschine von Siemens & Halske. — Maschine von Edison. — Schaltungen der Maschinen. S. 13. — Bürstenverstellung. S. 14.	
§ 4. Maschinen für Wechselstrom	14
Maschine von Gramme. S. 14. — von Ganz & Co. — von Siemens & Halske. S. 16. Foucault'sche Ströme. S. 17. — Wechselzahlen. S. 18.	
§ 5. Transformatoren	18
Zweck und Princip. S. 18. — Sekundär-Generator von Gaulard & Gibbs. — Transformator von Ganz & Co. S. 19. — Transformatorentypen. S. 20.	
§ 6. Accumulatoren	20
Zweck und Wesen S. 20. — Accumulatoren der E. P. S. Co. — Verhalten beim Laden und beim Entladen. — Nutzeffekt. S. 21.	

Zweiter Teil.

Die elektrische Beleuchtung.

Bearbeitet von **H. Görges**, Ingenieur in Berlin.

§ 7. Bogenlampen	22
Erfordernisse jeder Lampe. S. 22. — Eigenschaften des Lichtbogens bei Gleichstrom und Wechselstrom. — Kohlenabstand, Spannung, Lichtstärke. S. 23. — Dicke der Kohlenstäbe. — Einteilung. S. 24.	
Lampen mit Regulirung auf gleiche Lichtbogenlänge. — Handlampen. — Jablockhoff-Kerzen. S. 24. — Soleil-Lampe. S. 25.	
Lampen mit Regulirung auf gleiche Stromstärke. — Princip. — Lampe von Foucault-Dubosq. — von Serrin. — Kontaktlampe von v. Hefner-Alteneck. S. 25. Parallelschaltung. — Problem der Hintereinanderschaltung. S. 26.	
Lampen mit Regulirung auf gleichen Lichtbogenwiderstand. — Princip der Differentiallampe. — Differentiallampe von v. Hefner-Alteneck und ihr Spiel. S. 26. von Brush. S. 27. — von Schuckert. S. 28.	
Lampen mit Regulirung auf gleiche Spannung. — Lampe von Lontin. — Princip der Nebenschlusslampen. S. 29. — Lampe von Gramme. — Flachdecklampe und Bandlampe von Siemens & Halske. S. 30.	
§ 8. Glühlampen	31
Kontaktglühlampen und Vakuumlühlampen. S. 31. — Lampen von Edison, Swan und Siemens & Halske. — Herstellung der Glühlampen. S. 32. — Oekonomie, Abnutzung und Lebensdauer. S. 33. — Spannung für dieselben. — Parallelschaltung und Hintereinanderschaltung. S. 34.	

§ 9.	Nebenapparate	35
	Laternen und Aufziehvorrichtungen. S. 35. — Laterne der Leipziger Straße Berlin, der Brooklyn-Brücke, der Beleuchtung unter den Linden Berlin. S. 36. — Laternen des Anhalter und des Potsdamer Bahnhofes Berlin. — Masten zu Straßburg. — Mast mit aufziehbarer Laterne. — Scheinwerfer. S. 37.	
§ 10.	Fassungen und Armaturen für Glühlampen	37
	Fassungen von Edison, Swan, Siemens & Halske ohne und mit Ausschalter. S. 38. Kurzschlussvorrichtungen für Lampen in Hintereinanderschaltung. — Armaturen und Laternen für Glühlampen. S. 39.	
§ 11.	Schaltvorrichtungen	40
	Zweck und Erfordernisse derselben. — Ausschalter von Edison, — von Siemens & Halske. S. 40. — Kurzschliesser von Siemens & Halske. — Generalumschalter von Schuckert. — von Siemens & Halske. — Selbstthätiger Ausschalter von Siemens & Halske. S. 41. — Abzweigungen. S. 42.	
§ 12.	Widerstände	42
	Ersatzwiderstände für Bogenlampen. — Ersatzwiderstände von Schuckert, — von Siemens & Halske für Wechselstromlampen. — Zusatzwiderstände. — Regulirwiderstände für den Nebenschluss von Maschinen. — Regulirwiderstand von Siemens & Halske. S. 43. — Hauptstromwiderstände. — Beurteilung der Grösse eines Widerstandes nach Volt-Ampère. S. 44.	
§ 13.	Messinstrumente und Kontrollapparate	45
	Tachometer und Tourenzähler. — Tourenzähler von Siemens & Halske, — von Deschiens. — Tachometer von Buss, Sombart & Co. — Erfordernisse eines Spannungszeigers. S. 46. — Verwendung von Weicheisen zu solchen. — Federgalvanometer von Kohlrausch. — Spannungs- und Stromzeiger von Uppenborn, — von Schuckert. S. 47. von Siemens & Halske. S. 48. — der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin. — Verwendung für Wechselstrom. — Elektrometer von Thomson. S. 49. — Spannungszeiger mit großem Zifferblatt von Siemens & Halske. S. 50. — Steuerapparate. — Steuerapparat von Schuckert und Siemens & Halske. — Spannungswecker von Siemens & Halske. — Selbstthätige Regulirwiderstände von Weston und von Siemens & Halske. S. 51. — Wickelung. S. 52. — Torsionsgalvanometer und Elektrodynamometer von Siemens & Halske. — Energiemesser. — Energiemesser von Edison. S. 53. — von Aron. S. 54.	
§ 14.	Sicherungen	54
	Zweck und Funktion der Sicherungen. — Abzweigungen mit Bleischutz. S. 54. — Bleisicherung von Weston, Edison, Siemens & Halske. — Schutz der Leitungen, nicht der Lampen durch die Sicherungen. S. 55. — Doppelpolige Sicherungen. — Blitzableiter. S. 56.	
§ 15.	Ganze Beleuchtungsanlagen	56
	Wahl und Verteilung der Lampen. S. 56. — Wahl der Lichtstärke und Anzahl der Bogenlampen bei Straßenbeleuchtung, Bauplätzen, Bahnhofshallen, Fabriken. S. 57. — Verteilung der Glühlampen in Fabriken, Bureaus, in Sälen, Zimmern. — Anbringung der Lampen. S. 58.	
§ 16.	Wahl des Stromverteilungssystems	58
	Reihenschaltung S. 58. — Serien-Parallelschaltung. — Reine Parallelschaltung. S. 59. — Regulirwiderstände und Lampenzusatzwiderstände. — Leitungsquerschnitte. — 110 Volt-Schaltung. S. 60. — Dreileitersystem. — Transformatorensystem. S. 61. — Accumulatoren-system. S. 62.	
§ 17.	Wahl der Lichtmaschine	62
	Wahl der Anzahl der Maschinen. — Reserve. — Parallelschaltung von Nebenschlussmaschinen, — von Serienmaschinen. S. 62. — von Gleichspannungsmaschinen, — von Wechselstrommaschinen. — Tourenzahlen. — Riemenbetrieb. S. 63. — Schienensysteme. — Direkte Kuppelung von Betriebsmaschine und Dynamomaschine. S. 64.	
§ 18.	Wahl der Betriebsmaschine	64
	Gleichförmigkeit im Gange. — Verstellbarkeit der Geschwindigkeit. S. 64. — Antrieb der Dynamomaschine durch allgemeine Betriebsmaschinen oder durch Specialmaschinen. — Lokomobilen, Wasser- oder Gasmotoren. S. 65.	

	Seite
§ 19. Anwendung von Accumulatorenbatterien	65
Zweck der Batterien. — Parallelschaltung zur Maschine. — Regulirvorrichtungen, Reservezellen, S. 65. — Ladung der Accumulatoren, S. 66.	
§ 20. Der Maschinenraum	66
Erfordernisse desselben. — Schaltbretter. — Aufstellung der Accumulatorenbatterien und der Transformatoren, S. 66.	
§ 21. Anlage der Leitungen	66
Oberirdische oder unterirdische Leitung. — Wahl des Querschnittes nach der Erwärmung oder nach dem Energieverlust. — Beispiel, S. 67. — Führung der Hauptdrähte, S. 68. — Blanke oder isolirte Leitungen. — Anlage der Leitungen, S. 69. — Kabel. — Koncentrische Mehrleiterkabel. — Kabelleitungen von Edison. — Kupferleitungen der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin, S. 70.	
§ 22. Beispiele von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen	71
Provisorische Anlagen. — Beleuchtung von Bauplätzen. — Baxter-Dampfmaschine mit Dynamomaschine. — Fahrbare Baubeleuchtungen. — Fahrbarer Beleuchtungspark der Oesterreichischen Nordwestbahn, S. 71. — Beleuchtung bei der Hallenmontirung des Bahnhofes Alexanderplatz. — Beleuchtung in Gruben und Tunneln, S. 72. — Beleuchtung der Mechnischer Gruben. — Grubenlampen. — Beleuchtung beim Tunnelbau, S. 73. — Sicherheitslampe von Woodhouse und Rawson, — von Trouvé, S. 75. — Beleuchtung bei Bauten unter Wasser. — Laterne von Bazin, — von L. v. Bremen & Co. — Beleuchtung bei Caissonfundirungen, — beim Bau der Kämmauern von Antwerpen, S. 76.	
§ 23. Definitive elektrische Beleuchtungsanlagen	77
Beleuchtung der Leipziger Straße und des Potsdamer Platzes zu Berlin, — der Brooklyner Brücke bei New-York, S. 77. — Beleuchtung des Centralbahnhofes Straßburg i. E. S. 78. — Beleuchtung der Halle des Potsdamer Bahnhofes zu Berlin. — Beleuchtung von Fabrik-, Geschäfts- und Bureauräumen, — der Kammgarnspinnerei Düsseldorf, S. 79. — Beleuchtung der Méchanischen Weberei von Gebr. Göritz in Chemnitz, — der Geschäftsräume Elsinger in Wien, — der Länderbank in Wien, S. 80. — Maschinen- und Accumulatorenanlage im Königlichen Schloss zu Berlin, S. 81. — Transformatorenanlagen. — Anlage Thorenberg-Luzern, S. 82.	
§ 24. Kosten der elektrischen Beleuchtung	82
Anlagekosten bei Bogenlicht. — Kosten einer transportablen Beleuchtungsanlage, — bei Glühlicht, S. 83. — Kosten einer Gleichspannungsanlage von 25 HP bei 120 Volt. — Kosten der Accumulatoren, S. 84. — Die vorige Anlage mit Accumulatorenbatterie. — Betriebskosten, indirekte, direkte, S. 85. — Betriebskosten einer Baubeleuchtung. — Betriebskosten der Gleichspannungsanlage von 25 HP, S. 86. — Betriebskosten der elektrischen Beleuchtung des Centralbahnhofes zu Straßburg i. E. S. 87.	

Dritter Teil.

Die elektrische Arbeitsübertragung.

Bearbeitet von **H. Görges**, Ingenieur in Berlin.

§ 25. Der Motor.	88
Allgemeines, S. 88. — Umkehrung der Dynamomaschine. — Die Magnetmaschine. — Die Reihenschaltungsmaschine, S. 89. — Die Nebenschlussmaschine, S. 90. — Die Maschine mit gemischter Bewickelung. — Verhalten beim Polwechsel. — Regulirwiderstände bei Reihenschaltungs- und Nebenschlussmaschinen, S. 91. — Das Abstellen des Motors. — Flüssigkeits- und Kohlenausschalter, S. 92. — Selbstthätige Ausschalter. — Die Umsteuerung des Motors. — Bürstenverstellung. — Wirkungsgrad, S. 93. — Wechselstrommotoren, S. 94. — Kleinmotoren. — Grisco-Motor. — Motor von Sprague, — von Gramme. — K-Motor von Siemens & Halske. — Motor der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, S. 95. — Maschine Oerlikon, S. 96.	
§ 26. Anlagen elektrischer Arbeitsübertragung	96
Verschiedene Fälle der Übertragung. — Wahl des Motors, der Spannung, des Systems der Stromverteilung, S. 96. — Eine Primär- und eine Sekundärmaschine. — Mehrere Motoren. — Motoren für hohe Spannungen. — Hintereinanderschaltung der Motoren mit Regulirung	

	durch Widerstände. S. 97. — Hintereinanderschaltung der Motoren mit Regulirung durch die Schenkelbewickelung. — Die Leitung. S. 98.	
§ 27.	Beispiele von elektrischen Arbeitsübertragungen	98
	Vorteile des elektrischen Motors bei Bauten. S. 98. — Der elektrische Aufzug. — Aufzug auf der Mannheimer Ausstellung. S. 99. — Ventilatoren. — K-Motor mit Ventilator von Siemens & Halske. — Ventilationsanlage im Steinkohlenbergwerk Zaukeroda. — Der Motor in Fabriken, Werkstätten und Wohnungen. — Motoren bei Arbeiten in Gruben und Tunneln. S. 100. — Elektrischer Göpel im Hammacher-Schacht zu Neustassfurt. — Arbeitsübertragung Kriegstetten-Solothurn. S. 101. — Gemischte Licht- und Arbeitsübertragungsanlage in Weissenbach a. d. Tristing. S. 102.	
§ 28.	Elektrische Eisenbahnen	103
	Die Lokomotive und der Motor. — Accumulatorenbetrieb. S. 103. — Elektrischer Wagen von Reckenzaun. — Elektrische Bahnen mit direkter Stromzuleitung. — Elektrische Bahn bei Groß-Lichterfelde. — Bahnen mit Luftleitung. — Grubenbahnen von Zaukeroda, Beuthen und Neustassfurt. S. 104. — Straßenbahn Frankfurt a. M.-Offenbach. — Bahnen mit Kanalleitung. — Straßenbahn Budapest. — Elektrische Lastenbeförderung. S. 106. — Telpherlinie in Glynde. S. 107.	
§ 29.	Kosten der elektrischen Arbeitsübertragung	107
	Fortschritte der letzten Jahre. S. 107. — Kosten der Arbeitsübertragung nach Dietrich. S. 108. — Betriebskosten der Grubenbahn Neustassfurt. S. 109. — Vergleichende Zahlen der Förderkosten bei elektrischen Grubenbahnen. S. 110. — Kosten des Straßenbahnbetriebes nach Zacharias, Huber und Strecker. — Kosten der Telpherage nach Strecker. S. 111. — Preis der Betriebskraft der Berliner Elektrizitätswerke. S. 112.	
§ 30.	Schlussbemerkungen über Centralanlagen	112
	Definition einer Centralanlage. — Das Verteilungsnetz. S. 112. — Wechselstrom und Gleichstrom. — 110-Volt-System. — Dreileitersystem. — Decentralisation der Anlagen. — Fernleitungen mit Regulirwiderständen oder Zusatzdynamomaschinen. S. 113. — Indirekte Stromverteilung, — durch Accumulatoren, — durch Wechselstromtransformatoren, — durch Gleichstromtransformatoren. — Ausnutzung der Centralen. S. 114. — Motoren. S. 115.	
	Litteraturverzeichnis	115
	Specialwerke. S. 115. — Hand- und Taschenbücher. Kalender. — Zeitschriften. S. 116.	

Vierter Teil.

Die elektrische Minenzündung.

Bearbeitet von **K. Zickler**, Ingenieur, Assistent am elektrotechnischen Institut der k. k. technischen Hochschule in Wien.

§ 31.	Einleitung	117
§ 32.	Vorteile	118
§ 33.	Einteilung	119
§ 34.	Glühzündung. Glühzündpatronen	119
§ 35.	Funkenzündung. Funkenzündpatronen	121
§ 36.	Elektricitätsquellen	124
	a. Für die Glühzündung	124
	b. Für die Funkenzündung	126
§ 37.	Schaltungsweisen der Zünder. Minen	132
§ 38.	Leitungen	133
§ 39.	Das Herrichten der Sprengschüsse	135
	a. Bohrlochminen	135
	b. Kammerminen (Riesenminen)	137
	c. Freie Minen	138
§ 40.	Kosten	138
	1. Schnurzündung. 2. Elektrische Zündung.	

Erster Teil.

Einleitung. Elektrische Maschinen. Transformatoren. Accumulatoren.

Bearbeitet von **H. Görges**, Ingenieur in Berlin.

§ 1. Einleitung. Aus dem glänzenden Kreise der in den Dienst der heutigen Technik gestellten elektrischen Erscheinungen treten als die wichtigsten diejenigen hervor, welche sich auf die Erzeugung des elektrischen Lichtes und auf die elektrische Kraftübertragung beziehen.

Schon in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts war das elektrische Bogenlicht bekannt, welches von Humphrey Davy im Jahre 1808 zuerst dargestellt wurde. Als Elektrizitätsquelle dienten ausschließlich Batterien, die öfters aus einer großen Anzahl von Elementen zusammengesetzt wurden.

Allerdings lässt sich auch der Ursprung unserer heutigen elektrischen Maschinen bis in diese Zeit verfolgen. Sogenannte Magnetmaschinen d. h. solche, welche durch Bewegung von Magneten, Eisenkernen und Drahtkörpern aneinander vorbei elektrische Ströme erzeugen, sind vielfach in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts konstruirt und zu Versuchen benutzt worden. Um jedoch größere Wirkungen zu erzielen, wie z. B. das Bogenlicht, wurden damals stets Batterien, nie Magnetmaschinen benutzt.

Den eigentlichen Anstoß zur Entwicklung der elektrischen Technik aus diesen Anfängen gab, wenigstens mittelbar, die Erfindung und Ausbreitung der elektrischen Telegraphie. Dieselben Männer, welche mit der Ausarbeitung dieser beschäftigt waren, wurden auch angeregt, die elektrischen Maschinen zu verbessern und das elektrische Licht der praktischen Technik und der allgemeinen Anwendung näher zu bringen. Die Magnetmaschinen wurden wesentlich vervollkommenet, in größerem Maßstabe ausgeführt und technisch auf eine solche Stufe gehoben, dass elektrische Lichter, mit diesen Maschinen gespeist, die bisher bekannten mit Batterien erzeugten Bogenlichter weit übertrafen.

Der entscheidende Schritt jedoch, welcher als der eigentliche Anfang der Entwicklung der elektrischen Großtechnik anzusehen ist, bestand in der Erfindung der dynamoelektrischen Maschine, welche zuerst 1867 von Werner Siemens erfunden und beschrieben worden ist; hierdurch war die Möglichkeit gegeben, in

billiger Weise außerordentlich kräftige Elektromagnete herzustellen. Noch aber fehlte eine passende Konstruktion des Ankers, d. h. desjenigen Theiles der Maschine, welcher durch seine Drehung zwischen den Polen der Elektromagnete den Strom erzeugt. Diese Aufgabe wurde 1871 durch Gramme's Erfindung einer kontinuierlichen Ankerwicklung gelöst und damit war die heutige Gleichstrommaschine im Princip fertig gestellt.

(Pacinotti hatte 1864 dieselbe Erfindung gemacht, aber in ihrer Bedeutung für die Technik nicht erkannt.)

Zu einer größeren Entwicklung der Elektrotechnik fehlten jetzt noch die Lampen, zu deren Ausarbeitung indessen die Erfindung der Dynamomaschine einen mächtigen Anstoß gab. Erst nachdem im Jahre 1878 die Differentiallampe von F. v. Hefner-Alteneck erfunden war, welche eine Verteilung des elektrischen Stromes von einer Maschine auf mehrere Lampen ermöglichte und zugleich ein ruhiges gutes Licht lieferte, begann die mächtige Entwicklung, welche durch die etwas später erfolgte Herstellung dauerhafter Glühlampen durch Edison und Swan einen neuen Impuls erhielt. Seitdem hat sich die Technik bestrebt, durch Vergrößerung und Vervollkommnung der Maschinen, durch die sorgfältige Ausarbeitung einer großen Reihe von Nebenapparaten und neuer Systeme den stets wachsenden Anforderungen der Praxis in immer höherem Grade gerecht zu werden. Hervorragende Bedeutung haben in den letzten Jahren die elektrischen Accumulatoren erlangt, welche die von den Maschinen erzeugte Elektrizität anzusammeln und längere Zeit zu bewahren gestatten. Der Wechselstrom hat in der Entwicklung der Elektrotechnik, obwohl er zeitweise vorgeherrscht hat, eine gleichbedeutende Rolle nicht gespielt, weil die Erzeugung starker Elektromagnete an Gleichstrom gebunden ist, wie auch heutzutage die Elektromagnete der Wechselstrommaschinen meistens durch besondere Gleichstrommaschinen erzeugt werden. Die Ausbildung der Transformatoren hat dem Wechselstrom in den letzten Jahren wieder eine größere Bedeutung verschafft.

Später als das elektrische Licht ist die elektrische Arbeitsübertragung in die Kette der technischen Anwendungen der Elektrizität eingefügt worden. Die Anfänge derselben sind genau genommen in die Zeiten der ersten Magnetmaschinen zurück zu verfolgen, in welchen öfters Magnetmaschinen durch Batterien in Bewegung gesetzt wurden. Auch größere Versuche dieser Art, durch welche es z. B. Jacobi gelang, ein kleines Boot zu betreiben, datiren aus jener Zeit. Sobald die Dynamomaschine erfunden war, hatte man nur eine Dynamomaschine an Stelle der Batterie, eine zweite Dynamomaschine an Stelle der Magnetmaschine zu setzen und der Typus der elektrischen Arbeitsübertragung war gegeben. Dieser Schritt, welcher uns jetzt geringfügig erscheint, repräsentirte seinerzeit doch einen neuen Gedanken. Er wurde im Jahre 1873 von Hippolyte Fontaine zuerst ausgeführt. Die Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung ist indessen viel langsamer vor sich gegangen als die der elektrischen Beleuchtung, und hat erst in den letzten Jahren angefangen, einen größeren Aufschwung zu nehmen. Der Grund hierfür liegt wohl darin, dass vor allen anderen Beleuchtungsarten das elektrische Licht wesentliche, leicht erkennbare Vorteile voraus hat, denen gegenüber die höheren Kosten nicht hindernd in Frage kamen; dass hingegen die Vorzüge der elektrischen Arbeitsübertragung weniger hervortraten, sodass sie erst dann erfolgreich auch auf weiteren Gebieten den Kampf mit den mechanischen Übertragungsarten

aufnehmen konnte, als sie befähigt war, ebenso billig und zuverlässig zu arbeiten wie diese. Dasjenige Gebiet, welches sich die elektrische Arbeitsübertragung am frühesten errungen hat, sind die elektrischen Sekundärbahnen und die Grubenbahnen, d. h. elektrische Eisenbahnen von geringer Geschwindigkeit und nicht sehr bedeutendem Bedarf an Arbeitskraft, deren erste zu Lichterfelde bei Berlin von Siemens & Halske im Jahre 1879 ausgeführt ist.

Ein weiterer, dem größeren Publikum ferner liegender, aber technisch und militärisch höchst wichtiger Zweig der angewandten Elektrizitätslehre ist die elektrische Minenzündung. Ihre Entwicklung beginnt mit dem Anfang der fünfziger Jahre. Die Sicherheit des Erfolges und die Möglichkeit, viele Minen auf einmal zu entzünden, endlich die Beseitigung fast jeder Gefahr führten bald ihre allgemeine Anwendung herbei.

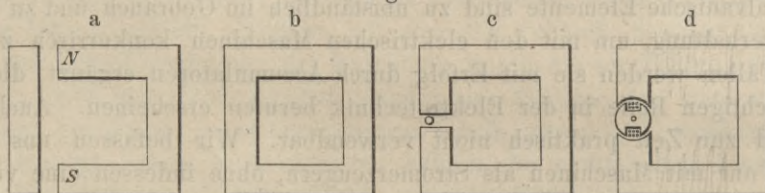
§ 2. Die Stromerzeuger. Die zur Herstellung des elektrischen Lichtes erforderliche Elektrizität wird jetzt fast ausschliesslich durch Maschinen hervorgebracht. Galvanische Elemente sind zu umständlich im Gebrauch und zu kostspielig in der Unterhaltung, um mit den elektrischen Maschinen konkurrieren zu können. In vielen Fällen werden sie mit Erfolg durch Accumulatoren ergänzt, die zu einer äußerst wichtigen Rolle in der Elektrotechnik berufen erscheinen. Auch Thermosäulen sind zur Zeit praktisch nicht verwendbar. Wir befassen uns daher im Folgenden nur mit Maschinen als Stromerzeugern, ohne indessen eine vollständige Besprechung auch nur der gebräuchlichen Typen geben zu wollen, und gehen dann zu einer kurzen Betrachtung der Accumulatoren und Transformatoren über.

Unter einer elektrischen Maschine versteht man eine Vorrichtung, mittels welcher durch Bewegung mechanische Energie in elektrische oder umgekehrt verwandelt wird. Zur Erklärung der Wirkungsweise einer elektrischen Maschine muss kurz auf einige magnetische Erscheinungen eingegangen werden. Streut man auf einen mit einem Blatt Papier bedeckten, beliebig gestalteten Magnet feine Eisenfeilspäne, so reihen sich dieselben bekanntlich in Linien aneinander, welche in gesetzmäßiger Weise von dem einen Pole ausgehen und zum anderen Pole zurückkehren. Diese Linien heißen Kraftlinien. Da sie an den Polen einander sehr nahe kommen, und andererseits die magnetischen Wirkungen an den Polen am größten sind, so folgert man auch, abgesehen von den Polen, dass die magnetischen Wirkungen um so größer sind, je dichter die Kraftlinien den Raum erfüllen. Legt man auf das Papier noch einen größeren Eisenkörper, so wenden sich die Kraftlinien diesem zu. Sie suchen ihren Weg von dem einen Pol zum anderen möglichst durch Eisen zu nehmen, gleich als wenn dieses ihrem Durchgange weniger Widerstand entgegensetzte. Das Eisen wird dabei selbst ein Magnet und verstärkt daher die magnetischen Wirkungen in dem umgebenden Raum. Die Zahl der Kraftlinien wird dadurch also auch vermehrt. Denkt man sich endlich, dass sie durch den Körper des Magnets selbst ihren Weg fortsetzen, so entstehen geschlossene Kurven. Man kann also den Magnet als einen Körper auffassen, durch welchen eine Anzahl von Kraftlinien hindurchgeht, an dem einen Ende aus ihm in den Raum heraus- und durch das andere Ende wieder eintritt. Bringt man in den Raum Eisen hinein, so erleichtert man den Kraftlinien oder der Kraftströmung, wie die durch einen bestimmten Querschnitt gehende Anzahl von Kraftlinien zusammenfassend genannt wird, ihren Durchgang von Pol zu Pol und verstärkt sie außerdem. Auch eine Drahtspule, welche von einem elektrischen Strom

durchflossen ist, erzeugt in ihrem Inneren eine Kraftströmung, welche aus ihrem einen Ende heraus- und zum anderen wieder eintritt. Bringt man einen Eisenkern in die Spule, so wächst die Intensität der Kraftströmung durch Verminderung ihres Widerstandes ganz beträchtlich, man kann sie aber noch weiter verstärken, wenn man die Spule z. B. mit einem Eisenmantel umgibt und ihn mit dem Eisenkern durch zwei vor die Endflächen gelegte Eisenplatten in Verbindung bringt. Die Kraftströmung kann dann ganz in dem gut leitenden Eisen verlaufen. Jeden von Kraftlinien erfüllten Raum nennt man ein magnetisches Feld.

Denkt man sich nun einen hüfeisenförmigen Magnet oder Elektromagnet Fig. 1 a durch seinen Anker geschlossen und das Ganze aus einem Stück hergestellt, so erhält man einen Ringmagnet, in welchem bei geeigneter Formgebung die Kraftströmung ganz in seinem Inneren verläuft und nirgends aus dem Eisen heraustritt: siehe Fig. 1 b. Er übt dann auch keinerlei Wirkung nach außen aus,

Fig. 1.



so stark er auch magnetisirt sein mag. Er ist pollos. Wird nun der Ring durch einen schmalen Schnitt geöffnet (Fig. 1 c), so durchsetzen die Kraftlinien der Kraftströmung den Schnitt quer und bilden ein starkes magnetisches Feld. Die dasselbe begrenzenden Flächen, durch welche die Kraftströmung aus dem Eisen heraus- und in dasselbe wieder eintritt, heißen Polflächen. Ein Draht, durch das magnetische Feld hindurchgeführt, ist während der Dauer der Bewegung der Sitz einer elektromotorischen Kraft, welche die Veranlassung zu einem elektrischen Strom wird, wenn die beiden Drahtenden durch einen Leiter mit einander verbunden werden. Man sagt dann, es seien in dem Draht Ströme inducirt worden.

Eine einfache praktische Ausführung dieser Idee ist der Siemens'sche Doppel-T-Anker in Fig. 1 d. Der oben erwähnte Schnitt schneidet hier einen Kreiscylinder aus, welcher in zwei Längsnuten die Drähte enthält und sich mitsamt den Drähten um seine Achse dreht. Die Drehung des Eisens hat auf die Kraftströmung keinen Einfluss, gleichwie die Sonnenstrahlen bewegte Luft ebenso durchdringen wie in Ruhe befindliche. Aus konstruktiven Gründen lässt man daher den Teil des Eisenkörpers, welcher durch den kreisförmigen Schnitt von dem übrigen Teil herausgetrennt und mit dem Draht bewickelt ist, in welchem die elektromotorischen Kräfte erzeugt werden sollen, stets an der Drehung teilnehmen. Dieser rotirende Teil heißt die Armatur oder der Anker, der übrige Teil die Magnet-schenkel oder die Feldmagnete der Maschine.

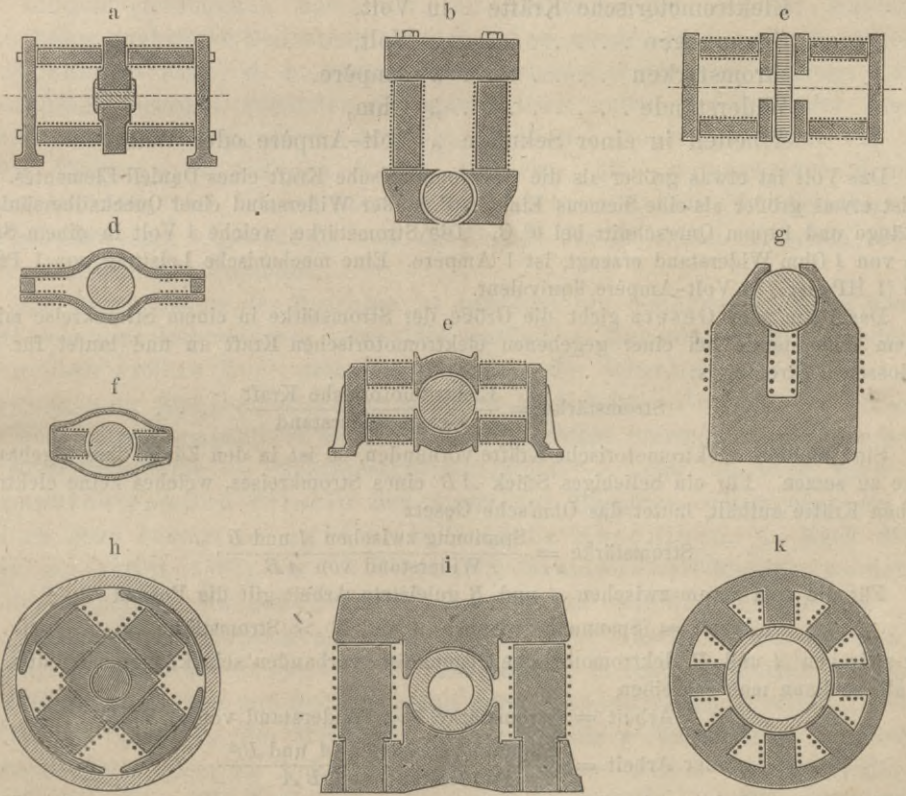
Die Anordnung der Feldmagnete, zwischen denen der Anker rotirt, ist eine sehr mannigfache. In Fig. 2 sind einige der verbreitetsten Typen angegeben:

- a. Gramme,
- b. Edison-Hopkinson,
- c. Schuckert,
- d. Siemens & Halske, Brush,

- e. Weston, Crompton,
- f. van de Poele, ähnlich Lahmeyer,
- g. Siemens u. Halske, ähnlich Gramme, Kapp,
- h. Siemens & Halske, ähnlich Ganz & Co., Fein,
- i. Manchester-Maschine, Hopkinson, Oerlikon, Schuckert,
- k. Gramme, Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft.

Sobald aber in einem Drahte, welcher sich in einem magnetischen Felde befindet, ein elektrischer Strom cirkulirt, sind auch Kräfte vorhanden, welche den Draht in dem Felde zu verschieben trachten. Ein Maximum dieser Kräfte ist dann

Fig. 2.



vorhanden, wenn der Draht einen rechten Winkel mit der Richtung der Kraftströmung einschließt, und zwar suchen sie jedes Teilchen senkrecht zur Kraftströmung und seiner eigenen Richtung fortzutreiben. Die Kräfte sind endlich stets so gerichtet, dass sie als Widerstände auftreten, wenn durch Bewegung eines Drahtes in einem magnetischen Felde Ströme auftreten. Man hat also bei der Bewegung der Drähte zum Zwecke der Stromerzeugung Widerstände zu überwinden, d. h. Arbeit zu leisten, welcher die erzeugte elektrische Energie äquivalent ist. Eine kleine Dynamomaschine lässt sich leicht drehen, so lange der äußere Stromkreis geöffnet ist; schließt man ihn aber durch einen Draht, so dass ein Strom entstehen kann, so wird sofort der Widerstand bemerkbar, den der Anker nun seiner Drehung entgegensetzt.

Die elektromotorische Kraft ist dem Drucke vergleichbar, mit welchem eine Flüssigkeit durch eine Röhre getrieben wird, die Druckdifferenz zwischen zwei Punkten desselben Stromkreises wird die zwischen diesen Punkten herrschende Spannung genannt. Die Stromstärke ist der Wassermenge analog, die in einer Sekunde durch einen beliebigen Querschnitt der Röhre fließt. Sie ist an allen Stellen eines unverzweigten Stromkreises gleich groß. Jeder Körper setzt dem Durchgange des Stromes einen Widerstand entgegen; die Leiter einen geringen, die Nichtleiter oder Isolatoren einen großen. Die vom Strom in einer Sekunde geleistete Arbeit ist einerseits der Stromstärke, andererseits der elektromotorischen Kraft im Stromkreise proportional.

Es werden gemessen:

- Elektromotorische Kräfte . in Volt,
- Spannungen „ Volt,
- Stromstärken „ Ampère,
- Widerstände „ Ohm,
- Arbeiten in einer Sekunde „ Volt-Ampère oder Watt.

Das Volt ist etwas größer als die elektromotorische Kraft eines Daniell-Elementes. Das Ohm ist etwas größer als eine Siemens' Einheit, d. h. der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0° C. Die Stromstärke, welche 1 Volt in einem Stromkreise von 1 Ohm Widerstand erzeugt, ist 1 Ampère. Eine mechanische Leistung von 1 Pferdestärke (1 HP) ist 736 Volt-Ampère äquivalent.

Das Ohm'sche Gesetz giebt die Größe der Stromstärke in einem Stromkreise mit gegebenem Widerstande bei einer gegebenen elektromotorischen Kraft an und lautet für einen geschlossenen Stromkreis:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Gesamtwiderstand}} \quad \text{7. 1. } \frac{E}{R} \text{ Ampère Volt. 1)}$$

Sind mehrere elektromotorische Kräfte vorhanden, so ist in den Zähler ihre algebraische Summe zu setzen. Für ein beliebiges Stück *AB* eines Stromkreises, welches keine elektromotorischen Kräfte enthält, lautet das Ohm'sche Gesetz

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung zwischen } A \text{ und } B}{\text{Widerstand von } AB} \quad \dots \dots \dots 2)$$

Für die vom Strom zwischen *A* und *B* geleistete Arbeit gilt die Formel

$$\text{Arbeit} = (\text{Spannung zwischen } A \text{ und } B) \times \text{Stromstärke}, \dots \dots \dots 3)$$

wobei zwischen *A* und *B* elektromotorische Gegenkräfte vorhanden sein können. Ist dies nicht der Fall, so kann man schreiben

$$\text{Arbeit} = (\text{Stromstärke})^2 \times (\text{Widerstand von } AB) \dots \dots \dots 4)$$

$$\text{oder Arbeit} = \frac{(\text{Spannung zwischen } A \text{ und } B)^2}{\text{Widerstand von } BA} \dots \dots \dots 5)$$

Die durch 4) definierte Arbeit setzt sich nach dem Joule'schen Gesetz stets in Wärme, die Stromwärme, um.

In einem Draht, dessen einzelne Teile ganz gleichmäßig einer magnetischen Induktion unterworfen sind, werden sich die elektromotorischen Kräfte in den Teilen zu einer gesamten elektromotorischen Kraft zusammensetzen. Die elektromotorische Kraft ist dann also der Drahtlänge proportional, gleichwie der Druck einer vertikalen Wassersäule auf die Einheit ihrer Grundfläche ihrer Höhe proportional ist. Der Draht wird ferner der Erwärmung wegen, welche der Strom verursacht, oder aus anderen Gründen eine bestimmte maximale Stromstärke vertragen; er kann also bei der praktischen Maximalgeschwindigkeit eine ganz bestimmte elektrische Arbeit in der Sekunde leisten. Schneidet man den Draht nun quer mitten durch und legt die beiden Hälften nebeneinander, so liefert jede die halbe elektromotorische Kraft

und denselben Strom wie vorher; gleichwie die beiden Hälften der Wassersäule nebeneinander gesetzt nur den halben Druck auf die Flächeneinheit erzeugen. Der Gesamtstrom hat sich mithin verdoppelt, während die elektromotorische Kraft auf die Hälfte heruntergegangen ist, aber die elektrische Arbeit ist dieselbe wie vorher geblieben. Durch eine Verallgemeinerung dieser Betrachtung sieht man leicht, dass dieselbe Drahtmenge unter denselben Verhältnissen immer dieselbe Arbeit liefert, dass man es aber durch Parallelschaltung der einzelnen Stücke, oder was auf dasselbe hinauskommt, durch die Wahl langer dünner oder kurzer dicker Drähte in der Hand hat, die Spannung bezw. die Stromstärke beliebig zu gestalten. Dies ist das Princip, das der Bewickelung der Maschinen sowohl wie der Apparate zu Grunde liegt.

In den elektrischen Maschinen, mit Ausnahme der Unipolar-Maschinen, welche keine praktische Bedeutung erlangt haben, werden in den einzelnen Leitern stets Wechselströme, d. h. Ströme von wechselnder Richtung erzeugt. Diese Wechselströme werden entweder als solche nach außen geleitet oder aber so gerichtet und zusammengesetzt, dass ein annähernd konstanter Strom von stets gleicher Richtung im äußeren Kreise herrscht. Man unterscheidet demnach Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen. Die Zahl der Schwingungen des Wechselstromes schwankt je nach der Bauart der Maschinen zwischen 100 und 300 Wechseln in der Sekunde.

Der Magnetismus der Maschine ist entweder ein permanenter, wenn nämlich für die Schenkel Stahlmagnete verwendet werden — Magnetmaschinen — oder ein (zum weitaus größten Teile) temporärer, indem die Schenkel aus weichem, von Drahtwindungen umgebenem Eisen bestehen und beim Gebrauch der Maschine durch einen Strom magnetisirt werden. Dies geschieht entweder durch eine besondere Erregermaschine — Elektromagnetmaschinen — oder es wird nach dem dynamoelektrischen Princip der Strom der Maschine selbst oder ein Teil desselben dazu benutzt — dynamoelektrische Maschinen. — Nach diesem Princip, das zuerst (1867) von Dr. Werner v. Siemens veröffentlicht worden ist, wird der remanente Magnetismus benutzt, um die Strombildung einzuleiten.

Unter seiner Einwirkung entsteht im Anker durch dessen Rotation ein schwacher Strom, welcher, bevor er in den äußeren Stromkreis eintritt, die Schenkelwicklung durchläuft und dadurch einen schwachen Magnetismus erzeugt, welcher bei richtiger Schaltung der Wickelung den remanenten Magnetismus unterstützt. Es entsteht jetzt daher im Anker ein stärkerer Strom, mithin wächst wieder der Magnetismus. Diese Wechselwirkung zwischen Ankerstrom und Magnetismus lässt den Strom sehr schnell wachsen, bis ein Beharrungszustand eintritt.

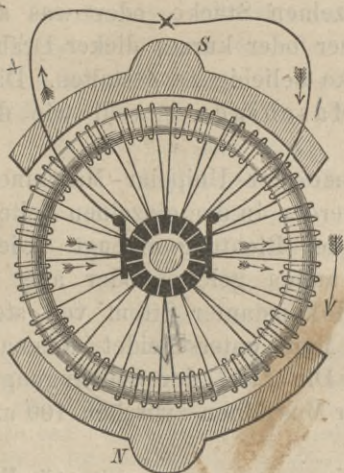
Wir wenden uns nach diesen Betrachtungen zur Beschreibung einiger specieller Maschinen.

§ 3. Die Gleichstrommaschinen zerfallen hauptsächlich in zwei große Gruppen, in die Ringmaschinen und die Trommelmaschinen, je nachdem der Anker ein mit Drähten bewickelter Ring oder ein Cylinder ist, welcher der Länge nach und auf den Stirnflächen mit Draht bewickelt ist.

Fig. 3 zeigt schematisch die Pacinotti'sche und die auf dem genau gleichen Princip beruhende Gramme'sche Maschine. Zwischen den beiden Magnetpolen *N* und *S* rotirt ein aus Draht oder Blechscheiben zusammengesetzter Eisenring, welcher mit isolirtem Kupferdraht in vielen Abtheilungen so bewickelt ist, dass die

Wicklung das Eisen überall möglichst eng umgiebt. Die einzelnen Abteilungen sind alle fortlaufend hintereinander verbunden, so dass die Wicklung in sich ohne Ende geschlossen ist. Dies wird dadurch erreicht, dass je das Ende einer und der Anfang der folgenden Abteilung zu je einem der von einander isolirten Kupferstreifen geführt sind, deren Gesamtheit den cylindrischen Kommutator bildet. Auf diesem schleifen an zwei einander diametral gegenüberliegenden Stellen Kupferdrahtbürsten, um den in der Wicklung erzeugten Strom abzuleiten.

Fig. 3.



Die Strombildung geht nun folgendermaßen vor sich. Während die Drähte die Kraftlinien durchschneiden, welche von einem Pol in den Ring und aus diesem zu dem anderen Pol übertreten, werden sie der Sitz elektromotorischer Kräfte, deren Windungsrichtung für die obere Hälfte des Ringes in Fig. 3 die entgegengesetzte wie für die untere Hälfte, aber in jeder Hälfte für alle Windungen gleich ist. So kommt es, dass bei abgehobenen Bürsten die gesamten elektromotorischen Kräfte sich aufheben und kein Strom entsteht; sobald aber

links und rechts Bürsten aus Kupferblechen oder Kupferdrähten aufgelegt werden, welche durch einen äußeren Leiter mit einander verbunden sind, treten in beiden Hälften gleich starke Ströme auf, welche beide zugleich durch die linke Bürste in den äußeren Stromkreis eintreten und durch die rechte wieder zurückkehren, um sich hier wieder nach oben und unten zu teilen. Es existiren also im Ringe zwei parallel geschaltete, gleich starke Ströme, je halb so groß wie der außerhalb der Bürsten cirkulirende Strom. Da nun alle Verhältnisse wieder genau dieselben wie eben beschrieben sind, wenn sich der Ring um eine Abteilung weiter gedreht hat, so liegt die Möglichkeit eines kontinuierlichen und nahezu konstanten Stromes auf der Hand, und es ist klar, dass ein solcher um so genauer erzielt wird, je mehr Abteilungen Ring und mithin Kommutator haben.

Gramme hat durch sehr geschickte Anordnung der einzelnen Teile und durch Anwendung des sogenannten dynamoelektrischen Princips die erste für Beleuchtungszwecke brauchbare Gleichstrommaschine geschaffen. Fig. 4 zeigt die Gramme'sche Maschine in ihrer konstruktiven Ausführung. Die Schenkel werden durch zwei große hufeisenförmige Elektromagnete gebildet und kehren einander gleiche Pole zu; diese sind zu Polschuhen vereinigt, welche beiderseits den Anker weit umfassen. Größere Maschinen werden mit vier und mehr Polen gebaut, kleinere besonders für Kraftübertragung mit zwei Schenkeln, so dass die Pole am Ende der Schenkel liegen. Das neuere Modell ähnelt in seiner äußeren Form sehr der H-Maschine von Siemens & Halske; siehe Fig. 10, Seite 12.

Da es bei der Erzeugung der Elektrizität hauptsächlich auf die absolute Geschwindigkeit der Drähte ankommt, werden Anker mit großem Durchmesser nur verhältnismäßig wenige Touren zu machen haben. Daher eignen sich die Ringmaschinen für geringe Tourenzahlen besser als die später zu besprechenden

Trommelmaschinen. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend haben Siemens & Halske ihre sogenannte *I*-Maschine (Fig. 5) konstruiert, welche im allgemeinen direkt mit der Dampfmaschine gekuppelt wird und für große Leistungen bestimmt ist.

Fig. 4.

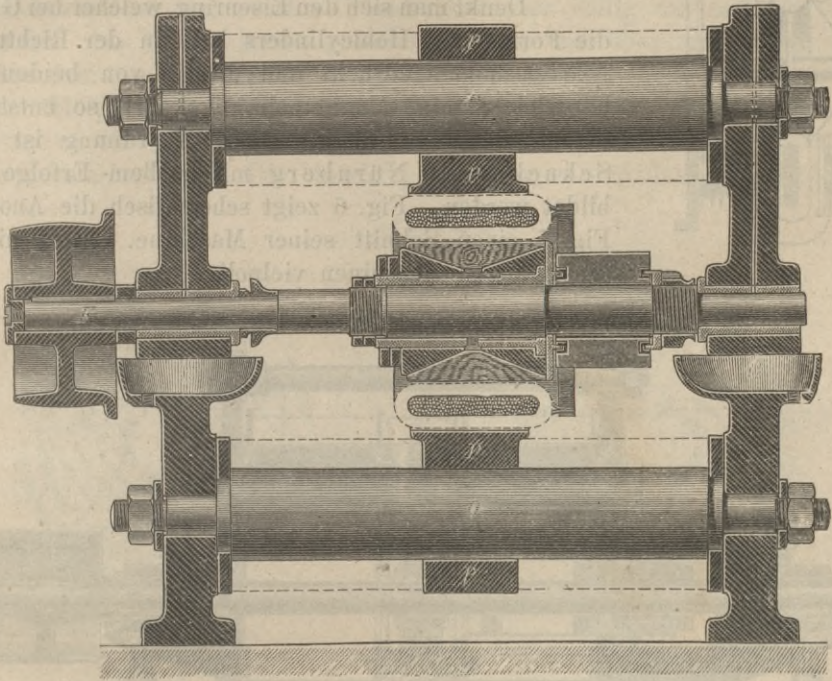
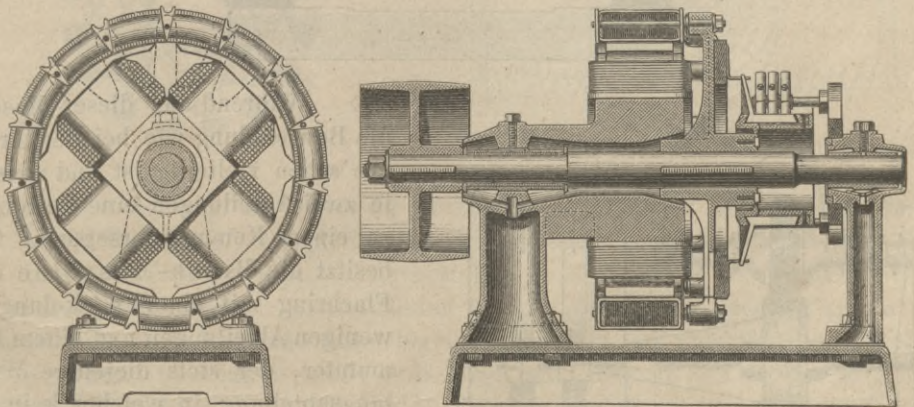
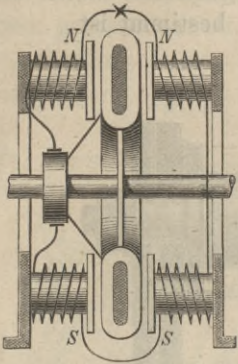


Fig. 5.



Das Bemerkenswerte dieser Maschine ist, dass die Elektromagnete radial im Innern des Ringes angebracht sind. Die Kraftlinien im Eisenkörper schließen sich hier in kurzen Umläufen in sich. Der Kommutator besteht aus sehr vielen Teilen oder wird auch ganz weggelassen, indem die Bürsten direkt auf der Außen-

Fig. 6.



seite des Ringes schleifen. Die Bewickelung besteht aus Kupferstäben. Die Bürsten lassen sich durch einen Hebel alle gleichzeitig auf- und abheben.

Ähnliche Konstruktionen haben etwas später Ganz & Co. und Fein veröffentlicht.

Denkt man sich den Eisenring, welcher bei Gramme die Form eines Hohlzylinders hat, in der Richtung der Axe zusammengedrückt und diesem von beiden Seiten her gleichnamige Magnetpole zugekehrt, so entsteht der sogenannte Flachring. Diese Anordnung ist von S. Schuckert in Nürnberg mit großem Erfolge ausgebildet worden. Fig. 6 zeigt schematisch die Anordnung, Fig. 7 einen Schnitt seiner Maschine. Auch hier sind die größeren Maschinen vielpolig.

Fig. 7.

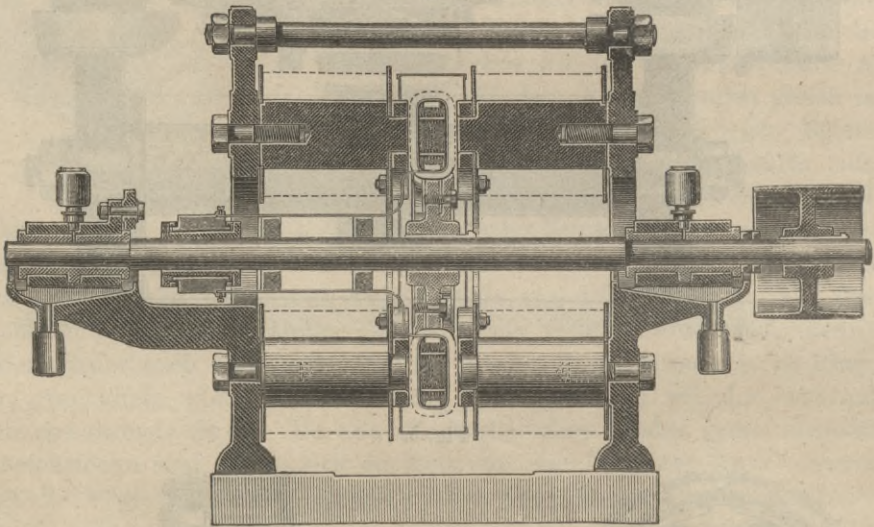
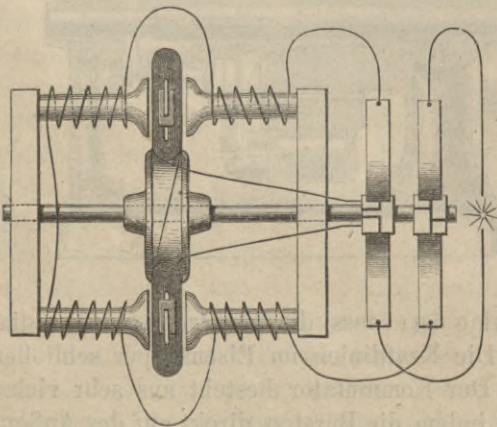


Fig. 8.

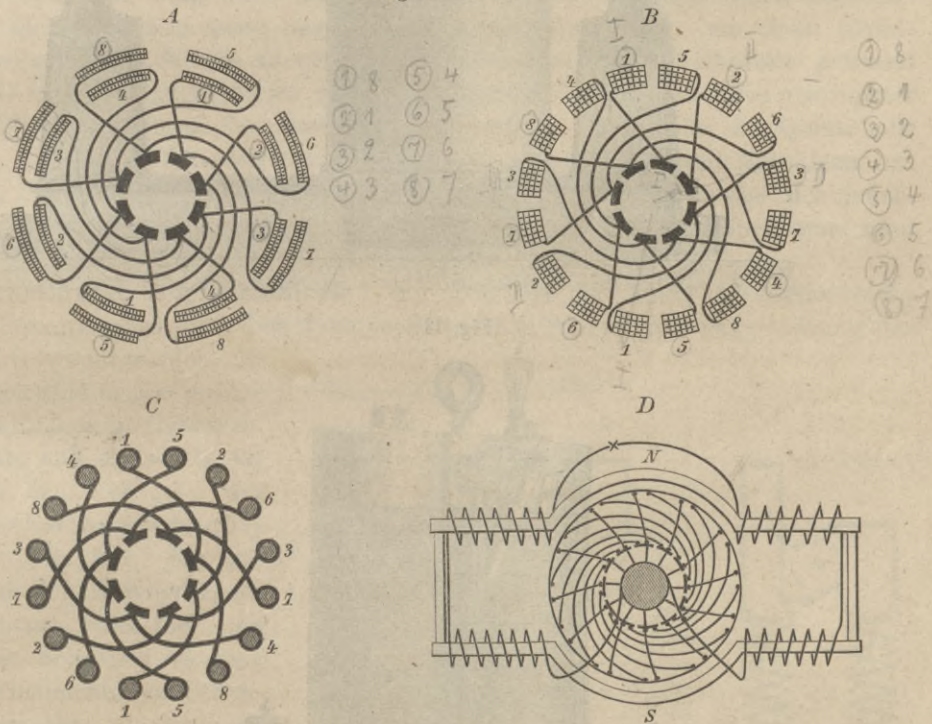


Während bei dieser Maschine die Bewickelung wie bei der Gramme'schen vielteilig ist und zwischen je zwei Abteilungen eine Verbindung zu einem Kommutatorsegment führt, besitzt die Brush-Maschine einen Flachring mit einer Wickelung von wenigen Abteilungen und einem Kommutator, der stets diejenige Wickelungsabteilung, in welcher kein oder nur ein schwacher Strom entsteht, völlig ausschaltet, die übrigen aber immer so gruppirt, dass ein gleichgerichteter Strom abgeführt wird, der nach einander die Elektromagnet-

schkel und den äußeren Stromkreis durchfließt. Diese Anordnung zeigt das Schema Fig. 8.

Trommelmaschinen. Bei den seit 1873 aus der Fabrik von Siemens & Halske hervorgegangenen dynamoelektrischen Maschinen von F. v. Hefner-Alteneck bewegt sich zwischen zwei Elektromagnetpolen ein aus Eisendraht oder besser Eisenscheiben hergestellter Cylinder, welcher völlig mit isolirten Drähten bewickelt ist. Die Drähte laufen parallel zur Axe und überkreuzen sich an den Stirnflächen, um auf die andere Seite des Cylinders zu gelangen. Von jedem Ende einer Abteilung und dem Anfang der nächsten führt wie bei Gramme eine Verbindung zu einem Kommutatorsegment, deren ebensoviele wie Wickelungsabteilungen vorhanden sind. Die einzelnen Abteilungen sind dadurch fortlaufend in

Fig. 9.



Hintereinanderschaltung mit einander verbunden und bilden eine in sich endlos geschlossene Wickelung. Die Schaltung der einzelnen Abteilungen der Wickelung ist in den vorstehenden Schematen dargestellt. In B sind die Abteilungen, welche in A übereinander liegen, nebeneinander gelegt. Wird in diesen Figuren der Kommutator um 90° im Sinne des Uhrzeigers gedreht, so entsteht die früher in gewissen Fällen, bei den neueren Maschinen von Siemens & Halske allgemein eingeführte „Kreuzschaltung“, Schema C. Die auf der dem Kommutator entgegengesetzten Stirnseite des Cylinders liegenden Verbindungen sind in den Figuren nicht angedeutet aber so ausgeführt, dass die mit denselben Ziffern bezeichneten Abteilungen verbunden sind. Genau wie im Gramme'schen Ring teilen die beiden diametral sich gegenüberstehenden Bürsten die gesamte Wickelung in zwei Hälften, welche ihren Strom in demselben Sinne in den äußeren Stromkreis senden.

Fig. 10

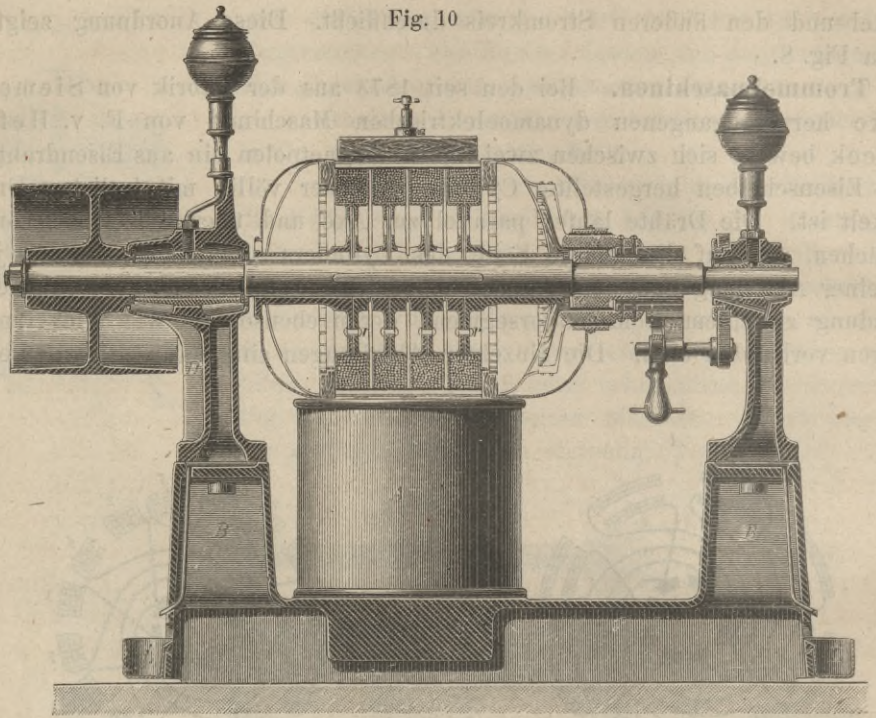


Fig. 11.

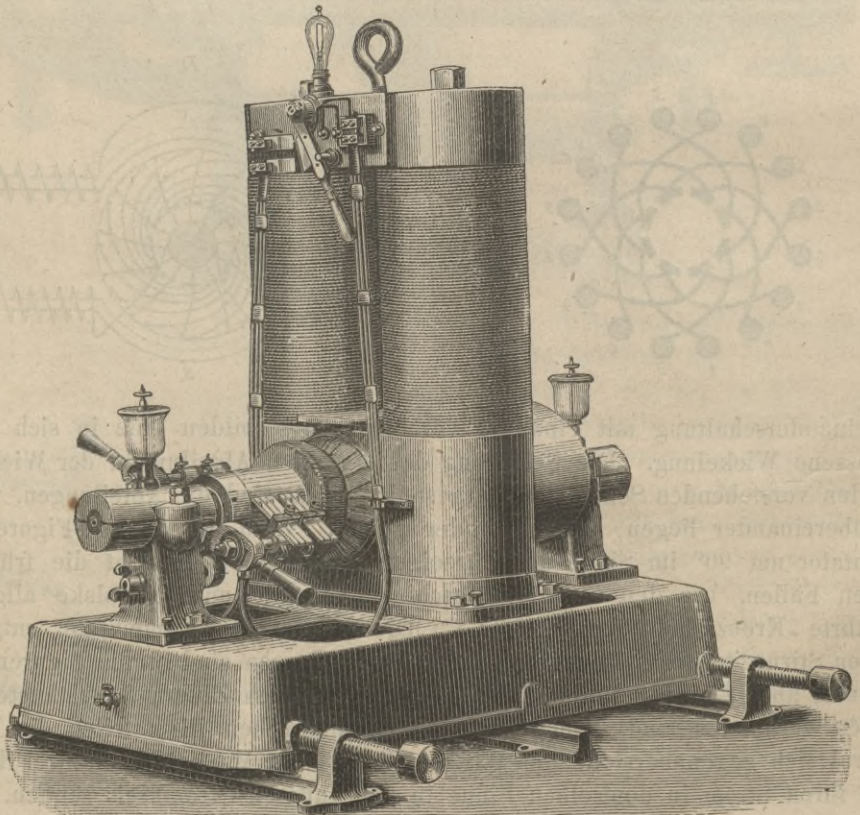
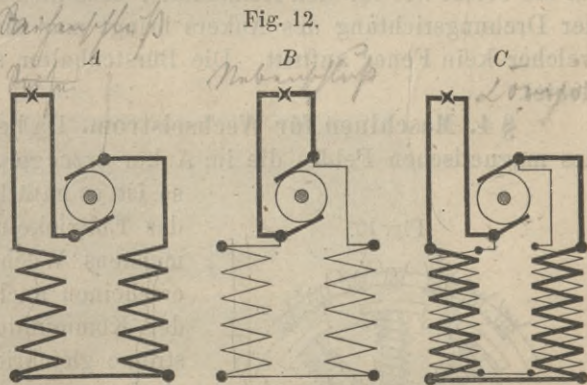


Fig. 18 links zeigt das ältere *D*-Modell, Fig. 10 das neuere *H*-Modell von Siemens & Halske in seiner konstruktiven Ausführung. Die dünnen schmiedeisernen von vier Drahtkästen magnetisirten Schenkel des älteren Modells sind durch zwei kräftige, mit der Grundplatte in einem Stück hergestellte gusseiserne Elektromagnete mit zwei Spulen ersetzt, deren ausgebohrte Polköpfe den kürzer gewordenen Anker eng umschließen. An Stelle des geschlossenen Kommutators ist der sogenannte Luftkommutator getreten, dessen Segmente sich mit Leichtigkeit auswechseln lassen.

Die Cylinderarmatur ist auch bei der Edison-Maschine, welche in Fig. 11 abgebildet ist, zur Verwendung gekommen und zwar mit genau derselben Bewickelung und Schaltung wie bei der Maschine von Siemens & Halske, Fig. 10. Bei den früheren Edison-Maschinen war der Kommutator in eine ungerade Anzahl von Teilen geteilt, später ist er aber ebenfalls in geradzahligiger Teilung ausgeführt worden. Die Anordnung der Teile ist so getroffen, dass die Pole des mächtigen schmiedeisernen Elektromagnets unten liegen und von der Grundplatte, um einen schädlichen magnetischen Schluss zu vermeiden, durch eine starke Zinkplatte getrennt sind. Die Elektromagnete waren anfangs außerordentlich lang, wurden aber später in der Edison-Hopkinson-Maschine erheblich verkürzt und dafür im Querschnitt verstärkt. Während die Elektromagnete früher bei den größeren Maschinen aus mehreren Schenkeln von kreisförmigem Querschnitt bestanden, welche sich jederseits in einem Polschuh vereinigten, erhalten die neueren Maschinen nur zwei massive Schenkel von rundem oder rechteckigem Querschnitt.

Schaltungen der Maschinen. Ein Teil der im Anker erzeugten elektrischen Energie muss nach dem dynamoelektrischen Princip zur Magnetisirung der Schenkel verwandt werden. Zu dem Zweck sind drei verschiedene Schaltungen im Gebrauch.

Die älteste und einfachste Art liegt bei den Serien- oder Reihenschaltungsmaschinen vor; Fig. 12 *A*. Der gesamte von den Bürsten abgeführte Strom wird hier erst durch die Schenkelwicklung und dann in den äußeren Stromkreis geschickt. — Diese direkte Wickelung ist vielfach da in Verwendung, wo von einer Maschine eine Reihe von hintereinander geschalteten Bogenlampen gespeist werden. Bei der zweiten zuerst von Wheatstone angegebenen Schaltung, Fig. 12 *B*, teilt sich der vom Anker kommende Strom in zwei Teile; der größere geht durch den äußeren Stromkreis, der kleinere nur wenig Bruchteile vom ersteren betragende durch die Schenkelwicklung, welche zu diesem Zweck aus dünnem Draht besteht und daher einen hohen Widerstand besitzt. Derartig geschaltete Maschinen heißen Nebenschlussmaschinen. Bei der dritten und neuesten Art, Fig. 12 *C*, sind die beiden vorigen Schaltungen vereinigt zu dem Zwecke, bei konstanter Umlaufgeschwindigkeit des Ankers die Klemmenspannung der Maschine konstant zu erhalten, wie auch der äußere Widerstand, also die Belastung der Maschine sich ändern möge. Diese Wickelung ist zuerst von Brush hergestellt,

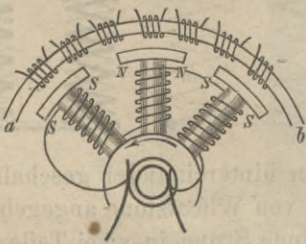


von Siemens & Halske indessen zuerst zu dem oben genannten Zwecke benutzt worden. Die Maschinen mit gemischter Wickelung oder Gleichspannungsmaschinen, auch Compoundmaschinen genannt, dienen vorzugsweise zum Betriebe von Glühlampen oder von Glühlampen und Bogenlampen zugleich. Indessen werden größere Maschinen für konstante Klemmenspannung meistens nur mit Nebenschlusswicklung versehen. Die Klemmenspannung der Nebenschluss- und Gleichspannungsmaschinen lässt sich sehr bequem dadurch reguliren, dass man in die Nebenschlusswicklung künstliche Widerstände einschaltet; siehe Seite 43.

Bürstenstellung. Nachdem wir gesehen haben, wie in der Dynamomaschine der Strom im Anker zustande kommt, müssen wir noch auf eine Eigentümlichkeit derselben hinweisen. Bei dem Schema des Gramme'schen Ringes (Fig. 3) befanden sich die Polflächen oben und unten, die Stromabnahmestellen links und rechts. Der Strom in den Ankerdrähten erzeugt nun seinerseits je nach seiner Stärke ein mehr oder minder kräftiges magnetisches Feld im Ankereisen, das sich mit dem von den Feldmagneten erzeugten zu einem resultirenden zusammensetzt. Während die Kraftströmung des letzteren in beiden Hälften des Ringes von unten nach oben ging, hat ersteres eine Richtung von rechts nach links und die resultirende Kraftströmung ist daher von rechts unten nach links oben gerichtet. Diejenigen Punkte des magnetischen Feldes also, welche bei geringem Strom oben und unten liegen, verschieben sich mit wachsender Stromstärke mehr und mehr im Sinne der Drehungsrichtung des Ankers und ebenso die Punkte, an welchen die Drahtbürsten auf dem Kommutator schleifen sollen. Lässt man die Bürsten genau links und rechts stehen, so tritt bei stärkerem Strom Feuer an ihnen auf, welches für sie selbst wie für den Kommutator schädlich ist. Durch Verschiebung im Sinne der Drehungsrichtung des Ankers bringt man sie wieder in die richtige Lage, in welcher kein Feuer auftritt. Die Bürstenhalter sind daher stets verstellbar eingerichtet.

§ 4. Maschinen für Wechselstrom. Da bei den gebräuchlichen Anordnungen des magnetischen Feldes die im Anker erzeugten Ströme stets Wechselströme sind, so ist es natürlich, dass wir in der ersten Periode der Entwicklung der elektrischen Beleuchtung meistens Wechselstrommaschinen vorfinden. Sie erscheinen auch etwas einfacher, weil bei ihnen der Kommutator wegfällt, welcher die Einzelströme gleichrichten und so gruppiren soll, dass ein konstanter Strom entsteht. Sollen nun aber die Stromwellen im Licht nicht als Flimmern wahrnehmbar sein, so müssen sie sehr schnell aufeinander folgen. Daher finden wir die Wechselstrommaschinen stets als vielpolige Maschinen gebaut.

Fig. 13.



Bei der Gramme'schen Maschine, welche in Fig. 13 schematisch und in Fig. 14 u. 15 in ihrer konstruktiven Ausführung dargestellt ist, rotirt ein aus vielen Elektromagneten von abwechselnder Polarität gebildeter Stern im Inneren eines feststehenden, mit isolirtem Draht in vielen Abteilungen bewickelten Ringes *ab*. Die Abteilungen sind aber nicht zu einem Kommutator geführt, sondern zu einzelnen Stromkreisen verbunden, welche in Polklemmen enden zum Anschluss der Leitungsdrähte, die den Strom erhalten sollen. Hier rotirt mithin das System der Kraftströmungen,

welche von den Nordpolen durch die Kupferwicklung in den Ring treten und aus diesem wieder zu den Südpolen übergehen; und in den festen Drähten werden elektromotorische Kräfte in der einen oder anderen Richtung erzeugt, je nachdem

Fig. 14.

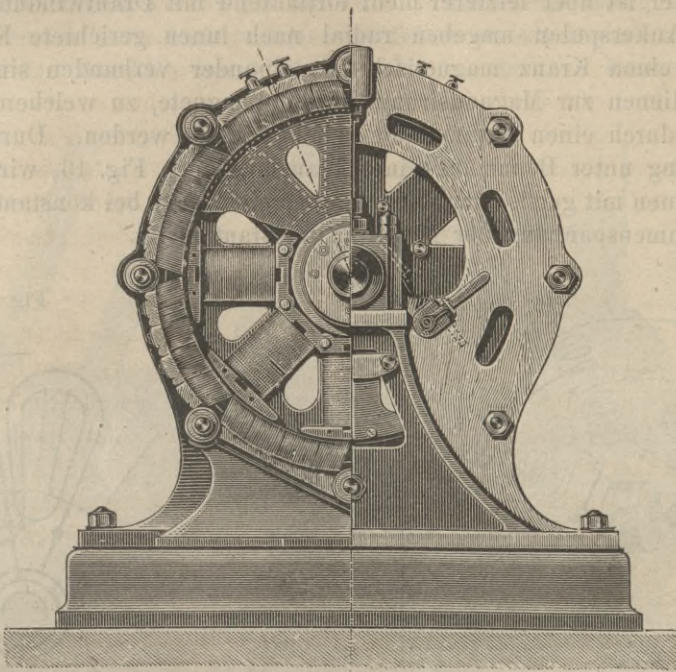
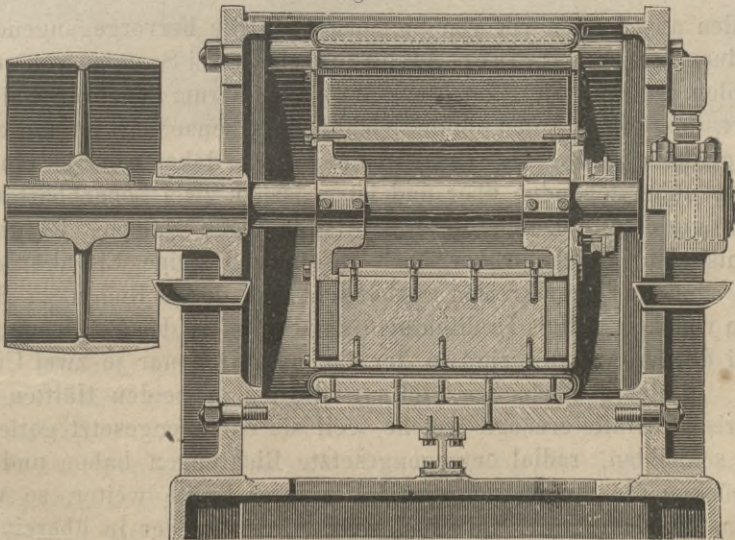


Fig. 15.



die sie schneidende Kraftströmung in den Ring hinein oder aus ihm heraustritt. Eine besondere Erregermaschine liefert den Strom zur Magnetisirung des Schenkelsternes. Letztere macht, weil zwei Riemen gebraucht werden, die Anord-

nung etwas kompliziert. Deshalb hat Gramme seine Wechselstrommaschine auch mit einer kleinen Gleichstrommaschine zusammengebaut, sodass nur noch eine Welle anzutreiben ist.

Ganz & Co. lassen gleichfalls die Schenkel rotiren, während der Anker fest steht. Hier ist aber letzterer nicht fortlaufend mit Drahtwindungen versehen, sondern die Ankerspulen umgeben radial nach innen gerichtete Kerne, welche außen durch einen Kranz magnetisch mit einander verbunden sind. Zwei der Ankerspulen dienen zur Magnetisirung der Feldmagnete, zu welchem Zwecke ihre Stromimpulse durch einen Kommutator gleichgerichtet werden. Durch eine sinnreiche Schaltung unter Benutzung eines Transformators, Fig. 16, wird ähnlich wie bei den Maschinen mit gemischter Wickelung erreicht, dass bei konstanter Tourenzahl auch die Klemmenspannung der Maschine konstant bleibt.

Fig. 16.

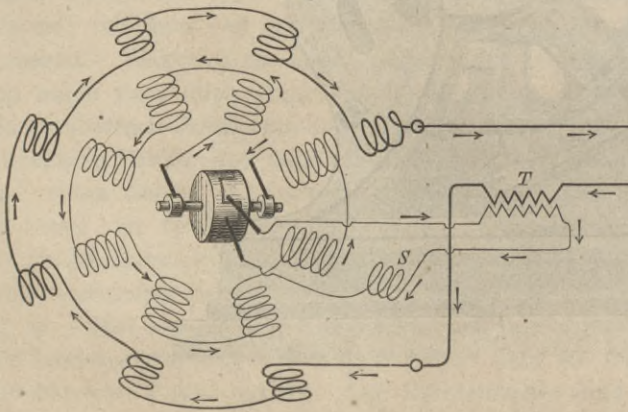
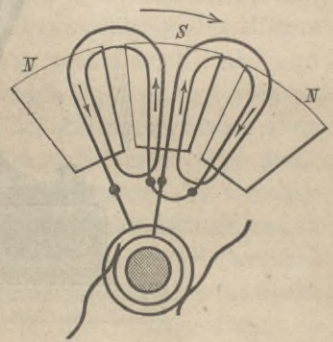


Fig. 17.

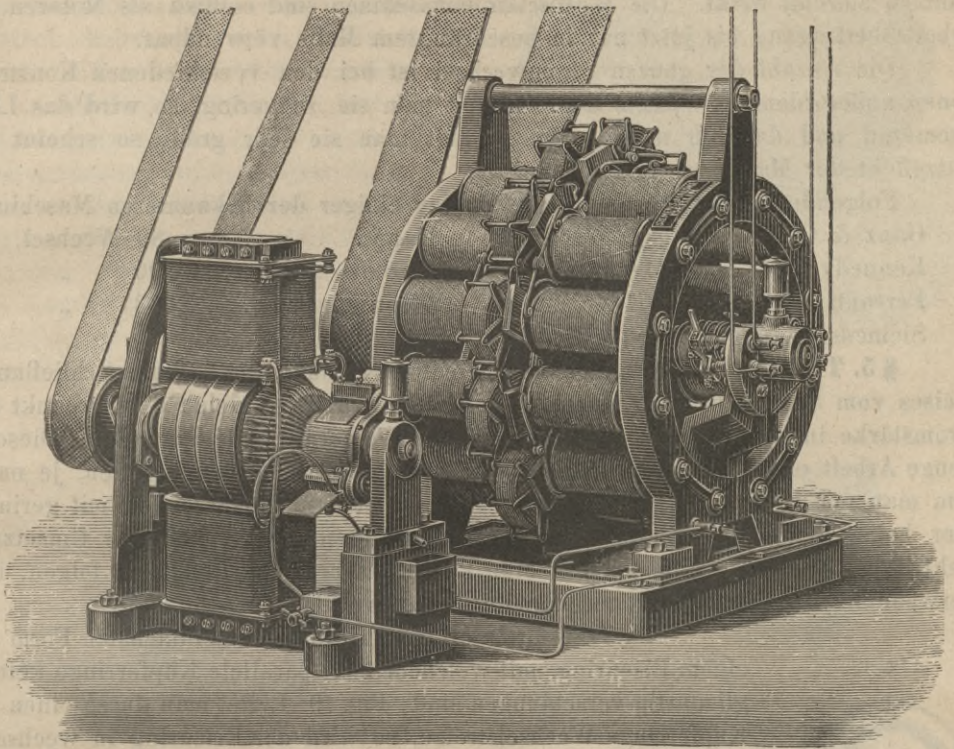


Bei den aus der Fabrik von Siemens & Halske hervorgegangenen Wechselstrommaschinen von F. v. Hefner-Alteneck sind zwei Systeme von starken Elektromagnetpolen, welche in je einer Ebene im Kreise herum angeordnet sind, einander so zugekehrt, dass einem jeden ein ungleichnamiger benachbart ist und ein ungleichnamiger gegenüber steht. Die Kraftströmung geht daher von je einem Pole zu dem ihm gegenüberstehenden über und ist zwischen zwei benachbarten Polen entgegengesetzt gerichtet. Durch diese Kraftströmungen rotiren eigenthümlich geformte Drahtspulen, welche früher flach waren und keine Eisenkerne enthielten. Die Spulen sind zu Stromkreisen verbunden und deren Enden zu Schleifringen geführt, von welchen mittels Drahtbürsten der Strom zu den Polklemmen abgeführt wird. Zwei der Drahtspulen sind in der Fig. 17 durch nur je zwei Umwindungen angedeutet. In der gezeichneten Stellung werden in beiden Hälften einer Spule elektromotorische Kräfte erzeugt, welche, weil sie entgegengesetzt gerichtete Kraftströmungen schneiden, radial entgegengesetzte Richtungen haben und sich daher addiren. Rücken die Spulen um die Hälfte ihrer Breite weiter, so werden sich die elektromotorischen Kräfte aufheben, werden aber wieder in übereinstimmender, aber der der ersten entgegengesetzten Richtung wirksam sein, wenn die Spulen nochmals um ihre halbe Breite weiterrücken. Die einzelnen Spulen sind je nach Bedürfniss parallel oder hintereinander geschaltet und so zu einem einzigen oder mehreren Stromkreisen vereinigt. Fig. 18 zeigt eine mittelgroße Maschine mit

Erreger. Bei den neueren Wechselstrommaschinen erhalten die rotirenden Spulen Eisenkerne.

Überall, wo im Eisen die Kraftströmung ihre Intensität oder ihre Richtung ändert, werden auch elektromotorische Kräfte in demselben auftreten, welche zu schädlichen, sogenannten Foucault'schen Strömen Veranlassung geben. Diese Ströme verlaufen im Eisen und erwärmen es, indem sie Arbeit verbrauchen und den Wirkungsgrad der Maschine herabdrücken. Man sucht ihre Entstehung dadurch

Fig. 18.



zu verhindern, dass man das Eisen teilt und die einzelnen aus dünnem Draht oder Blech bestehenden Theile durch Firniss, Farbe, Papier oder Luft von einander isolirt; der Anker der Dynamomaschinen besteht daher aus einer Eisendrahtwicklung oder besser aus Eisenblechscheiben. Bei Wechselstrommaschinen sind sowohl die Kerne des Ankers wie die Elektromagnete aus geteiltem Eisen herzustellen. Die Anordnung muss immer derart sein, dass durch die Isolation zwischen den Drähten oder Blechen dem Verlauf der Kraftströmung kein Widerstand bereitet wird, die letztere muss also ganz längs der Drähte oder in der Richtung der Ebene der Bleche verlaufen.

Die Wechselstrommaschinen haben, da sie keinen Kommutator besitzen, den Gleichstrommaschinen gegenüber den Vorteil, dass sie nicht einer so sorgfältigen Wartung bedürfen wie diese. Der Kommutator ist der empfindlichste Teil einer Gleichstrommaschine, da bei nicht aufmerksamer Bedienung Feuer an den Bürsten entstehen kann, welches eine starke Abnutzung verursacht und zu Betriebsstörungen sowie zum Auftreten von Fehlern in der Maschine Veranlassung geben kann. Da beide Kohlenstäbe der durch Wechselstrom betriebenen Lampen gleich schnell ab-

brennen, so kommt auch das Verbrennen der unteren Kohlenzange, welches bei Gleichstromanlagen eintreten kann, wenn nämlich die Maschine die Pole gewechselt hat, nicht vor. Ferner sind sie zur Übertragung hochgespannter Elektrizität unter Verwendung von Transformatoren wenigstens bis jetzt allein geeignet. Sie stehen aber insofern gegen die Gleichstrommaschinen zurück, als sie kaum einen gleich hohen Nutzeffekt erreichen dürften und auch bei gleicher elektrischer Energie in Bogenlampen weniger Licht aussenden. Auch lassen Wechselstrommaschinen und Wechselstrombogenlampen ein summendes Geräusch hören, das in geschlossenen Räumen störend wirkt. Die Wechselstrommaschinen sind endlich als Motoren für Arbeitsübertragung bis jetzt nur in beschränktem Maße verwendbar.

Die Anzahl der ganzen Stromwechsel ist bei den verschiedenen Konstruktionen außerordentlich verschieden. Nimmt man sie zu gering, so wird das Licht flimmernd und dadurch unangenehm, wählt man sie sehr groß, so scheint der Nutzeffekt der Maschinen abzunehmen.

Folgendes sind nach Kapp die Zahlen einiger der bekannteren Maschinen:

Ganz & Co.	42 Wechsel,	Kapp	80 Wechsel,
Kennedy	60 „	Mordey	100 „
Ferranti	67 „	Westinghouse	133 „
Siemens & Halske	80 „		

§ 5. Transformatoren. Die innerhalb zweier Punkte des äußeren Schließungskreises vom Strome in einer Sekunde geleistete Arbeit ist gleich dem Produkt der Stromstärke in die zwischen jenen beiden Punkten herrschende Spannung. Dieselbe Menge Arbeit oder Energie kann also sehr verschiedene Formen besitzen, je nachdem man mit hoher oder geringer Stromstärke und dem entsprechend mit geringer oder hoher Spannung arbeitet. Die Transformatoren dienen nun zur Umsetzung elektrischer Energie. Hier soll nur eine kurze Beschreibung derselben folgen, ihre Verwendung dagegen später auseinandergesetzt werden.

Fig. 19.



Ein Transformator besteht in seiner einfachsten Form aus einem Eisenring, mit welchem zwei parallele Kupferringe ketten-gliedartig verschlungen sind; Fig. 19. Leitet man durch einen der Kupferringe Wechselströme, so wird der Eisenring in wechselnder Richtung und Stärke magnetisirt, ohne dass Magnetismus außen wahrnehmbar ist; vergl. Seite 4. Die Änderungen des Magnetismus erzeugen in dem zweiten Kupfering wiederum Wechselströme, deren Richtung im allgemeinen die umgekehrte und deren Intensität fast genau dieselbe ist wie die der primären Wechselströme.

In der Praxis ist jeder der beiden Kupferringe durch eine Anzahl von Kupferdrahtwindungen ersetzt. Werden diese parallel geschaltet, so setzen sich ihre Einzelströme zu einem Strom von großer Intensität und geringer Spannung zusammen, werden sie hintereinander geschaltet, so gewinnt man umgekehrt einen Strom von geringer Intensität und großer Spannung. Durch verschiedenartige Schaltung der primären und sekundären Wickelung kann man auf diese Weise leicht jede beliebige Übersetzung der elektrischen Größen des primären Kreises in die des sekundären Kreises erreichen. Je nachdem das Eisen von den Windungen umgeben ist oder die Kupferwindungen umgibt, unterscheidet man Kern- und Manteltransformatoren, doch sind die neueren Transformatoren teilweise so gebaut, dass diese Unterscheidung sich nicht mehr gut anwenden lässt.

Der Sekundärgenerator von Gaulard & Gibbs ist ein Kerntransformator und besaß ursprünglich einen geraden Eisenkern aus isolirten Drähten mit offenen Enden, später einen in sich geschlossenen Eisenring, welcher von Kupferscheiben umgeben ist. Dieselben gehören abwechselnd der primären und der sekundären Wickelung an und sind von einander durch Papierscheiben isolirt. Die Kupferscheiben haben je einen radialen Schnitt, und zu beiden Seiten befinden sich an der Peripherie Ansätze, mittels welcher jede Scheibe mit der nächstvorhergehenden und der nächstfolgenden desselben Stromkreises in der Weise verbunden ist, dass die Scheiben eine fortlaufende Spirale um den Eisenkern bilden. Die primären Wickelungen der einzelnen Transformatoren wurden anfangs nur hinter-

Fig. 20.

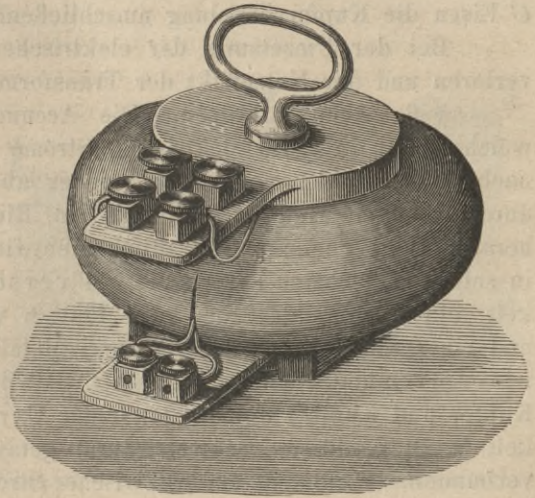
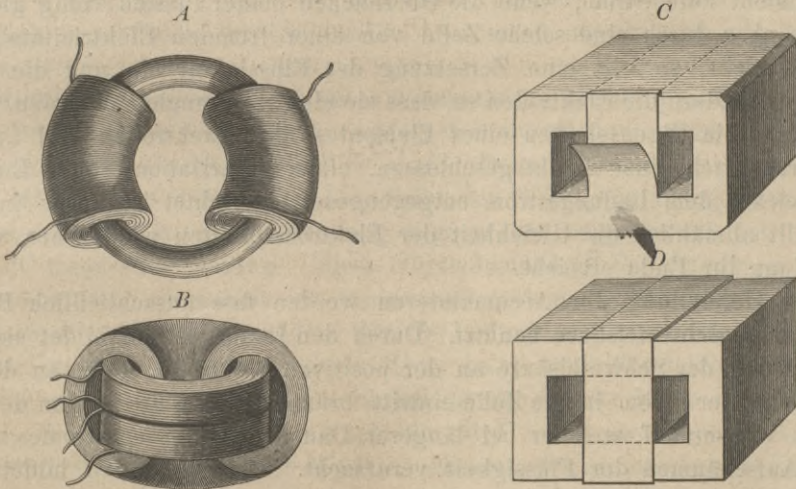


Fig. 21.



einander geschaltet und das Übersetzungsverhältnis 1:1 gewählt, indem die primäre und die sekundäre Wickelung gleichviele Windungen erhielten. Soll der Transformator nicht benutzt werden, so müssen die Pole der sekundären Wickelung kurz geschlossen werden. Neuerdings werden sie auch in Parallelschaltung verwendet.

Bei den Transformatoren von Ganz & Co. (Zipernowski, Déri, Blathi), Fig. 20, bilden die beiden Wickelungen einen Ring, welcher mit Eisendraht umwickelt ist. Sie haben meist ein hohes Übersetzungsverhältnis (bis 1:20) und werden in Parallelschaltung angewendet. Innerhalb der gestatteten Grenzen bleibt die Spannung zwischen den sekundären Klemmen konstant, wenn die primäre Klemmenspannung

konstant gehalten wird. Diese Schaltung der Transformatoren ist die verbreitetste, da sie fast alle Regulierungsmechanismen entbehrlich macht.

Fig. 21 zeigt einige Typen von Transformatoren. *A* Eisen innen, Kupfer außen (Ganz & Co. und Andere); *B* Eisen außen, Kupfer innen (Ganz & Co.); *C* Eisen die Kupferwicklung umschließend (Westinghouse); *D* ähnlich (Kennedy).

Bei der Umsetzung der elektrischen Energie geht nur ein geringer Teil verloren und der Nutzeffekt der Transformatoren ist daher ein hoher.

§ 6. Accumulatoren. Die Accumulatoren haben den Zweck, Energie, welche ihnen in Form elektrischer Ströme zugeführt wird, aufzuspeichern und je nach Bedarf in derselben Form wieder abzugeben. Sie unterscheiden sich hierdurch von den primären (gewöhnlichen) Elementen, welche Energie aus sich selbst heraus infolge chemischer Reaktionen entwickeln. Ein galvanisches Element besteht in seiner einfachsten Form aus zwei verschiedenen Metallen und einer Flüssigkeit, ein Accumulator aus zwei Platten von gleicher Oberflächenbeschaffenheit und einer Flüssigkeit. Werden zwei Metallplatten, deren Oberflächen sich irgendwie von einander unterscheiden (z. B. Zink und Kupfer oder metallisch reines Kupfer und Kupfer, welches mit einer Oxydschicht bedeckt ist), in eine Flüssigkeit (z. B. verdünnte Schwefelsäure) getaucht und außerhalb durch einen Draht verbunden, so entsteht ein elektrischer Strom, welcher von einem Metall ausgehend durch die Flüssigkeit, innerhalb deren sich die Metalle nicht berühren dürfen, zum anderen und von hier durch den Schließungsdraht zum ersten zurückläuft. Dagegen entsteht kein Strom, wenn die Oberflächen beider Platten völlig gleich sind. Wird nun aber durch eine solche Zelle von einer fremden Elektrizitätsquelle ein Strom geschickt, so tritt eine Zersetzung der Flüssigkeit ein und die Produkte derselben verändern die Elektroden so, dass sie elektrisch ungleich werden. Die Zelle hat nunmehr die Eigenschaften eines Elementes; ihre Elektroden sind „polarisirt“ und liefern, durch einen Draht geschlossen, einen Polarisations- oder Entladungsstrom, welcher dem Ladungsstrom entgegengesetzt gerichtet ist. Der Entladungsstrom stellt allmählich die Gleichheit der Elektrodenplatten wieder her, womit die Strombildung ihr Ende erreicht.

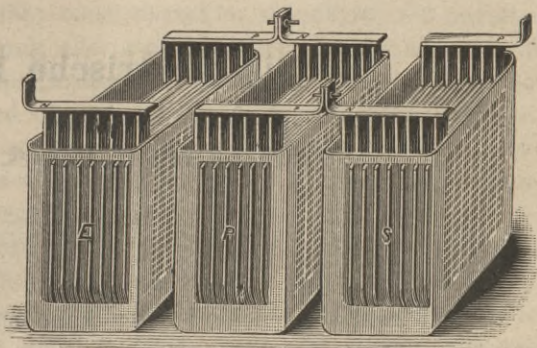
Zur Herstellung der Accumulatoren werden fast ausschließlich Bleiplatten und verdünnte Schwefelsäure benutzt. Durch den Ladungsstrom bildet sich infolge der Zersetzung der Schwefelsäure an der positiven Elektrode, d. h. an derjenigen, durch welche der Strom in die Zelle eintritt, braunes Bleisuperoxyd, an der anderen Elektrode Wasserstoff, welcher bei längerer Dauer des Ladungsstromes entweicht und ein Aufschäumen der Flüssigkeit verursacht. Beim Entladen bildet sich auf beiden Elektroden Bleisulfat. Damit der Accumulator möglichst große Elektrizitätsmengen in sich aufnehmen kann, muss die Oberfläche der Bleiplatten groß und möglichst porös und schwammig sein. Planté suchte dies durch wiederholtes Laden in verschiedener Richtung und Wiederentladen zu erreichen, weil aus dem Bleisulfat durch den Ladestrom fein verteiltes metallisches Blei reducirt wird. Dies „Formiren“ ist indessen ein sehr langwieriger Prozess und Faure schlug daher ein anderes Verfahren ein, indem er beide Platten mit Mennige, d. i. bleisaurem Blei bedeckte. Beim Laden verwandelt sich die Mennige auf der positiven Elektrode durch Aufnahme von Sauerstoff in Bleisuperoxyd, auf der negativen durch Abgabe von Sauerstoff in metallisches Blei.

Beim Entladen bildet sich auf beiden Elektroden Bleisulfat und infolge

davon nimmt der Schwefelsäuregehalt beim Entladen ab, beim Laden wieder zu derart, dass man aus dem Säuregehalt der Flüssigkeit auf den Grad der Ladung eines Accumulators schließen kann.

Die neueren Bestrebungen in der Herstellung gehen darauf hinaus, bei einem guten Wirkungsgrad die Kapazität, d. h. die Aufnahmefähigkeit von elektrischer Energie zu vergrößern und den Accumulatoren eine möglichst große Dauerhaftigkeit zu verleihen. Die Elektroden werden daher meistens nicht aus massiven Bleiplatten, sondern aus Bleigittern oder Bleigerippen von solcher Form hergestellt, dass die Füllmasse nicht leicht herausfallen kann. Jede Elektrode besteht in der Regel aus mehreren Platten, welche an eine Bleistange angelötet sind. Die Elektroden werden so ineinander geschoben, dass räumlich positive und negative Platten miteinander abwechseln, aber durch irgendwelche Isolation vor gegenseitiger Berührung bewahrt sind. Fig. 22 stellt einen Accumulator der Electrical Power Storage Co. in London dar. Als Gefäße werden Kästen aus Glas oder Ebonit, mitunter auch aus Holz, welches mit Bleiblech ausgefüttert ist, verwendet. Äußerlich ähneln sich die Accumulatorzellen der verschiedenen Systeme sehr.

Fig. 22.



Die elektromotorische Kraft eines Accumulators beträgt ungefähr 2 Volt, so dass zum Betrieb einer Lichtanlage von 100 Volt ca. 50 und einige Accumulatoren in Hintereinanderschaltung erforderlich sind. Beim Laden steigt die Klemmenspannung allmählich auf 2,5 Volt. Das Ende der Ladung ist meistens an starkem Aufschäumen kenntlich. Die Entladung beginnt bei ungefähr 2,0 Volt und kann bis 1,8 Volt fortgesetzt werden. Diese Veränderlichkeit der Spannung erfordert beim Betriebe mit Accumulatoren Reservezellen und Regulirvorrichtungen, auf welche wir später eingehen werden. Für die Ladung sowohl wie für die Entladung ist eine maximale Stromstärke vorgeschrieben, welche ohne Beschädigung der Zellen nicht überschritten werden darf. Die Entladungsstromstärke ist in der Regel etwas stärker als die der Ladung. Die Kapazität wird in Ampère-Stunden angegeben, woraus durch Multiplikation mit 2, der mittleren elektromotorischen Kraft eines Accumulators, die in ihm aufzuspeichernde Energie in Volt-Ampère-Stunden gefunden wird. Zu weit getriebene Entladung und die Aufbewahrung im entladenen Zustande sind sehr schädlich und möglichst zu vermeiden; dagegen ist zu weit fortgesetzte Ladung meistens ohne nachteilige Folgen aber unökonomisch, weil die überschüssige Energie nicht wieder gewonnen werden kann.

Von der beim Laden verbrauchten Strommenge (in Ampère-Stunden) wird bis 90% wiedergewonnen, der Wirkungsgrad der Accumulatoren ist aber geringer, weil die Klemmenspannung bei der Entladung geringer ist als bei der Ladung, und beträgt etwa 75%.

Zweiter Teil.

Die elektrische Beleuchtung.

Bearbeitet von **H. Görges**, Ingenieur in Berlin.

Auf zwei verschiedene Arten kann man durch Elektrizität brauchbares Licht erzeugen. Lässt man einen starken Strom zwischen zwei Elektroden übergehen, so entsteht zwischen ihnen, nachdem man sie ein wenig von einander getrennt hat, eine blendende Lichterscheinung, der sogenannte Volta'sche oder nach seinem Entdecker Davy'sche Lichtbogen. Er wurde im Jahre 1808 von Humphrey Davy mittels einer aus vielen Elementen zusammengesetzten Batterie zwischen zwei Kohlenstäben zuerst hergestellt. Schickt man ferner einen elektrischen Strom durch einen dünnen Leiter von hohem Widerstand, so wird dieser glühend und leuchtet. Je nachdem man es nun mit dem ersteren oder dem letzteren Verfahren zu thun hat, spricht man von Bogenlicht oder von Glühlicht. Die Elektroden sowohl, zwischen denen man den Lichtbogen sich bilden lässt, als auch der dünne durch den elektrischen Strom zum Glühen gebrachte Leiter bestehen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen aus Kohle, weil dieses Material in beiden Fällen das geeignetste ist, eine verhältnismäßig große Lichtmenge zu erzeugen. Das Glühlicht wird als schwächere, das Bogenlicht als stärkere Lichtquelle verwendet, sodass sich beide Arten ergänzen und die Skala vom kleinsten für den Chirurg genügenden Glühlämpchen bis zum mächtigen meilenweit strahlenden Leuchtturmlicht umfassen. Das Bogenlicht ist fast ganz weiß, das Glühlicht gelblich, ähnlich dem Gaslicht. Das Bogenlicht gibt unter Aufwendung derselben Arbeitsmenge mehr Licht als die Glühlampe; so können mit einer Pferdestärke durch Bogenlicht bis 2000 Normalkerzen, durch Glühlicht 150—200 Normalkerzen erzeugt werden.

§ 7. Bogenlampen. Unter einer elektrischen Bogenlampe versteht man einen Apparat, in welchem durch geeignete Vorrichtungen der Davy'sche Lichtbogen zwischen zwei Kohlenstäben gebildet und möglichst unverändert erhalten werden kann. Der Übergang des Stromes zwischen den beiden von einander entfernten Kohlen ist mit einem beträchtlichen Energieaufwand verknüpft, welcher die Erhitzung der Kohlen bis zur Weißglut verursacht. Infolge dessen findet ein allmähliches Verbrennen der Kohlen statt, außerdem ein Zerstäuben der positiven Kohle, wodurch der Abstand der Stäbe immer größer wird, bis endlich der Lichtbogen erlischt. Jede Lampe muss daher mit einer Nachschubvorrichtung versehen sein, welche die Entfernung der Kohlen von einander regelt. Da ferner der Strom nur durch Berührung der Kohlen eingeleitet werden kann, muss jede Lampe eine

Vorrichtung besitzen, welche zum Zweck der Strombildung die Kohlenstäbe bis zur Berührung zusammenführt und sie dann um eine gewisse Größe von einander entfernt. Beide Vorrichtungen besorgt, häufig unter Zuhilfenahme der Schwerkraft, der Strom selbst; nur in älteren Lampen finden sich Uhrwerke.

Bei Gleichstrom wird die bei weitem größte Lichtmenge von der positiven stärker glühenden Kohle ausgestrahlt, die geringste vom Lichtbogen selbst. Die positive Kohle verzehrt sich auch ungefähr noch einmal so schnell wie die negative und wird daher entweder doppelt so lang oder von doppeltem Querschnitt wie die negative genommen. Das letztere empfiehlt sich in mehrfacher Hinsicht, denn der Bau der Lampe wird dadurch kürzer und die negative Kohle wirft weniger Schatten. Die positive Kohle brennt flach oder sogar mit konkaver Höhlung, die negative spitz. Aus alledem folgt notwendig, dass man bei vertikaler Stellung der Kohlenstäbe oben den positiven, unten den negativen nehmen muss, wenn man wie gewöhnlich das Licht nach unten fallen lassen will. Die unter verschiedenen Winkeln ausgestrahlte Lichtmenge ist sehr verschieden und erreicht bei ungefähr 40° mit der Horizontalen ihr Maximum. Beim Betrieb mit Wechselstrom glühen und brennen beide Kohlen ganz gleich und spitzen sich zu, nach oben wird daher ebensoviel Licht ausgestrahlt wie nach unten. Wo es besonders auf Bodenbeleuchtung ankommt, ist die Wirkung des Wechselstromlichtes daher nicht so günstig wie die des Gleichstromlichtes. Auch ist es wahrscheinlich, dass die Wechselstrombogenlampe bei gleichem Aufwand an elektrischer Energie nicht so viel Licht erzeugt, wie die Gleichstrombogenlampe.

Die Bogenlänge ist durch die Rücksicht auf ruhiges Brennen begrenzt, wird sie zu groß, so tritt Flammenbildung auf und das Licht wird unruhig und violett gefärbt. Andererseits wird man die Entfernung der Kohlen wegen der Schattenbildung durch die negative Kohle nicht zu klein wählen. Sie beträgt bei den Lampen mittlerer Lichtstärke nur wenige Millimeter und erreicht erst bei den stärksten Lampen etwa 20 mm. Die Spannung zwischen den beiden Kohlen nimmt mit der Länge des Lichtbogens zu, variiert aber praktisch ziemlich wenig, nämlich zwischen etwa 35 und 50 Volt. Als Spannung für mittelstarke Lampen kann man bei Gleichstrom je nach der Kohlenart 40—45 Volt annehmen. Folgende Tabelle für Kohlenstifte von Gebr. Siemens, Charlottenburg, mag als Anhalt dienen:

3	Ampère	11	mm	oben,	6	unten,	36	Volt,
6	„	16	„	„	9	„	38	„
9	„	18	„	„	11	„	40	„
12	„	20	„	„	12	„	42	„

Vielfach werden die Kohlenstäbe für etwas höhere Spannungen hergestellt. Bleibt die elektromotorische Kraft des Stromkreises konstant, so nimmt mit dem Größerwerden des Lichtbogens die Stromstärke allmählich ab, während die Spannung langsam steigt. Bei einem gewissen Kohlenabstand erlischt der Lichtbogen, wodurch der Strom unterbrochen wird.

Der Energieverbrauch eines Bogenlichtes und seine Leuchtkraft ist mithin wesentlich durch die Stromstärke bestimmt, nach welcher wegen der Verschiedenheit der unter verschiedenen Winkeln ausgestrahlten Lichtmengen daher auch am zweckmäßigsten seine Intensität beurteilt bzw. bezeichnet wird. Die schwächsten Bogenlichter haben eine Stromstärke von etwa 3 Ampère, eine 9-Ampère-Lampe kann als mittelstarkes Licht, eine 20-Ampère-Lampe schon als starkes Licht bezeichnet

werden. Darüber hinaus werden Lampen bis zu 100 und mehr Amp. nur für spezielle Zwecke verwendet.

Die mittlere Lichtstärke einer 9-Ampère-Lampe beträgt etwa 1200 Normalkerzen, die einer 6-Ampère-Lampe 600 Normalkerzen. Diese Leuchtkraft wird übrigens durch die Mattglasglocken, mit denen man das Bogenlicht zu umgeben pflegt, bedeutend abgeschwächt.

Die Kohlenstärke richtet sich mit der oben angegebenen Modifikation für positive und negative Kohlen nach der Stromstärke. Zu schwache Kohlen würden bis weit von ihren Enden ins Glühen geraten und sich unter Flammenbildung zu rasch verzehren, zu starke Kohlen würden nur an Teilen der einander zugekehrten Oberflächen in Weissglut geraten, die Schattenbildung würde groß werden, der Lichtbogen bald hier bald da überspringen und das Licht unruhig werden.

Als die wichtigen Eigenschaften des Bogenlichtes treten also Bogenlänge, Stromstärke und Spannung auf, endlich der Widerstand, dargestellt durch den Quotient Spannung durch Stromstärke. Der Mechanismus der Lampe sucht eine dieser Größen konstant zu erhalten; zum normalen Brennen ist daher erforderlich, dass von außen her noch eine der anderen Größen konstant erhalten werde. Hiernach unterscheidet man vier Arten von Bogenlampen.

Bogenlampen mit Regulierung auf gleiche Lichtbogenlänge. In der einfachsten Weise werden die Kohlen in der Handlampe auf den richtigen Abstand eingestellt. Dieselbe besteht aus zwei von einander isolirten Kohlenhaltern zur Aufnahme der Kohlenstäbe und einem Getriebe, durch welches man von Hand die beiden Kohlen zusammen- und auseinanderführen kann. Beim Gebrauch werden zunächst die Kohlen bis zur Berührung einander genähert, damit der Strom entstehen kann, darauf soweit von einander entfernt, dass die richtige Bogenlänge vorhanden ist, und fernerhin ihrem Abbrennen entsprechend von Zeit zu Zeit einander langsam entgegengerückt. Eine solche Lampe brennt bei nicht zu schwachen Kohlen minutenlang weiter, ohne dass ein Reguliren erforderlich wird, und ist daher für Effektbeleuchtungen, wie in Theatern etc. und in großen Reflektoren für militärische Zwecke, wo ein Mann den Spiegel zu dirigiren hat, ganz gut brauchbar.

Jablochkoff stellte in seiner Kerze die beiden Kohlen nebeneinander und isolirte sie durch eine Gypsschicht, welche in dem gleichen Maße wie die Kohlen verzehrt wurde. Oben waren die Kohlen durch einen Kohlenpulver enthaltenden Kitt miteinander verbunden, um die Strombildung zu ermöglichen. Die Kerzen wurden durch Wechselstrom betrieben, weil die Kohlen gleich schnell abbrennen mussten. Sie sind wohl nur ganz vereinzelt noch in Gebrauch und werden hier nur ihrer historischen Bedeutung wegen erwähnt, weil durch sie zuerst das Problem der sogenannten Teilung des elektrischen Lichtes gelöst wurde, nämlich von einer Maschine in demselben Stromkreis hintereinander mehrere Bogenlichter zu betreiben. Durch Jablochkoff-Kerzen wurde im Winter 1877/78 auf der Avenue de l'Opéra in Paris die erste dauernde Straßenbeleuchtung ausgeführt, welche eine allgemein anerkannte großartige Wirkung hatte und einen mächtigen geschäftlichen Aufschwung der elektrischen Beleuchtungstechnik hervorrief. Die Fehler der Kerze bestehen in ihrer kurzen Brenndauer von nur zwei Stunden, weswegen in der Regel vier Kerzen in einer Lampe untergebracht sind, und in dem leichten Erlöschen, wodurch der Strom in dem ganzen Kreise unterbrochen wird.

In der Soleil-Lampe, Fig. 8, Taf. I, werden die Kohlen durch einen Marmorblock in der richtigen Entfernung gehalten. Letzterer hat den Zweck, die Lichtwirkung zu erhöhen, indem er als Reflektor dient und durch den Lichtbogen in Weißglut versetzt wird. Da er aber das von den Kohlen selbst ausstrahlende Licht abdeckt, wirkt er ungünstig ein und die für diese Lampen erforderliche Betriebskraft ist größer, als für die gewöhnlichen Bogenlampen.

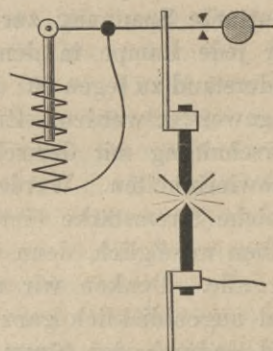
Die Bogenlampen, welche auf gleiche Stromstärke reguliren, sind nach den Handregulatoren die ältesten elektrischen Lampen und ungemein zahlreich.

Ihr Princip ist in einfachster Form in Fig. 23 dargestellt. Die obere Kohle sucht sich durch ihr Übergewicht oder durch eine Federkraft der unteren Kohle zu nähern, wogegen ein vom Lampenstrom umflossener Elektromagnet die Kohlen von einander zu entfernen sucht. Wird durch das Abbrennen der Kohlen der Lichtbogen und folglich dessen Widerstand größer, so sinkt die Stromstärke und der Magnet gestattet der oberen Kohle eine geringe Bewegung nach unten.

Die erste wirklich brauchbare selbstthätige elektrische Lampe wurde 1848 von Foucault & Duboscq hergestellt, siehe Fig. 1, Taf. I, und findet noch heutzutage Verwendung, zumal bei Bühnenbeleuchtungen und für Projektionszwecke bei wissenschaftlichen Untersuchungen. Sie besteht im wesentlichen aus zwei Uhrwerken, von denen das eine die beiden Halter, in welche die vertikal über einander stehenden Kohlenstäbe eingespannt werden, zu entfernen, das andere sie zu nähern strebt. Ein Steuerungselektromagnet (siehe Seite 50), welcher vom elektrischen Strom umflossen wird, arretirt je nach der Stellung seines Ankers das eine oder das andere oder beide Uhrwerke. Serrin beseitigte das eine Uhrwerk dadurch, dass er in seiner Lampe, Fig. 2, Taf. 1, dem oberen Kohlenhalter ein bedeutendes Gewicht gab, sodass er vermöge der Schwerkraft herabsinkt und mittels einer über eine Rolle laufenden Kette gleichzeitig die untere Kohle in die Höhe zieht. Ein Elektromagnet kann den schwingend angeordneten unteren Kohlenhalter nach unten bewegen und dadurch den Lichtbogen entzünden.

In der von Siemens & Halske gebauten v. Hefner-Alteneck'schen Kontaktlampe, Fig. 12, Taf. I, ist auch das zweite Uhrwerk beseitigt und durch einen im Fuß der Lampe untergebrachten Elektromotor ersetzt, welcher die Kohlen auseinander zieht, während sie durch das Gewicht des oberen Kohlenhalters zusammengeführt werden. Der Motor besteht in einem Elektromagneten, welcher bei einem gewissen Maximalwert der Stromstärke sich selbst kurz schließt und dadurch seinen Anker in Schwingungen versetzt. Wird nämlich der Anker bis zu einer gewissen Lage angezogen, so schließt er einen Kontakt, durch welchen der Strom mit Umgehung der Windungen des Elektromagnets in die Kohle gelangt. Hierdurch verliert dieser aber seine Anziehungskraft und lässt den Anker wieder los. Nun wiederholt sich das Spiel in derselben Weise; der Anker dreht mittels einer Stoßklinke ein Sperrrad, welches mittels Trieb und Zahnstange die Kohlen auseinandertreibt. Andererseits sind die Kohlen am Zusammenfallen verhindert, solange die Stoßklinke in das Sperrrad eingreift. Dadurch aber, dass mit wachsendem Bogen und

Fig. 23.



allmählich abnehmender Stromstärke der Anker sich von seinem Elektromagnet entfernt, wird endlich der Eingriff der Klinke in das Rad aufgehoben und die Kohlen können ein wenig zusammenrücken.

Die Lampe regulirt besonders dadurch so exakt, dass für die Regulirung nur die eine Stromstärke des Ankeranzuges maßgebend ist, da dem Anzug sofort der Abfall selbstthätig folgt.

Bei den eben erwähnten Lampen verbleibt der Lichtbogen immer an derselben Stelle des Raumes, was bei ihrer Benutzung für Projektionszwecke wesentlich ist. Die Lampen mit Regulirung auf gleiche Stromstärke eignen sich, wenn eine konstante Spannung zur Verfügung steht, vorzüglich zur Parallelschaltung, wobei vor jede Lampe in denselben Stromzweig mit ihr ein sogenannter Beruhigungswiderstand zu legen ist; (siehe S. 43.) Diese Schaltungsweise ist zuerst von Gülcher angewendet worden. Zunächst aber suchte man mehrere Lampen in Hintereinanderschaltung mit demselben Strom zu speisen und stieß dabei auf bedeutende Schwierigkeiten. Werden nämlich mehrere solcher Lampen mit Regulirung auf gleiche Stromstärke hintereinander geschaltet, so ist ein gutes Funktioniren derselben unmöglich, denn es verändert jedes Reguliren einer Lampe die Stromstärke für alle. Denken wir uns z. B. zwei solcher Lampen hintereinander geschaltet und augenblicklich ganz gut brennend, so wird die eine zunächst nachreguliren und dadurch den Strom verstärken. Die andere wird also ihren Kohlenabstand vergrößern, die erste deshalb wieder die Kohlen noch mehr zusammenführen etc. Beide Lampen brennen nun mit verschiedenen großen Lichtbögen und daher verschieden; es ist die Summe der Widerstände der Lichtbögen dieselbe geblieben, aber die Verteilung auf die einzelnen Lampen hat gewechselt und ein richtiges Brennen der Lampen ist somit ausgeschlossen. Die Hintereinanderschaltung der Lampen ist daher nur möglich, wenn die Regulirung in einer jeden von dem Widerstand ihres eigenen Lichtbogens abhängig gemacht wird. Dies thut die Differentillampe, welche auf gleichen Lichtbogenwiderstand regulirt.

Das Problem der Teilung des elektrischen Lichtes vermittels selbstthätiger Bogenlampen ist durch die epochemachende Erfindung der Differentillampe von Siemens & Halske zuerst in praktischer und so vollkommener Weise gelöst worden, dass die Kerzen, welche durch ihre Einfachheit eine rasche Verbreitung erlangt hatten, überflügelt und bald verdrängt wurden. Die elektrische Beleuchtung erhielt durch sie einen neuen Anstoss zu großartiger Entwicklung.

Die Differentillampe von Siemens & Halske ist im Jahre 1878 von F. v. Hefner-Alteneck konstruirt und 1879 während der Dauer der Berliner Gewerbe-Ausstellung zur Beleuchtung der Kaisergallerie, der ersten Beleuchtung mit geteiltem Lampenlicht, benutzt worden. Die Lampe enthält, wie Fig. 3, Taf. I, erkennen lässt, eine untere Spule aus dickem Draht, die Hauptstromspule, welche von dem durch die Kohlen gehenden Strom durchflossen wird, und eine obere Nebenschlusspule, welche mit feinem Draht bewickelt ist und direkt zwischen die beiden Klemmen der Lampe geschaltet ist. Sie wird von einem schwachen Zweigstrom durchflossen, welcher proportional der Spannung zwischen den Klemmen ist, also mit dieser stärker oder geringer wird. Jede der beiden Spulen sucht einen und denselben Eisenkern in sich hineinzuziehen, sodass auf diesen die Differenz ihrer Wirkungen zur Geltung kommt, wonach die Lampe benannt ist. Ein Hebel trägt einerseits den Eisenkern, andererseits den als Zahnstange gestalteten oberen Kohlenhalter,

der mit ihm derart durch eine Kuppelung verbunden ist, dass diese bei der höchsten Stellung des Eisenkernes gelöst wird und der obere Kohlenhalter infolge seines Gewichtes sich gegen den unteren bewegt. Die Bewegung wird durch ein Echappement mit Pendel, welches aus Fig. 5, Taf. I, ersehen werden kann, verlangsamt.

Das Spiel der Lampe ist nun folgendes. Der obere Kohlenhalter hebt durch sein Gewicht den Eisenkern in die Höhe, das Echappement wird ausgelöst und die obere Kohle fällt soweit herunter, dass sie die untere berührt. Wird nun Strom durch die Lampe geschickt, so zieht die Hauptstromspule den Kern nach unten und hebt die obere Kohle, sodass ein Lichtbogen sich bildet. Mit der Größe desselben nimmt aber gleichzeitig die Spannung zwischen den Kohlen und mithin der Strom und die Anziehungskraft der Nebenschlusspule zu, bis ein Punkt erreicht ist, wo die Anziehungskräfte beider Spulen auf den Eisenkern gleich groß sind und der Mechanismus zum Stillstand kommt. Wächst der Lichtbogen wieder durch Abbrennen der Kohlen, so nimmt auch wieder die Spannung zu, die Nebenschlusspule zieht mithin den Kern höher und höher, bis das Echappement ausgelöst wird und die obere Kohle etwas herabfällt, indem das Pendel eine halbe Schwingung ausführt. Von da an spielt der Mechanismus in dieser Grenzlage, was man durch die kurzen Bewegungen des Pendels in ganz regelmäßigen Intervallen erkennt. Sind die Kohlenstäbe zu Ende gebrannt, so schaltet sich die Lampe selbstthätig aus, indem sie den Kontakt *A* schließt. Es können daher die übrigen in demselben Stromkreis liegenden Lampen ungestört weiter brennen. Bei Parallelschaltung der Lampen fällt die Kurzschlussvorrichtung fort.

Eine genauere Betrachtung der Vorgänge zeigt, dass die Lampe auf konstanten Lichtbogenwiderstand regulirt. Die Einstellung der Lampe auf denselben erfolgt sehr einfach durch Höher- oder Tieferschieben der oberen Spule, da ihre Wirkung auf den Eisenkern von der Tiefe seines Hineinragens in sie abhängig ist.

Neben der Benutzung des richtigen Principis der Regulirung sind es noch einige weitere Verbesserungen des Lampenmechanismus, welche dieser Lampe einen so großen Erfolg verschafft haben. Während früher die Lampen so angeordnet wurden, dass sich die Kohlen über dem Mechanismus befanden, ist hier das Umgekehrte der Fall. Es wird dadurch eine fast schattenlose Lichtwirkung nach unten erzielt; daher ist diese Anordnung seitdem fast ausschließlich verwendet worden. Da es ferner für allgemeine Beleuchtungszwecke nicht auf einen örtlich konstanten Brennpunkt ankommt, so wurde zu Gunsten der Einfachheit die untere Kohle festgestellt und nur die obere beweglich gemacht, derart, dass der Kontakt für den Stromübergang auf die Zahnstange mit starkem Druck und starker Reibung stattfinden kann, ohne die zarten Regulirungsbewegungen zu behindern. Endlich gehören noch hierher die Verwendung des obengenannten Ausschlusskontaktes und eine Luftbremse zur Dämpfung heftiger Bewegungen.

Die Lampen werden gleichgut für Gleichstrom wie für Wechselstrom verwendet, sie unterscheiden sich dann nur durch die Bewickelung der Spulen und die Längen der zu verwendenden Kohlen von einander. Für Wechselstrom müssen beide Kohlen gleich lang sein, für Gleichstrom die obere positive ungefähr doppelt so lang oder von doppelt so großem Querschnitt wie die untere negative Kohle.

Eine andere, ungefähr zu gleicher Zeit entstandene Differentiallampe ist die von Brush, welche besonders in Amerika sehr verbreitet ist; Fig. 4, Taf. I. Die

untere Kohle oder die unteren Kohlen, denn es sind ihrer meistens zwei vorhanden, stehen fest, die oberen Kohlenhalter setzen sich als glatte Stangen fort, welche von je einem Ring umfasst sind. Wird ein solcher Ring seitlich angehoben, so legt er sich infolge der Neigung an die leicht durch ihn hindurchgehende Stange und nimmt sie mit sich in die Höhe; wird er umgekehrt wieder gesenkt, so sinkt mit ihm die Stange, bis der Ring an einen Anschlag gelangt und nun die Stange langsam unter Reibung durch sich hindurchgleiten lässt. Das Anheben der Ringe geschieht mittels eines hufeisenförmigen Elektromagnets, welcher die Hauptstromspule und die Nebenschlusspule übereinander gewickelt enthält. Beide Wicklungen wirken wieder in entgegengesetzter Weise: die Hauptstromwicklung sucht die Ringe anzuheben und den Kohlenabstand zu vergrößern, die Nebenschlusswicklung sucht den letzteren zu verkleinern. Das Spiel der Lampe ist nun genau dasselbe, wie vorher beschrieben. Es ist noch zu bemerken, dass die beiden Oberkohlen nicht gleichzeitig angehoben werden, sondern die eine etwas früher, als die andere, was einfach dadurch erreicht ist, dass links der Anschlag für den Ring etwas tiefer als rechts sitzt. An den zuletzt auseinander gezogenen Kohlen, in der Figur den rechts befindlichen, entzündet sich zuerst der Lichtbogen. Sind diese heruntergebrannt, während linker Hand stets der obere Kohlenhalter festgeklemmt bleibt, so sinkt der Anker des Elektromagnets noch ein wenig und spielt von nun an in einer etwas tieferen Lage, wobei die Kohlen links abbrennen. Zur Unterdrückung heftiger Bewegungen sind die Stangen als mit Glycerin gefüllte Pumpentiefel ausgebildet, in welche am äußeren Gehäuse befestigte Kolben ragen. Auch diese Lampe besitzt einen Ausschlusskontakt, der in einem besonderen Elektromagnet mit wieder zwei Wicklungen besteht. Die dünne Bewicklung ist mit der Nebenschlusspule des Hauptmagnets in denselben Stromkreis geschaltet und zieht einen Anker an, wenn die Spannung einen um einen gewissen Betrag zu hohen Wert erreicht, was bei der Unterbrechung des Hauptstromes der Fall ist. Dadurch aber wird ein Kontakt geschlossen, welcher dem Hauptstrom mit Umgehung der Kohlen einen Weg durch die dicke Bewicklung desselben Magnets gestattet und gleichzeitig den nötigen Magnetismus erzeugt, um den Kontakt dauernd geschlossen zu halten, denn hierzu würde, da jetzt zwischen den Klemmen nur eine minimale Spannung herrscht, die Nebenschlusswicklung nicht ausreichen.

Eine wieder im Princip mit den vorigen Lampen gleiche ist die von Krizik-Piette, welche von S. Schuckert gebaut wird; siehe Fig. 6, Taf. I. Sie unterscheidet sich jedoch von der Lampe von Siemens & Halske durch die Form der Eisenkerne, welche konisch anstatt cylindrisch ausgeführt sind. Hierdurch wird erreicht, dass die Wirkung zwischen Spule und Kern konstant bleibt, wie tief auch der Kern in die Spule taucht. Der Kohlenhalter kann nun direkt mit den Kernen verbunden werden und Zahnstange und Räderwerk fallen fort. Ein besonderer Elektromagnet besorgt wieder das Ausschließen der Lampe, wenn die Kohlen abgebrannt sind. Die Wirkungsweise der Lampe ist folgende. Die beiden Kohlenhalter, welche durch eine über eine Rolle gehende Schnur verbunden und äquilibriert sind, mögen so stehen, dass die Kohlenstäbe von einander getrennt sind, wenn die Lampe eingeschaltet wird. Der Strom nimmt dann seinen Weg über den dickdrähtigen Teil *A* der Nebenschlusspule zum Kontakt *B* und durch den Widerstand *C*. Die Windungen *A* ziehen den Kern *K*₁ in sich herein und bringen die Kohlenstäbe zur Berührung. Hierdurch wird dem Strom ein neuer Weg

geöffnet und zwar über K_1 , durch die Kohlen, über K_2 , gleichzeitig durch den Widerstand H und den Elektromagnet E und schließlich durch die dickdrähtige Spule G . Der Elektromagnet E zieht den Anker an und unterbricht den Kontakt bei B , sodass nun A und F statt A hintereinander eingeschaltet sind. Die Spule G zieht den Kern K_2 an, der Lichtbogen bildet sich und die Regulirung geht jetzt in der bekannten Weise durch die beiden Differentialspulen G und A und F vor sich. Sind die Kohlen fast abgebrannt, so kommt der Kern K_2 an die isolirte Stelle L der Stange I , wodurch der Elektromagnet E stromlos gemacht und der Kontakt bei B wieder geschlossen wird, sodass der Strom nunmehr über A , B , C die Lampe passirt, zum Teil auch über K_1 , K_2 , H und G , ohne dass aber ein Bogen gebildet werden kann, weil die Spannung zu gering ist und die Wirkung von A die von G weit übertrifft.

Lampen mit Regulirung auf gleiche Spannung. — Sorgt man dafür, dass einer Lampe immer derselbe Strom zugeführt wird, so muss sie auch dann gut brennen, wenn ihr Regulirmechanismus konstante Spannung zwischen den Kohlen herzustellen sucht. Dies thun die Nebenschlusslampen. Die Lampe von Lontin, Fig. 9, Taf. I, ist 1878 aus der Serrin'schen entstanden, indem der Elektromagnet so angeordnet wurde, dass er das Zusammengehen der Kohlen und die Feder die Auseinanderbewegung der Kohlen zu bewirken hat. Der Elektromagnet ist mit einer Nebenschlusswicklung versehen, d. h. einer dünn-drähtigen Bewickelung, welche direkt zwischen die Pole der Lampe geschaltet ist. Die Kohlen stehen, wenn kein Strom durch die Lampe geht, getrennt von einander und das Laufwerk ist arretirt. Wird die Lampe eingeschaltet, so zieht der Elektromagnet den Anker kräftig an und löst das Räderwerk aus, sodass die Kohlen zur Berührung gelangen. In diesem Augenblick sinkt die Spannung sehr beträchtlich, der Elektromagnet wird daher fast stromlos, die Federkraft überwiegt, arretirt das Werk und entfernt die Kohlen von einander, sodass sich der Lichtbogen bildet. Steigt infolge des Abrennens der Kohlen die Spannung, so löst der Elektromagnet in einer bestimmten Lage schließlich das Laufwerk aus und die Kohlen rücken einander näher. In dieser Lage des Ankers setzt nun die Lampe ihr regelmäßiges Spiel fort.

Die Nebenschlusslampe kann man sich durch Fortlassung der Hauptstromspule aus der Differentiallampe entstanden denken, wie der Vergleich von Fig. 24 mit Fig. 3, Taf. I, zeigt. Die Wirkung des Magnets ist bei ihr bei derselben Größe viel kräftiger als bei der Differentiallampe, in der nur die Differenz der magnetischen Kräfte zur Wirkung gelangt. Die Differentiallampe verlangt daher ein feineres Werk und eine sauberere Ausführung als die Nebenschlusslampe und ist deshalb nicht so billig herzustellen wie die letztere. Während daher die Differentiallampe bei Anlagen mit Hintereinanderschaltung bis jetzt das Feld behauptet hat, sind in den letzten Jahren für die Parallelschaltung mehr und mehr die Nebenschlusslampen in Aufnahme gekommen. Meistens besitzen sie auch noch einen Elektromagnet mit Hauptstromwicklung,

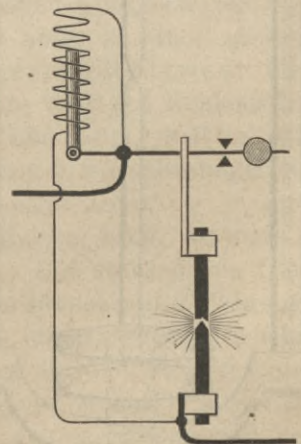
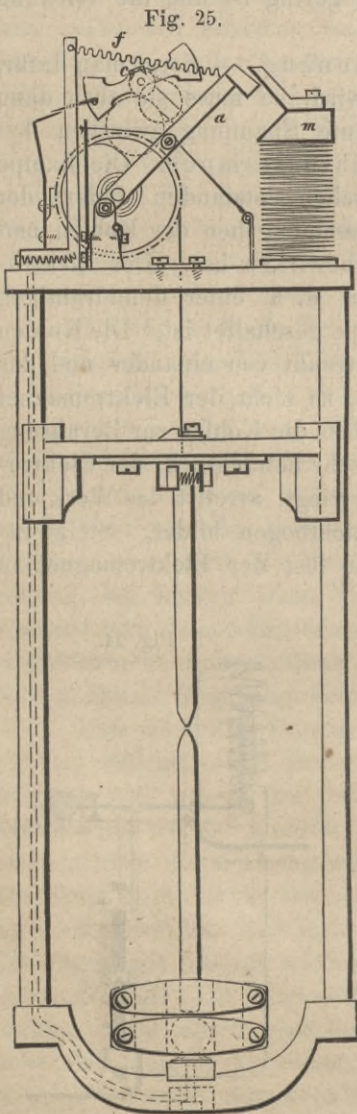


Fig. 24.

indessen dieser dient nicht zur Regulierung sondern lediglich dazu, beim Einschalten der Lampe die Kohlen von einander zu entfernen, „den Lichtbogen zu ziehen“.

Da sich die Spannung zwischen den Kohlen bei Verwendung verschiedener Stromstärken nur wenig ändert, so lässt die Nebenschlusslampe eine Verwendung für verschiedene Stromstärken zu, ohne dass an ihr eine Veränderung vorgenommen zu werden braucht. Bei den früher besprochenen Lampen muss dagegen die zur Regulierung benutzte Hauptstromspule eine ganz bestimmte je nach der Stromstärke sein.

In der Nebenschlusslampe von Gramme, Fig. 7, Taf. I, befindet sich der Hauptstrommagnet oben und zieht den Rahmen mit samt der unteren Kohle ab-



wärts, um den Lichtbogen zu bilden. Der Nebenschlusselektromagnet löst bei einer bestimmten Spannung das Laufwerk aus, sodass die obere Kohle herabfallen kann. Er ist zugleich mit einer Selbstunterbrechung versehen, damit die Auslösung nur ganz kurze Zeit dauert und die Kohle nicht zu weit herunterfallen kann. Die Regulierung ist also auch hier, ähnlich wie bei der Kontaktlampe von Siemens & Halske (S. 25), nur von dem einen Moment des Ankeranzuges abhängig, da auch hier dem Anzug der Abfall selbstthätig folgt. Geht kein Strom durch die Lampe, so heben zwei Spiralfedern den Rahmen und zugleich den Anker des Nebenschlusselektromagnets in die Höhe, sodass die Arretierung des Laufwerkes aufgehoben wird und die obere Kohle bis zur Berührung mit der unteren fallen kann.

Die Flachdecklampe von Siemens & Halske, Fig. 4, Taf. II, weist als Neuerung einen niedrigen Oberbau auf, um den Lichtpunkt möglichst nahe an die Decke zu bringen und sie daher auch für kleine und niedrige Räume brauchbar zu machen. Ein liegender Nebenschlusselektromagnet arbeitet mit Selbstunterbrechung und setzt daher seinen Anker in Schwingungen, sowie eine bestimmte Spannung überschritten wird. Mit dem Anker ist eine Stoßklinke in Verbindung, welche mittels eines eisernen Sperrrades eine in der linken Stange des Rahmens untergebrachte Spindel dreht. Hierdurch wird ein abhebbares Mutterstück, welches den oberen beweglichen Kohlenhalter mit der Spindel kuppelt, nach unten geschraubt und mit ihm die obere Kohle. Soll der obere Kohlenhalter behufs Einsetzens neuer Kohlen wieder nach oben geschoben werden, so braucht man nur das mit einem

Hebelchen verbundene Mutterstück außer Eingriff mit der Spindel zu bringen. Ein Hauptstrommagnet bildet den Bogen, indem er das eiserne Sperrrad in die Höhe zieht.

In der Bandlampe von Siemens & Halske, Fig. 25, ist der Hauptstromelektromagnet ganz fortgeblieben, auch sind Kontakte, wie sie die Selbstunterbrechungen erfordern, vermieden, weil sie durch die Funkenbildung leicht schadhafte werden und zu Störungen Veranlassung geben. Ein an horizontaler Axe drehbarer schräg-stehender Rahmen *a* trägt an seinem oberen Ende den Anker des Elektromagnets *m* und eine Trommel, welche durch ein Echappement *c* an der Rotation verhindert ist. Auf die Trommel ist ein Kupferband gewickelt, welches den schweren oberen Kohlenhalter trägt und ihm gleichzeitig den Strom zuführt. Der Rahmen wird durch eine Spiralfeder *f* in seiner höchsten Stellung gehalten. Wird die Lampe eingeschaltet, so zieht der Elektromagnet den Rahmen kräftig nach unten, das Echappement wird dadurch freigegeben und der obere Kohlenhalter fällt durch sein Gewicht so lange, indem das Kupferband sich von der Trommel abwickelt, bis die Kohlen sich berühren. Die Feder zieht nun den Rahmen wieder in die Höhe und bildet daher den Lichtbogen. Eine Feder im Inneren der Trommel sorgt dafür, dass das Kupferband sich wieder aufwickelt, wenn der obere Kohlenhalter zum Einsetzen neuer Kohlen wieder in die Höhe geschoben wird.

Nächst der guten Konstruktion einer Bogenlampe ist es die Beschaffenheit der Kohlenstäbe, welche die Ruhe und Gleichförmigkeit des Lichtes bedingt. Der Mechanismus der Lampe muss derart sein, dass plötzliche Änderungen in der Länge des Lichtbogens, durch die starke Schwankungen des Lichtes eintreten würden, ausgeschlossen sind. Die Kohlen müssen von fremdartigen Beimengungen frei sein, da solche leicht ein Abspringen größerer Teile und überhaupt ein schlechtes Brennen verursachen. Sie sollen ein möglichst weißes und reines Licht geben und dürfen nicht mit Flamme brennen. Der Lichtbogen soll sich möglichst in der Achse der Kohlen halten, damit das Licht ein ruhiges und stetiges ist.

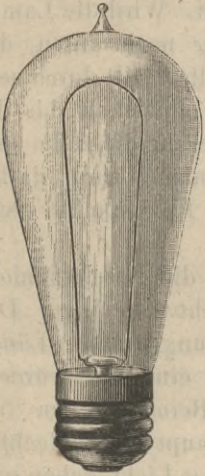
§ 8. Glühlampen. Wie schon erwähnt, kann elektrisches Licht auch erzeugt werden, wenn durch einen Leiter von hohem Widerstand ein elektrischer Strom fließt. Je nachdem nun der hohe Widerstand durch einen unvollkommenen Kontakt der Kohlen oder durch die geringe Dicke der Kohlen verursacht wird, unterscheidet man Kontaktglühlampen und Vacuumglühlampen. Die letzteren heißen so, weil der dünne Kohlenfaden in einer luftleer gemachten Glasglocke untergebracht ist. Die Kontaktglühlampen haben es bis jetzt nicht zu einer größeren Bedeutung gebracht; wir gehen daher gleich zu den Vacuumglühlampen über.

Die durch den elektrischen Strom hervorgebrachte Glut des Kohlenfadens würde nicht lange anhalten, wenn die Luft Zutritt zu ihm hätte, weil er dann schnell verbrennen würde. Es ist deshalb nötig, den Leiter in eine Glaskugel einzuschließen und diese luftleer zu machen. Da der glühende Leiter um so mehr Licht liefert, je höher man die Temperatur desselben treiben kann, so muss er aus einem sehr schwer schmelzbaren Material bestehen. Die vorhandenen Glühlampen haben nun das gemeinsam, dass sie aus einem dünnen mit Zuführungsdrähten versehenen Kohlenfaden bestehen, der in einem luftleer gemachten Glasballon eingeschmolzen ist; abgesehen von Unterschieden in den Formen unterscheiden sie sich aber in dem zum Kohlenfaden verwendeten Material, in der Art der Befestigung des Fadens in die eingeschmolzenen Zuführungsdrähte und dem Verfahren in der Herstellung dieser einzelnen Teile.

Edison, dem das Verdienst gebührt, zuerst eine praktisch brauchbare Glühlampe hergestellt zu haben, verwendet jetzt, nach Verlassen seiner früheren

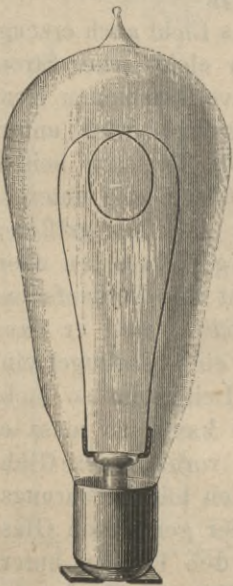
Platin-Papierkohle-Glühlampe, verkohlte Bambusfasern als Material für die Fäden. Die Kohlenfäden sind hufeisen- oder schlingenförmig gebogen und an den Enden, welche mit den Zuführungsdrähten verbunden werden, verbreitert. Die Zuführungsdrähte sind, so weit sie eingeschmolzen werden, von Platin, sonst von Kupfer. Das zur Befestigung des Kohlenfadens bestimmte Kupferdrahtende ist breit geschlagen, um das verbreiterte Ende des Kohlenfadens gebogen und mit diesem durch galvanische Verkupferung innig verbunden. Damit die Einschmelzstelle dicht ist, wird sie, wie aus Fig. 26 zu ersehen ist, breit gedrückt.

Fig. 26.



Auf den Fuß der Lampe sind ein gedrücktes Gewindestück und eine kleine Blechkappe aufgegipst, welche jedes mit einem der Zuführungsdrähte verlötet, unter sich aber durch den Gips isolirt sind. — Fast zu derselben Zeit wie Edison gelang es Swan, eine brauchbare Glühlampe herzustellen; siehe Fig. 15, Tafel I. Swan verwendet zu seinen Kohlen Baumwollfäden, welche durch Behandlung mit Schwefelsäure zunächst pergamentisirt und darauf, wie die Edison'sche Bambusfaser, in Kohlenpulver eingebettet verkohlt werden. Der Kohlenfaden wird durch einen Niederschlag von amorpher Kohle mit den eingeschmolzenen Platindrähten verbunden, was durch Glühen der Verbindungsstellen in Kohlenwasserstoffen bewirkt wird. Damit die Glühlampe bei einer ziemlich großen Fadenlänge klein ausfällt, ist der Faden schlingenförmig gebogen. Die Platindrähte sind außerhalb der Lampe zu Ösen ausgebildet, in welche mit der Stromquelle in Verbindung stehende Metallhaken eingreifen.

Fig. 27.



Ähnlich sind die Lampen von de Khotinsky, welcher Cellulosefäden benutzt.

Zu den Glühlampen von Siemens & Halske werden Pflanzenfasern als Kohlenmaterial benutzt. Die Kohlen der Glühlampen, Fig. 27, haben keine verstärkten Enden, sondern sind in die spiralförmig gewundenen Enden der eingeschmolzenen Zuführungsdrähte so eingesteckt, dass sie durch das Bestreben der Spirale, sich zu verengern, festgeklemmt werden. Zur Erhöhung der Sicherheit des Kontaktes zwischen beiden Teilen ist auf der von der Kohle entfernteren Hälfte der Spirale eine galvanische Verkupferung angewendet. Die Zuführungsdrähte sind an in den Fuß der Lampe eingegipsten Messingwinkeln befestigt.

Die Herstellung der Lampen ist jetzt im allgemeinen folgende. Das Rohmaterial, welches durch Ausschneiden, Stanzen oder Ziehen mittels Zieheisen die geeignete Querschnittsform erhalten hat, wird durch Glühen in Kohlenpulver karbonisirt. Auf der so hergestellten Seele wird nach dem Vorgange von Maxim ein Niederschlag von amorpher Kohle, welche sehr hart ist, durch Glühen des Fadens in Kohlenwasserstoffen hergestellt und hierdurch zugleich der Widerstand der einzelnen Teile des Fadens sehr gleichförmig gemacht, weil

der sich bei der Zersetzung des Kohlenwasserstoffes ausscheidende Kohlenstoff zu- meist auf den dünneren und daher heißeren Stellen abgeschieden wird. Nachdem die Fäden sodann an den in Glasstöpsel eingeschmolzenen Platindrähten befestigt worden sind, werden sie in die Glasglocken eingesetzt und die Stöpsel eingekittet. Es folgt nun unter gelindem Glühen der Fäden, welche sonst ziemlich viel Luft absorbiren würden, das Auspumpen der Glocken. Das Glühen der Drähte geschieht durch Hindurchleitung eines Stromes.

Besonders hervorzuheben sind als Eigenschaften der Glühlampen, dass ihr Widerstand im Gegensatz zu den Metallen mit der Temperatur abnimmt, und dass ihre Lichtstärke schon bei verhältnismäßig geringen Schwankungen des sie durchfließenden Stromes erheblich variirt.

Die Anforderungen, welche man an gute Glühlampen stellen muss, sind: große Haltbarkeit oder, wie man sich ausdrückt, Lebensdauer, Gleichmäßigkeit der Lampen derselben Sorte und hohe Ökonomie, (Verhältnis der erzeugten Lichtstärke zur aufgewendeten Energie). Die Lebensdauer einer Glühlampe ist von sehr vielen Bedingungen abhängig, welche sowohl bei der Herstellung wie beim Betriebe erfüllt sein müssen. Hauptsächlich muss die Luftleere eine möglichst vollkommene sein und bleiben, der Kohlenfaden äußerst gleichförmig sein und die Verbindung desselben mit den Zuführungsdrähten eine innige bleiben. Beim Betriebe kommt es darauf an, dass die Lampe keinem stärkeren als dem normalen Strom ausgesetzt wird, denn wenn der Strom auch nur vorübergehend die vorgeschriebene Höhe überschritten hat, so tritt eine Überhitzung der Lampe ein, welche die Lebensdauer bedeutend herabdrückt. So halten dieselben Glühlampen, welche bei Anlagen mit Betriebsmaschinen von hoher Gleichförmigkeit des Ganges eine mittlere Lebensdauer von mehr als 1200 Brennstunden erreichen, bei Anlagen mit wenig gleichförmigem Gange der Betriebsmaschine im Mittel vielleicht kaum 200 Stunden. Auch bei den besthergestellten Glühlampen tritt eine Abnutzung dadurch ein, dass infolge der hohen Temperatur des Kohlenfadens kleinste Teile abgeschleudert werden, wodurch die Glasglocke allmählich mit einer feinen Rußschicht überzogen, der Kohlenfaden aber stetig dünner wird, bis er an einer Stelle bricht. Vorher findet sowohl durch das Dünnerwerden des Fadens, wodurch der Widerstand wächst, wie durch Absorption von Strahlen durch die Rußschicht eine Lichtverminderung statt.

Die Leuchtkraft ist von der Temperatur der Kohle sowie von der Größe und Beschaffenheit der Oberfläche abhängig. Bei demselben Kohlenmaterial und bei gegebener Temperatur wird jedem Quadratmillimeter Oberfläche eine bestimmte Lichtstärke entsprechen, gleichgültig, ob die Kohle dick oder dünn, kurz oder lang ist. Die Ausstrahlung der Wärme, welche durch den elektrischen Strom in jedem Augenblick erzeugt werden muss, ist bei denselben Voraussetzungen aber gleichfalls der Oberfläche proportional. Will man daher eine Glühlampe von gegebener Kerzenzahl für eine höhere Spannung e herstellen, so muss man den Widerstand W des Fadens proportional dem Quadrate der Spannung erhöhen, um die Energie

($= \frac{e^2}{W}$) konstant zu erhalten, die Oberfläche aber ebenso groß wie vorher lassen.

Dies bedingt eine erhebliche Querschnittsverminderung des Kohlenfadens. Die mechanische Festigkeit desselben gegen Erhitzung und Stöße setzt diesem Bestreben daher bald eine Grenze, um so früher, je geringer die vorgeschriebene Lichtstärke ist. Bei 16kerzigen Lampen ist das Maximum der Spannung bei dem

augenblicklichen Stande der Fabrikation 150 Volt, in der Praxis geht man indessen ungern über 120 Volt hinaus. Lampen für geringe Spannung werden daher eine größere Lebensdauer besitzen als solche für hohe Spannung, oder aber sie können stärker beansprucht werden. So geben Siemens & Halske Glühlampen für Hintereinanderschaltung für 11 Amp. und 20 Volt bei einer Ökonomie von 2,25 Volt-Amp. pro N.K. (Normalkerze) aus, während 120 Volt-Lampen ca. 3,5 Volt-Amp. pro N.K. erhalten.

Die Forderung einer hohen Ökonomie steht in gewissem Sinne in Widerspruch mit der Forderung einer großen Lebensdauer, denn je mehr die Stromstärke bei einer und derselben Glühlampe gesteigert wird, um so mehr steigt das Verhältnis der erzeugten Lichtstärke zur aufgewendeten Energie; um so mehr wird aber die Lampe beansprucht und ihre Lebensdauer vermindert. Von zwei verschiedenen Lampen wird diejenige den Vorzug verdienen, welche bei gleicher Temperatur der Fäden, also bei gleicher Beanspruchung die höhere Ökonomie besitzt und ebenso von zwei verschiedenen Lampen von gleicher Lebensdauer diejenige, welche die höhere Temperatur verträgt, also wiederum eine höhere Ökonomie hat.

Die Glühlampen werden zumeist in Parallelschaltung verwendet, weil dann, konstante Spannung zwischen den Hauptleitungen vorausgesetzt, jede Lampe unabhängig von den anderen aus- und eingeschaltet werden kann. Konstante Klemmenspannung bei veränderlicher Stromstärke aber lässt sich leicht durch Maschinen mit Nebenschluss- oder gemischter Wickelung erzielen; siehe S. 14. Es ist dann natürlich erforderlich, dass alle Lampen einer Beleuchtungsanlage bei derselben Spannung die normale Lichtstärke geben, die im übrigen ganz verschieden bei den einzelnen Lampen sein kann. Da sich bei Parallelschaltung die Stromstärken der einzelnen Lampen addieren, sodass auf die Hauptleitung die Summe aller Zweigströme kommt, andererseits die Stärke einer Leitung und mithin ihr Preis mit der Stromstärke wächst, so ist es von Vorteil, die Stromstärke möglichst klein zu wählen, was man durch die Zugrundelegung einer möglichst hohen Spannung und großen Ökonomie erreicht, wobei freilich die Lebensdauer wieder beeinträchtigt wird. In der Praxis geht man daher, wie schon bemerkt, nicht gern über 120 Volt hinaus.

Die Parallelschaltung der Glühlampen hat noch den Vorteil, dass man ihre Anzahl unbegrenzt vermehren kann, weil der Vergrößerung der Stromstärke kein Hindernis im Wege steht. Anders ist es mit der Hintereinanderschaltung. Bei dieser fließt derselbe Strom durch jede Glühlampe, indem er dabei einen gewissen Spannungsverlust erleidet. Die Klemmenspannung der Maschine muss daher gleich der Summe der Spannungen der Lampen sein, und da man wegen der damit verknüpften Gefahren die Spannung nicht unbegrenzt vergrößern darf, so ist bei einer Anlage mit bestimmten Lampen durch die maximale Spannung der Maschine auch die maximale Lampenzahl gegeben. Hier herrscht daher umgekehrt das Bestreben, die Lampenspannung gering, die Stromstärke groß zu machen. Damit die Lampen mit konstanter Lichtstärke brennen, muss jetzt die Stromstärke konstant gehalten werden und die Klemmenspannung der Maschine je nach der Anzahl der eingeschalteten Lampen wechseln. Um eine Lampe auszulöschen, darf jetzt der Strom aber nicht unterbrochen werden, weil sonst sämtliche Lampen stromlos und mithin dunkel werden würden, sondern die Klemmen der Lampe müssen kurz mit einander verbunden werden, sodass der Strom mit Umgehung des

Kohlenfadens direkt von der einen zur anderen Klemme der Lampe gelangt. Um im Falle der Zerstörung eines Kohlenfadens einer Stromunterbrechung vorzubeugen, müssen selbstthätige Kurzschließer vorhanden sein, welche S. 39 besprochen werden. Zu einem derartigen Betrieb eignen sich besonders Wechselstrommaschinen, weil ihre Stromstärke bei Veränderungen des Widerstandes im äußeren Stromkreis weniger schwankt als die von Gleichstrommaschinen. Die Vorteile dieser Schaltung, welche zuerst von Bernstein angewandt ist, bestehen in der geringen Stärke der Leitung und der höheren Ökonomie der Lampen.

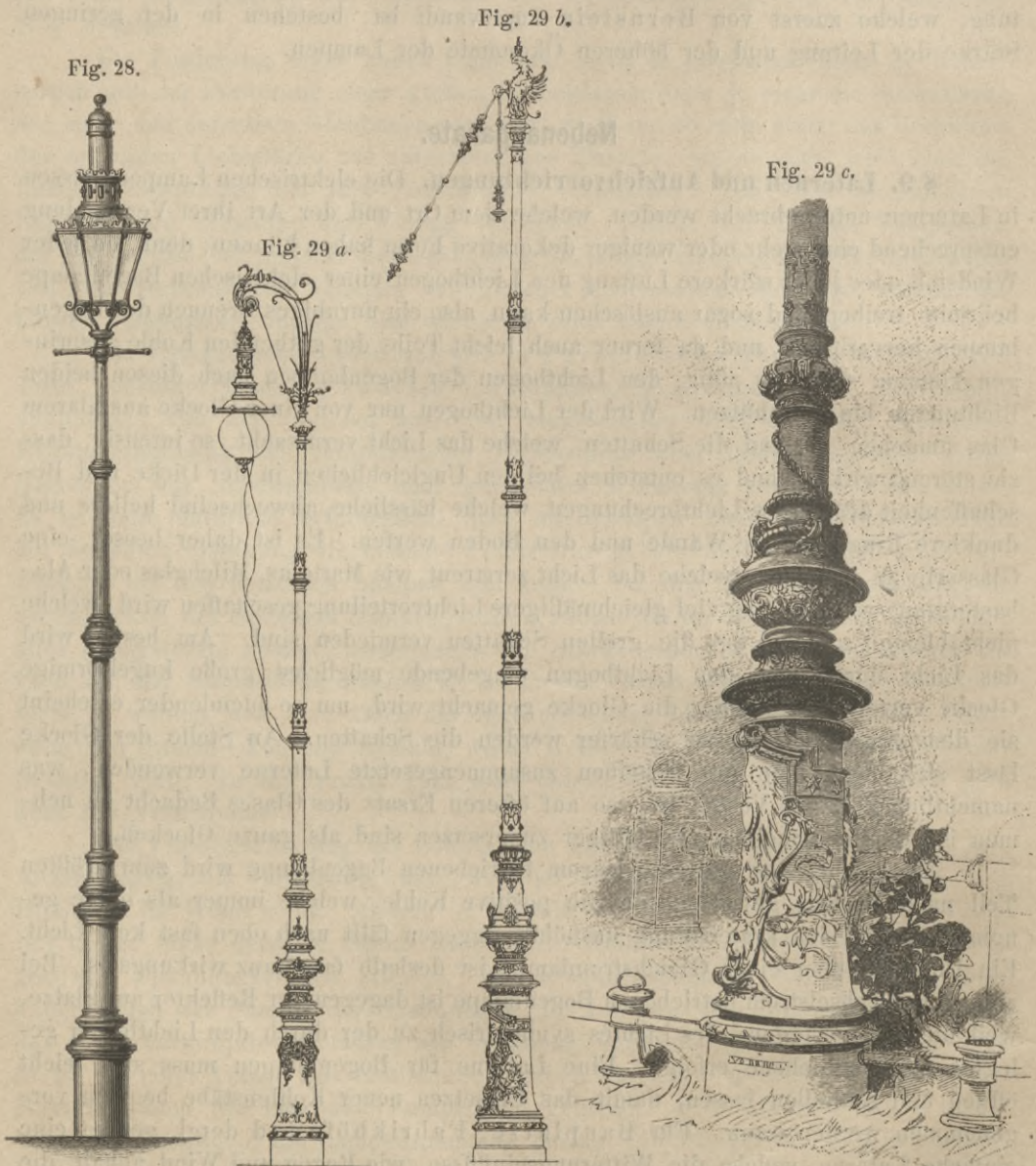
Nebenapparate.

§ 9. Laternen und Aufziehvorrichtungen. Die elektrischen Lampen müssen in Laternen untergebracht werden, welche dem Ort und der Art ihrer Verwendung entsprechend eine mehr oder weniger dekorative Form haben können; denn, da jeder Windstoß oder jeder stärkere Luftzug den Lichtbogen einer elektrischen Bogenlampe bei Seite treiben und sogar auslöschen kann, also ein unruhiges Brennen der Bogenlampen hervorbringt, und da ferner auch leicht Teile der glühenden Kohle abspringen können, so ist es nötig, den Lichtbogen der Bogenlampen nach diesen beiden Richtungen hin zu schützen. Wird der Lichtbogen nur von einer Glocke aus klarem Glas umgeben, so sind die Schatten, welche das Licht verursacht, so intensiv, dass sie störend wirken, und es entstehen bei den Ungleichheiten in der Dicke und Beschaffenheit des Glases Lichtbrechungen, welche hässliche, abwechselnd hellere und dunklere Ringe auf die Wände und den Boden werfen. Es ist daher besser, eine Glassorte zu benutzen, welche das Licht zerstreut, wie Mattglas, Milchglas oder Alabasterglas, wodurch eine viel gleichmäßigere Lichtverteilung geschaffen wird, welche nicht blendet und bei der die grellen Schatten vermieden sind. Am besten wird das Licht durch eine den Lichtbogen umgebende möglichst große kugelförmige Glocke verteilt. Je kleiner die Glocke gemacht wird, um so blendender erscheint sie dem Auge und um so schärfer werden die Schatten. An Stelle der Glocke lässt sich auch eine aus Scheiben zusammengesetzte Laterne verwenden, was namentlich dort von Vorteil ist, wo auf öfteren Ersatz des Glases Bedacht zu nehmen ist, da die Scheiben viel billiger zu ersetzen sind als ganze Glocken.

Das Licht einer mit Gleichstrom betriebenen Bogenlampe wird zum größten Teil nach abwärts geworfen, da die positive Kohle, welche immer als obere genommen wird, sich kraterförmig aushöhlt; dagegen fällt nach oben fast kein Licht. Ein Reflektor über einer Gleichstromlampe ist deshalb fast ganz wirkungslos. Bei einer mit Wechselstrom betriebenen Bogenlampe ist dagegen der Reflektor am Platze, weil hier die Verteilung des Lichtes symmetrisch zu der durch den Lichtbogen gelegten Horizontalebene erfolgt. Eine Laterne für Bogenlampen muss sich leicht öffnen und schließen lassen, damit das Einsetzen neuer Kohlenstäbe bequem vorgenommen werden kann. Für Bauplätze, Fabrikhöfe und dergl. genügt eine einfache Laterne, welche die Witterungseinflüsse, wie Regen und Wind abhält, die zum Aufhängen oder Aufstellen eingerichtet ist und leicht bedient werden kann. Als Beispiele einer solchen Laterne diene die sogenannte Fabriklaterne von Siemens & Halske, welche in Fig. 16, Taf. I, dargestellt ist.

Für Straßenbeleuchtungen oder ähnliche Zwecke werden die Laternen auf Kandelaber gesetzt und müssen dann mit Hilfe einer Leiter behufs Einsetzens

neuer Kohlenstäbe bestiegen werden. Als Beispiele für diesen Fall sind die Laternen der Leipziger Straße in Berlin in Fig. 28 und der Brooklyn-Brücke in New-York in Fig. 21, Taf. I abgebildet. Oder die Laternen werden wie die der Beleuchtung Unter den Linden in Berlin herabgelassen; siehe Fig. 29. Hier hängen sie an einem Seil, welches oben über eine Rolle läuft und im Inneren der schlanken 10 m hohen



Kandelaber ein Gegengewicht trägt. Der Strom wird durch besondere Zuleitungen, wie aus der Figur ersichtlich, zugeführt. In Fabrikräumen, Bahnhofshallen etc. tritt das Erfordernis auf, die Laternen, ohne dass sie außer leitender Verbindung mit den übrigen kommen, herunter zu lassen. In einfachster Weise wird dies

erreicht, wenn man die Laterne an einem über Rollen laufenden Seil und durch ein Gegengewicht ausgewogen aufhängt und die Leitungsdrähte im Bogen zur Laterne führt, so dass sie dieser bei der Bewegung folgen können.

Eleganter und insofern zweckmäßiger, als die im Bogen hängenden Leitungsdrähte wegfallen, ist die Aufgabe gelöst durch Aufhängen der Laterne an biegsamen von einander isolirten Zuleitungsseilen, welche auf der anderen Seite ein die Laterne ausbalancirendes Gegengewicht tragen. Als Beispiele einer solchen Anordnung zeigt Fig. 22, Taf. I, die Laterne mit Aufziehevorrichtung des Anhalter Bahnhofes und nebenstehende Fig. 30 die des Potsdamer Bahnhofes zu Berlin. Die Laterne wird, wenn neue Kohlenstäbe eingesetzt werden sollen, heruntergezogen, wobei sich das Gegengewicht bei der ersteren um denselben Betrag, bei Fig. 30 um den halben Betrag in die Höhe bewegt. Man hängt auch wohl die Laterne an ein zweidrignes Kabel, welches dann gleichzeitig die Laterne zu tragen und die elektrische Verbindung herzustellen hat. Auf Außenbahnhöfen oder großen Plätzen, wo die Laternen ziemlich hoch hängen müssen, werden Masten mit aufziehbaren Laternen oder umlegbare Masten verwendet. Den zur Beleuchtung des Centralbahnhofes in Straßburg aufgestellten umlegbaren Mast zeigen Fig. 19 u. 20, Taf. I, einen Mast mit aufziehbarer Laterne siehe Fig. 31. Für die Beleuchtung großer Plätze werden in Amerika vielfach hohe eiserne Türme errichtet, welche oben eine Anzahl Bogenlampen tragen, die von einer Gallerie aus bedient werden können.

Wenn es sich nicht um allgemeine Beleuchtungen handelt sondern darum, das Licht auf einen bestimmten Punkt zu concentriren, so werden die Lampen, die dann für konstanten Brennpunkt eingerichtet sein müssen, in paraboloidische Spiegel aus gedrücktem Blech (Nickelinblech) oder in Scheinwerfer mit Fresnel'schem Linsensystem oder besser mit hinten versilberten Glasreflektoren gestellt, mit denen dann das Licht tausende von Metern weit geworfen werden kann.

Derartige Einrichtungen werden in einfacherer Ausführung z. B. für die an Lokomotiven angebrachten elektrischen Lampen benutzt, in größerem Maßstabe bei der Fluss- und Küstenschiffahrt und mit den weitestgehenden Anforderungen zu militärischen Zwecken verwendet. Wir müssen es uns versagen hier auf diese Apparate näher einzugehen.

Fig. 30.

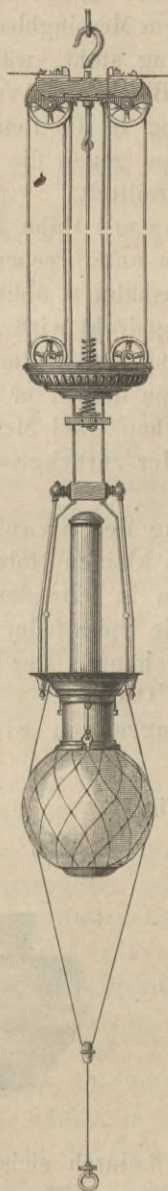
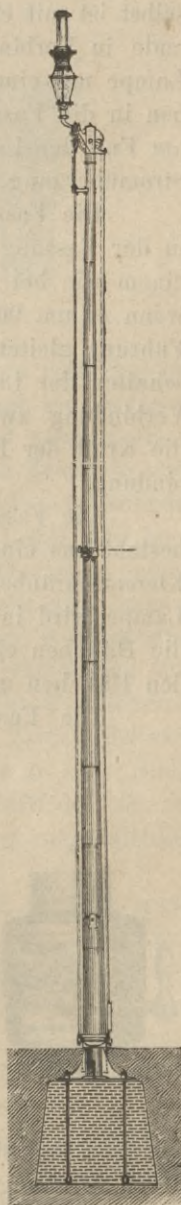


Fig. 31.



§ 10. Fassungen und Armaturen für Glühlampen. Durch die Fassungen werden die Glühlampen mit den Leitungsdrähten verbunden. Eine Glühlampe muss sich leicht aus der Fassung herausnehmen lassen, muss aber trotzdem einen sicheren, auch bei andauernden Erschütterungen sich nicht lösenden Kontakt mit der Leitung haben.

Bei der Edison-Lampe besteht die Fassung, Fig. 18, Taf. I, aus einem Muttergewinde und einer isolirt eingesetzten Brücke. Das Muttergewinde ist an die eine, die Brücke an die andere Leitung angeschlossen. Der Glühlampfuß selbst ist mit einem Messingblechgewinde umgeben, welches mit dem einen Kohlenende in Verbindung steht, während das andere Kohlenende unter dem Fuß der Lampe mit einer Blechkappe verbunden ist. Die Glühlampe wird durch Einschrauben in die Fassung in die Leitung eingeschaltet, indem dadurch die Blechkappe am Fuß der Lampe gegen die Brücke in der Fassung gedrückt wird und so den Stromübergang vermittelt.

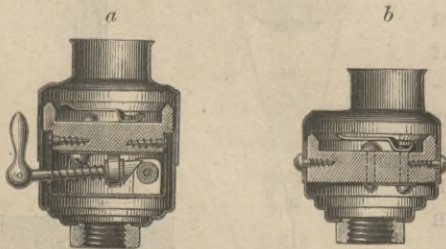
Die Fassung mit Hahn, Fig. 10 u. 11, Tafel I, gestattet die Stromzuführung in der Fassung zu unterbrechen. Es ist zu diesem Zweck ein drehbarer und mit einem wie bei Gashähnen üblichen Griff versehener Zapfen angebracht, welcher, wenn er um 90° gedreht wird, mit einem Ansatzstück an einer schraubenförmigen Führung gleitet und sich dadurch in seiner Längsrichtung verschiebt. Beim Einschalten der Lampe drückt er eine kleine Spiralfeder zusammen und stellt eine Verbindung zwischen zwei Messingstreifen her, beim Ausschalten wird er durch die Kraft der Feder zurückgeschwungen und unterbricht dadurch plötzlich die Verbindung.

Die Fassung der Swanlampe, Fig. 17, Taf. I, ist überaus einfach. Sie besteht aus einem kleinen Holzzapfen mit zwei Haken, welche mit den beiden Klemmschraubchen in leitender Verbindung stehen, und einer Spiralfeder. Die Lampe wird in die Spiralfeder hineingedrückt und mit den beiden Platinösen in die Haken eingehängt. Der Druck der Spiralfeder sichert den Kontakt zwischen den Haken und Osen.

Die Fassungen von Siemens & Halske, Fig. 32 *a* u. *b*, tragen auf einem isolirten Stück 2 Metallplättchen, gegen die durch Spiralfedern kleine Metallknöpfe gedrückt werden. Die Plättchen sind mit je einem der Leitungsdrähte in Verbindung. Wird der Lampenfuß mit den beiden in ihm eingegipsten Messingwinkeln, welche den Strom dem Kohlenfaden zu-, bzw. von ihm weiterführen, in die Fassung eingesetzt und gedreht, so schieben sich die Messingwinkel zwischen die Plättchen und die Metallknöpfe, welche letztere in eine Kerbe der Winkel ein-

springen und sie dadurch sicher festhalten. Bei den Fassungen mit Hahn wird durch Drehung eines Griffes ein Kupferbügel auf zwei Klemmen gedrückt oder abgehoben und dadurch der Kontakt hergestellt oder unterbrochen. Der Kupferbügel sitzt nämlich auf einem Stift, welcher vorn zu einem Cylinder mit abgechrägter Grundfläche ausgebildet ist. Letztere wird durch eine über den Stift

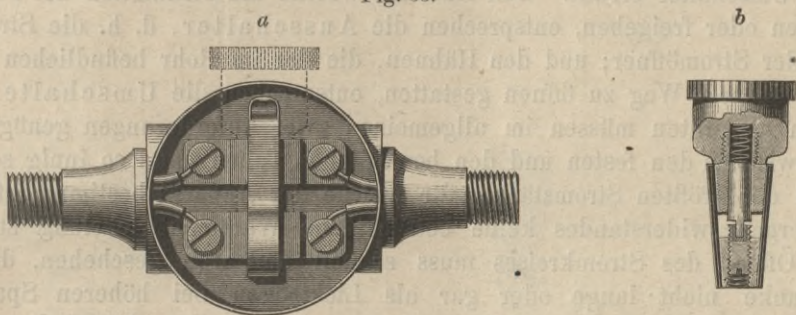
Fig. 32.



geschobene Spiralfeder gegen eine kleine Rolle gedrückt, wodurch in der einen Stellung zugleich ein Druck nach unten, bei einer Drehung um 180°, wobei sich die schräge Fläche über die Rolle hebt, ein Druck nach oben ausgeübt wird.

Lampen, welche hintereinander geschaltet sind, werden dadurch ausgelöscht, dass man die Enden des Kohlenfadens kurz schließt. Da der gesamte Strom unterbrochen wird, wenn eine Lampe entzwei geht, und mithin alle Lampen dadurch dunkel werden würden, so muss außerdem für derartige Fälle eine selbstthätige.

Fig. 33.



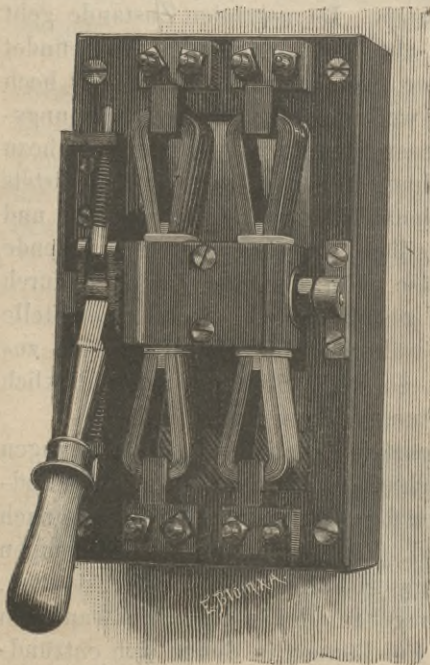
Kurzschluss-Vorrichtung vorhanden sein. Bernstein hat deren mehrere verwendet. Er setzt in seine Fassungen, Fig. 33 a u. b, einen Stöpsel ein, welcher eine Mischung von Quecksilberoxyd und Kohlenpulver enthält, und schaltet diese Mischung dadurch zwischen die Klemmen der Lampe. Im normalen Zustande geht wenig Strom durch diesen Nebenschluss. Bricht aber der Kohlenfaden, so befindet sich plötzlich die gesamte Spannung der Maschine, welche in der Regel sehr hoch ist, zwischen den beiden Klemmen der Lampe, weil ein allmählicher Spannungsausgleich nur durch den Strom erfolgt und dieser für einen Augenblick nahezu ganz unterbrochen ist. Der nun durch die Mischung gehende Strom, welcher stets der Spannung zwischen den Klemmen proportional ist, wächst beträchtlich und reducirt aus der Mischung metallisches Quecksilber, welches eine gut leitende Verbindung herstellt. In noch einfacherer Weise wird derselbe Zweck dadurch erreicht, dass der starke Kohlenfaden horizontal gestellt ist und die an einer Stelle stark genäherten Zuleitungen auseinanderhält, während eine Spiralfeder sie zusammenzuziehen sucht. Bricht der Kohlenfaden, so stellt die Feder augenblicklich einen guten Kontakt zwischen den beiden Zuleitungsdrähten her.

Die Glühlampen werden nur in den seltensten Fällen durch die Fassungen direkt an den Leitungen angebracht; meist ist noch eine Armatur, d. h. ein Wandarm, ein Hängearm, eine Krone, eine Laterne oder dergl. vorhanden, welche je nach dem Zweck einfach oder dekorirt ausgeführt sind. Für Räume, wo die Glühlampen Verletzungen oder Beschädigungen leicht ausgesetzt sind, wie in Werkstätten, empfiehlt es sich, sie mit einem Drahtgitter zu umgeben oder in einen dickwandigen Glasballon einzuschließen, Fig. 7 u. 9, Taf. II. Für Räume, in denen sich entzündliche Gase befinden, müssen die Schutzgläser luftdicht die Glühlampe mit Fassung umschließen. Es werden für diesen Zweck auch Laternen gebaut, welche zwischen Glühlampe und Schutzglas Wasser enthalten. Für Straßenbeleuchtung müssen die Glühlampen gegen Wind und Regen geschützt sein; sie werden deshalb meist in Laternen untergebracht, wie sie bei der Gasbeleuchtung verwendet werden. Dies

ist aber insofern der Glühlampe nicht angepasst, als die Größe der Gaslaterne von der durch die Gasflamme erzeugten Wärme abhängt; die von den Glühlampen ausgestrahlte Wärme ist aber wesentlich geringer und daher können deren Laternen auch viel kleiner gemacht werden. Eine kleine Glasglocke mit darüber angebrachtem Schirm auf einen passenden Laternenständer gesetzt gibt eine zweckmässige Glühlampenlaterne, von der Fig. 12, Taf. V, ein Beispiel ist.

§ 11. Schaltvorrichtungen. Die Aufgabe, welche in der Gas- und Wassertechnik den Hähnen und Ventilen obliegt, wird in der Elektrotechnik durch die Aus- und Umschalter erfüllt. Den Hähnen, welche die Cirkulation der Flüssigkeit abschneiden oder freigeben, entsprechen die Ausschalter, d. h. die Stromunterbrecher oder Stromöffner; und den Hähnen, die der im Rohr befindlichen Flüssigkeit einen anderen Weg zu öffnen gestatten, entsprechen die Umschalter. Beide Arten von Apparaten müssen im allgemeinen zwei Anforderungen genügen. Der Kontakt zwischen den festen und den beweglichen Teilen muss so innig sein, dass selbst bei der größten Stromstärke, für welche der Apparat bestimmt ist, infolge eines Übergangswiderstandes keine beträchtliche Wärmeentwicklung stattfindet, und das Öffnen des Stromkreises muss schnell und weit geschehen, damit der Öffnungsfunke nicht lange oder gar als Lichtbogen bei höheren Spannungen dauernd überspringen kann. Wir erwähnten bereits der Ausschalter in den Fassungen der Glühlampen, welche alle zu den Stromöffnern gehören. Für stärkere

Fig. 34.



Ströme werden die Teile entsprechend kräftiger gebaut und der Kontakt der sich berührenden Teile durch Federung gesichert. Damit der Unterbrechungsfunke möglichst klein wird, ist es gut, den Strom nicht nur an einer sondern an mehreren Stellen zu unterbrechen. Bei dem Ausschalter von Edison, Fig. 13 u. 14, Taf. I, wird die Leitung gleichzeitig an 4 Stellen und schnell geöffnet, wenn die Sperrklinke *f* zur Seite gedrückt wird und hierdurch das Stück *s*, welches zwei von einander isolirte Kupferbrücken *b* trägt, von den Kontaktfedern *cc* ab und in die Höhe springt. Man kann mittels eines solchen Ausschalters Hin- und Rückleitung gleichzeitig unterbrechen. Einen gleichfalls doppelpoligen Ausschalter von Siemens & Halske für Ströme bis 500 Amp. zeigt Fig. 34. Mittels des Hebels wird ein kräftiges Messingstück gedreht und gleichzeitig die Spiralfedern angespannt, ohne dass die Kupferfedern, welche sich wie Krallen um die Kontaktstücke klammern, an der Bewegung teilnehmen. Erst

wenn die Federn ihren Todpunkt überschritten haben und, ohne den Hebel mitzunehmen, das Mittelstück in derselben Richtung weiterschnellen, trifft dieses gegen einen Anschlag des Messingstückes und schlägt die Kupferfedern von ihren Kontaktstücken fort.

Der Öffnungsfunke rührt größtenteils daher, dass mit dem Verschwinden des Stromes auch der von ihm erzeugte Magnetismus verschwindet. Hierdurch wird ein starker Induktionsstoß erzeugt, welcher dieselbe Richtung hat, wie der Strom. Unterbricht man z. B. den ganzen Strom einer dynamoelektrischen Maschine mit Reihenschaltung, so entstehen sehr beträchtliche Funken. Um dies zu vermeiden, schließen Siemens & Halske, Fig. 35, die Schenkelwicklung der Maschine kurz, sodass durch diese kein Strom geht, die Maschine ihren Magnetismus verliert und somit die Stromerzeugung aufhört.

Fig. 35.

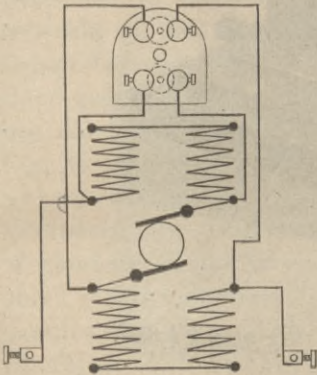
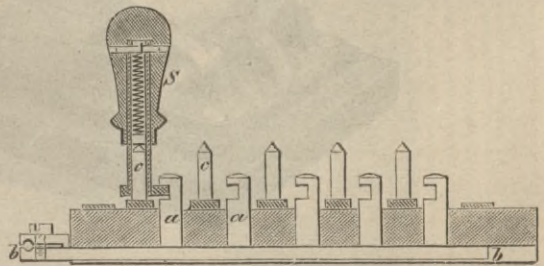


Fig. 36.

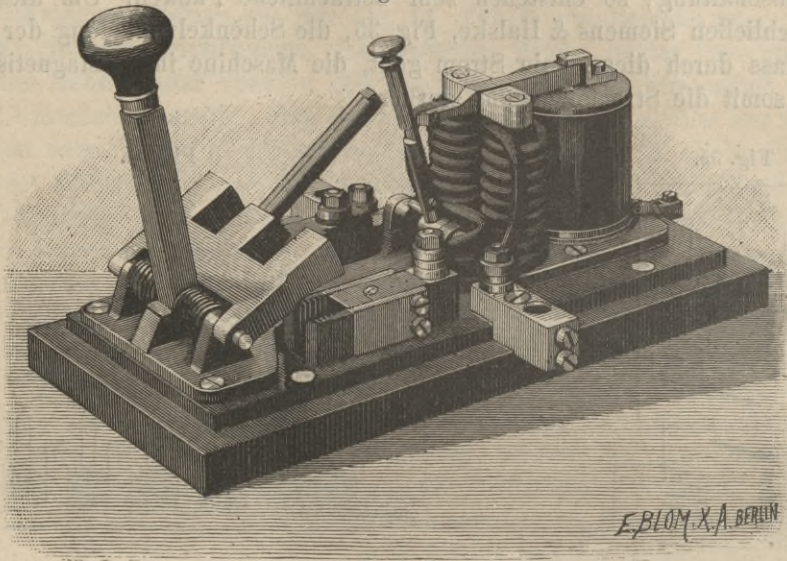


Für größere Bogenlichtanlagen mit verschiedenen Stromkreisen und verschiedenen Lichtmaschinen ist es nötig, jeden Maschinenkreis mit jedem Lampenkreis beliebig verbinden zu können, damit jede von den Maschinen im Bedarfsfall für eine versagende eintreten kann. Diesen Zweck erfüllt der Generalumschalter, der aus einem System horizontaler und einem System vertikaler Schienen besteht, welche an ihren Kreuzungspunkten durch einen passend geformten Schlüssel leitend verbunden werden können. In Fig. 8, Taf. II, ist der Generalumschalter von Schuckert im Querschnitt dargestellt. Die oberen Schienen haben an den Kreuzungsstellen mit den unteren Schienen Löcher mit Ausschnitten. Durch diese Löcher wird der Schlüssel eingeführt und der Griff, nachdem er so tief hineingedrückt worden ist, dass die seitlichen Ansätze des Schlüssels sich unter der betreffenden Schiene befinden, um 90° gedreht. Die Spiralfeder übt einen kräftigen Druck aus und stellt dadurch einen guten Kontakt her. Die Wirkungsweise eines ähnlichen Apparates von Siemens & Halske ist leicht aus der Fig. 36 erkennbar.

Bei parallel geschalteten Maschinen kann es leicht vorkommen, dass eine derselben, statt Strom zu liefern, Strom konsumiert, also „Rückstrom“ erhält. Es genügt hierzu z. B. eine Verringerung der Geschwindigkeit um einige Procent. Wo daher eine stetige Kontrolle nicht ausgeübt werden kann, werden automatische Ausschalter angewendet, welche die Maschine selbstthätig ausschalten, sobald ihr Rückstrom eine gewisse Größe überschreitet. Einen derartigen Apparat von Siemens & Halske zeigt Fig. 37. Durch eine Spule, welche direkt zwischen die Pole der Maschinen geschaltet ist und daher stets denselben Strom erhält, wird eine Eisenzunge magnetisirt, welche zwischen den Polen eines anderen vom Hauptstrom umflossenen Elektromagnets schwingt. Bei der normalen Stromrichtung wird die Zunge so festgehalten, dass der Ausschalter arretirt ist; wenn aber

infolge eines Rückstromes der Hauptstromelektromagnet entgegengesetzt polarisirt wird, während die durch den Nebenschlussmagnet erregte Zunge ihre Polarität beibehält, so wird diese umgelegt und der Ausschalter ausgelöst.

Fig. 37.



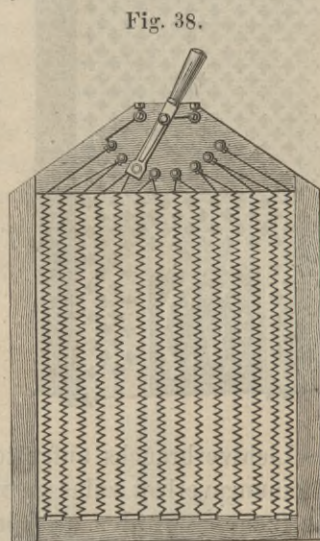
Auch für Accumulatorenbatterien sind selbstthätige Ausschalter notwendig, welche beim Laden den zu schwachen Strom unterbrechen, damit ein Rückstrom durch die Maschine vermieden wird, — denn dieser würde ein nutzloses, bezw. schädliches Entladen der Accumulatoren bedeuten, — und welche beim Entladen eine allzustarke Stromabgabe, die den Accumulatoren schadet, durch Stromunterbrechung verhindern.

Bei den bisher betrachteten Schaltvorrichtungen handelte es sich um Apparate, mit denen die Schaltung und durch diese der Stromlauf verändert werden konnte. Es gibt aber auch noch solche, durch die eine bleibende Einschaltung hergestellt werden soll. Derartige Einrichtungen werden besonders für Glühlichtanlagen viel zu den Abzweigungen gebraucht. Eine solche Abzweigung oder Schaltvorrichtung muss leicht anzubringen sein, die abgezweigte Leitung mit sicherem Kontakt umschließen und eine direkte oder indirekte Berührung der sich kreuzenden Drähte verhindern. Die Schaltvorrichtung ist meistens so eingerichtet, dass sie auch eine Bleisicherung zum Schutz der abzweigenden Drähte enthält. Von diesen Sicherungen wird S. 54 ff. ausführlich die Rede sein und es werden daher auch die Abzweigungen dort näher behandelt.

§ 12. Widerstände. Von den beiden Größen des Stromkreises, nämlich der elektromotorischen Kraft und dem Widerstande, welche gemäß dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke bedingen, ist der Widerstand diejenige, welche man am meisten beherrscht und am bequemsten variiren kann. Es wird daher durch Veränderung des Widerstandes am häufigsten die Regulirung elektrischer Anlagen bewirkt.

Wird z. B. bei Bogenlichtanlagen eine Lampe ausgeschaltet, was der Mechanismus derselben vielleicht selbst besorgt, so wird der Widerstand des äußeren

Stromkreises verringert, die Stromstärke steigt daher und die Lampen brennen schlecht oder doch wenigstens mit zu großer Stromstärke. Man muss daher durch Einschalten eines Ersatzwiderstandes von entsprechender Größe dafür sorgen, dass die Stromstärke ihre normale Höhe beibehält, wenn man nicht vorzieht, die elektromotorische Kraft der Maschine zu verringern, was bei neueren Maschinen durch Verdrehung des Bürstenhalters im Sinne der Rotation des Ankers geschieht. Derartige Widerstände werden vielfach aus lockenartig gewickelten Spiralen von verzinktem Eisendraht hergestellt, die auf einem Holzrahmen befestigt und offen oder in einem durchbrochenen Kasten untergebracht an der Wand nahe der auszuschaltenden Lampe befestigt werden. Ein über dem Ersatzwiderstand angebrachter Umschalter gestattet, nach Belieben die Lampe oder den Widerstand einzuschalten. Fig. 38 zeigt einen solchen einfachen Apparat von Schuckert, welcher gleichzeitig ein stufenweises Verändern des Widerstandes gestattet. Für die Wechselstromlampe haben Siemens & Halske einen durch elektromotorische Gegenkraft wirkenden sogenannten scheinbaren Widerstand angewandt; siehe Fig. 16, Taf. I. Er besteht in einem in sich geschlossenen Elektromagnet, dessen Ankerplatten mit großen Abkühlungsflächen versehen sind. Durch die fortwährenden schnell aufeinanderfolgenden Wechsel in der Magnetisierung wird wie in der primären Wickelung eines Transformators eine elektromotorische Gegenkraft erzeugt, welche den Strom in demselben Maße schwächt wie die Lampe.

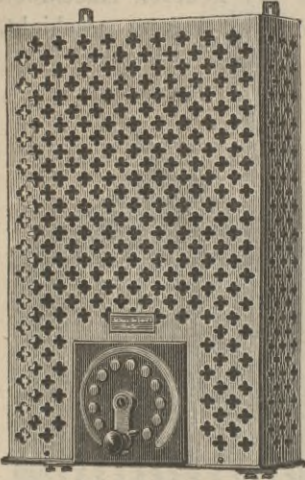


Werden von einer Maschine mit konstanter Klemmenspannung Bogenlampen in Parallelschaltung betrieben, so ist jede Lampe bzw. Lampengruppe mit einem Zusatzwiderstand zu versehen, welcher bei Veränderungen der Lichtbogenlänge die damit verknüpften Änderungen der Stromstärke dämpft. Die Zusatzwiderstände sind den Ersatzwiderständen ähnlich. Vielfach werden sie aus Nickelindraht hergestellt, welcher auf mit Gewinde versehenen Cylindern von Cement oder Steingut aufgewickelt ist. Gleichspannungs- und Nebenschlussmaschinen bedürfen eines Regulirwiderstandes, welcher in die Nebenschlusswicklung der Schenkel geschaltet wird. Derselbe dient zum genauen Einreguliren der Spannung. Der die Wickelung durchfließende Strom erwärmt diese und erhöht dadurch ihren Widerstand. Der magnetisierende Strom muss daher allmählich abnehmen und mit ihm die Spannung der Maschine, wenn man nicht anfangs einen Regulirwiderstand einschaltet, der entsprechend der allmählichen Erhöhung des Widerstandes wieder herausgenommen wird. Der Regulirwiderstand hat aber auch noch die weitere Aufgabe, bei etwa entstehenden Änderungen in der Umdrehungszahl der Maschine oder des Stromverbrauchs die Klemmenspannung konstant zu erhalten.

Einen Regulirwiderstand von Siemens & Halske stellt Fig. 39 dar. Auf der vorderen Seite eines Kastens ist eine Kurbel angebracht, welche mit einer Feder über eine Anzahl von Kontaktstellen gleitet; diese sind mit dem im Kasten befindlichen Widerstand, der aus dünnen, über Rahmen gewickelten Drahtgaze-

streifen besteht, in Verbindung und zwar in der Weise, dass zwischen je 2 Knöpfen eine Abteilung des Widerstandes liegt. Der Strom tritt durch eine Klemme in die erste Abteilung, durchfließt die folgenden, bis er die Schleifkurbel erreicht, und gelangt durch diese zu der anderen Klemme. Der Kasten ist zur Ventilation aus gelochtem Blech hergestellt, damit die von den Drähten erwärmte Luft entweichen kann.

Fig. 39.



Bei Widerständen für schwache Ströme nimmt man Drähte, für starke Ströme Streifen von Drahtgaze, welche auf Rahmen aufgewickelt werden oder Bleche. Durch ihre große Oberfläche sind sie vorzüglich geeignet, die durch den Strom erzeugte Wärme an die umgebende Luft abzugeben.

Mit besonderer Sorgfalt müssen die Kontakte ausgeführt werden. Die Berührungsf lächen müssen reichlich bemessen sein, damit keine Erwärmung eintritt, und die Kontaktknöpfe so eng stehen, dass nie bei der Bewegung eine Unterbrechung des Stromes eintreten kann.

Kann die Dynamomaschine nicht in der Nähe des Lichtverbrauchs aufgestellt werden, so wird man in der Leitung einen größeren Spannungsverlust zulassen müssen, um die Leitungen nicht zu dick zu benötigen. Die Lampen würden also, je nachdem der Strom gering oder stark ist, mit höherer oder niedrigerer Spannung brennen, da der Spannungsverlust der Stromstärke proportional ist, wenn die Maschine mit konstanter Spannung arbeitet. Darf man nun nicht, um dies zu verhüten, mittels eines Nebenschlusswiderstandes die Spannung variiren, weil etwa auch in der Nähe der Maschine Lampen gespeist werden, so muss man in die Hauptleitung selbst einen Regulirwiderstand einschalten, mittels dessen die Lampenspannung stets konstant erhalten werden kann. Diese Widerstände müssen häufig sehr starke Ströme ertragen können, enthalten dafür aber vielleicht nur Bruchteile eines Ohm's.

Da ein verhältnismäßig hoher Widerstand nötig ist, wenn der Strom gering ist, und umgekehrt, so ist es zuweilen vorteilhaft, die Stufen (Abteilungen des Widerstands) parallel zu schalten. Wächst die Stromstärke, so verringert man den Widerstand dadurch, dass man eine Stufe parallel zuschaltet, und setzt dadurch zugleich den Apparat in den Stand, die größere Stromstärke auszuhalten.

Durch diese Regulirwiderstände kann der Widerstand nicht stetig sondern nur sprungweise verändert werden und mithin auch die Spannung oder Stromstärke, die auf einem bestimmten Betrage erhalten werden sollen. Man hat daher dafür zu sorgen, dass die Sprünge der zu regulirenden Spannung oder Stromstärke nicht zu groß sind und immer gleich ausfallen.

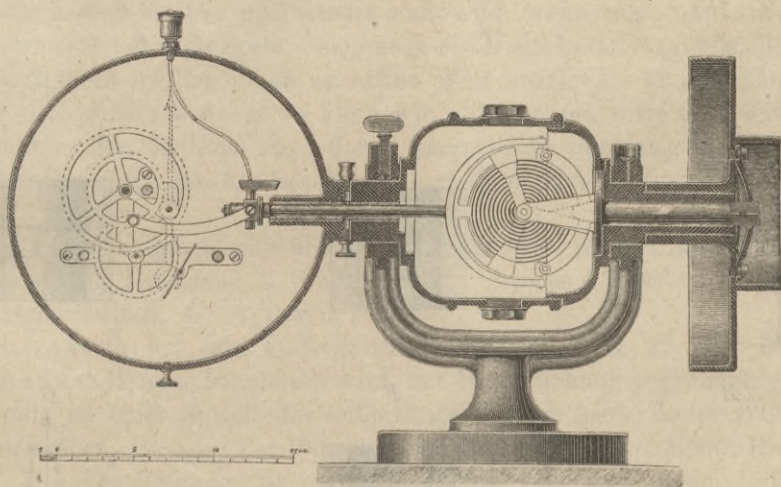
Die Größe eines Widerstandsapparates ist nicht bloß von seinem elektrischen Widerstande, sondern vielmehr noch von der maximalen Stromstärke abhängig, für welche er bestimmt ist. Seine Größe ist nach der Wärmemenge zu beurteilen, welche er in der Sekunde bei voller Beanspruchung erzeugt, d. h. nach der Anzahl von Volt-Amp., welche er dann konsumirt. Dabei ist zu berücksichtigen, ob er sich stark erwärmen darf, wodurch der Widerstand wächst. In diesem Falle wird er

kompendiöser gebaut werden können als da, wo es auf genaue Konstanthaltung der Widerstandsgrößen ankommt, wie bei Messinstrumenten.

Keinesfalls dürfen Widerstände so stark beansprucht werden, dass ein Glühendwerden der Widerstandskörper befürchtet werden muss.

§ 13. Messinstrumente und Kontrollapparate. Die Eigenart des elektrischen Lichtes bringt es mit sich, dass bald eine Reihe von Apparaten notwendig wurde, um die elektrischen Größen genau messen und fortlaufend kontrolliren zu können. Die höheren Kosten der elektrischen Beleuchtung ließen es vielfach als ein Luxuslicht erscheinen, an das nun in jeder Beziehung ungewöhnlich hohe Anforderungen gestellt wurden. Überhaupt durfte man die außerordentlich vorteilhaften Eigenschaften des Lichtes nicht wieder dadurch in Frage stellen, dass der Betrieb unsicher wurde oder das Licht in seiner Helligkeit Schwankungen unterworfen war. Von besonderer Wichtigkeit ist es, die Geschwindigkeit der Lichtmaschine, die erzeugte Stromstärke, die Klemmen- und Lampenspannung und die auf irgend einer Strecke des Schließungskreises verbrauchte Energie kontrolliren zu können.

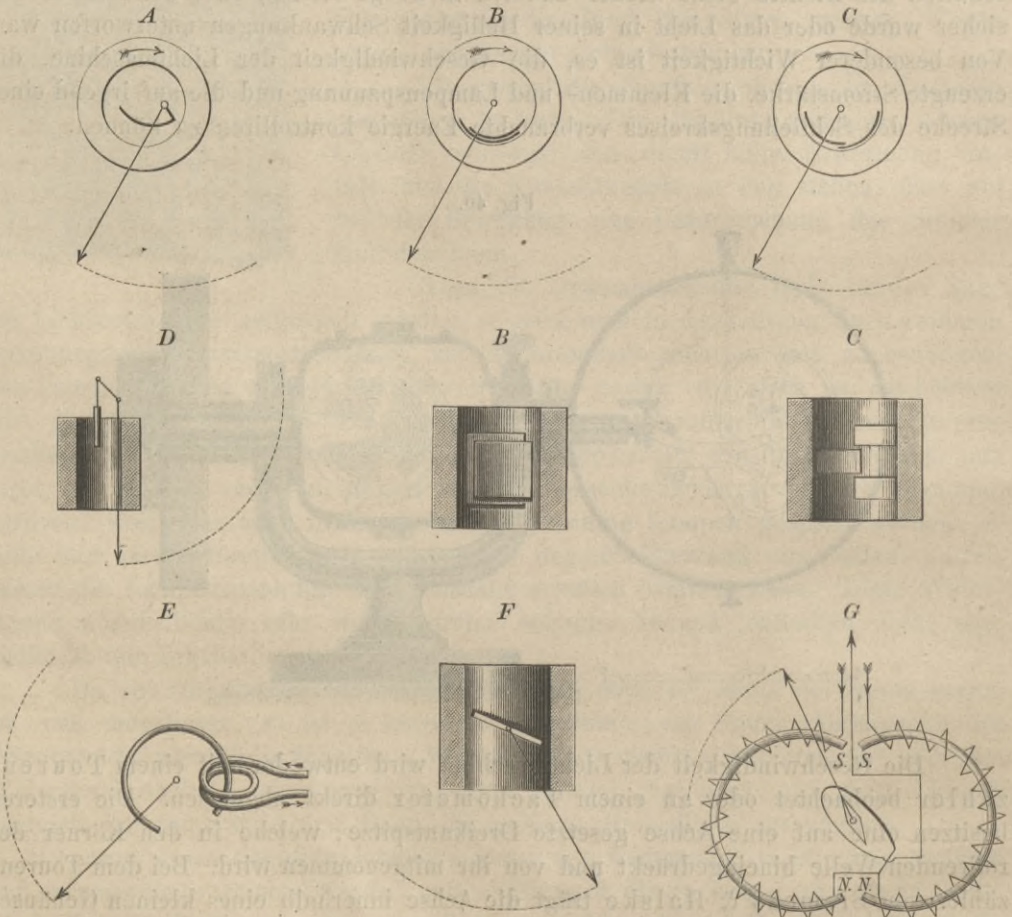
Fig. 40.



Die Geschwindigkeit der Lichtmaschine wird entweder mit einem Tourenzähler beobachtet oder an einem Tachometer direkt abgelesen. Die ersteren besitzen eine auf eine Achse gesetzte Dreikantspitze, welche in den Körner der rotirenden Welle hineingedrückt und von ihr mitgenommen wird. Bei dem Tourenzähler von Siemens & Halske trägt die Achse innerhalb eines kleinen Gehäuses eine Schraube, welche ein Schneckenrad in Bewegung setzt. Bei jeder zehnten Umdrehung wird ein Stift gegen einen Finger des Beobachters gedrückt, sodass dieser die Zehner der Touren während einer bestimmten Beobachtungszeit fühlen und zählen kann; die Einer werden auf der Teilung des Schneckenrades abgelesen. Ein anderer Tourenzähler ist der von Deschiens. Derselbe hat ein wirkliches Zählwerk, welches auf der Vorderseite des Gehäuses die Zahlen in vier Stellen erscheinen lässt. Es ist hier nur nötig, die vor und nach der Messung abgelesenen Zahlen von einander abzuziehen, um zu erfahren, wie viel Umgänge die Maschine während der Beobachtungszeit gemacht hat. Bequemer als diese allerdings sehr einfachen

Instrumente sind die Tachometer, an welchen in jedem Augenblick die Umdrehungszahl durch die Stellung eines Zeigers auf einer Skala abgelesen werden kann. Wir führen hier nur das bekannteste, das von Buss, Sombart u. Co. an; Fig. 40. In einer eisernen Kapsel befindet sich ein horizontal gestelltes Centrifugalpendel, das durch eine Spiralfeder in seine Ruhelage zurückgeführt wird. Die horizontale Welle wird von der Lichtmaschine in Bewegung gesetzt oder auch, wie bei den Tourenzählern, mittels Körnerspitze mitgenommen. Die Stellung des Centrifugalregulators wird durch einen Zeiger auf einem Zifferblatt zur Angabe der jeweiligen Umdrehungszahl benutzt.

Fig. 41.



Da die Leuchtkraft der Glühlampen schon bei geringen Änderungen der zwischen ihren Klemmen vorhandenen Spannung sich merkbar verändert und die Lampen in ihrer Lebensdauer bald Einbuße erleiden, wenn die Spannung zu hoch ist, so muss bei allen Anlagen mit parallel geschalteten Glühlampen — und das sind heutzutage die meisten — ein zuverlässiges Instrument vorhanden sein, nach welchem die Spannung regulirt wird. Der Spannungszeiger soll die Spannung direkt anzeigen, indem sein Zeiger ohne bedeutende Schwankungen auf eine bestimmte Stelle der Teilung einspielt; er soll infolge äußerer Einflüsse weder

vorübergehend noch dauernd Abweichungen zeigen und besonders durch Temperaturveränderungen, die fast nie zu vermeiden sind, möglichst wenig beeinflusst werden. Es ist daher in den letzten Jahren fast Princip geworden, in derartigen Instrumenten keine Stahlmagnete zu verwenden, welche in dem Bereich der starken Elektromagnete der Maschinen leicht Änderungen ihrer Intensität erleiden. Vielfach hat man daher zur Konstruktion von Strom- und Spannungsmessern die Anziehung benutzt, welcher ein Weicheisenstück seitens eines Drahtes oder einer Spule, welche von einem Strom durchflossen werden, ausgesetzt ist, indem es magnetisirt wird; oder auch die gegenseitige Anziehung oder Abstoßung zweier magnetisirter Eisenstücke. Das bewegliche Eisenstück nimmt eine Lage an, bei welcher eine Feder oder die Schwerkraft den magnetischen Kräften das Gleichgewicht hält. Hierbei ruft die magnetische Remanenz indessen einen Fehler hervor, welcher bei den besseren Instrumenten allerdings auf ein Minimum reducirt ist, gänzlich aber wohl nie beseitigt werden kann. Dieser Fehler besteht darin, dass die Angaben des Instrumentes nicht nur von der jeweiligen Stromstärke, sondern auch von der Intensität des vorausgegangenen Stromes abhängig sind. Geht man z. B. bei einem Strommesser von einer bestimmten Stromstärke zu einer größeren über, so wird das Weicheisenstück stärker magnetisirt und wird, wenn man nun auf die erste geringere Stromstärke zurückgeht, einen noch etwas stärkeren Magnetismus besitzen, und das Instrument folglich einen zu hohen Wert anzeigen. Man macht das verwendete Weicheisenstück daher so klein wie möglich und setzt es möglichst starken magnetisirenden Kräften aus, damit magnetische Sättigung möglichst schon bei den niedrigsten Graden des Bereichs, innerhalb dessen das Instrument gebraucht werden soll, eintritt.

Fig. 41 zeigt einige gebräuchliche Spannungszeiger schematisch. *A*: Schuckert, *B*: Uppenborn, *C*: Hartmann & Braun, *D*, *E*: Siemens & Halske, *F*: Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, *G*: Ayrton & Perry.

Kohlrausch hat sein Federgalvanometer Fig. 11 u. 12, Taf. II, welches von Hartmann & Braun hergestellt wird, auf die Anziehung gegründet, welche ein in einer Spule an einer Spiralfeder aufgehängter Weicheisencylinder erfährt. Die Stellung desselben ist von der Stärke des die Spule durchfließenden Stromes abhängig. Der Eisencylinder ist oben geschlossen und über einen Cylinder aus Glas gestülpt. Dadurch ist eine ausgezeichnete Dämpfung erreicht. Die Federkraft bleibt erwiesenermaßen lange konstant.

Uppenborn benutzte, wie Siemens & Halske in ihren früher viel verwendeten Magnetometern, anfänglich eine excentrische Eisenscheibe, welche von einem Elektromagnet angezogen wird und sich infolge dessen dreht. Zu exakteren Instrumenten ist diese Anordnung aber deshalb wenig geeignet, weil die magnetische Remanenz immer dann besonders störend auftritt, wenn die Kraftströmung in dem angezogenen Eisenstück nicht bloß ihre Intensität sondern auch noch ihre Richtung ändert. Die neueren Instrumente Uppenborn's bestehen daher im wesentlichen aus einer Spule, welche an ihrer inneren Wandung ein festes cylindrisch gebogenes Eisenblech enthält und an einer Axe drehbar ein konzentrisches von etwas kleinerem Durchmesser, welches von dem ersteren abgestoßen wird und sich um die Axe dreht, wenn die Spule vom Strom durchflossen ist und die beiden Eisenstücke nicht symmetrisch zu einander stehen, Fig. 41, *B*.

Die Strom- und Spannungszeiger von Schuckert, Fig. 41 *A* u. Fig. 42,

beruhen darauf, dass ein Eisenkörper nicht nur in das Innere einer Spule sondern auch kräftig nach deren Wandung hingezogen wird. Parallel der Spulenaxe, aber nicht mit ihr zusammenfallend ist eine Axe angebracht, welche ein dünnes, cylindrisch gebogenes Blech aus weichem Eisen und einen leichten Zeiger trägt. Bei einer Drehung der Axe nähert sich das Blech der Wandung und schmiegt sich in seiner äußersten Stellung dicht an diese an.

Fig. 42.

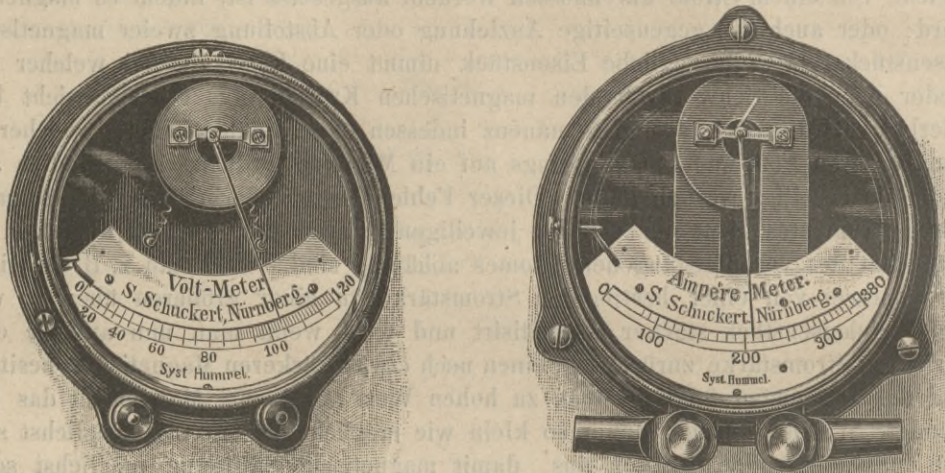
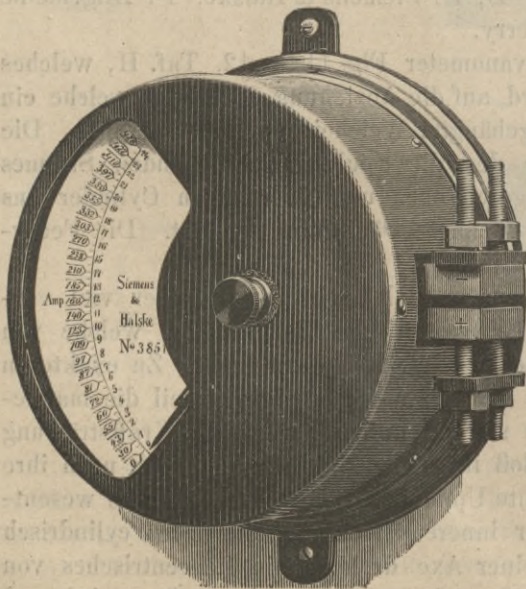


Fig. 43.



Siemens & Halske verwenden wie Kohlrausch die Anziehung eines Eisenkernes in eine Spule. Beim Stromzeiger ist derselbe kreisförmig gebogen, Fig. 41 E u. 43, und dreht sich um die links von den beiden Kupferwindungen befindliche Axe; bei dem Spannungszeiger, Fig. 41 D, wird die Bewegung zweier Eisenstäbchen, die stets senkrecht hängen, durch einen Hebel auf einen Zeiger übertragen. Die fast in ihrer ganzen Länge von der Spule umschlossenen Eisenkerne brauchen daher nur einen kleinen Weg zu beschreiben, um den Zeiger über die ganze Skala zu führen. Dies verringert den Einfluss der Remanenz. Von äußeren Einflüssen ist das Instrument nahezu unabhängig, weil nicht in unmittelbarer Nähe befindliche magnetische Massen ebenso wie der Erdmagnetismus nur drehend auf Magnete einwirken können und Drehungen magnetischer Teile hier gänzlich ausgeschlossen sind.

Siemens & Halske verwenden wie Kohlrausch die Anziehung eines Eisenkernes in eine Spule. Beim Stromzeiger ist derselbe kreisförmig gebogen, Fig. 41 E u. 43, und dreht sich um die links von den beiden Kupferwindungen befindliche Axe; bei dem Spannungszeiger, Fig. 41 D, wird die Bewegung zweier Eisenstäbchen, die stets senkrecht hängen, durch einen Hebel auf einen Zeiger übertragen. Die fast in ihrer ganzen Länge von der Spule umschlossenen Eisenkerne brauchen daher nur einen kleinen Weg zu beschreiben, um den Zeiger über die ganze Skala zu führen. Dies verringert den Einfluss der Remanenz. Von äußeren Einflüssen ist das Instrument nahezu unabhängig, weil nicht in unmittelbarer Nähe befindliche magnetische Massen ebenso wie der Erdmagnetismus nur drehend auf Magnete einwirken können und Drehungen magnetischer Teile hier gänzlich ausgeschlossen sind.

Lahmeyer benutzt dasselbe Princip, lässt aber den Eisenkern in Quecksilber schwimmen und benutzt den Apparat gleichzeitig zum selbstthätigen Einschalten von Regulirwiderständen, wie Fig. 44 andeutet.

Die allgemeine Electricitätsgesellschaft baut nach dem System Dobrowolsky Strom- und Spannungszeiger, Fig. 41 *F* u. 45, bei welchen die drehende Wirkung des Stromes auf Eisenstäbe, welche nicht genau senkrecht zur Stromrichtung stehen, benutzt ist. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Skala wird nicht ein Stab, sondern mehrere von verschiedener Länge verwendet, welche an derselben Axe sitzen, aber verschieden gerichtet sind.

Ayrton & Perry richten durch einen Elektromagnet Fig. 41 *G*, der schon durch einen geringen Strom stark magnetisirt wird, eine Weicheisennadel und lenken diese, welche sich nun wie eine Magnetnadel verhält, durch Drahtwindungen, welche von demselben Strom durchflossen werden, wieder ab.

Fig. 44.

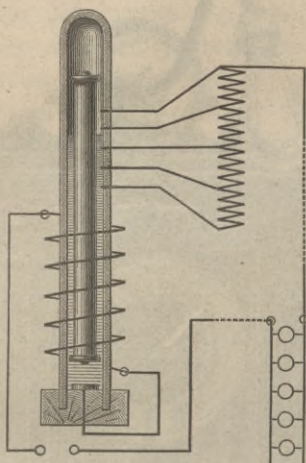
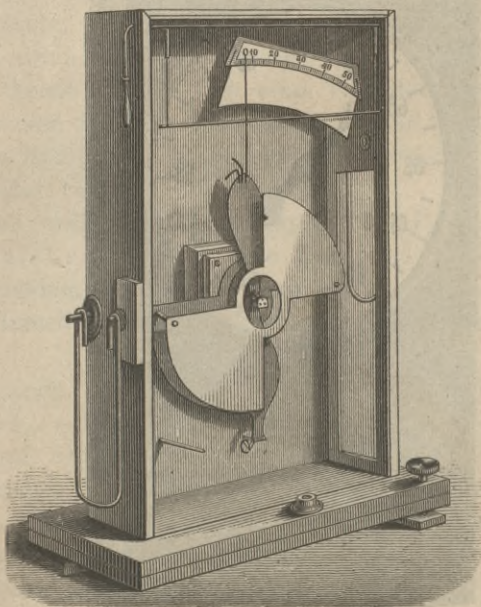


Fig. 45.



Fig. 46.



Diese Instrumente lassen sich meistens auch recht gut bei Wechselstrom verwenden, nur müssen sie dann für diesen geeicht werden. Dies gilt insbesondere für die gewöhnlichen Spannungszeiger, bei denen der Ausschlag abgesehen von der Spannung auch von der Wechselzahl abhängt. Für hohe Spannungen ist ein stehend gebautes Elektrometer von W. Thomson und zwar bei Gleichstrom und Wechselstrom gleich gut geeignet; Fig. 46. Die festen Platten stehen mit dem einen Pol, die bewegliche „Nadel“ aus Aluminium, welche auf Schneiden ruht und sich im indifferenten Gleichgewicht befindet, steht mit dem anderen Pol in Verbindung und wird daher in den Raum zwischen den ersteren hineingezogen. An eine am unteren Ende der Nadel befindliche Schneide werden kleine Gegengewichte gehängt, welche

bewirken, dass die Nadel je nach der Spannung eine ganz bestimmte Lage annimmt, die oben durch einen langen Zeiger auf einer Skala abgelesen wird.

Für größere Anlagen ist der Spannungszeiger mit großem Zifferblatt von Siemens & Halske bestimmt; Fig. 47 u. 48. Er besteht aus einem kleinen Regulirwiderstand mit gleichen Stufen, welche durch eine von einem Elektromotor angetriebene Kurbel mit Schleifkontakt vor einen Steuerapparat geschaltet werden. Letzterer ist auf eine konstante Stromstärke eingestellt und löst den Elektromotor aus, sobald diese und mithin die Spannung sich verändert, bis durch den Regulirwiderstand die alte Stromstärke in dem Steuerapparat wieder hergestellt ist. Mit

Fig. 47.

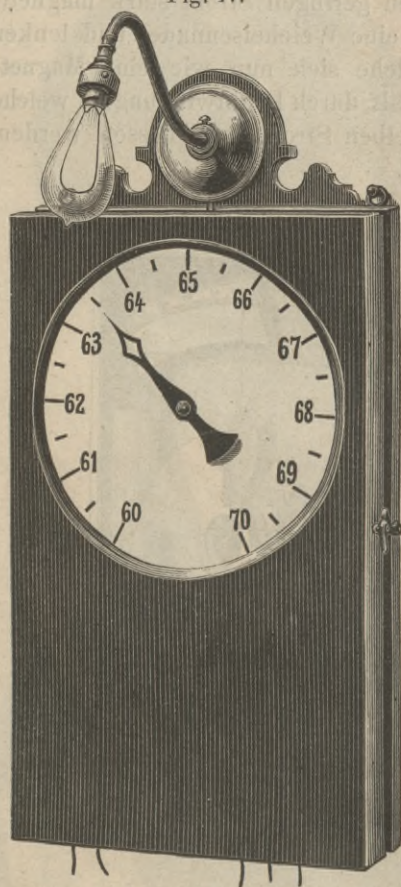
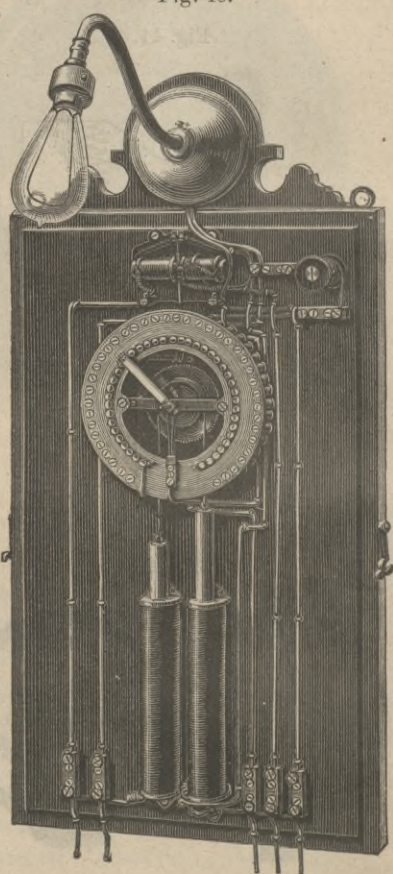


Fig. 48.



der Schleifkurbel ist ein Zeiger fest verbunden, welcher vor einem großen Zifferblatt spielt. Je höher nun die Spannung, um so mehr Widerstand muss vor dem Steuerapparat eingeschaltet sein, um so weiter muss sich also auch der Zeiger in einem bestimmten Sinne gedreht haben.

Die Steuerapparate spielen bei allen selbstthätigen Mechanismen eine große Rolle. Mit der Empfindlichkeit dieser Apparate ist es in der Regel nicht vereinbar, dass sie selbst die Arbeit der Regulirung leisten; sie haben daher die Aufgabe, auf mechanischem oder elektrischem Wege den Arbeitsapparat auszulösen. Die Laufwerke der meisten Bogenlampen besitzen solche Steuerapparate, z. B. die

Differentiallampe (S. 26) in den beiden Spulen, welche die Stellung des Eisenkernes regeln. Die Arbeit des Kohlentransportes hat hier die Schwerkraft auszuführen. Als einfachste Art eines Steuerapparates kann man einen Hufeisen-elektromagnet ansehen, welcher seinen Anker anzuziehen sucht, während eine Abreissfeder nach der entgegengesetzten Seite wirkt. Ein mit dem Anker verbundener Doppelkontakt schwebt bei der normalen Lage desselben zwischen zwei Kontaktschrauben und tritt mit der einen oder der anderen in Berührung, je nachdem der Strom im Elektromagneten zu stark oder zu schwach wird. Der Apparat setzt somit bei festen Grenzwerten der Spannung oder Stromstärke den Arbeitsapparat in Bewegung und bleibt zwischen denselben unempfindlich; er hat also alle Eigenschaften der astatischen Regulatoren. Er ist daher z. B. nicht gut zur direkten Regulirung der Geschwindigkeit einer Dampfmaschine zu verwenden. Man hat daher auch statische Steuerapparate gebaut, deren Beschreibung uns hier indessen zu weit führen würde. Das Bestreben, die Fehler durch magnetische Remanenz zu verringern, hat auch hier dazu geführt, die Eisenmassen zu verringern und dieselben dabei einer möglichst kräftigen Magnetisirung auszusetzen.

Ein derartiger Steuerapparat von Schuckert besteht aus einer vertikal gestellten Spule, welche einen frei schwebenden Eisenkern in sich hineinzuziehen strebt, während ihn die Schwerkraft nach unten zieht. Siemens & Halske hängen einen Eisencylinder mit horizontaler Achse justirbar an einer Neusilberfeder auf, welche zugleich als Abreissfeder dient und den Doppelkontakt trägt, und lassen den Cylinder in einer horizontal gestellten Spule spielen, welche zur Verstärkung der Wirkung noch einen festen Eisencylinder enthält.

Man verwendet diese Steuerapparate vielfach zu Alarmapparaten. In dem Spannungswecker von Siemens & Halske wird z. B. eine kleine oder eine große Klingel in Thätigkeit gesetzt, je nachdem die Spannung zu gering oder zu hoch ist. In anderen Apparaten wird derselbe Zweck durch optische Zeichen erreicht.

Die Hauptbedeutung der Steuerapparate aber liegt in ihrer Benutzung zu selbstthätigen Regulirvorrichtungen, welche entweder nur elektrisch gesteuert, aber von einer beliebigen Betriebskraft bewegt werden, oder auch durch einen besonderen kleinen elektrischen Motor betrieben werden. Fig. 49 zeigt einen selbstthätigen Regulirwiderstand von Weston. Eine Schnur treibt die Antriebscheibe *T*, welche ein Schaltwerk mit den Klinken *S* und *S*₁ in Bewegung hält. Durch den unten liegenden Steuerapparat, dessen Anker *A* durch eine Feder nach oben gezogen wird, gelangt die eine oder andere der Stoßklinken zum Eingriff in das zugehörige Zahnrad und dreht die Schleifkurbel *C* des Widerstandes. Ähnlich arbeitet der selbstthätige Widerstand von Siemens & Halske, Fig. 50, dessen oben liegende Welle gleichfalls durch eine äussere Betriebskraft in Bewegung gesetzt wird. Erhält eine der auf einem auf- und abgehenden Schlitten sitzenden Spulen durch den Steuerapparat Strom, so greift ihr zu einer Stoßklinke ausgebildeter Anker beim Vorschub in die Zähne eines Rades ein und dreht dieses und den Schleifkontakt; beim Rückgang gleitet die Klinke über die Zähne des Rades weg, während dieses durch Reibung festgehalten wird.

Diese Instrumente sind fast sämtlich ebensogut zur Angabe von Stromstärken wie von Spannungen einzurichten. Als Stromzeiger erhalten sie wenige oder nur

eine Windung dicken Drahtes oder Bleches, dessen Querschnitt der maximalen Stromstärke angepasst sein muss, und sind nach Ampère justirt; als Spannungsmesser hingegen erhalten sie viele Windungen dünnen Drahtes und sind nach Volt

Fig. 49.

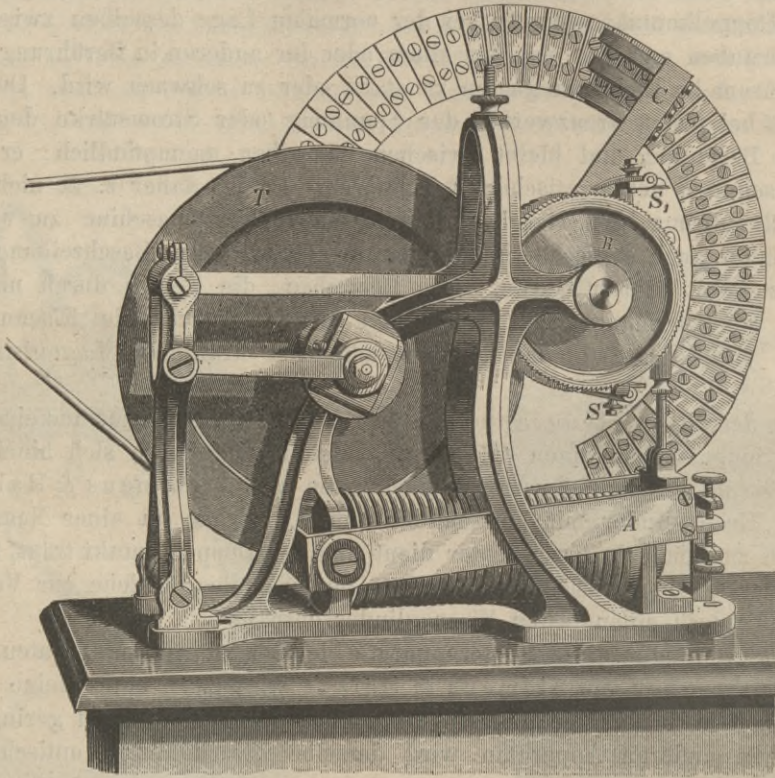
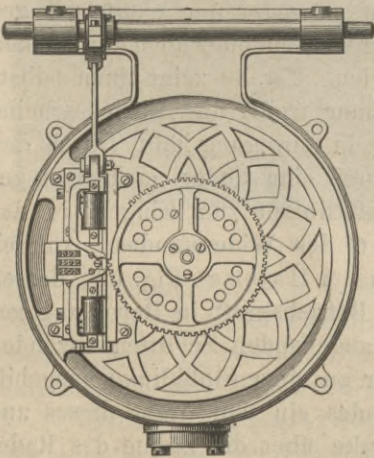


Fig. 50.



justirt. Die Strommesser werden in die Hauptleitung geschaltet, sodass sie von dem gesamten zu messenden Strom durchflossen werden, die Spannungszeiger hingegen als Nebenschluss zwischen die Punkte der Leitung gelegt, zwischen welchen man die Spannung zu erfahren wünscht. Das Wirksame in den Spannungszeigern ist immer die sie durchfließende Stromstärke, aber da diese bei konstantem Widerstand der Wicklung proportional der Spannung zwischen den Klemmen des Instrumentes ist, kann man sie direkt nach Volt eichen. Nun ist aber der Widerstand von der Temperatur des Drahtes abhängig und diese ändert sich einerseits mit der Lufttemperatur, andererseits infolge des

Stromdurchganges, welcher immer eine Wärmeentwicklung zur Folge hat. Unter den metallischen Leitungen sind es besonders Neusilber und in noch höherem Grade Nickelin, deren Widerstand bei Temperaturänderungen sich wenig ändert.

Bei Spannungszeigern ist zur Konstanthaltung des Widerstandes eine Kombination von einem gut leitenden und einem möglichst unveränderlichen Metall vorteilhaft, in der Art, dass eine aus ersterem Metall (Kupfer) gebildete Spule die nötige elektromagnetische Kraft erzeugt und eine aus letzterem (Nickelin) gebildete zweite Spule als Widerstand vorgeschaltet ist. Die Instrumente können alsdann dauernd eingeschaltet bleiben.

Um die Angaben dieser Instrumente kontrolliren und event. dieselben neu einjustiren zu können, dienen genauere Messinstrumente, von denen das Torsionsgalvanometer und das Elektrodynamometer von Siemens & Halske in Deutschland wohl am meisten verwendet werden. Ein näheres Eingehen auf diese Instrumente würde uns hier zu weit führen, nur soll erwähnt werden, dass ersteres wegen des in ihm enthaltenen Stahlmagnets nicht größeren magnetischen Kräften ausgesetzt werden darf. In einen Maschinenraum, welcher

Fig. 51.

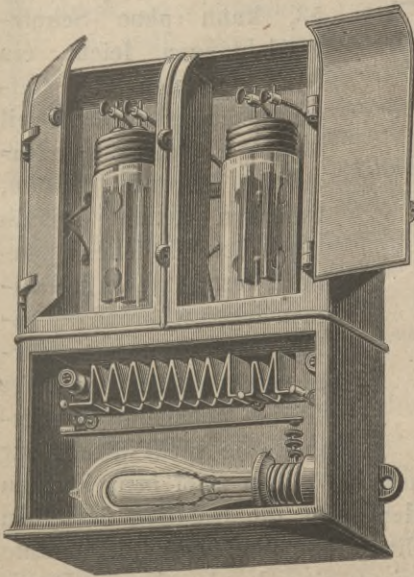
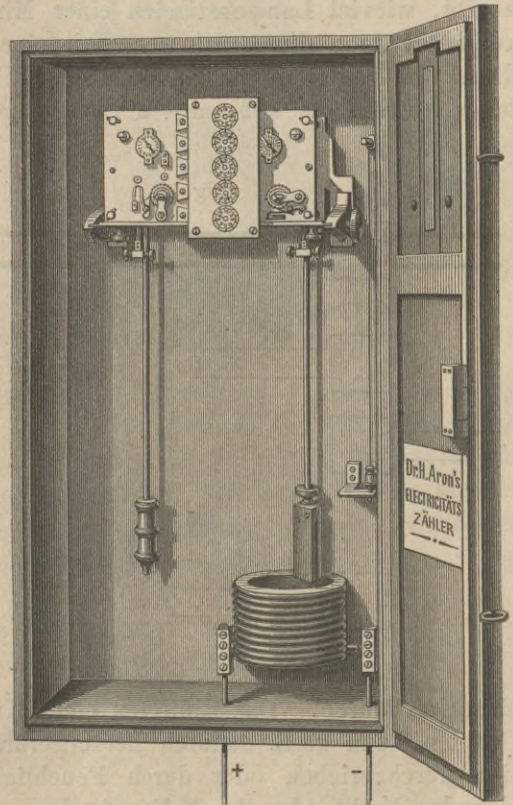


Fig. 52.



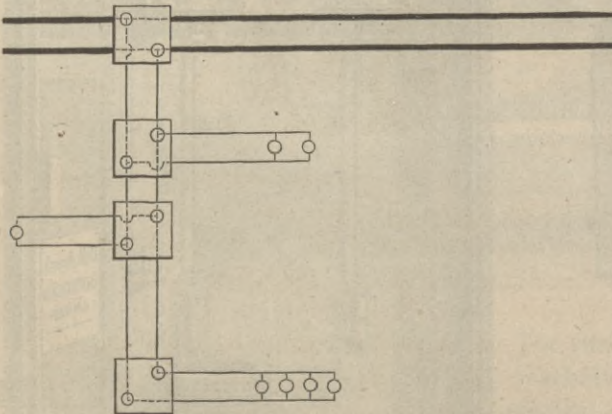
Dynamomaschinen enthält, sollte es überhaupt nicht hineingebracht werden.

Der Verbrauch an elektrischer Energie wird durch die Energiemesser angegeben. Sie sind überall da unentbehrlich, wo mehrere Konsumenten Strom von derselben Centralstelle entnehmen und daher von großer Bedeutung. Gemäß dem heutigen Stande der elektrischen Beleuchtung setzen die meisten die Spannung als konstant voraus und zählen nur die durch einen Teil des Stromkreises gehende Elektrizitätsmenge in Ampère-Stunden. Einer der ältesten ist der von Edison, Fig. 51. Der Apparat besteht aus zwei Zersetzungszellen, durch welche ein bestimmter Bruchteil des zu messenden Stromes geführt wird. Der Gewichtsverlust der einen und die Gewichts Zunahme der anderen Platte jeder Zelle ist proportional

der Zahl der Coulomb (Ampère mal Sekundenzahl), welche durch die Zelle hindurchgeleitet wurden. Es lässt sich deshalb durch Wägung der Platten feststellen, welche Energiemenge in den betreffenden Teilen des Schließungskreises verbraucht worden ist, ähnlich wie mit einer Gasuhr der Gasverbrauch kontrolliert wird.

Zuverlässig und sehr verbreitet ist der Energiemesser von Aron, Fig. 52. Er besteht in einer Pendeluhr, deren Pendel einen über einer Drahtspule ohne Eisen schwingenden Stahlmagnet trägt. Es wirkt daher auf das Pendel nach unten nicht bloß die Schwerkraft, sondern auch noch die magnetische Anziehung zwischen Spule und Magnet, und wenn letztere klein ist im Verhältnis zur ersteren, so ist die dadurch hervorgerufene Beschleunigung im Gange der Uhr proportional dieser Kraft und mithin dem durch die Spule fließenden Strom. Nach der Voreilung der Uhr wird der Energieverbrauch aus einer beigefügten Tabelle bestimmt, welche angibt, wieviel Lampenstunden einer Minute Voreilung entsprechen. Neuerdings verbindet Aron dieses Uhrwerk mit einem normalen derart, dass ein Zählwerk direkt die Differenz im Gange beider Uhren angibt und dadurch ein unmittelbares Ablesen der konsumierten Energie gestattet wird.

Fig. 53.



§ 14. Sicherungen.

Bei Anlagen von parallelgeschalteten Lampen, Fig. 53, kann ohne Schutzvorrichtungen leicht ein Glühendwerden von Leitungsdrähten eintreten, weil überall die direkt zur Maschine führenden Drähte, zwischen denen deshalb eine beträchtliche Spannung herrscht, dicht beisammen liegen, während bei Anlagen mit hintereinandergeschalteten Lampen meist Drähte nebeneinander liegen, die nicht direkt zur

Maschine führen. Das Eintreten eines Kurzschlusses zwischen zwei benachbarten Drähten kann z. B. dadurch hervorgerufen werden, dass die Isolation derselben sich durchgerieben oder durch Feuchtigkeit gelitten hat und nun die Drähte einander direkt oder durch Vermittelung eines Leiters einander berühren. Damit das Auftreten solcher kurzer Schlüsse keinen Schaden herbeiführen kann, werden Sicherungen angebracht. Dieselben bestehen in kurzen Stücken eines leicht schmelzbaren Metalles, welche in die betreffenden Leitungen eingefügt werden und deren Dimensionen so bemessen sind, dass das betreffende Stück bei einer Stromstärke schmilzt, welche den Leitungsdraht übermäßig erwärmen würde. Tritt durch irgend welche Ursache ein derartig starker Strom auf, so schmilzt die Sicherung und schneidet dem elektrischen Strom den Weg ab, sodass eine Erhitzung oder ein Glühendwerden der betreffenden Leitung verhindert ist. Die Sicherungen werden vielfach mit den Abzweigungen (vergl. S. 42) verbunden, sodass an der Stelle, wo die dünnere Leitung von der dickeren abzweigt, auch gleich der

Schutz angebracht ist. Als leicht schmelzbares Metall wird häufig Blei genommen und zwar als Blechstreifen oder Draht. Für sehr starke Leitungen werden die Sicherungen als Bleiblechstreifen, Fig. 54 (System Weston), hergestellt, die in Klemmen fest eingespannt sind; für schwächere Leitungen wird der Bleistreifen oder Bleidraht noch mit einem Schutz umgeben, damit er mechanisch nicht leicht verletzt werden kann. Edison benutzt zu diesem Zweck Holz- oder Porzellanknöpfe, in deren innerer Höhlung sich der Sicherungsdraht befindet. Der Knopf, Fig. 55, ist mit einem aus Blech gedrückten Schraubengewinde und einer kleinen Kappe versehen, genau wie am Glühlampenfuß, damit er zur Herstellung der Verbindung in eine Fassung ähnlich der der Lampen geschraubt werden kann. Schraubengewinde und Kappe stehen durch den Bleidraht in leitender Verbindung. Fig. 55 stellt eine Abzweigung mit Sicherung von Edison dar. Sie besteht aus einem Holzklötzchen, in dem auf der oberen Seite 2 Nuten für die Hauptdrähte und auf der unteren Seite 2 für die abzweigenden Drähte eingefräst sind.

Fig. 54.

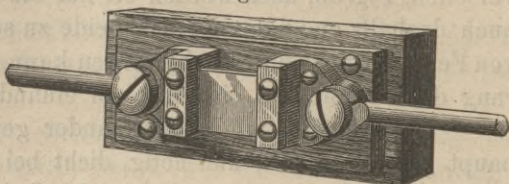
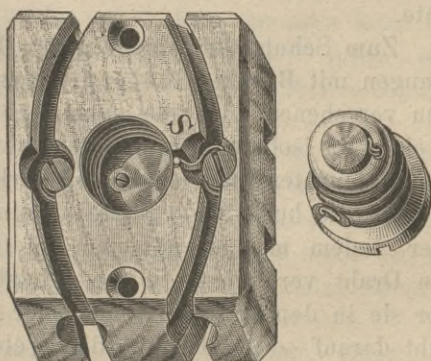


Fig. 55.



Mit dem einen Hauptdraht wird durch eine Klemme der eine Zweigdraht direkt verbunden, mit dem andern Hauptdraht aber das blecherne Muttergewinde, während das im Innern dieses Gewindes befindliche Plättchen mit dem zweiten Zweigdraht verschraubt wird. Der die Sicherung enthaltende Knopf verbindet, wenn er in das Gewinde eingeschraubt ist, somit die zweite Hauptleitung mit dem zweiten Zweigdraht.

Siemens & Halske bringen ihre Abzweigungen mit Bleischutz in Porzellan-dosen an, weil dieses Material gegen Anziehen von Feuchtigkeit und Verziehen das günstigste ist. Der Bleistreifen ist in einen Gipskegel eingegossen und kann dieser Kegel nur dann Schluss gebend eingesetzt werden, wenn eine in ihm vorhandene Öffnung über einen entsprechenden Vorsprung in der Dose passt, sodass in eine Dose immer nur eine bestimmte Sorte von Kegeln eingesetzt werden kann und mithin jeder Schaden, der durch Einsetzen falscher Sicherungen herbeigeführt werden könnte, vermieden wird.

Man begegnet häufig der Ansicht, es seien die Sicherungen zum Schutz der Glühlampen anzubringen, damit diese keinen zu starken Strom bekommen könnten. Diese Ansicht ist aber deshalb unzutreffend, weil die Stromstärke, bei welcher die Glühlampen normal brennen, von der Stromstärke, welche ihnen schädlich ist, so wenig entfernt liegt, dass, wenn bei letzterer die Sicherung unfehlbar schmelzen soll, im normalen Betrieb schon mit heißen dem Schmelzen nahen Bleistreifen gearbeitet werden müsste, wodurch diese sehr oft entzwei gehen würden. Die Bleisicherungen sind lediglich zum Schutz der, von der Maschine aus gerechnet, hinter ihnen liegenden

Leitung bestimmt und darum wird immer an den Stellen, wo die Leitung ihren Querschnitt ändert, eine dem Querschnitt der dünneren Leitung entsprechende Sicherung angebracht.

Am besten wird jede der beiden abzweigenden Leitungen mit einer Sicherung versehen, Fig. 53, doch werden oft nur die Zweige der einen Leitung gesichert. Aber auch deshalb empfiehlt es sich beide zu schützen, damit die Leitung beim Auftreten von Fehlern leicht untersucht werden kann, indem sie durch Herausnehmen der Sicherung dann schnell in einzelne von einander unabhängige Abteilungen zerlegt wird.

Bei Anlagen mit hintereinander geschalteten Lampen ist es, wenn es überhaupt geschehen soll, nur nötig, dicht bei der Maschine eine Sicherung anzubringen, da nur dort durch eine zwischen den Leitungen entstehende Verbindung ein kurzer Schluss für die Maschine oder eine Gefahr für die Leitung herbeigeführt werden könnte.

Zum Schutz der Anlage gegen Blitzgefahr werden durch die Luft geführte Leitungen mit Blitzableitern verbunden. Diese bestehen aus zwei mit scharfen Rillen versehenen, einander nahe gegenüberstehenden, aber durch eine Luftschicht von einander isolirten Metallplatten, von denen die eine mit der Leitung, die andere mit dem feuchten Erdreich leitend verbunden ist. Letzteres wird dadurch erreicht, dass man die betreffende Platte an eine Gas- oder Wasserleitung anschließt, oder besser, indem man sie mit einer im Grundwasser befindlichen Metallplatte durch einen Draht verbindet. Solche Blitzableiter sind an jeder Leitung anzubringen, bevor sie in den Maschinenraum oder in die Wohnungen eintreten. Ihre Wirkung beruht darauf, dass der künstliche elektrische Strom bei seiner verhältnismäßig geringen Spannung den kontinuierlichen Weg durch die Leitung nimmt, während die atmosphärische Elektrizität, deren Spannung eine sehr viel höhere ist, die Luftschicht zwischen den Blitzplatten durchschlägt und sich so direkt einen Weg zur Erde bahnt.

Ganze Beleuchtungsanlagen.

Nachdem wir uns im Vorhergehenden mit den zu einer Beleuchtungsanlage nötigen einzelnen Apparaten näher bekannt gemacht haben, können wir im Folgenden dazu übergehen, diese einzelnen Teile zu ganzen Anlagen zusammenzustellen.

Liegt die Aufgabe vor, einen bestimmten Platz oder Raum elektrisch zu beleuchten, so wird man sich zuerst darüber schlüssig machen, welche Beleuchtungsart für den betreffenden Fall die geeignetste ist, wie die einzelnen Teile der Anlage angeordnet und wie sie aufgestellt werden sollen.

Diese verschiedenen Fragen sollen im Folgenden näher erörtert werden.

§ 15. Wahl und Verteilung der Lampen. Zunächst ist festzustellen, was für Licht verwendet werden soll, ob Bogen- oder Glühlicht oder beides zugleich und welche Stärke die einzelnen Lichter haben müssen. Ist der zu erleuchtende Raum oder Platz groß und hoch, so wird in den meisten Fällen Bogenlicht geeignet sein; ist er klein oder niedrig, so wird Glühlicht gewählt werden müssen. Als allgemeine Regel kann dienen: Bogenlicht ist überall dort mit Recht verwendet, wo man bei Gasbeleuchtung die einzelnen Flammen zu Kronen vereinigt haben würde, Glühlicht dort, wo einzelne von einander getrennte Flammen Verwendung finden würden. Vielfach wird auch die Farbe des Lichtes von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Für Beleuchtung im Freien, wie für Plätze, Bauten, Hallen u. dergl. verdient das Bogenlicht den Vorzug. Nur selten wird man hier Glühlicht verwenden, man müsste denn Lampen von höherer Lichtstärke, z. B. von 100 N.K. benutzen wollen. Immerhin wird aber das billigere Bogenlicht in erster Linie zu berücksichtigen sein.

Geschlossene Räume, die durch Bogenlicht beleuchtet werden sollen, müssen mindestens 4 m hoch sein, da sonst die Lampen zu tief zu hängen kommen und zu sehr die Augen blenden.

Es gibt viele Arten von Räumen, welche ebensogut durch Glühlicht wie durch Bogenlicht beleuchtet werden können, wie z. B. Webereien. In solchen Fällen wird man dem billigeren System den Vorzug geben. Lässt sich die Anordnung der Bogenlampen so treffen, dass man etwa 8 oder mehr Glühlampen (von je 16—20 N.K.) durch eine Bogenlampe von ca. 9 Amp. ersetzen kann, oder mindestens 3 solche Glühlampen durch eine Bogenlampe von ca. 3 Amp., so ist die Bogenlichtbeleuchtung die billigere, da man dann dieselbe Arbeitsmenge aufzuwenden hat und doch beträchtlich mehr Licht erzeugt.

Je größer und höher der Raum ist, welcher zu beleuchten ist, um so stärker kann man die Lichtquellen wählen. Ein Bauplatz z. B., bei dem wenig schattenwerfende Gegenstände vorhanden sind, wird besser durch 2—3 Lichter von 20 Amp., als durch 4—6 von 10 Amp. beleuchtet, weil es in solchen Fällen meist auf möglichste Einfachheit der Anlage ankommt. So werden auch zur Beleuchtung von großen Plätzen in Amerika hohe Türme mit starken Lichtern verwendet.

Für die Verteilung der Lampen auf die zu beleuchtenden Räume oder Plätze können die folgenden Bemerkungen einen Anhalt gewähren.

Bei Bogenlichtlampen von 9 Amp. Stromstärke rechnet man für Straßenbeleuchtung etwa alle 80 m eine Lampe, bei breiten Straßen nimmt man auf jeder Seite eine Reihe Laternen und in solcher Entfernung, dass je nach der Belebtheit der Straße die Diagonalentfernungen der Laternen 40—60 m betragen. Für Plätze wählt man je nach den Verkehrsverhältnissen auf 200 bis 1000 qm eine Lampe. Bei Bauplätzen werden die Lampen nach Bedarf angeordnet; wo, wie bei Erdarbeiten, keine Schatten werfenden Gegenstände im Wege sind, wird man etwa pro 500 qm eine Lampe rechnen. In Bahnhofshallen wird über jedem Perron eine Reihe Lampen angebracht und werden die einzelnen Lampen in etwa 40 m Entfernung von einander aufgehängt. In Fabriken variiert die Lampenzahl sehr nach der Art der Arbeiten, welche ausgeführt werden, und der Menge Lichtes, welche infolge dessen gebraucht wird. Bei Fabriken mit hohen Räumen, wo grobe Arbeiten ausgeführt werden, wird man auf ca. 500 qm mit einer Lampe auskommen, in solchen mit niedrigen Räumen und großem Lichtbedürfnis wie Webereien oder in großen Büreauräumen wird man pro 100 qm eine Lampe nehmen müssen. Die Lampen werden in geschlossenen Räumen so hoch angebracht, als es angeht; auf Straßen oder Plätzen meist 6—10 m hoch, außer wenn besondere hohe Masten, wie für Bahnhofs-Außenbeleuchtungen errichtet werden. Für Gleichstromlampen von 8 Amp. Stromstärke findet sich im Kalender für Elektrotechniker von Uppenborn 1889 folgende Angabe:

„Man hängt die Lampe in einer Höhe von 0,7 des Radius des zu beleuchtenden Bodenkreises auf und rechnet bei 8 Amp.-Lampen mit gleichgerichtetem Strom:

für Hof-Beleuchtung	2000	qm pro Lampe
„ Bahnhofshallen	1400	„ „ „
„ Gießereien, allgemeine Beleuchtung	500—600	„ „ „
„ „ „, specielle Beleuchtung .	200—250	„ „ „
„ Maschinenfabriken und Gießereien	200	„ „ „
„ Webereien	200	„ „ „
„ Spinnereien	200	„ „ „
„ lithographische Anstalten	200	„ „ „

Bei Straßenbeleuchtungen kann man die jetzt gebräuchliche Intensität der Gasbeleuchtung durch obige Lampen in 60—80 m Entfernung in der Mitte der Straße hoch aufgehängt mehr als vollständig ersetzen.“

Bei schwachen Bogenlampen wird man natürlich entsprechend mehr Lampen auf dieselbe Fläche rechnen müssen, als bei starken Lampen, doch wird man, da die Verteilung des Lichtes bei Verwendung von mehreren Lampen eine gleichmäßiger ist, ungefähr rechnen können, dass eine Lampe von 9 Amp. durch 2 Lampen von 3 Amp. ersetzt werden kann, wenn es auf möglichste Verteilung des Lichtes ankommt. Handelt es sich mehr um eine allgemeine Beleuchtung, wie z. B. in Bahnhofshallen, so wird den stärkeren (9 Amp.) Lampen der Vorzug zu geben sein.

Für Beleuchtungen durch Glühlampen kann man entweder die Berechnung zu Grunde legen, wie sie bei der Projektirung einer Gasbeleuchtung ausgeführt wird oder man nimmt, wenn es sich um Beleuchtung von Fabrikräumen handelt, pro Arbeiter 1 oder $\frac{1}{2}$ Lampe, für Büroräume pro Mann 1 Lampe von 16 N.K. oder für je 2 Mann 1 Lampe von 25 N.K. Für Zimmer je nach Größe 1—3 Lampen pro Fenster und für größere Räume oder Säle 1 bis 2 N.K. pro qm Bodenfläche. Die Glühlampen werden meist in den nämlichen Höhen angebracht wie die Gasflammen, doch kann man bei allgemeiner Beleuchtung von Zimmern auch die Lampen höher, der Decke näher bringen, weil sie nicht rußen und hitzen oder aber bei Beleuchtung feiner Arbeiten den Augen des Betreffenden näher rücken, da sie keine so drückende Hitze ausstrahlen.

Die Bogenlampen wie Glühlampen müssen möglichst zugänglich angebracht werden, damit man bei ersteren die Kohlenstäbe, bei letzteren die ganze Lampe leicht ersetzen kann. Sie werden deshalb in leicht zu erreichenden oder herunterziehbaren Laternen untergebracht, die in § 9 u. 10 näher behandelt wurden.

§ 16. Wahl des Stromverteilungssystems. Je nach Art, Größe und Verteilung der Lampen ist die Stromzuführung verschieden zu wählen. Die gebräuchlichsten Systeme sollen hier kurz auseinandergesetzt werden. Sind nur Bogenlampen für gleiche Stromstärke vorhanden, so ist es das Einfachste und Billigste, sie sämtlich hinter einander in einen Stromkreis zu schalten, wenn ihrer nicht zu viele sind. Statt einer Lampe können auch 2 parallel von je der halben Stromstärke verwendet werden, wenn man ihnen etwas Widerstand vorschaltet. Fig. 56 zeigt das Schema der Reihenschaltung. Hierzu eignet sich vorzüglich die Differentiallampe. Da jede Lampe 40—50 Volt braucht, muss die Klemmenspannung der Maschine so viel mal ca. 50 Volt sein, wie Lampen vorhanden sind. Brush schaltet bis 50 Lampen hinter einander, was eine Klemmenspannung von 2500 Volt erfordert. Man wird indessen gut thun, nicht über 20 Lampen in einen Stromkreis zu nehmen, sowohl wegen der Gefahr der hochgespannten Ströme für die Bedienungsmannschaft der Maschine und wegen der Schwierigkeit der Isolation als

auch deshalb, weil mit zunehmender Lampenzahl das Reguliren der einzelnen Lampen an Sicherheit etwas abnimmt. Man benutzt in diesem Falle meistens eine Dynamomaschine mit Reihenschaltung. Um eine Lampe auszuschalten, muss man entweder einen Ersatzwiderstand dafür einschalten (S. 43), oder die

Fig. 56.

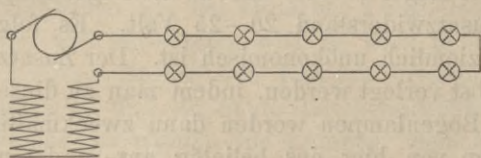
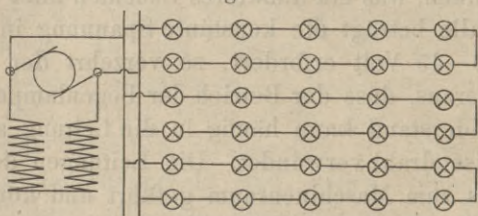


Fig. 57.

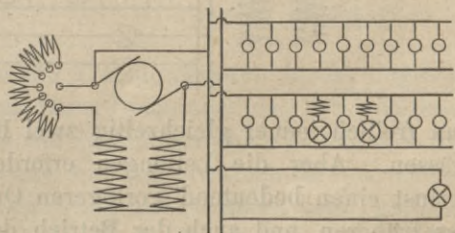


Klemmen der Lampe kurz schließen und durch Verstellung der Bürsten die elektromotorische Kraft der Maschine verringern. Kann man nicht sämtliche Lampen in einen Stromkreis unterbringen, so werden mehrere Stromkreise parallel geschaltet und, wie Fig. 57 andeutet, von einer und derselben Maschine betrieben, deren Schenkel dann Nebenschlusswicklung erhalten müssen. Man kann die Lampen gruppenweise ausschalten; für eine einzelne Lampe muss ein Ersatzwiderstand eingeschaltet werden. Weil man mit verhältnismäßig geringen Strömen arbeitet, sind auch die Leitungen ziemlich schwach und können vielfach leicht oberirdisch angebracht werden. Auch wird noch deshalb an Material gespart, weil die Leitungen nur in einfachen Schleifen geführt zu werden brauchen. Auch Wechselstrom lässt sich verwenden, was besonders zu Anfang unseres Jahrzehnts sehr gebräuchlich war. Der Betrieb ist etwas einfacher, weil die Wechselstrommaschinen weniger Wartung bedürfen und bei Widerstandsänderungen im äußeren Kreise geringere Schwankungen der Stromstärke zeigen als Gleichstrommaschinen; indessen ist die Lichtwirkung ungünstiger. Die Spulen der Wechselstrommaschinen lassen sich leicht in Gruppen schalten, von denen jede einen Stromkreis für sich speist.

Glühlampen können ebenfalls in Hintereinanderschaltung verwendet werden, wenn man sie für starken Strom und geringe Spannung einrichtet, siehe S. 34. Dies System ist besonders von Bernstein ausgebildet und in Amerika mehrfach in Verwendung, in Europa aber bisher sehr wenig eingebürgert.

Eine außerordentliche Verbreitung hat das System der Parallelschaltung, Fig. 58, gefunden wegen der Unabhängigkeit sämtlicher Lichter von einander und wegen seiner Ungefährlichkeit, obwohl es teurer und weniger ökonomisch ist. In seiner reinsten Form sind die Lampen (zunächst Glühlampen) sämtlich parallel zwischen zwei starke Leitungen geschaltet, zwischen denen gleichzeitig die Spannung konstant gehalten wird. Als Maschinen werden dazu solche mit Nebenschluss- oder gemischter Wicklung verwendet und durch Regulirwiderstände im Nebenschluss die kleinen Ungleichheiten der Spannung ausgeglichen. In einem solchen System können auch Bogenlampen parallel geschaltet werden, wenn jede einzelne

Fig. 58.



in ihrem Kreis einen Zusatzwiderstand zur Beruhigung erhält. Die Bedeutung dieses Widerstandes ist besonders dann einleuchtend, wenn man sich die Kohlen der Lampe in Berührung mit einander vorstellt. Ohne den Widerstand würden die Hauptleitungen jetzt nahezu kurz geschlossen sein, es würde ein sehr starker Strom durch die Lampe gehen und die Spannung zwischen den Hauptleitungen sinken, was ein dunkleres Leuchten aller übrigen Lampen zur Folge hätte. In diesem Falle beträgt die konstante Spannung in der Regel 65 Volt und da die Bogenlampe 40—45 Volt erfordert, so verzehrt der Zusatzwiderstand 20—25 Volt. Es folgt hieraus, dass der Betrieb der Bogenlampen ziemlich unökonomisch ist. Der Zusatzwiderstand kann häufig in die Leitung selbst verlegt werden, indem man zu dieser Eisendraht verwendet. Die Leitungen der Bogenlampen werden dann zweckmäßig bis zum Maschinenraum geführt und können von hier aus beliebig aus- und eingeschaltet werden. In diesem System eignen sich vorzüglich Lampen mit Regulierung auf konstante Stromstärke; sie werden aber trotzdem wenig verwendet, weil sie eben nur hier brauchbar sind. Bei dem System der Parallelschaltung müssen die Hauptleitungen die Summe aller Lampenströme fortführen, weswegen man bald zu großen Querschnitten gelangt. Hat man z. B. 10 Lampen zu je 10 Ampère, so ist bei Hintereinanderschaltung eine Leitung für 10 Ampère, bei Parallelschaltung eine solche von 100 Ampère erforderlich.

Bei ausgedehnteren Anlagen benutzt man daher lieber höhere Spannungen, um die Leitungen billiger zu machen. Da der Energieverlust dem Quadrat der Spannung direkt, dem Widerstand umgekehrt proportional ist, werden beispielsweise die Leitungen bei der doppelten Spannung den vierfachen Widerstand, also nur den vierten Teil der Kupfermenge besitzen, wenn man denselben Verlust in der Leitung zulassen will. Sehr verbreitet ist daher das System der Parallelschaltung mit 110 bis 120 Volt, wobei Glühlampen von dieser Spannung in Einzelparallelschaltung verwendet, die Bogenlampen aber zu zweien hintereinander geschaltet werden und einen Zusatzwiderstand erhalten; Fig. 59. Es werden

Fig. 59.

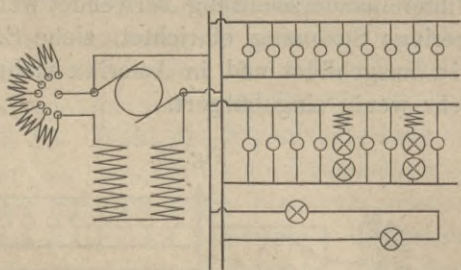
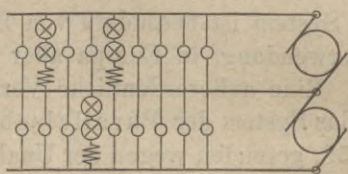


Fig. 60.



nun freilich immer gleichzeitig zwei Bogenlampen aus- oder eingeschaltet werden müssen. Aber die Leitungen erfordern bei demselben procentigen Spannungsverlust einen bedeutend geringeren Querschnitt, nämlich nur ungefähr ein Viertel des früheren, und auch der Betrieb der Bogenlampen wird ökonomischer, weil in dem Zusatzwiderstand pro Lampe weniger verloren geht.

Will man mit der Spannung noch höher gehen, so stellen dem die Glühlampen insofern ein Hindernis entgegen, als es bis jetzt nicht vorteilhaft ist, sie für noch höhere Spannungen zu construiren. Edison (Hopkinson) hat daher bei seinen Centralanlagen das auch in Deutschland mehrfach verwendete

Dreileitersystem vorgeschlagen und angewendet, welches kurz in Folgendem besteht.

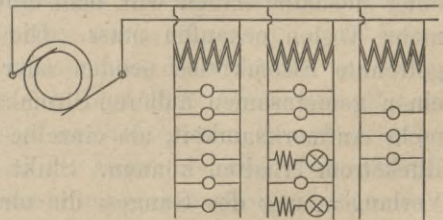
Zwei beliebig große aber einander annähernd gleiche Gruppen von Lampen in Parallelschaltung bei einer Spannung von ca. 110 Volt werden hintereinander geschaltet und von zwei gleichen Gleichspannungsmaschinen (mit Nebenschluss- oder gemischter Wickelung) betrieben, welche ebenfalls hintereinander geschaltet sind. In dieser Verbindung würde man wieder nur den vierten Teil an Leitungsmaterial gebrauchen als bei einfacher Parallelschaltung. Da man indessen nach Belieben aus- und einschalten will, so wird in den beiden Gruppen in der Regel eine verschiedene Anzahl von Lampen brennen, bald in der einen mehr, bald in der anderen, und da beide Lampengruppen von derselben Strommenge durchflossen werden, so werden die Lampen, welche in der Minderzahl sind, heller brennen. Daher verbindet man die mittlere Hauptleitung mit dem Verbindungsstück der Maschinen, Fig. 60. Der durch die größere Lampengruppe fließende Strom wird alsdann nur zum Teil durch die zweite Lampengruppe, zum anderen Teil durch die Verbindungsleitung direkt zu den Maschinen zurückkehren. Diese Leitung wird daher bald Strom in der einen, bald in der anderen Richtung führen. Da man nun diese Leitung schwächer als die beiden anderen machen darf, so spart man mittels dieses Systems ungefähr $\frac{3}{8}$ an Leitungsmaterial gegenüber der einfachen Parallelschaltung.

Will man in größeren Entfernungen von der Lichtmaschine beleuchten, z. B. den Strom mehrere Kilometer weit fortführen, so wird man einen größeren Spannungsverlust zulassen, welcher durch das Produkt der Stromstärke in den Widerstand der Leitungen dargestellt wird, und die Lampenspannung entweder durch Einschalten von Widerstand in den Stromkreis, oder durch Veränderung der Maschinenspannung konstant erhalten. Dies geschieht zweckmäßig selbstthätig mittels der auf Seite 51 ff. angedeuteten Apparate.

Ein anderes häufig zweckentsprechenderes Verfahren bietet die Anwendung von Wechselstrom-Transformatoren.

Zuerst von Gaulard & Gibbs mit Erfolg verwendet, sind sie von Zipernowsky, Déri, Blathi vervollkommenet. Mit diesem System haben in Europa besonders Ganz & Co. in Budapest und in Amerika die Westinghouse-Co. Lichtanlagen ausgeführt. Wie aus Fig. 61 ersichtlich, wird der hochgespannte Maschinenstrom von 2000—5000 Volt in

Fig. 61.

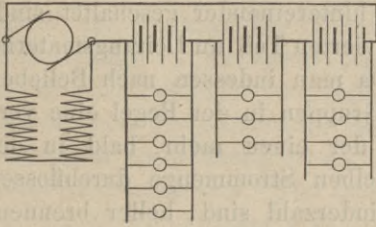


dünnen Leitungen den primären Wickelungen der Transformatoren in der Regel in Parallelschaltung zugeführt. Ein Strom von niedriger Spannung, ca. 100 Volt, wird den sekundären Wickelungen entnommen und wie in dem gewöhnlichen System für Parallelschaltung verwendet. Um alle Operationen an dem primären Stromkreis von unberufener Hand unmöglich zu machen, werden die Transformatoren dem Publikum unzugänglich aufgestellt und die primären Wickelungen bleiben dauernd in den Maschinenstromkreis eingeschaltet. Der dadurch entstehende Energieverlust ist unbedeutend, weil bei offenem sekundärem Stromkreis auch der primäre Strom sehr gering ist.

Auch die Accumulatoren können verwendet werden, um eine Teilung eintreten zu lassen. Der von der Maschine kommende Strom durchfließt dann eine

Reihe von Accumulatorenbatterien, welche an verschiedenen weit auseinander gelegenen Orten aufgestellt werden, Fig. 62. Parallel zu diesen Batterien werden die Lampen eingeschaltet, für welche man die Spannung auch wieder zu etwa

Fig. 62.



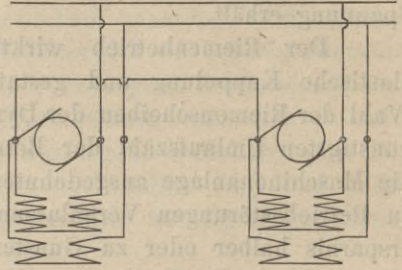
110 Volt wählt. Durch die sämtlichen so gebildeten Gruppen muss derselbe Strom gehen, und da der in den Lampen konsumirte Strom der Anzahl der eingeschalteten Lampen proportional ist, so muss durch die Accumulatoren bald mehr, bald weniger Strom gehen, oder auch bei starker Belastung der Gruppen müssen sie Strom abgeben. Bei diesem System sind indessen an den einzelnen Batterien Regulirvorrichtungen erforderlich, um die Spannung konstant zu halten, da die Klemmenspannung der Accumulatoren, wie wir Seite 21 gesehen haben, nicht konstant ist. Etwas einfacher ist der Betrieb, wenn man die Accumulatoren über Tag lädt, während die Lampen nicht eingeschaltet sind, und letztere nur mit Strom aus den Accumulatoren versieht, während die Maschine nicht läuft und ausgeschaltet ist.

§ 17. Die Wahl der Lichtmaschine richtet sich nach dem System der Stromverteilung, welches zur Verwendung kommen soll. Indessen bleiben dabei noch mehrere Fragen offen, die sich auf die Größe und die Umlaufzahlen derselben beziehen und noch einer Erörterung bedürfen. Das Einfachste und Übersichtlichsste ist natürlich, nur eine Maschine zu wählen, welche hinreichend groß ist, um alle Lampen zu speisen. Es ist aber meist den Betriebsverhältnissen Rechnung zu tragen, indem nicht immer alle Lampen gleichzeitig gebraucht werden. Wechselt der Lichtbedarf sehr stark, so wird man mit Vorteil mehrere kleinere Maschinen aufstellen, die je nach Bedürfnis in Betrieb gesetzt werden. Auch kann bei dieser Anordnung leichter durch Hinzufügen einer weiteren Maschine eine Reserve beschafft werden, während, wenn man eine Reserve bei Verwendung nur einer Maschine haben will, man eine ebensolche wählen, also die Reserve mit viel mehr Kosten erkaufen muss. Die Maschinen können entweder ihren Strom in getrennte Stromkreise senden oder sie werden parallel geschaltet und besitzen einen gemeinsamen äußeren Stromkreis. Der Betrieb erfordert dann insofern etwas mehr Aufmerksamkeit, als einzelne der parallel geschalteten Maschinen leicht sog. Rückstrom erhalten können. Sinkt nämlich aus irgend einem Grunde, z. B. durch Verlangsamung des Ganges, die elektromotorische Kraft einer Maschine, so nimmt der Strom, den sie in den äußeren Kreis sendet, rasch an Intensität ab. Die Maschine kann stromlos werden oder der Strom kann seine Richtung sogar umkehren, indem die übrigen Maschinen außer in die Lampen auch durch sie Strom schicken.

Bei Parallelschaltung von reinen Nebenschlussmaschinen sind nur die positiven und ebenso die negativen Polklemmen unter sich zu verbinden, bei Parallelschaltung von Reihenschaltungsmaschinen müssen außerdem (wie dies von Gramme zuerst angegeben worden ist) die nicht direkt mit den Polklemmen verbundenen Schleifbürsten durch einen Ausgleichdraht unter sich verbunden werden, oder es müssen (wie dies von Siemens & Halske angegeben ist) die Verbindungen der Anker und der Elektromagnetschenkel so hergestellt werden, dass der in dem Anker jeder Maschine erzeugte Strom durch die Magnetschenkel der nächsten geführt wird und der in

dem Anker der letzten erzeugte durch die Schenkel der ersten. Bei Gleichspannungsmaschinen ist ebenfalls der Ausgleichdraht zwischen den nicht direkt verbundenen Bürsten anzubringen, Fig. 63. Die Einrückung einer neuen Maschine mit Nebenschluss- oder gemischter Wickelung muss sorgfältig vorgenommen werden, damit keine Stöße und Stromschwankungen entstehen. Dazu schickt man den Strom der parallel zu schaltenden Maschine erst durch einen passenden Widerstand, der meistens in einer Lampenbatterie besteht, und schaltet sie erst den übrigen parallel, wenn man ihre Spannung mit Hilfe des Regulirwiderstandes genau auf die Spannung der übrigen Maschinen gebracht hat. Die Lampenbatterie kann auch fortbleiben. Es muss dann die Spannung der offenen Maschine auf den Betrag der Betriebsspannung gebracht werden. Die Maschine bleibt noch stromlos, nachdem sie parallel geschaltet ist. Durch Erhöhung ihrer elektromotorischen Kraft mittels der Regulirwiderstände lässt man sie an der Strombildung teilnehmen. Bei Maschinen mit gemischter Wickelung darf der Ausgleichdraht erst dann angelegt werden, wenn die Maschine ihrer Größe entsprechend an der Strombildung teilnimmt, weil sonst Stöße auftreten.

Fig. 63.



Wechselstrommaschinen lassen sich gleichfalls in Parallelschaltung betreiben, doch erfordert das Einrücken auch hier große Aufmerksamkeit, weil die Stromimpulse der einzelnen Maschinen zeitlich zusammenfallen müssen.

Kleinere Dynamomaschinen haben meist große Tourenzahlen, Trommelmaschinen größere als Ringmaschinen, weil es auf die absolute Geschwindigkeit der Drähte, also auf die Größe des Durchmessers des Ankers ankommt. Weil die Dynamomaschine im Gegensatz zu den gebräuchlichen Dampfmaschinen und verwandten Motoren nur drehende, keine schwingenden Teile besitzt, wird die für sie zulässige Umlaufzahl im allgemeinen höher liegen als bei Betriebsmaschinen von gleicher Leistung mit hin- und hergehenden Teilen, wie z. B. den gebräuchlichen Dampfmaschinen. Außerordentlich verbreitet ist daher die Kombination von langsamer laufenden Betriebsmaschinen mit schneller laufenden Dynamomaschinen, welche entweder direkt mit Riemen oder durch Vermittelung von Vorgelegswellen angetrieben werden. Letztere sind überall dort am Platz, wo von einer Dampfmaschine aus mehrere Lichtmaschinen betrieben werden, damit man jede derselben unabhängig in oder außer Gang setzen kann. Doch kann man auch in diesem Falle, um möglichst wenig Zwischenglieder zu haben, die Zwischentransmission unterdrücken. Werden mehrere Lichtmaschinen von einer Betriebsmaschine direkt angetrieben, so müssen die Riemen besonders gut und breit genommen werden und die Lager der Lichtmaschinen sehr sorgsam konstruiert sein. Die Treibriemen für Beleuchtungsanlagen erfordern in ihren Verbindungsstellen eine besondere Aufmerksamkeit. Diese Stellen dürfen nicht durch Bindung oder durch Schlösser hergestellt sein, welche beim Laufen über die kleine Riemenscheibe Zuckungen im Licht hervorbringen, sondern müssen wie die Verbindungen der einzelnen Riementheile ausgeführt sein. Von so verbundenen Riemen ist es sogar möglich, mehrere übereinander laufen zu lassen, was namentlich für Beleuchtungsanlagen, wo der

Platz für die Maschinenanlagen sehr knapp ist, Vorteile bietet. Da sich derartig verbundene Riemen, wenn sie sich gedehnt haben, nicht ohne Weiteres verkürzen lassen, so werden die Lichtmaschinen zweckmäßig verschiebbar aufgestellt. Sie stehen dann auf eisernen Schienen oder Schlittenführungen, auf denen sie durch Schrauben so verschoben werden können, dass der Riemen gerade die erforderliche Spannung erhält.

Der Riemenbetrieb wirkt bei Geschwindigkeitschwankungen wie eine elastische Kuppelung und gestattet innerhalb mäßiger Grenzen durch passende Wahl der Riemenscheiben der Dynamomaschine eine bestimmte Tourenzahl bei der günstigsten Umlaufzahl der Betriebsmaschine zu geben. Andererseits macht er die Maschinenanlage ausgedehnter und bringt ein neues Element hinein, welches zu Betriebsstörungen Veranlassung geben kann. Es werden daher der Raumerparnis halber oder zu Gunsten der Einfachheit und Übersichtlichkeit der Anlage vielfach die Dynamomaschinen mit den Dampfmaschinen direkt gekuppelt. Sehr schnell laufende Dampfmaschinen gestatten den Raum auf ein Minimum zu beschränken, was z. B. für Schiffsbeleuchtung von großer Bedeutung ist. So viele Dynamomaschinen vorhanden sind, so viele Betriebsmaschinen werden dann in der Regel erforderlich sein. Für Anlagen, bei denen es auf sehr ökonomische Dampfausnutzung ankommt, wird man auch bei direkter Kuppelung langsam laufende Maschinen wählen.

§ 18. Wahl der Betriebsmaschine. Die Gleichförmigkeit und Ruhe des elektrischen Lichtes hängt vor Allem von der Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit der Lichtmaschine, also der Gleichförmigkeit des Ganges der Betriebsmaschine ab. Jede Verminderung der Geschwindigkeit wird durch eine Verringerung, jede Vergrößerung der Geschwindigkeit durch eine Vermehrung der Lichtstärke kenntlich. Außerdem zischen bei Bogenlicht die Lampen bei zu geringer Geschwindigkeit der Maschine, brennen hingegen sehr unruhig und farbig bei zu großer Geschwindigkeit. Aber nicht nur dass die Betriebsmaschine nach wie vor dieselbe Umdrehungszahl machen muss, sie muss auch innerhalb einer Umdrehung eine möglichst gleichförmige Geschwindigkeit besitzen. Ist dies nicht im hohen Maße der Fall, wie bei Dampfmaschinen mit langsamem Gang und leichten Schwungrädern, so gibt sich im Licht jede Umdrehung der Dampfmaschine durch ein mehr oder weniger deutliches Zucken zu erkennen, welches namentlich bei Glühlicht die Augen im höchsten Maße ermüdet und angreift, weil alle Flammen gleichzeitig heller und dunkler werden und dadurch die Ungleichmäßigkeit in der Lichtstärke stärker hervortreten lassen.

Tritt an einer Betriebsmaschine irgend welche geringfügige Störung ein, so kann bei den meisten Betrieben, wie z. B. bei einer Wasserhaltungsmaschine oder bei auf Bauten aufgestellten Maschinen für Mörtelbereitung und dergl. angehalten und die Störung beseitigt werden, beim Lichtbetrieb aber macht sich das Anhalten in unangenehmer und nachteiliger Weise geltend, weil während dieser Pause auch alle in dem Licht Beschäftigten ihre Arbeit unterbrechen müssen.

Eine Betriebsmaschine für elektrische Beleuchtung muss deshalb außer den an jede Betriebsmaschine zu stellenden Bedingungen vor allem eine sehr gleichmäßige Geschwindigkeit und eine sehr große Gleichförmigkeit des Ganges besitzen, sowie von äußerst solider Bauart sein, sodass ein dauernd ungestörter Betrieb gesichert ist. Erwünscht ist ferner, dass man während des Ganges ihre Geschwindigkeit ändern

also bei Dampfmaschinen entweder eine feine Ventil- oder Regulatoreinstellung vornehmen kann.

Diese Bedingungen sind durch viele speciell für elektrischen Beleuchtungsbetrieb gebaute Dampfmaschinen erfüllt.

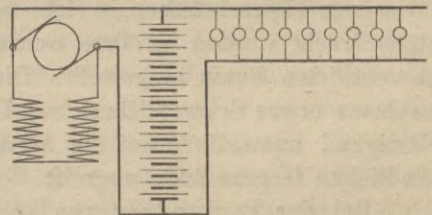
Handelt es sich um die Beleuchtung einer Fabrik, welche eine gleichförmig und gleichmäßig gehende Betriebsmaschine besitzt, so kann man die Lichtmaschine mit dieser Maschine betreiben; geht aber die Betriebsmaschine wie bei Walzwerken sehr verschieden schnell, so ist die Aufstellung einer besondern Betriebsmaschine vorzuziehen. Wenn es nicht auf möglichst geringe Anlagekosten ankommt, so empfiehlt es sich, auch im ersteren Falle eine solche anzulegen, weil dann die Beleuchtung von allen Störungen des Fabrikbetriebes unabhängig wird und auch dann Licht erzeugt werden kann, wenn die Hauptmaschine aus irgend welchem Grunde angehalten werden muss.

Für vorübergehende Anlagen, wie für Bauten, wird man eine Lokomobile mit großer Umdrehungszahl, gutem Regulator und schweren Schwungrädern wählen. Für bleibende Anlagen wird man, wenn zwischen Wasser-, Dampf- oder Gasmotoren die Wahl freisteht, sich für die ersteren als die im Betriebe billigsten entscheiden; nach diesen für die Dampfmaschinen und für die Fälle, wo weder Wasserkraft zur Verfügung steht, noch Dampf angewendet werden kann, Gasmaschinen aufstellen.

§ 19. Die Anwendung von Accumulatoren kann aus verschiedenen Gründen empfehlenswert sein. Sie gestatten in vielen Fällen eine ökonomischere Ausnutzung der Maschinenanlage, welche dann kleiner gewählt werden kann. In den Stunden geringen Stromverbrauchs werden sie geladen, um zur Zeit des stärksten Konsums die Maschinen zu unterstützen und gemeinsam mit diesen oder auch z. B. während der Nacht den Strom allein zu liefern. Bei vorübergehenden Störungen können sie an Stelle der Maschinen treten und so eine Art Reserve bilden. In Theatern dienen sie vielfach als Notbeleuchtung. Das von den Accumulatoren gelieferte Licht ist ferner das denkbar ruhigste, denn ihr Strom ist völlig gleichmäßig. In Parallelschaltung zur Maschine, Fig. 64, üben sie einen außerordentlich beruhigenden Einfluss auf die Lichtschwankungen auch bei großen Unregelmäßigkeiten im Gange der Betriebsmaschine aus, weil sie den überschüssigen Strom bei zu schnellem Gange als Ladungsstrom aufnehmen und bei zu geringer Leistung der Maschine diese durch einen Entladungsstrom unterstützen.

Da die elektromotorische Kraft der Accumulatoren während des Betriebes nur ganz allmählich abnimmt, eignen sie sich vorzüglich zum Betriebe von parallel geschalteten Lampen, nur muss man durch Regulirwiderstände im Hauptstrom oder besser durch allmähliches Hinzuschalten von einigen Reservezellen dafür sorgen, dass die Lampenspannung wirklich konstant bleibt. Dies geschieht vielfach durch selbstthätige Regulirvorrichtungen. Zum Laden benutzt man Nebenschlussmaschinen, bei denen die Gefahr des Umpolarisirens durch Rückstrom ausgeschlossen ist, weil der Schenkelstrom auch dann dieselbe Richtung beibehält. Da die Spannung der Accumulatoren bei der Ladung eine höhere als bei der Entladung ist, muss man

Fig. 64.



während des Ladens entweder die Spannung der Maschine erhöhen, wodurch man sich aber der Möglichkeit begibt, gleichzeitig Strom in die Lampen liefern zu können; oder man muss die Accumulatoren anders schalten. Das Einfachste ist, die Batterie in zwei Hälften zu teilen und diese parallel zu einander zu schalten und durch einen Regulirwiderstand in jeder Hälfte den Ladungsstrom innerhalb der vorschriftsmäßigen Grenzen zu halten. Es geht dann aber in diesen Widerständen ziemlich viel Energie als Wärme unbenutzt verloren. Ökonomischer ist der Betrieb so, dass man die Batterien z. B. in drei gleiche Teile teilt und immer nur $\frac{2}{3}$ lädt, wobei man durch einen Umschalter dafür sorgen kann, dass in gewissen Zeitintervallen immer ein Drittel ausgeschaltet und ein anderes Drittel eingeschaltet wird.

§ 20. Der Maschinenraum. Die Maschinen und Apparate sollten immer so aufgestellt werden, dass sie bequem zugänglich sind, damit die Arbeiten, welche während des Ganges ausgeführt werden müssen, wie Schmieren und Nachsehen der Lager oder des Kommutators, Einstellen des Bürstenhalters etc. ohne Schwierigkeiten vorgenommen werden können, weil dies zur guten Erhaltung der Maschine beiträgt. Zur Verhütung von Unfällen sind Schutzgitter anzubringen, weit herunterreichende Treibriemen mit Kästen aus Holz oder Gitterwerk zu umgeben. Ebenso kann der Maschinenraum einer definitiven Anlage nicht sauber und hell genug angelegt werden, denn je mehr darin bei der Einrichtung gethan ist, um so besser werden die Maschinen erhalten. Endlich muss auch für die Nebenapparate genügend Platz sein. Die Kontrollapparate müssen so angebracht sein, dass sie bequem beobachtet werden können. Am übersichtlichsten lassen sich die Nebenapparate auf einem besonderen Schaltbrett anordnen, von dem aus der ganze Betrieb geregelt und überwacht wird.

Die Aufstellung der Accumulatorenbatterien soll derart sein, dass jede einzelne Zelle bequem zugänglich und von den benachbarten durch einen Zwischenraum von etwa 2 cm getrennt ist. Auch werden die Zellen passend auf dreikantige Stäbe aus Glas oder Holz gestellt. Kleinere Batterien können in soliden verschlossenen Holzschränken, welche mit einem Abzugsrohr aus Blei versehen sind, untergebracht werden, größere werden auf hölzernen Gerüsten in einem besonderen gut ventilirten Raum aufgestellt. Die Ventilation ist nötig, weil die aufsteigenden Gasblasen etwas Schwefelsäure mit fortreißen, welche in der Luft zerstäubt höchst belästigend namentlich auf die Atmungsorgane wirkt und auch die in dem Raum befindlichen Gegenstände angreift.

Bei der Verwendung von hochgespannten Strömen müssen besondere Vorrichtungen gegen die Gefahr einer Berührung der Leitungen vorhanden sein. Diese müssen überall da, wo eine solche besteht, gut isolirt sein. Die Transformatoren sind so anzubringen, dass nur die dazu Befugten zu ihnen gelangen können. Die Westinghouse-Co. bringt sie vielfach an der Außenseite von Häusern oder auf freistehenden Masten an, welche zugleich die Leitungsisolatoren und auch wohl Lampen tragen. Letztere Anordnung zeigt Fig. 12, Taf. V. Bei unterirdischen Leitungen können sie gleichfalls in unterirdischen eisernen Kästen untergebracht werden, wenn in den Häusern verschließbare Räume nicht disponibel sind.

§ 21. Anlage der Leitungen. Das Verbindungsglied zwischen der Lichtmaschine und den elektrischen Lampen bildet die Leitung; durch dieselbe wird der elektrische Strom zu den Lampen hin- und von diesen auch wieder zu der Maschine zurückgeführt. Nur ganz selten wird wie in der Telegraphie die

Erde als Rückleitung benutzt. Die Leitung kann oberirdisch oder unterirdisch geführt sein. Wo nicht besondere Gründe dagegen sprechen, wird oberirdische Leitung verwendet, weil sie beträchtlich billiger ist als unterirdische; wo aber, wie bei Straßenbeleuchtungen, die oberirdisch geführten Drähte stören oder auch leicht Beschädigungen ausgesetzt sein würden oder wo, wie bei größeren Glühlichtanlagen, die Leitungsquerschnitte sehr groß ausfallen, werden die gut isolirten Leitungen in der Erde verlegt. Als Material zu den elektrischen Beleuchtungsleitungen dient fast ausschließlich Kupfer, weil es sich hier im Gegensatz zu der Telegraphie um elektrische Ströme von großer Stärke handelt und deshalb die Leitungen bei möglichst geringem Gewicht möglichst wenig Widerstand haben müssen. Der Querschnitt der Leitung muss der Stärke des ihn durchfließenden Stromes angemessen sein, er darf nicht unter einer bestimmten Größe gewählt werden, da sich sonst der Draht erwärmen würde. Ferner muss der Querschnitt der Leitung so bemessen sein, dass der durch den Widerstand bedingte Energieverlust sich in bestimmten vorgeschriebenen Grenzen hält. Beide Bedingungen hängen zusammen, weil sich der Energieverlust in Wärme umsetzt. Ist die Wärmeabgabefähigkeit der Leitung groß im Vergleich zu der Wärmeentwicklung durch den Strom, so bleibt der Draht kalt; ist aber die Abgabe geringer als die Wärmezufuhr, so wird eine entsprechende Temperaturerhöhung eintreten. Damit diese in mäßigen Grenzen bleibt, muss eine bestimmte minimale Oberfläche für die Längeneinheit der Leitung bei einer gegebenen Wärmeentwicklung vorhanden sein. Weil aber diese Bedingung zu keinem einfachen Gesetz führt, nimmt man zu überschläglichen Rechnungen einen bestimmten Minimalquerschnitt für eine gegebene Stromstärke an und rechnet für blanke Kupferleitungen 1 qmm für je 3 Ampère und für Kabelleitungen 1 qmm für je 2 Ampère bei nicht zu starken Querschnitten. Man darf aber nicht vergessen, dass bei Zugrundelegung dieser Zahlen stärkere Leitungen sich mehr erwärmen als dünne. Mit dem Energieverlust geht man in längeren Leitungen bis zu 20 % und mehr, wenn specielle Regulirvorrichtungen vorgesehen werden, ohne solche aber nicht gern über höchstens 5 % bei Glühlichtleitungen. Man kann die beiden oben gestellten Bedingungen nun auch so fassen: Der Energieverlust in der ganzen Leitung darf eine vorgeschriebene Größe nicht überschreiten und der Energieverlust in einem Meter der Leitung darf eine zweite vorgeschriebene Größe nicht überschreiten. Nur für kurze Leitungen wird der Querschnitt aus der zweiten Bedingung gefolgert werden, d. h. der Gesichtspunkt der Erwärmung maßgebend sein; für längere Leitungen ist die erste Bedingung bestimmend.

Die Leitung für eine Glühlichtanlage von 100 Lampen zu 120 Volt und je 16 N.K. berechnet sich nach dem Obigen wie folgt. Die Maschine sei von dem Hause, welches beleuchtet werden soll, 40 m entfernt. In der Hauptleitung mögen 2%, in den Zweigleitungen 1% der Nutzarbeit verloren gehen. Letztere beträgt, da für jede N.K. etwa 3,25 Volt-Amp. erforderlich sind, $100 \cdot 16 \cdot 3,25 = 5200$ Volt-Amp. Wir haben es daher mit einem Strom von $\frac{5200}{120} = 43,3$ Amp. zu thun und der Draht müsste mit Rücksicht auf die Erwärmung etwa 14,5 qmm Querschnitt oder 4,3 mm Durchmesser besitzen. Der vorgeschriebene Energieverlust in der Hauptleitung beträgt aber 104 Volt-Amp., woraus sich der Widerstand von $\frac{104}{43,3^2} = 0,0555$ Ohm ergibt. Bei 50 m Leitungslänge und dem Widerstande von 18 Ohm pro 1 Kilometer Länge und 1 qmm Querschnitt folgt hieraus ein Querschnitt von $\frac{0,018 \cdot 50}{0,0555} = 26$ qmm und ein Durchmesser von 5,75 mm. Mit dieser Stärke müsste die Hauptleitung ausgeführt werden und eine stärkere Erwärmung wäre nicht zu befürchten. Dieselbe Art der Berechnung wird für die Zweigleitungen durchgeführt unter

Berücksichtigung der Stromstärke in jeder dieser Leitungen und bei Verteilung der zu gestattenden Verluste entsprechend den Längen der einzelnen Teile.

Die Leitung hat bei Anlagen mit hintereinandergeschalteten Lampen überall denselben Querschnitt, da die Stromstärke überall dieselbe ist. Sie wird möglichst

Fig. 65 a.

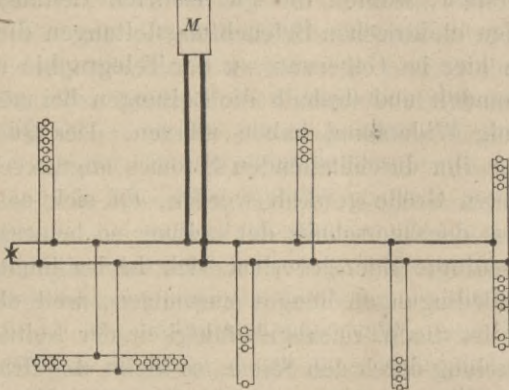


Fig. 65 b.

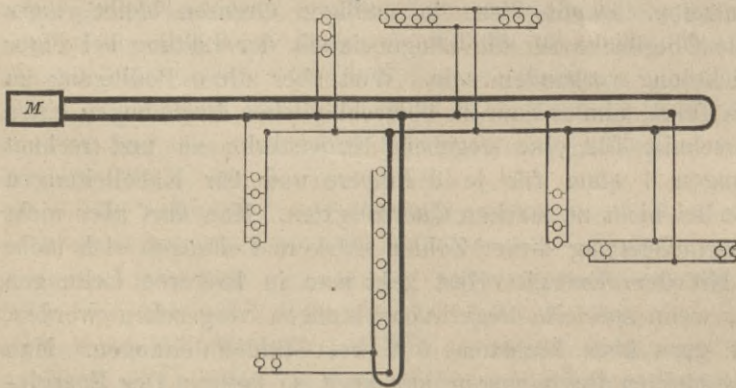
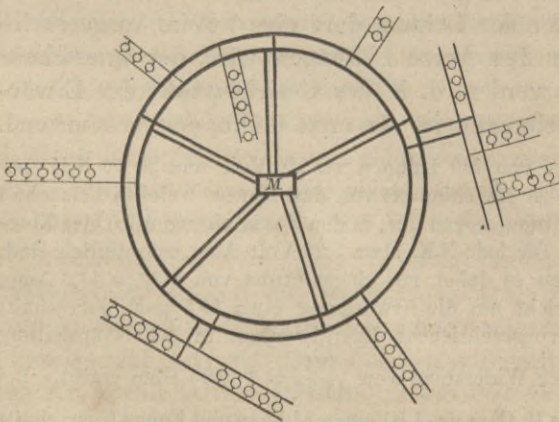


Fig. 65 c.



direkt von Lampe zu Lampe geführt und von der letzten Lampe ebenfalls möglichst direkt zur Maschine zurück. Bei Anlagen mit parallelgeschalteten Lampen geht die Hauptleitung entweder bis in die Mitte des zu beleuchtenden Komplexes und verzweigt sich dort — einfache Parallelschaltung Fig. 65 a —, oder sie führt bis zum Anfang des zu beleuchtenden Ortes mit dem einen Draht und mit dem andern bis zum Ende desselben — Gegenschaltung Fig. 65 b — was namentlich bei langgestreckten Anlagen vorteilhaft ist, da, wenn beide Hauptdrähte nur bis zum Anfang führten, die der Maschine entfernteren Lampen wesentlich weniger Spannung bekommen würden als die ihr näheren. Die

Zweigleitungen laufen meist parallel neben einander her, nur selten wird bei diesen eine andere Führung benutzt, es müssten denn diese Nebenleitungen sehr lang sein und sich wieder in viele Abzweigdrähte zerteilen, in welchem Falle auch sie wieder auf Gegenschaltung angelegt werden könnten, wie die Hauptleitungen in Fig. 65 b.

Bei ausgedehnteren Anlagen ist wohl am meisten die Kreisschaltung am Platze, Fig. 65 c, wobei die Hauptleitungen

in sich geschlossene Schlingen bilden, denen an mehreren Punkten von der central gelegenen Maschine der Strom zugeführt wird.

Die zu den Glühlampen führenden Drähte werden immer parallel neben-

einander geführt. An jeder Stelle, wo von einer Leitung eine dünnere sich abzweigt, wird eine sogenannte Abzweigung mit Sicherung, wie S. 54 näher beschrieben, angebracht, damit die dünnere Leitung bei eintretendem kurzem Schluss vor Überhitzung gesichert ist.

Das gute Funktioniren einer Beleuchtungsanlage hängt wesentlich von dem Zustand der Leitung ab, namentlich bei Glühlichtanlagen, wo die direkt zu der Maschine führenden Leitungen fast überall dicht nebeneinander liegen. Die blanken Leitungen werden wie die Telegraphenleitungen verlegt, nur dass die Stützpunkte näher aneinander liegen, der geringeren Festigkeit des Kupferdrahtes wegen. Die Isolatoren sind Porzellandoppelglocken und ihre Größe dem Durchmesser der verwendeten Kupferdrähte entsprechend. Sie werden auf eisernen Stützen befestigt, welche entweder an Stangen oder an Gebäuden angebracht sind. Die Entfernung der Stützpunkte von einander schwankt zwischen 25 und 50 m. In hohen Hallen, wie Bahnhöfen, Montirräumen etc. werden auch blanke Leitungen benutzt, dieselben werden dort möglichst hoch angebracht und die Isolatoren an der Dachkonstruktion befestigt. Wo die Leitungen im Bereiche der Berührung liegen, werden sie mit Isolation versehen, damit weder durch Unvorsichtigkeit noch durch Mutwillen Störungen herbeigeführt werden können. Die Leitungen im Maschinenraum oder diejenigen, welche von der festen Leitung beweglich zu den aufziehbaren Bogenlichtlaternen führen, müssen wegen der Gefahr der Berührung aus isolirten Drähten bestehen. Als solche Drähte werden mit Guttapercha oder Gummi umhüllte Kupferlitzen benutzt. Für den Maschinenraum oder andere Stellen genügt es, wenn die blanken Drähte auf Holz verlegt und dann mit einem hölzernen Schutzkasten bedeckt werden. Die isolirten Drähte werden mit Holz-, Porzellan- oder auch Metallklammern befestigt, letzteres so, dass das Metall der Klammer die Hülle des Drahtes nicht direkt berührt, damit sich die Isolation an dieser Stelle nicht durchreiben kann. Bei Glühlichtanlagen wird die blanke Leitung nur als Zuführungsleitung benutzt; in Innenräumen wird fast ausschließlich isolirte Leitung verwendet, weil die Möglichkeit einer zufälligen oder absichtlichen Berührung resp. Verbindung der Poldrähte sehr groß ist. Die Isolation dieser Drähte ist meist eine unentflammare. Die Drähte sind mit Baumwolle doppelt beklöppelt, welche mit Salzlösungen imprägnirt und hierdurch unverbrennlich gemacht ist. Diese Isolation ist überall dort vortrefflich, wo die Leitungen in trockenen Räumen liegen, in feuchten Räumen aber werden sie mit Gummi oder Guttapercha isolirt und dann mit einer feuersicheren Umhüllung versehen. Die beiden Leitungen werden meist 50 mm entfernt von einander und parallel gelegt und mit Holzklammern befestigt, doch so, dass die Drähte nicht die Wand berühren. Noch besser ist es, sie ganz in Holzkanälen oder in mit Nuten versehenen Holzleisten unterzubringen und mit einem Holzdeckel zu bedecken. Werden Leitungen, wie bei Hängearmen und Kronen, durch metallene Röhren gezogen, so werden diese vielfach mit einer isolirenden Masse (Schwefel und dergl.) ausgegossen. Beim Durchgang durch Mauern wird der Draht durch besonderen Überzug eines Gummischlauches oder eine Umwicklung mit Isolirband vor direkter Berührung mit dem Mauerwerk geschützt. Oft wird auch ein Holzkanal, ein Thonrohr oder ein Hartgummirohr zur Ausbettung der Mauerdurchbrechung benutzt.

Die Kabel für elektrische Beleuchtungsanlagen weichen von den in der Telegraphie benutzten besonders darin ab, dass bei ihnen der Kupferleiter einen

größeren Querschnitt hat. Während die Kupferseelen bei Telegraphenkabeln nur selten über 10 qmm Querschnitt haben, kommen bei den Lichtkabeln für Glühlichtanlagen solche von 100 und mehr qmm häufig vor. Die Lichtkabel sind entweder Guttaperchakabel oder Bleikabel, welche letztere ihrer Billigkeit wegen für diesen Zweck die ersteren fast völlig verdrängt haben. Die Guttaperchakabel bestehen aus einer durch mehrere Lagen Guttapercha isolirten Kupferader. Über dem Guttaperchamantel befinden sich noch mehrere Lagen asphaltirten Hanfes und eventuell die Eisenschutzdrähte.

Bei den Bleikabeln ist die Kupferseele mit vollkommen trockener und in Isolirmasse getränkter Baumwolle oder Jute umspinnen und das Ganze mit einem Bleimantel umpresst, der jedes Eindringen von Feuchtigkeit verhindert. In geschlossenen Räumen können derartige Kabel verwendet werden; zur Verlegung in die Erde aber erhalten sie zum Schutze des Bleimantels gegen chemische Einflüsse eine Umspinnung von geteilter Jute, welche zwischen Asphaltlagen gebettet ist und eventuell darüber zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen zwei zwischen Jute und Asphalt gebettete Lagen Bandeseisen.

Diese Kabel werden entweder so ausgeführt, dass das Kupferseil im Inneren nur einen einzigen Leiter bildet, oder auch als Mehrleiterkabel, welche mehrere von einander getrennte Leitungen führen. Diese Leitungen können z. B. die von den Polen der Dynamomaschine kommenden Hauptleitungen einer Glühlichtanlage bilden. Bei stärkeren Querschnitten der Leitungen werden diese concentrisch zu einander angeordnet. Die erste, aus einem oder eine Reihe zusammengedrehter Kupferdrähte bestehend, liegt in der Mitte des Kabels, darüber folgt eine Isolirschiicht, dann der zweite Leiter von demselben Querschnitt, der stets aus einer größeren oder geringeren Anzahl spiralförmig um die Isolationschiicht der inneren Leitung sich legender Kupferdrähte besteht. Es folgt dann wieder eine Isolationschiicht und entweder eine dritte Leitung oder direkt der Bleimantel und die Armatur.

Die concentrischen Doppelkabel sind vorzüglich bei Benutzung von Wechselströmen geeignet, weil die veränderlichen magnetischen Wirkungen dieser Ströme nach außen und besonders auf die Eisenbandarmirung sich gegenseitig aufheben und die damit verbundenen störenden Induktionserscheinungen daher fortfallen.

Edison verwendet bei seinen Anlagen Kabel, welche aus Eisenrohren bestehen, in denen sich zwei oder drei durch Umwicklung mit geteertem Hanf von einander isolirte Kupferstäbe befinden. Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin hat neuerdings einen Versuch gemacht, die Leitungen in der Gestalt blanker Kupferschienen auf Isolatoren in Cementkanälen unterzubringen.

Die Lichtkabel werden $\frac{1}{2}$ bis 1 m tief verlegt und mit Steinen oder mit Façoneisen bedeckt, wenn es die Sicherheit verlangt. Eine besondere Sorgfalt muss den Lötstellen und Enden gewidmet werden, damit die Isolation dieser Stellen gut erhalten bleibt. Namentlich bei Bleikabeln sind diese Stellen sorgfältig so auszuführen, dass das Eindringen von Feuchtigkeit unmöglich gemacht wird, welche mit der Zeit die Isolation an diesen Stellen zerstören würde. Die Kabel werden daher mit besonderen Endverschlüssen versandt. Ein genaueres Eingehen auf die Verlegung eines Kabelnetzes mit den Verbindungsmuffen und Verteilungskästen würde in eine Betrachtung elektrischer Centralanlagen gehören und muss daher hier unterbleiben.

Beispiele von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen.

§ 22. **Provisorische Anlagen.** Bauten, welche in kurzer Zeit fertiggestellt werden müssen, wie Schleusen, Brücken, Fabrikbauten etc., erfahren durch elektrische Beleuchtung eine besondere Förderung, weil bei dieser während der Nacht ebenso gut wie am Tage gearbeitet werden kann. Das elektrische Licht kommt hier daher sehr häufig in Anwendung und zwar wird ausschließlich Bogenlicht gewählt, auch die ganze Einrichtung transportabel und möglichst einfach hergestellt. Eine des Tags über für Mörtelbereitung, Wasserpumpen oder sonstige bauliche Hilfsleistungen bestimmte Lokomobile betreibt vom Dunkelwerden an die Lichtmaschine; von dieser aus gehen die Leitungen auf Stangen zu den Lampen. Die Leitungen bestehen, soweit sie der Berührung nicht ausgesetzt sind, aus blankem Draht, dort aber, wo sie berührt werden oder sich gegen leitende Körper anlegen könnten, aus isolirtem Draht. Die Laternen mit den in ihnen enthaltenen elektrischen Lampen sind an Galgen aufziehbar befestigt oder auf besonderen Gerüsten angebracht.

Fig. 5, Taf. II, zeigt eine 5pferdige Baxter-Dampfmaschine, welche zugleich mit der Dynamomaschine auf zwei kräftige Balken gesetzt ist. Diese Maschinen betrieben beim Bau des Verwaltungsgebäudes der Königlichen Eisenbahn-Direktion Berlin fünf Differentiallampen in Hintereinanderschaltung. Die Lampen waren in einfachen Laternen untergebracht und an hölzernen Galgen aufgehängt, welche während des Baues mit Leichtigkeit umgesetzt wurden.

Sehr gebräuchlich ist die Anordnung, die Dynamomaschine auf das Wagengestell der Lokomobile zu setzen und sie entweder mittels Riemen anzutreiben oder direkt mit der Welle der Dampfmaschine zu kuppeln. Von derartigen fahrbaren Beleuchtungseinrichtungen, welche nicht nur für Baubeleuchtungen von praktischem Nutzen, sondern für Festbeleuchtungen, für militärische Beleuchtungszwecke, für Rettungswesen und ähnliches besonders geeignet sind, bringen wir in Fig. 1, Taf. II, eine Dreicylinder-Dampfmaschine von Brotherhood, welche direkt mit einer Gramme'schen Dynamomaschine gekuppelt ist, ferner in Fig. 6, Taf. II, eine Viereylindermaschine von Messthaler, mit welcher eine Dynamomaschine von Schuckert gekuppelt ist. Fig. 6 und 10, Taf. II, zeigen einen fahrbaren Beleuchtungsturm von Schuckert. Die Seiten desselben sind aus Gitterwerk gebildet, den Nürnberger Scheren ähnlich. Werden durch die vier im Wagengestell angebrachten horizontalen Schrauben die Diagonalen der Grundfläche verkürzt, so strecken sich die aufsteigenden Seiten und der Turm richtet sich auf. Durch drei vertikale Schrauben wird das Wagengestell dabei gegen den Erdboden abgesteift.

Besonders bei Reparaturen an Eisenbahnkörpern ist die größte Eile nötig; die Nacht darf für derartige Arbeiten nicht unbenutzt vorübergehen und so ist die Beschaffung einer künstlichen Beleuchtung für solche Fälle unerlässlich. Da Bauten der angedeuteten Art meist auf freier Strecke durch Unfälle, wie Dammrutschungen, Zugentgleisungen und dergl. veranlasst werden, so muss die Beleuchtungseinrichtung äußerst transportabel sein, sodass sie schnell an Ort und Stelle geschafft, dort betriebsfähig aufgestellt und in Gang gesetzt werden kann.

Für die Oesterreichische Nordwestbahn ist von Siemens & Halske in Wien im Jahre 1887 der auf Taf. V, Fig. 1—8, dargestellte fahrbare Beleuchtungspark zu genanntem Zwecke geliefert worden¹⁾.

Der Maschinenwagen, Fig. 1, Taf. V, besteht aus einer Lokomobile von 12 HP bei 8 Atmosphären, welche auf einem eisernen Rahmen die verschiebbar aufgestellte Dynamoma-

¹⁾ Zeitschr. f. Elektrotechnik. Wien 1883. S. 37 ff.

schine trägt. Diese wird direkt durch Riemen angetrieben und liefert 50 Amp. bei einer Klemmenspannung von 110 Volt. Während des Betriebes kann über dem Wagen ein Zelt errichtet werden, um Maschinen und Personal vor Regen etc. zu schützen. Ein Beiwagen, Fig. 2 u. 3, Taf. V, trägt auf seinem Dach 8 eiserne Lampenmasten von je 6,5 m Höhe, 30 Leitungsstangen aus Bambusrohr und eine Leiter. Das Innere des Wagens enthält 8 Flachdecklampen zu je 9 Ampère, 8 Kabeltrommeln, davon 6 mit je 350 m isolirter Leitung von 4 qmm Querschnitt und zwei mit 500 m von 6 qmm, ferner das Schaltbrett und einen Satz Werkzeug, 6 Glühlampen und eine Reihe von Utensilien. Unter dem Wagen befinden sich endlich die Füße für die Lampenmasten und Ähnliches. Die beiden Wagen müssen auf zwei Lowries nach der Unfallstelle geschafft werden und werden dort mittels einer Ladevorrichtung auf den Boden gelassen. Während nun ein Teil der Mannschaft die betriebsfähige Herrichtung des Maschinenwagens und die Aufstellung des Zeltes vornimmt, montirt der andere Teil die Masten und zieht die Leitungen. Die Füße der Masten, Fig. 8, werden festgedornt, die Masten selbst hineingesteckt und mit drei Eisendrahtseilen und Erdschwertern, Fig. 7, verankert. Bei Mangel an Raum, z. B. auf den Schienengeleisen können auch die Kupferleitungen selbst benutzt werden, um die Masten zu halten. Die Isolatoren, Fig. 5, werden mittels Schellen an den Leitungsstangen befestigt, welche in mit Erdbohrern versehene Schuhe gesteckt und in gleicher Weise verankert werden. Die Bogenlampen sind zu je zweien hintereinander geschaltet und werden durch Ausschalter mit Stromindicatoren, welche auf dem Schaltbrett angebracht sind, in Betrieb gesetzt. Die Glühlampen dienen zur Beleuchtung der beiden Wagen.

Ähnlich den Beleuchtungen von Bauplätzen sind die von Hallenmontirungen. Als Beispiel einer solchen erwähnen wir die Beleuchtung der Hallenmontirung des Bahnhofes Alexanderplatz in Berlin. Wie in der zweiten Abteilung dieses Bandes, S. 40, näher beschrieben ist, wurde die Montage der Bahnhofshalle von 2 fahrbaren Montagegerüsten aus bewerkstelligt. Die Gerüste standen zuerst in der Mitte der Halle und wurden dann dem Fortschreiten der Arbeit entsprechend weiter und weiter nach den Enden der Halle geschoben. Auf jedem dieser Gerüste waren 6 Differentiallampen an drehbaren hölzernen Ausladern angebracht, sodass die in den verschiedenen Etagen des Gerüstes arbeitenden Mannschaften hinreichend Licht für ihre Arbeit hatten. Am Fuße jedes Gerüstes waren 2 auf einer Axe befindliche hölzerne Trommeln aufgestellt, auf welchen eine solche Länge isolirten Leitungsseiles aufgewickelt war, dass, wenn das Gerüst seine äußerste Stellung erreicht hatte, das ganze Seil abgewickelt war. Die inneren Seilenden jeder Trommel waren durch Vermittelung von Schleifringen und Schleifbürsten mit den beiden auf das Gerüst führenden isolirten Leitungsdrähten in Verbindung. Die äußeren Seilenden der Trommeln waren an die in der Mitte der Halle einmündenden Hauptleitungen geführt, sodass die Gerüste, auch während sie verschoben wurden, beleuchtet werden konnten. Zur Stromerzeugung wurde die bereits im Bau soweit vorgeschrittene für die Perronbeleuchtung bestimmte Maschinenanlage benutzt, welche in einem dem Bahnhofe gegenübergelegenen besonderen Maschinenhause zusammen mit der Heizungsanlage und der Anlage für die hydraulischen Aufzugsmaschinen untergebracht war. Es waren zwei 12pferdige Wand-Dampfmaschinen vorhanden, von denen immer eine als Reserve diente. Von dem Schwungrad jeder dieser Maschinen wurde eine Wechselstrommaschine mit ihrem Stromerzeuger, Fig. 18, S. 17, betrieben. Jede Wechselstrommaschine hatte 2 Stromkreise für je 6 Lampen, da für jeden der beiden Perrons ein Stromkreis von 6 Lampen bestimmt war. Von den Wechselstrommaschinen führten die Leitungen zu einem Generalumschalter, mittels welches die zwei Lampenkreise mit den 4 Maschinenkreisen beliebig verbunden werden konnten. Während des Baues der Halle wurde auch die für die Perronbeleuchtung bestimmte definitive Leitung montirt und die Aufhängung, der Laternen ausgeführt, sodass dann, als die Gerüste nicht mehr beleuchtet zu werden brauchten, unmittelbar die Hallenbeleuchtung in Betrieb gesetzt und die provisorische Baubeleuchtung demontirt werden konnte. Die Lichtmaschinen sind später in das Bahnhofgebäude selbst verlegt worden und werden jetzt mit Gasmotoren betrieben, da das Maschinenhaus abgebrochen werden musste.

Während bei den bisher betrachteten elektrischen Beleuchtungen das Bogenlicht ausschließlich berufen ist, Hilfe zu leisten, so ist bei den Beleuchtungen in Gruben und Tunneln fast ausschließlich das Glühlicht in Verwendung. Nur dort, wo große Räume abgebaut werden, wie in Steinsalzbergwerken oder dergl., können Bogenlichter Verwendung finden.

Der östliche Tagebau des Mechernicher Bergwerks-Aktien-Vereins in Mechernich²⁾ in der Eifel, welcher eine Länge von 650 m, eine Breite von 340 m und eine Tiefe von 104 m hat, wird durch 2 an seinem äußeren Rande aufgestellte Bogenlampen von 35 Amp. beleuchtet. Die Lampen sind in eisernen Laternen mit Ovalsiegeln untergebracht. Um eine durch das Auswechseln der Kohlenstäbe entstehende Unterbrechung zu vermeiden, erhielt jede Lampenstation doppelte Apparate, welche durch einfache Umschaltung wechselweise in Thätigkeit gesetzt werden. In einem 500 m von der Grube entfernten Gebäude befindet sich eine etwa 8 pferdige Dampfmaschine, welche 2 Lichtmaschinen betreibt. Eine dritte ebensolche Lichtmaschine dient als Reserve und dieselbe kann jederzeit ohne Unterbrechung des Betriebes für eine der beiden andern eingeschaltet werden.

Der Tiefbau desselben Bergwerksvereins enthält in Folge des eigenartigen Abbaues gewaltige Weitungen, welche eine Höhe von 15—20 m, eine Breite von 20—30 m und eine Länge von 50—100 m erreichen. Zur Beleuchtung dieser Abbaue dienen im ganzen 10 Wechselstrom-Differentiallampen, welche in Laternen ohne Glasscheiben an versetzbaren Galgen aufgehängt sind. Die Lichtmaschine (eine Wechselstrommaschine mit Erreger) sowie die Dampfmaschine sind über Tage im Maschinenhause der Wasserhaltungsmaschine untergebracht. Die Leitung geht vom Maschinenhause durch einen Wetterschacht bis zu einer Tiefe von 90 m nach der 1., 2. und 3. Sohle und schließlich durch den Ventilationsschacht zurück zur Maschine. Die 3 Sohlen, in welchen sich viele Abbaue befinden, liegen in Höhen von 20 m übereinander. Zu der Hauptleitung ist Bleikabel in Anwendung gekommen, zu den Leitungen zwischen den Lampen und dem Kabel aber bewegliche, mit Guttapercha isolirte Kupferlitze, da die Lampen des Sprengens wegen zeitweise aus den Abbaun entfernt werden müssen. Ein anderer Teil des unterirdischen Betriebes ist später mit einer ebensolchen Beleuchtungsanlage versehen worden.

Grubenlampen. Wo es sich nicht um die Beleuchtung von sehr weiten unterirdischen Räumen sondern darum handelt, dem Bergmann vor Ort ein genügendes, seiner Grubenlampe entsprechendes Licht zu verschaffen, welches aber die Luft nicht verdirbt, die vorhandene Hitze nicht wesentlich vermehrt und unempfindlich gegen Luftzug ist, ist das Glühlicht am Platze. Von vielen Seiten sind Glühlampenlaternen für solche Zwecke angegeben worden, die einerseits möglichst einfach und solid sein, andererseits möglichst der Glühlampe Schutz gewähren müssen. In Fig. 7; Taf. II, ist eine solche von Crompton ausgeführte und auf der Münchener Ausstellung 1882 ausgestellte Lampe für Bergleute abgebildet. Die Glühlampe, eine Swanlampe, ist zunächst von einer dickwandigen Glasglocke und dann noch von einem starken Schutzgitter umgeben. Durch eine in den oberen Teil der Laterne mündende beklöppelte Doppelader wird die Lampe mit der Leitung in Verbindung gebracht.

Bei der Beleuchtung eines Tunnelbaues mit elektrischem Licht sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem nur das vorzutreibende Tunnelende oder auch die ganze fertig gestellte Strecke zu beleuchten ist. Im ersteren Fall wird es sich in der Regel nur um geringere Lichtmengen handeln, deren Konsum freilich oft weit von dem Standorte der Maschine stattfindet; im letzteren Falle um die Verteilung einer größeren Reihe von Lichtern auf eine gleichfalls lange Strecke. Die Übertragung elektrischer Energie auf weitere Entfernungen lässt sich am bequemsten entweder mit hochgespannten Strömen oder mit Accumulatoren erreichen. Die letzteren werden in einem Wagen in genügender Anzahl zu einer Batterie zusammengesetzt, welche die vor Ort nötigen Lampen eine „Schicht“ lang zu speisen haben. Der Wagen wird in die Nähe der Arbeitsstelle gefahren, aber doch so weit entfernt aufgestellt, dass er vor den beim „Schießen“ herumgeschleuderten Steinen

²⁾ Böddinghaus. Elektrotechn. Zeitschr. 1884. S. 103.

sicher ist. Mit dem Schichtwechsel werden auch die Wagen mit Accumulatoren gewechselt und die in Thätigkeit gewesenen nach der Maschinenstation gebracht, um aufs Neue geladen zu werden. In dem Wagen befindet sich zugleich ein Schaltbrett mit den zu einer Accumulatorenanlage nötigen Nebenapparaten. Von den Accumulatorenbatterien führen die verhältnismäßig kurzen Doppelleitungen den Strom ohne wesentlichen Spannungsverlust zu den Lampen. Dieselbe Batterie kann gleichzeitig zum Betriebe von elektrischen Motoren dienen.

Ein anderes Mittel, um den Strom ohne wesentliche Verluste nach der Verbrauchsstelle zu führen, bieten die Transformatoren. Am Eingange des Tunnels ist eine Wechselstrommaschine aufgestellt, welche einen Strom von hoher Spannung, aber verhältnismäßig geringer Intensität durch die Hauptleitungen an die primäre Wickelung des an der Arbeitsstelle befindlichen Transformators abgibt. Die sekundäre Wickelung desselben speist mit geringer Spannung, etwa 65 oder 110 Volt, die Lampen, zu denen beliebig Bogen- oder Glühlampen gewählt werden können. Zu der primären Leitung nimmt man passend ein (konzentrisches) Doppelkabel, welches gut isolirt und gegen äußere Beschädigungen geschützt sein muss. Dieses wird in Längen von etwa 200—400 m auf Trommeln gewickelt, welche auf einen vierrädrigen Karren gesetzt werden können. Der Karren trägt gleichzeitig den gegen unbefugtes Berühren gesicherten Transformator und wird dem Vorschreiten der Arbeiten folgend weiter in den Tunnel vorgeschoben, sodass er der Arbeitsstelle möglichst nahe ist. Die äußeren Enden des Doppelkabels sind, wie bei der S. 72 beschriebenen Einrichtung, mit den Hauptleitungen verbunden, die inneren Enden mit Schleifringen, von denen mittels Schleifbürsten und kurzer Anschlussstücke der Strom zur primären Wickelung des Transformators übergeleitet wird. Das Kabel wird in dem Maße, als der Karren vorgeschoben wird, von der Trommel abgewickelt und verlegt. Ist der Karren soweit vorgeschoben, dass das Kabel abgewickelt ist, so wird eine neue Trommel eingesetzt, die äußeren Enden des neuen Kabels mit den inneren nunmehr freigewordenen Enden des vorhergehenden Kabels verbunden und die leeren Trommeln bis zur Demontirung der Anlage aufbewahrt. Der Karren muss durch eine elektrische Lampe gut beleuchtet werden und etwa vorhandene blanke Teile der primären Leitung, Klemmen u. dergl. vor Berührung gesichert sein. Weitere Nebenapparate, ausgenommen etwa Ausschalter, sind an der Verbrauchsstelle nicht erforderlich.

Wäre z. B. ein vier Kilometer langer Tunnel zu beleuchten, der von beiden Enden aus in einen Berg getrieben würde, so wäre die Strecke, um die von jeder Seite aus der betreffende Karren vorgeschoben werden müsste, 2 km, also die ganze Leitungslänge 4 km auf jeder Seite. Zur Beleuchtung selbst mögen 10 Amp. und 100 Volt nötig sein, also etwa 20 Glühlampen von je 16 N.K. Bei einem Übersetzungsverhältnis von 10:1 im Transformator, der eine sehr mäßige Größe haben würde, müsste der primäre Strom bei 1000 Volt nur 1 Amp. betragen. Lässt man in der Leitung einen Verlust von 5% der an den Lampen nötigen Energie zu, so würde die Leitung von 4000 m 50 Volt-Amp. konsumieren oder in Formel, da durch $J^2 W$ dieser Verlust ausgedrückt wird,

$$J^2 W = 50 \text{ oder mit } J = 1$$

$$W = 50$$

also pro Kilometer 12,5 Ohm, was einem Kupferdrahtdurchmesser von 1,3 mm entspricht.

Der Betrieb ist sehr einfach. Der Maschinist hat durch Einhaltung einer bestimmten Geschwindigkeit der Betriebsmaschine und durch Handhabung eines Regulirwiderstandes in dem Erregerstromkreis der Wechselstrommaschine die pri-

märe Klemmenspannung derselben, welche er an einem Spannungszeiger abliest, konstant zu erhalten. Soll das Licht stets gleich hell bleiben, so muss die Spannung entsprechend der allmählich wachsenden Entfernung des Transformators allmählich etwas erhöht werden.

Wenn der Tunnel seiner ganzen Länge nach erleuchtet werden soll, so kann man mehrere Transformatoren in geeigneten Entfernungen von einander aufstellen, von denen jeder eine bestimmte Anzahl von Lampen mit Strom zu versehen hat. Die Transformatoren werden einander sämtlich parallel geschaltet, die primären Leitungen im übrigen ebenso verlegt wie vorher. Auch an dem Betrieb würde sich nichts ändern. Ferner ist das System der Hintereinanderschaltung von Glühlampen hier am Platze, besonders wenn die einzelnen Lampen eine größere Lichtstärke, 50—100 N.K., haben dürfen. Die eine Leitung muss je nach dem Abstand der Lampen in eine Reihe getrennter Stücke zerfallen, die in Rollen mitgenommen werden. Die Rückleitung ist ungeteilt und kann mittels Trommeln und Karren in der vorher beschriebenen Weise verlegt werden. Auch hier ist der Betrieb sehr einfach. Es ist nur nach Maßgabe eines Stromzeigers die Intensität des Stromes konstant zu erhalten, was durch passende Einstellung der Umlaufgeschwindigkeit und mit einem Regulirwiderstand ohne Mühe geschieht.

Bei Grubenbeleuchtungen würde ebenso zu verfahren sein, nur dass die in den Schacht herabführende Hauptleitung definitiv verlegt werden könnte und nur die Leitungen in den Stollen provisorisch angeschlossen, bzw. wegnehmbar gemacht würden, wie dies bei der oben beschriebenen Anlage im Tiefbau des Mechnischer Bergwerksvereins der Fall ist.

Für den Bergmann, der oft kilometerweit in einem Stollen allein zu gehen hat, bis er vor Ort kommt, wo er allein oder zu zweien arbeitet, würde eine andere elektrische Beleuchtung als eine solche, bei der die Stromquelle gleich mitgeführt wird, wegen der Länge der Leitung undenkbar sein. Für diesen Zweck sowie für Rettungszwecke, zumal in Steinkohlengruben, sind verschiedene Lampen angegeben worden, von welchen wir zunächst die Einrichtung von Woodhouse & Rawson anführen. Dieselbe besteht aus einer Laterne mit Reflektor, Fig. 2, Taf. II. Vor dem Reflektor ist eine Glühlampe angebracht. In einem Tornister, welchen der Bergmann auf den Rücken nimmt, ist eine Chromsäure-Batterie, resp. eine Anzahl Accumulatoren untergebracht. Durch einen regulirbaren Widerstand, bestehend in einem um einen Horngummistab gewickelten Platindraht, über welchem ein Metallring verschiebbar ist, sodass derselbe eine größere oder kleinere Anzahl von Windungen des Widerstandsdrahtes ausschalten kann, ist die Stromquelle mit der Lampe in Verbindung und kann daher die Helligkeit nach Bedarf verändert werden.

Ein anderer ähnlicher Apparat ist von Trouvé angegeben worden; Fig. 9, Taf. II. Derselbe besteht aus einem Gefäß, das mit Lösung von doppelchromsaurem Kali gefüllt ist. Der Deckel enthält die Zink- und Kohlenplatten. Wird das Gefäß an dem am Deckel angebrachten Henkel angefasst, so hebt man zunächst die Platten aus der erregenden Flüssigkeit und, nachdem dies geschehen, das Gefäß in die Höhe. Stellt man aber das Gefäß hin oder hängt es an dem seitlich an demselben angebrachten Haken auf, so entsteht ein elektrischer Strom, welcher in die vorn am Gefäß angebrachte, durch eine dickwandige Glasglocke und ein Drahtgitter geschützte Glühlampe gelangt und sie zum Leuchten bringt.

Durch eine in der Mitte des Deckels angebrachte Schraube kann die Tiefe des Eintauchens der Platten verändert und somit die Helligkeit regulirt werden.

Die elektrische Beleuchtung bei Bauten unter Wasser hat bisher verhältnismäßig wenig Anwendung gefunden, obwohl schon ziemlich früh Versuche in dieser Hinsicht gemacht worden sind. Ein von Bazin konstruirter Beleuchtungsapparat³⁾ wurde im Jahre 1864 in der Nähe von Cherbourg verwendet. Derselbe besteht aus einem starken Cylinder, welcher mehr als 1 m im Durchmesser hat; in demselben befindet sich eine elektrische Lampe von Duboscq; Fig. 1, Taf. I. Der Cylinder ist auf seiner unteren Fläche durch eine mächtige Glasscheibe geschlossen, durch welche die von der Lampe ausgehenden Lichtstrahlen hindurchgehen und eine Kreisfläche von mehr als 30 m Durchmesser hell erleuchten. Dieser Apparat wird von einem Dampfer aus herabgelassen, wobei ein Taucher von dem Ort des Meeresgrundes aus, der beleuchtet werden soll, die erforderlichen Weisungen erteilt und die Richtung angibt, nach welcher der Beleuchtungsapparat zu bewegen ist. Auf dem Dampfschiff befindet sich die Lichtmaschine, die vermittlems eines doppeladrigen Kabels der Lampe den Strom zuführt.

L. v. Bremen & Co. in Kiel verwenden bei Taucherarbeiten luftdicht verschlossene Laternen, welche unten durch eine halbkugelige starke Glasglocke mit solider Armatur abgeschlossen sind und eine Bogenlampe enthalten. Letzterer wird durch dieselbe Luftpumpe, welche den Taucher bedient, frische Luft zugeführt, wobei die verbrauchte durch ein Ventil entweicht. Die Luft in der Laterne braucht nur etwa jede halbe Stunde einmal erneuert zu werden. Zwar bleibt der Lichtbogen auch bei Luftabschluss mit verringertem Kohlenkonsum (durch Zerstäuben) bestehen, doch wird das Licht sehr unruhig, wenn der Sauerstoff der Luft verzehrt ist. Die Verständigung des Tauchers mit dem Personal auf dem Boot erfolgt durch ein Telephon. Soll jeder Taucher seine eigene transportable Lampe bekommen, so werden Glühlampen in starken und mit Schutzkorb versehenen Glasglocken, ähnlich den S. 73 beschriebenen Grubenlampen verwendet. Es wird dann entweder jedem Taucher der Strom durch ein dünnes Kabel zugeführt oder es erhält jeder Taucher einen Tornister mit galvanischen Elementen oder Accumulatoren. Der Tornister kann gleichzeitig als Teil der Belastung des Tauchers dienen, zu welcher ja bekanntlich Bleisohlen und Bleiplatten behufs Überwindung des Auftriebs verwendet werden.

Zur elektrischen Beleuchtung bei Caissonfundirungen verwendet man je nach der Größe der Caissons ein oder zwei kleinere Bogenlampen von etwa 3—5 Ampère oder 10—15 Glühlampen. Die Leitungen gehen als Kabel am besten in den Einsteigeschächten in die Höhe, müssen aber entweder so gelegt werden, dass sie vor jeder äußeren Verletzung gesichert sind, oder sie müssen durch Einziehen in eiserne Rohre einen besonderen Schutz erhalten. Da für die Luftpumpen eine Betriebskraft vorhanden und immer in Thätigkeit ist, so sind für den Betrieb einer kleinen, pro Caisson höchstens 1 HP erfordernden Lichtmaschine schon alle Vorbedingungen vorhanden, wenn die Lokomobile einen gleichförmigen Gang hat.

Bei der Herstellung der Kaimauern in Antwerpen (siehe dieses Werk Bd 4, Abt. 2, Kap. 12) wurde nach mehrfachen Versuchen die elektrische Beleuchtung zur Anwendung gebracht⁴⁾.

³⁾ La Lumière électrique. Bd. 7. Seite 16 und 218.

⁴⁾ Nach einer Mitteilung im Centralblatt der Bauverwaltung. 1882. Seite 483.

In den allerdings geräumigen Luftkammern der Caissons waren gleichzeitig 20 Arbeiter beschäftigt und der Luftdruck musste in den am tiefsten fundirten Caissons nahezu auf 3 Atm. gebracht werden. Die bei einem so hohen Druck und bei einer so bedeutenden Anzahl von Menschen ohnehin bereits mühsame Atmung der Arbeiter wurde außerordentlich erschwert durch die Verbrennungsprodukte der Kerzen, welche Anfangs zur Erleuchtung der Luftkammern in Anwendung waren. Man scheute sich jedoch, das anderen Orts versuchte System der Beleuchtung mit außen angebrachten Sonnenbrennern zu verwenden, weil die Arbeiter großen Wert darauf legten, die jeweilige Arbeitsstelle nach eigenem Belieben mit beweglichen Lichtern scharf beleuchten zu können. Man wählte deshalb zur Beleuchtung Swan'sche Glühlampen und zwar je 8—10 in jeder Luftkammer. Die Glühlampen waren in der früher besprochenen Weise geschützt. Für die gleichzeitig in Arbeit befindlichen 3 Caissons waren 2 Batterien von je 20 Faure'schen Accumulatoren in Thätigkeit. Die Ladung erfolgte am Lande mittels einer Gramme'schen Maschine.

§ 23. Definitive elektrische Beleuchtungsanlagen. Der Potsdamer Platz und die Leipziger Straße vom Potsdamer Platz bis zur Friedrichstraße in Berlin sind seit dem Jahre 1882 mit elektrischem Bogenlicht beleuchtet. Die Anlage wurde von Siemens & Halske ausgeführt⁵⁾. Das 820 m lange und 22 m breite Straßenstück wird durch 25 Laternen, Fig. 28, S. 36, und der Potsdamer Platz durch 11 ebensolche Laternen erleuchtet. Dieselben stehen an der Kante des Bürgersteiges und sind auf jeder Seite im allgemeinen 75 m von einander entfernt. Fig. 6, Taf. III, gibt einen Situationsplan der Anlage. Die 36 Laternen sind in 3 von einander unabhängigen Stromkreisen zu je 12 Lampen angeordnet. Jede Laterne enthält eine Differentiallampe für Gleichstrom von 11 Ampère und ca 10 stündiger Brenndauer. Im Fuße jedes Kandelabers ist ein Ausschalter angebracht. Die Leitung besteht aus Bleikabeln, ist durchweg unterirdisch verlegt und zum Schutze gegen Verletzungen bei Aufgrabungen mit Ziegelsteinen bedeckt. Die Länge der drei Stromkreise beträgt 1974, 1887 und 1480 m bei einem Widerstand von 2,12 Ohm für 1000 m. Das alte Maschinenhaus, von dem Fig. 4 und 5, Taf. III, einen Aufriss und Grundriss darstellen, lag in der verlängerten Zimmerstraße, Fig. 6, Taf. III, und war 350 m von der nächsten elektrischen Laterne entfernt. Die im September 1882 in Betrieb genommene Anlage war zuerst mit Gasmotoren ausgerüstet, wurde aber nach einem Jahre so umgebaut, wie Fig. 4 und 5 zeigen. Eine Wolf'sche Halblokobile mit 40 pferdiger Zwillingsdampfmaschine betrieb nun durch vier 250 mm breite Riemen, von denen je zwei übereinander liefen, die vier Lichtmaschinen. Dieselben standen auf Schlittenführungen und konnten während des Betriebes so verschoben werden, dass jeder Treibriemen die geeignete Spannung erhielt. Jede Lichtmaschine war mit einem Stromzeiger und einem Ausschalter versehen. Durch einen Generalumschalter konnte jede Maschine beliebig mit jedem der drei Stromkreise verbunden werden. Die vierte Maschine lief immer leer mit, um sofort in Betrieb genommen werden zu können. Im Jahre 1886 musste das Maschinenhaus Neubauten Platz machen. Die Anlage erhält jetzt Strom von Innenpolmaschinen, welche in der Centrale „Mauerstraße“ der Berliner Elektrizitätswerke aufgestellt gefunden haben. Ebensolche Maschinen liefern von hier aus den Strom für die glänzende Beleuchtung Unter den Linden zu Berlin.

Die von der United States Electric Lighting Co. ausgeführte Beleuchtung der großen über eine engl. Meile langen Brücke zwischen New-York und Brooklyn⁶⁾ erfolgt durch 70 Weston'sche Bogenlampen, welche in 2 von einander unabhängigen Stromkreisen zu je 35 Lampen so angeordnet sind, dass dieselben, wenn man sie um die ganze Brücke herum verfolgt, abwechselnd in dem ersten und in dem zweiten Stromkreise liegen, wie dies Fig. 7, Taf. III, erkennen lässt. Jeder Stromkreis wird von zwei hintereinander geschalteten sogenannten 20-Lichtmaschinen von Weston gespeist, welche ihrerseits von einer Corlissmaschine betrieben werden; Fig. 3, Taf. II. Die Maschinenanlage ist in dem Hauptmaschinenhause der Brückeneisenbahn untergebracht. Die gut isolirten Drähte sind auf paraffingetränkten Holzklötzen an der oberen Gurtung der Brücke entlang geführt, wie dies aus Fig. 21, Taf. I, ersen werden kann. Obgleich durch die wechselweise Anordnung der Lampen in 2 sowohl in Bezug auf Leitung wie Maschinen unabhängige Stromkreise die Möglichkeit einer gleichzeitigen Störung

5) Vortrag von v. Hefner-Alteneck. Elektrotechnische Zeitschrift. 1882. S. 443.

6) New-Yorker Electrician, 1883. S. 159.

der ganzen Beleuchtung ausgeschlossen zu sein scheint, so hat man doch, um den Betrieb für alle Fälle sicher zu stellen, eine Verbindungsleitung zu der Centralstation der U. St. Illuminating Co. in New-York hergestellt. Durch Umschalter, welche in Fig. 7, Taf. III, ganz links angedeutet sind, können die im Maschinenhause kurz geschlossenen Leitungen an die zur Centralstation führenden Leitungen angeschlossen werden, worauf die Lampen von dort ihren Strom erhalten.

Außenbahnhöfe werden zur besseren Beleuchtung der Ein- und Ausfahrtsgeleise, der Weichenzungen und der Rangirgeleise jetzt vielfach mit elektrischer Beleuchtung versehen.

Die erste große derartige Anlage erhielt im Jahre 1883 der Central-Bahnhof in Straßburg i. E. Dieselbe soll hier beschrieben werden, da von neueren ähnlichen Anlagen umfangreicheres Material dem Verfasser nicht vorliegt und abgesehen von der Maschinen-Anlage die Gesichtspunkte ihrer Einrichtung heute noch gültig sind⁷⁾. Der Vorplatz, das Vestibül, die Hauptwartesäle, die Perronhallen, die Güter-, Zoll- und Eilgut-Schuppen und sämtliche Geleise sind mit 60 Bogenlampen von 9 Ampère erleuchtet; siehe Fig. 1, Taf. III. Zwölfhundert Glühlampen von 10 bzw. 16 Kerzen, dienen zur Beleuchtung der sämtlichen übrigen Räume. Die Bogenlichtanlage wurde von Siemens & Halske, die Glühlichtanlage von Ungerer & Schulze geliefert und die ganze Montage von letzterer Firma ausgeführt. Je fünf Bogenlampen liegen in einem Stromkreis und werden von je einer besonderen Dynamomaschine gespeist, welche auf Gleitschienen beweglich aufgestellt ist. Die Maschinen sind durch unterirdisch geführte Leitungen mit den beiden Generalumschaltern verbunden; der eine derselben dient für die positiven, der andere für die negativen Leitungen. Zu den Lampen führen mit Eisendraht armirte Bleikabel, deren Gesamtlänge ca. 3000 m beträgt. Auf dem Vorplatz befinden sich sechseckige Laternen mit 5,50 m Brennhöhe. Im Stationsgebäude und auf den Perrons sind aufziehbare Salongehänge mit Alabasterglasglocken von 50 cm Durchmesser gewählt. Die Brennhöhe im Vestibül ist 10 m bei 20 m Raumhöhe, in den Wartesälen 6,5 m bei 10 m Raumhöhe, in der Perronhalle 6,75 m und in den Seitenhallen 4 m über dem Fußboden. In den übrigen Räumen sind gusseiserne Fabriklaternen benutzt. Die Brennpunkthöhe beträgt in den Güter- und Eilguthallen ca 5 m, in den Zollhallen dagegen nur 3,30 m. Trotzdem ist die Beleuchtung bei den weißgetünchten Decken eine gute. Die Lampen der Geleisbeleuchtung haben ihren Brennpunkt 8,5 m über dem Boden, welche Höhe sich in Bezug auf die Entfernung der Lampen von einander, ca. 100 m, gut bewährt hat. Der umlegbare Mast ist in Fig. 19 u. 20, Taf. I, dargestellt.

Die Glühlampen werden von 4 Edison-Maschinen gespeist, von denen eine als Reserve dient. Als Hauptleitungen dienen Edison-Röhrenkabel (siehe S. 70), welche teils unterirdisch, teils an den Wänden der Korridore verlegt sind. Die Nebenleitungen bestehen aus stark isolirten Kupferdrähten, welche in Holzkanälen, d. h. in mit Nuten versehenen und mit Brettern zugedeckten Holzleisten gebettet sind. Zahlreiche Bleisicherungen besonders an den Abzweigungen bewahren die Drähte vor Ueberhitzung; sämtliche Leitungen bilden ein zusammenhängendes Netz mit mehrfachen Verbindungen unter einander, sodass selbst bei Unterbrechung einer Hauptleitung eine Betriebsstörung nicht stattfindet; vergl. Kreisschaltung S. 68. Zum Betriebe sämtlicher Lampen sind 170 HP erforderlich, welche von sechs Compound-Dampfmaschinen der Maschinen-Baugesellschaft Karlsruhe geliefert werden. Die Disposition der Maschinenanlage ist aus Fig. 2 u. 3, Taf. III, ersichtlich. Die Dampf- wie die Dynamomaschinen können durch Ausrückevorrichtungen leicht einzeln in und außer Betrieb gesetzt werden. Die Kesselanlage enthält vier Röhrenkessel von je 72 qm Heizfläche mit kupfernen Feuerbüchsen bei 8 Atm. Überdruck. Ein vierter Dampfkessel dient zur Aushilfe und zum Heizen des Verwaltungsgebäudes.

Besonders auffallend an dieser Anlage ist die große Anzahl von kleinen Dynamomaschinen, welche den Betrieb jedenfalls erschwert. Hier leisten eine Anzahl von Maschinen 170 Pferdestärken, während heutzutage für Centralen Dampf-

⁷⁾ Funke. Centralblatt der Bau-Verwaltung. 1884. S. 60. — O. Schulze. Zeitschrift für Elektrotechnik. 1884. S. 321.

dynamos von 1000 Pferden gebaut werden. Man wagte es damals noch nicht, die Lampengruppen parallel zu schalten Fig. 57, S. 59, wodurch man ohne Weiteres zu einer oder einigen großen Dynamomaschinen gelangt. In dieser Weise werden jetzt größere Bogenlichtanlagen ausgeführt, wobei die Zahl der in jeder Gruppe hintereinander geschalteten Bogenlampen häufig eine größere ist, etwa 12, sodass die Maschinen mit 500—600 Volt arbeiten. Eine größere Unabhängigkeit der Bogenlampen erreicht man beim 110-Volt-System, nach welchem z. B. die Beleuchtung des Bahnhofes Frankfurt a/M. ausgeführt ist. Es müssen dann immer nur 2 Lampen gleichzeitig ausgeschaltet werden. Das Glühlicht kann gleichzeitig von derselben Maschine gespeist werden. Anlagen wie die des Bahnhofes Frankfurt a/M. übertreffen übrigens an Größe manche Anlagen, welche als elektrische Centralen bezeichnet werden.

Für Beleuchtung von Bahnhofshallen eignet sich bei der Größe und Höhe derselben das Bogenlicht vorzüglich. Die Bogenlampen werden meistens in einer Höhe von 6—8 m in so viel Reihen wie Perrons da sind und je nach der Lichtstärke etwa 30—40 m von einander entfernt angebracht.

Die 176 m lange und 36 m breite Halle des Potsdamer Bahnhofes in Berlin hat über jedem ihrer drei Längsperrons vier Laternen, Fig. 30, S. 37, in ca. 7 m Höhe erhalten, welche mittels Aufziehvorrichtungen zum Einsetzen neuer Kohlenstäbe herabgelassen werden können. Die Laternen enthalten Differentiallampen für Gleichstrom von 9 Ampère und von 10stündiger Brenndauer. Je vier Lampen sind in einen Stromkreis vereinigt, welcher vollkommen unabhängig von den anderen betrieben wird; siehe Fig. 13, Taf. IV. Die Leitung besteht bis zum Maschinenhause durchweg aus blankem Kupferdraht von 4 mm Durchmesser, welcher von großen, an der Dachkonstruktion befestigten Isolatoren getragen wird. In dem geräumigen und hellen Maschinenraum, in welchem die Bahnverwaltung durch Täfelung der Wände mit Kacheln und Pflastern des Fußbodens mit Fliesen für die Saubererhaltung der Maschinenanlagen ein nacheiferungswertes Vorbild gegeben hat, befinden sich zwei liegende 12pferdige Dampfmaschinen von R. Wolf in Buckau-Magdeburg und fünf Lichtmaschinen, welche durch übereinanderlaufende Riemen angetrieben werden, wie aus Fig. 11 u. 12, Taf. IV, ersichtlich ist. Die Dynamomaschinen sind auf Schienen verschiebbar aufgestellt. Die in Reserve befindlichen Lichtmaschinen laufen leer mit und können durch ihren Ausschalter eingerückt und mit Hilfe zweier Generalumschalter an Stelle jeder anderen Maschine eingeschaltet werden. Der Dampf wird von einer Kesselanlage geliefert, welche gleichzeitig die Pumpen der Accumulatoren für die hydraulischen Aufzüge zu speisen hat. Auch hier würde man jetzt statt der Dynamomaschinen eine größere Nebenschlussmaschine wählen.

Zur Beleuchtung von Fabrikräumen, Geschäfts- und Büroräumen hat das elektrische Licht viel Verwendung gefunden. Nach den § 15 ausgeführten Gesichtspunkten wird es nicht schwer fallen, sich in einem speciellen Fall darüber klar zu werden, wie die Beleuchtung zweckmäßig ausgeführt werden könnte. Wir beschreiben im Folgenden kurz einige derartige von Siemens & Halske ausgeführte Anlagen, um an einigen Beispielen die Verteilung der Lampen, die Führung der Leitungen und die Unterbringung der Maschinenanlagen zu zeigen.

Die Kammgarn-Spinnerei Düsseldorf, welche Fig. 14, Taf. IV, im Grundriss darstellt, besteht aus einem Hauptgebäude mit unmittelbar daran stoßendem großem Schedbau, welcher 2900 qm bedeckt und den eigentlichen Spinnsaal bildet, während das davor liegende Gebäude Kontor, Lager, Werkstatt, Packerei etc. enthält. In einem seitlichen Anbau, welcher in der Figur links noch angedeutet ist, befindet sich die Betriebskraft der Fabrik, die Dampfkessel und die Dampfmaschine. Die Beleuchtungsanlage umfasst 25 Differentiallampen, welche in einfachen Fabriklaternen mit 40 cm-Glaskugeln untergebracht und ca. 4 m hoch an den Scheddächern aufgehängt sind; sie sind in 5 Stromkreisen zu je 5 angeordnet; als Leitung ist mit Gummiband isolirte Kupferlitze verwendet, welche an den Holzteilen der Dachkonstruktion

befestigt ist. Der Strom wird von einer Wechselstrommaschine mit Erreger geliefert, welche Maschinen von der Transmission der Fabrik durch Vermittelung eines ausrückbaren Vorgeleges betrieben werden. Um auch in dem Falle Licht zu haben, wenn die Betriebsmaschine still steht, ist eine 5 pferdige Dampfmaschine vorgesehen, welche ohne Zwischentransmission eine kleine Wechselstrommaschine mit Erreger treibt und den elektrischen Strom für die 5 Lampen des einen der Stromkreise erzeugt.

Die mechanische Weberei der Herren Gebr. GÜRITZ in Chemnitz, welche in Fig. 9, Taf. IV, im Grundriss dargestellt ist, besteht bis auf das Kontorgebäude und das Maschinenhaus ebenfalls aus einem Schedbau von beinahe derselben Größe, wie die eben beschriebene Kammgarnspinnerei. Die Beleuchtungsanlage umfasst 267 Glühlampen von 10 bzw. 16 N.K. und drei Differentiallampen von 9 Ampère. Über jedem Webstuhl ist etwa $1\frac{1}{2}$ m über dem Fußboden eine Glühlampe angebracht. Die drei Bogenlampen sind für die Beleuchtung der Spulmaschinen und Scherrahmen bestimmt; ihre Brennpunkte liegen $3\frac{3}{4}$ m über dem Fußboden. An die aus blankem Kupferdraht hergestellte Hauptleitung schließen sich mittels Sicherungen die 9 an den in Fig. 9 horizontal verlaufenden Säulenreihen entlang gehenden Zweigleitungen an, von welchen die einzelnen Lampenleitungen abgehen. Zweig- und Lampenleitungen bestehen aus feuersicher isolirten Drähten und sind mit Holzklammern an den Balken der Dachkonstruktion befestigt. Die Bogenlampen haben ihre besondere Leitung und Maschine. Die beiden Dynamomaschinen werden von der Betriebsmaschine der Fabrik, einer Compoundmaschine von 72 HP mit Kondensation, durch ein Vorgelege angetrieben. Die Armaturen der Bogen- wie der Glühlampen sind den Fabrikräumen entsprechend in möglichst einfacher und solider Weise ausgeführt.

Fig. 10, Taf. IV, zeigt den Grundriss der Geschäftsräume der Herren Elsinger in Wien, welche mit 132 Glühlampen von 16 N.K. und 30 Glühlampen von 32 N.K. erleuchtet werden. Die 12 Lampen der Straßenlaternen sind durch einen besonderen Ausschalter aus- und einschaltbar gemacht, ebenso die 5 mal 7 Schaufensterlampen nach der einen und die 7 mal 7 Schaufensterlampen nach der anderen Straße. Die Nebenleitungen sind in der Figur durch einfache Linien dargestellt. Ein zweicylindriger Gasmotor von 25 HP betreibt eine Gleichspannungsmaschine, deren Welle mit einem Schwungrad versehen ist, damit die einzelnen Explosionen des Gasgemenges sich nicht im Glühlicht als Zuckungen bemerkbar machen. Es versteht sich, dass die Armaturen, wie Lüstre, Wandarme, Hängearme etc. elegant und der ganzen Ausstattung des Geschäftslokales entsprechend gehalten sind, indem sie als ornamentaler Schmuck zu dienen haben.

Büreauräume werden in der Regel mit Glühlicht beleuchtet, da es hier auf möglichste Verteilung des Lichtes ankommt.

Fig. 1—6, Taf. IV, stellt die Beleuchtungsanlage der Länderbank in Wien dar. In die Grundrisse der fünf Stockwerke sind der Verlauf der Leitungen, die Lage der Sicherungen, der Gruppenausschalter und die Glühlampen eingetragen. Die Anlage umfasst 450 Glühlampen von 16 N.K., welche je nach Bedürfnis in Stehlampen, Hängearmen oder Kronen mit Fassungen ohne Ausschalter untergebracht sind. Die Zuleitungen zu den Kronen und Lüstren sind meistens im Fußboden des darüber befindlichen Stockwerkes verlegt; es sind deshalb in den Figuren diejenigen Kronen punktiert angegeben, deren Leitungen im darüberliegenden Fußboden sich befinden. Jeder Lüstre, Hängearm etc. kann durch einen besonderen, gut erreichbaren Ausschalter nach Belieben eingeschaltet werden; außerdem können durch Gruppenausschalter ganze Gruppen von Lampen gleichzeitig entzündet und gelöscht werden. Den Strom liefern drei Gleichspannungsmaschinen, von denen in der Regel im Sommer eine, im Winter zwei in Betrieb sind, während die dritte als Reserve dient. Die Betriebskraft für die Anlage wird durch eine horizontale Dampfmaschine mit Collmann-Steuerung von 35 HP geliefert (Fig. 7 u. 8, Taf. IV), welche den Dampf von einer in der hinteren Ecke des Gebäudes untergebrachten Dampfkesselanlage empfängt. Für Vergrößerung der Anlage ist der erforderliche Platz vorgesehen. Die Dampfmaschine setzt durch Seile eine Zwischenwelle mit Schwungrad in Bewegung, von der mittels Riemen die durch Friktionskuppelungen einzeln ausrückbaren drei Dynamomaschinen angetrieben werden.

Als Beispiel einer Maschinen- und Accumulatorenanlage beschreiben wir noch kurz die von Siemens & Halske ausgeführte Beleuchtungsanlage im

Königlichen Schloss zu Berlin, Fig. 13, Taf. II. Sie enthält drei Otto'sche Zwillingsgasmotoren von je 30 HP, welche je eine Nebenschluss-Dynamomaschine mittels Riemen antreiben. Zur Beleuchtung am Tage dient eine Accumulatoren-batterie, welche in einem besonderen gut ventilirten Raume *D* untergebracht ist. Die Nebenapparate befinden sich auf zwei Schaltbrettern an der Wand bei *B*. Das kleinere enthält die Apparate für den Accumulatorenbetrieb.

Die Ströme der in *A* und *C* befindlichen Dynamomaschinen werden durch isolirte starke Leitungen in Holzkanälen an der Decke zu dem größeren Schaltbrett geführt. Durch kräftige Ausschalter, welche sowohl die Hin- wie die Rückleitungen zu öffnen gestatten, und durch Stromzeiger, die in den Hinleitungen liegen, gelangen die Maschinenströme zu den beiden gemeinsamen horizontalen Sammelschienen, durch welche die Maschinen parallel geschaltet werden. Zwischen diesen Schienen herrscht eine Spannung von ca. 100 Volt.

Die Hauptleitungen bestehen aus Bleikabeln und führen zu einem Schrank in der ersten Etage inmitten der zu beleuchtenden Räume, von dem eine größere Reihe von stärkeren Leitungen ausgeht. Zu dem Zweck ist in dem Schrank ein Schaltbrett mit zwei Polschienen und den Bleisicherungen für die Zweigleitungen untergebracht. Zu letzteren ist ausschließlich lackirter sog. L.I.U.-Draht zur Verwendung gekommen. Derselbe hat eine doppelte Isolation, deren untere gegen Feuchtigkeit schützt und deren obere auch starken Erwärmungen widersteht. Die Leitungen sind sämtlich in Holzkanälen theils unter der Decke, theils in den Wänden oder im Fußboden verlegt. Von den Schienen in dem oben erwähnten Schrank führen zwei Prüfdrähte zum Schaltbrett, welche die zwischen jenen herrschende Spannung, welche 95 Volt betragen soll, mittels eines Spannungszeigers im Maschinenraum zu kontrolliren gestatten. Ein Spannungswecker lässt außerdem noch eine kleine oder große Glocke ertönen, je nachdem diese Spannung zu gering oder zu groß ist.

Die Accumulatoren-batterie besitzt eine Capacität von 90 Ampère-Stunden bei einer Entladungsstromstärke von 15 Ampère. Die Zellen sind in Glaströgen auf festen Holzgestellen an zwei Wänden des Raumes *D* aufgestellt. Die Ventilation ist derart, dass von Gasen nur wenig bemerkbar ist. Der Raum ist gut erleuchtet und groß genug, um im Bedürfnisfalle eine bedeutend größere Batterie aufzunehmen. Von den Accumulatoren gehen in mit Ölfarbe bestrichenen Holzkanälen eine Reihe von Leitungen zu dem nahen Accumulatoren-schaltbrett.

Zum Zwecke der Ladung werden die Accumulatoren in zwei Gruppen *AA* von je 30 Zellen geteilt und beide einander parallel geschaltet; Fig. 10, Taf. V. Jede Gruppe enthält einen Stromzeiger (Str.Z) und einen Regulirwiderstand (R.W.), welcher die Stromstärke richtig einzustellen gestattet. Bevor der den Ausschalter (Aussch.) passirende positive Maschinenstrom sich teilt, um die beiden parallelen Gruppen zu durchfließen, durchläuft er einen selbstthätigen Ausschalter (Aut. Aussch.), dessen Aufgabe darin besteht, zu verhindern, dass beim Sinken der Spannung der Maschine die Accumulatoren Rückstrom geben und sich so durch jene entladen. Durch eine Drehung des in der Mitte des Schaltbretts befindlichen mehrtheiligen Umschalters (U_1) wird das ganze System zum Zweck der Entladung in die Lampen so umgeschaltet, wie Fig. 11 zeigt. Die beiden Accumulatorengruppen liegen jetzt hinter einander, sodass sie nur eine einzige Batterie bilden und nach einander von demselben Strom durchflossen werden. Ferner ist die Funktion des selbstthätigen

Ausschalters dahin abgeändert worden, dass er jetzt in den Lampenstromkreis einen Widerstand einschaltet, wenn der Strom einen Maximalwert von 15 Amp. überschreitet. Die Lampen werden dann zwar nicht erlöschen, aber erheblich dunkler brennen. Zur Konstanthaltung der Lampenspannung dienen außer den Regulirwiderständen noch zwei Accumulatorenzuschalter (Zusch.), welche von Hand bedient werden müssen. Mittels eines Umschalters (U_2) kann man einen Spannungszeiger (Sp.Z.) an die Pole jeder der beiden Accumulatorengruppen legen, um deren Spannung zu messen.

Transformatorenanlagen. — Ist der elektrische Strom auf größere Entfernungen von der Maschinenstation zu den Verbrauchsstellen zu leiten, so kann man häufig mit Vorteil Transformatoren anwenden. Indessen muss dazu die Länge der Leitung schon eine ziemlich große sein, denn bis zu einer gewissen Entfernung kann man mit demselben Aufwand an Kapital die Leitungen verstärken und dadurch den Spannungsverlust in denselben auf einen kleineren Betrag herunterschieben, als mittels der Transformatoren, welche auch in ihrer Wickelung schon einen maximalen Spannungsverlust von ca. 2% verursachen. Bei der Verteilung der Transformatoren ist darauf zu sehen, sie möglichst in die Mittelpunkte größerer Lampenkomplexe zu verlegen, um die starken sekundären Leitungen so kurz wie möglich machen zu können. Dadurch wird die Verwendung sehr großer Transformatoren, welche sich auch der größeren Erwärmung wegen nicht empfiehlt, schon ausgeschlossen. Die Erwärmung der Transformatoren hängt nämlich von Nutzeffekt, Belastung und relativer Oberfläche ab. Letztere ist aber bei großen Transformatoren geringer als bei kleinen und ihre Erwärmung daher trotz des besseren Nutzeffektes eine größere. Andererseits muss man aber mit der Festsetzung der maximalen Erwärmung der Transformatoren besonders vorsichtig sein, weil sie im Gegensatz zu den Dynamomaschinen so gut wie gar keiner Aufsicht unterworfen sind. Man darf in der Teilung aber auch nicht zu weit gehen, weil kleine Transformatoren verhältnismäßig teuer sind. Die günstigsten Größen dürften Transformatoren von 2500—7500 Volt-Ampère sein, d. h. solche, die zum Betrieb von 50—150 Glühlampen von 16 N.K. ausreichen.

Bei einer von Ganz & Co. ausgeführten Transformatorenanlage in der Nähe von Luzern befindet sich die Maschinenstation 5 Kilometer von der Verbrauchsstelle entfernt in Thorenberg. Hier treiben Turbinen 2 selbsterregende Wechselstrommaschinen, deren Klemmenspannung 1800 Volt beträgt. Der Strom wird durch vier blanke Drähte von je 6 mm zu der ersten 2,4 km entfernten Station, wo 1500 Volt-Ampère entnommen werden, fortgeleitet. In einer weiteren Entfernung von 2,3 km werden je 7000 Volt-Ampère an 2 Hotels in Luzern abgegeben.

§ 24. Kosten der elektrischen Beleuchtung. Die Kosten einer elektrischen Beleuchtungsanlage sind je nach der Größe und der Ausführung derselben sehr verschieden. Eine Anlage mit oberirdischer Leitung ist billiger als eine solche mit unterirdisch geführter Leitung, eine Anlage mit Laternen, wie sie in Fabriken gebräuchlich sind, wohlfeiler als mit ornamentirten Laternen und Kandelabern, ebenso eine Anlage mit wenigen starken Lichtern billiger als eine mit vielen schwachen Lichtquellen. Ganz wesentlich hängen die Kosten ferner von der Motorenanlage ab und weisen größere Unterschiede auf, je nachdem ein Motor vorhanden oder eine specielle Betriebsmaschine aufgestellt werden muss, ob Wasserkraft oder Dampfkraft benutzt wird, ob bei Dampfmaschinen die Kesselanlage ausreicht oder vermehrt werden muss, schließlich ob ein besonderes Maschinenhaus aufzuführen ist u. s. w.

Im allgemeinen wird man bei elektrischen Beleuchtungsanlagen mit Bogenlichtern von ca. 1 HP Betriebskraft pro Lampe im Mittel rechnen können, dass bei einfachster Ausführung und ohne Einrechnung der Motorenanlage 700—300 *M* an Anlagekosten anzusetzen sind, je nachdem die Anlage wenige oder viele Lampen umfasst. Bei Ausführungen in Bahnhofshallen, Konzertsälen u. dergl. wird pro Lampe 75—250 *M* mehr zu rechnen sein, bei Beleuchtungen von Gartenlokalen, Straßen, Plätzen u. s. w. je nach der Ausstattung 50—400 *M* mehr als bei einfachster Ausführung und bei Kabelleitungen etwa 100—300 *M* pro Lampe mehr als bei einfachen Luftleitungen. Für die Motorenanlage kann bei wenigen Pferdestärken 1200 *M*, bei einigen hundert bis herab zu 200 *M* für 1 HP veranschlagt werden.

Die Beschaffungskosten einer kompletten transportablen Beleuchtungsanlage (S. 71) setzen sich z. B. wie folgt zusammen:

1 komplette 12pferdige Lokomobile	6000 <i>M</i>
2 Dynamomaschinen für je 6 Lampen von 9 Ampère	1500 „
2 Schlittensysteme	180 „
2 Treibriemen	80 „
2 Maschinenausschalter	30 „
12 Differentiallampen	2040 „
12 komplette wettersichere Laternen	420 „
12 komplette Dreibeine mit Aufzügen für die Laternen	960 „
1 Stromzeiger	50 „
600 m stark isolirter Leitungsdraht	350 „
Klemmen, Werkzeug	90 „
1 komplettes Zelt für die Lokomobile	600 „
	12300 <i>M</i>

Hieraus ergibt sich für den elektrischen Teil pro Lampe ein Anlagekapital von ca. 520 *M*, mit Motoren 1030 *M*.

Fontaine⁸⁾ gibt für eine Anlage von 30 Bogenlampen zu je 1200 N.K., welche von einer Dynamomaschine gespeist werden, folgende Zahlen an:

Dynamomaschine	4000 <i>M</i>
30 Lampen	4160 „
Kabel, Zubehör ca.	2120 „
Montage	800 „
	11080 <i>M</i>

Hieraus ergeben sich ca. 375 *M* pro Lampe ohne Motorenanlage.

Bei Glühlichtbeleuchtungen werden wohl am meisten 16kerzige Lampen benutzt. Wie früher besprochen, können ohne Schwierigkeit auch Bogenlampen parallel geschaltet werden. Bei einfachster Ausführung wird man je nach der Größe der Anlage 60—30 *M* pro Glühlampe annehmen können, wenn die Motorenanlage dabei nicht einbegriffen ist; mit Betriebsmaschine aber 120—60 *M*. Von Gramme⁹⁾ sind allgemeine Tabellen aufgestellt, welche bei verschiedenen Größen der Anlage die Kosten des elektrischen Teiles pro Glühlampe zu schätzen gestatten. Wir geben einige Zahlen daraus wieder. Tabelle I gilt für Anlagen mit reicherer Ausstattung, wie sie in Schlössern, Hotels, Magazinen, Wohnhäusern zur Ausführung gelangen; Tabelle II für Werkstätten, Bahnhöfe u. s. w. Es sind 16kerzige Lampen zu Grunde gelegt.

⁸⁾ Fontaine. Éclairage à l'Électricité. Paris. 1888. S. 511.

⁹⁾ Fontaine. Éclairage à l'Électricité. S. 514 u. 515.

Tabelle I.

Anlage von	30 Lampen	60 Lampen	120 Lampen	250 Lampen
Totaler Preis <i>M</i>	1485,—	2595,—	4930,—	9510,—
Preis pro Lampe <i>M</i>	49,50	43,20	41,—	38,—

Tabelle II.

Anlage von	60 Lampen	120 Lampen	250 Lampen	500 Lampen
Totaler Preis <i>M</i>	2295,—	4410,—	8560,—	16150,—
Preis pro Lampe <i>M</i>	38,20	36,70	34,30	32,30

Kommen Bogenlampen mit zur Verwendung, so kann man annehmen, dass die Anlagekosten pro Ampère bei Glühlicht und Bogenlicht annähernd gleich sind, wenn für letzteres eine mittlere Lichtstärke gewählt wird. Je mehr das Licht geteilt wird, um so teurer wird es werden.

Eine Gleichspannungsanlage von ca. 25 HP für 120 Volt mit 10 Bogenlampen zu 9 Ampère und 190 Glühlampen zu insgesamt 90 Ampère wird bei einfacher aber vollständiger Ausstattung etwa folgendermaßen zu veranschlagen sein:

1 Lokomobile mit Zubehör 25 HP	12000 <i>M</i>
1 Riemen	250 „
1 Dynamomaschine auf Schlittenführung und mit Regulirwiderstand	3255 „
10 Bogenlampen mit Laternen	1125 „
190 Glühlampen mit Fassungen und Armaturen	1710 „
Leitungsmaterial und Zusatzwiderstände für die Bogenlampen	1440 „
1 Schaltbrett mit Nebenapparaten, nämlich 2 Maschinenausschaltern, 1 Strom-, 1 Spannungszeiger, 5 Stromindikatoren für die Bogenlampen, 5 Gruppen- ausschaltern für die Glühlampen, diversen Bleisicherungen, 2 Sammelschienen	660 „
Montage	720 „
	21160 <i>M</i>

Hieraus folgt pro Ampère 156,50 *M* und daraus bei einem Stromverbrauch der Glühlampen von 0,475 Amp. mit Motorenanlage

für eine Glühlampe 74,50 *M*
für eine Bogenlampe 704,— „

und ohne Motorenanlage

für eine Glühlampe 31,70 „
für eine Bogenlampe 300,— „

Wenn dieselbe Anlage unter gleichen Verhältnissen nur Bogenlampen betriebe, von denen je zwei hintereinander geschaltet sein würden, so ergibt eine entsprechende Rechnung die gleichen Anlagekosten und auch denselben Preis der Anlage für eine Bogenlampe.

Die Beschaffungskosten einer Accumulatoren-batterie belaufen sich für eine mittelgroße Zelle pro Ampère-Stunde Kapazität auf 0,40—0,20 *M*; bei der Kostenberechnung ist aber auch noch auf ein solides Gestell und auf einige Vorrichtungen zur Kontrolle, zum Reinigen und Nachfüllen der Elemente Bedacht zu nehmen. Bei mittelgroßen Anlagen werden häufig kleinere Accumulatoren-batterien verwendet, um auch dann noch Licht zu haben, wenn die Maschine abgestellt ist. Hierzu wird in der Regel ein Strom von 10—15 % des Maschinenstromes ausreichen.

Wählt man, um in dieser Hinsicht die vorher besprochene Anlage zu ergänzen, eine Batterie von 15 Ampère Entladungsstromstärke bei einer Entladezeit von 6—7 Stunden oder rund 100 Ampère-Stunden Kapazität, so wird sich der Preis eines Accumulators mit 0,35 *M*

pro Ampère-Stunde Kapazität auf 35 \mathcal{M} pro Zelle stellen. Bei 120 Volt Lampenspannung sind etwa 67 Zellen erforderlich, mithin würde die Batterie 2345 \mathcal{M} kosten. Da nun eine größere Anzahl von Neben- und Kontrollapparaten erforderlich ist, stellen sich die Kosten der Anlage ungefähr folgendermaßen:

1 Lokomobile mit Zubehör 25 HP	12000 \mathcal{M}
1 Riemen	250 "
1 Dynamomaschine auf Schlittenführung und mit Regulirwiderstand	3500 "
10 Bogenlampen mit Laternen	1125 "
190 Glühlampen mit Fassungen und Armaturen	1710 "
Leitungsmaterial und Zusatzwiderstände für die Bogenlampen	1440 "
1 Schaltbrett mit Nebenapparaten, nämlich 1 selbstthätigen Maschinenausschalter, 1 Maschinenausschalter, 1 Accumulatoren-ausschalter, 1 Accumulatoren-zu- schalter, 2 Stromzeigern, 1 Spannungszeiger mit Umschalter, 1 Stromrichtungs- zeiger, 5 Stromindikatoren, 5 Gruppeneusschaltern, diversen Bleisicherungen, 2 Sammelschienen	1040 "
67 Accumulatoren	2345 "
Schwefelsäure, Gestell, Leitungsmaterial u. dergl.	540 "
Montage	1100 "
	25050 \mathcal{M}

Die Anlage ist also durch die Einfügung der Accumulatoren-batterie um 3890 \mathcal{M} oder um 18,4 % teurer geworden.

Bei der Verwendung größerer Accumulatoren-batterien kann man indessen die Maschinenanlage reduciren und dadurch wieder die Anlagekosten verringern. Die Maschine hat dann am Tage die Accumulatoren zu laden, während zur Zeit des stärksten Lichtverbrauchs Maschine und Accumulatoren beide ihren Strom in die Lampen senden.

Die Betriebskosten einer elektrischen Beleuchtungsanlage sind wesentlich von den Kosten der Betriebskraft und von der Zahl der Brennstunden abhängig. Man unterscheidet indirekte und direkte Betriebskosten. Die indirekten Betriebskosten setzen sich zusammen aus der Verzinsung und der Amortisation des Anlagekapitals und den Instandhaltungskosten der ganzen Anlage. Die Verzinsung wird gewöhnlich zu 3,5—4 %, die Amortisation zu 6—8 % und die Instandhaltung zu 1—2 % vom ganzen auf die Beleuchtungsanlage fallenden Anlagekapital angenommen. Ist keine Specialmaschine vorhanden, sondern dient eine bereits vorhandene Maschine auch für die Beleuchtung, so ist ein der erforderlichen Betriebskraft entsprechender Teil dieser Maschinenanlage als zur Beleuchtungsanlage gehörig zu betrachten und in Rechnung zu stellen.

Die direkten Betriebskosten umfassen bei Dampfmaschinenbetrieb: Heizkohle, Putz- und Schmiermaterial, event. Speisewasser, Bedienung, ferner für die elektrischen Lampen Kohlenstäbe bei Bogenlicht und Ersatzlampen bei Glühllicht. Bei Gasmotorenbetrieb tritt an Stelle des Heizkohlenverbrauchs der Gasverbrauch und an Stelle des Speisewassers das Kühlwasser. Für Heizkohle kann bei guten mittelgroßen Dampfmaschinen 5 \mathcal{P} pro Stundenpferdestärke angesetzt werden, während diese Zahl bei großen Maschinen mit Kondensation auf 2 \mathcal{P} herabgeht und bei kleinen aber guten Maschinen bis auf 8 \mathcal{P} steigt. Putz- und Schmiermaterial kommt bei mittelgroßen Dampfmaschinenanlagen auf 0,5 \mathcal{P} pro Stundenpferdestärke zu stehen, bei Gasmotoren aber beträchtlich höher. Speise- bzw. Kühlwasser ist nur dann zu berechnen, wenn es aus einer Wasserleitung entnommen wird. Die Kosten der Bedienung sind sehr von dem Umfang der Beleuchtungsanlage abhängig und können allgemein nicht angegeben werden. Der Verbrauch

an Kohlenstäben beträgt bei Gleichstrom-Bogenlampen von 9 Ampère 4 \mathcal{F} pro Lampenstunde. Als Glühlampenersatz ist, da die mittlere Lebensdauer zu 1000 Stunden angenommen wird und eine Glühlampe von 16 N.K. 2,50 \mathcal{M} kostet, zu 0,25 \mathcal{F} pro Lampenstunde anzusetzen. Glühlampen bis aufwärts zu 35 N.K. sind übrigens im Preise gleich.

Als Beispiel führen wir die Berechnung der Betriebskosten einer Baubeleuchtung durch. Die Anlagekosten betragen in diesem Fall ungefähr:

Halblokomobile mit Schornstein und Treibriemen	5140 \mathcal{M}
Maschinenhaus von Wellblech, Abyssinierbrunnen und Rohrverbindungen.	2000 „
Lichtmaschine mit Schlittenführung, Riemengabel, Ausschalter und Stromzeiger	1800 „
10 Differentiallampen mit Laternen und Aufzügen.	2400 „
Komplette Leitung (500 m blanker und 120 m isolirter Draht), Isolatoren und Einführungen	250 „
Montage	400 „
	11990 \mathcal{M}

Verzinsung, Amortisation und Instandhaltung sollen hier mit 15% angenommen werden; es stellen sich daher die Betriebskosten in Pfennigen pro Brennstunde und Lampe folgendermaßen zusammen:

Anzahl der jährlichen Brenntage	75	150	225	300	300
Anzahl der jährlichen Brennstunden	300	600	1200	2400	3600
Verzinsung, Amortisation und Instandhaltung 15%	60,00 \mathcal{F}	30,00 \mathcal{F}	15,00 \mathcal{F}	7,50 \mathcal{F}	5,00 \mathcal{F}
Anheizen, jedesmal 30 kg Kohle	1,05	1,05	0,79	0,53	0,18
Bedienung der Maschine. 50 \mathcal{F} pro Maschinenstunde, Lichtbetrieb + 2 Stunden.	7,50	7,50	6,88	6,25	5,84
Putz- und Schmiermaterial 0,5 \mathcal{F} pro HP und Stunde	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Heizkohle, 3 kg pro HP und Stunde 100 kg = 1,40 \mathcal{M}	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Kohlenstäbe für die Lampen	4,—	4,—	4,—	4,—	4,—
Bedienung der Lampen. Einsetzen neuer Kohlenstäbe und Putzen	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Gesamtbetriebskosten pro Lampe und Stunde in Pfennigen.	77,95	47,95	32,07	23,68	20,42

Die Kosten der im Vorhergehenden besprochenen Gleichspannungsanlage von 25 HP betragen 21160 \mathcal{M} . Unter Zugrundelegung dieses Preises und der Annahme, dass nur Glühlampen und zwar deren 284 von 16 N.K. gespeist würden, gestalten sich die Betriebskosten folgendermaßen:

Anzahl der jährlichen Brenntage	75	150	225	300	300
Anzahl der jährlichen Brennstunden	300	600	1200	2400	3600
Verzinsung, Amortisation und Instandhaltung 12%	2,980	1,490	0,745	0,373	0,253
Anheizen, jedesmal 75 kg Kohle; 100 kg 1,40 \mathcal{M}	0,092	0,092	0,069	0,046	0,031
Bedienung der Maschine. 50 \mathcal{F} pro Maschinenstunde, Lichtbetrieb + 2 Stunden.	0,264	0,264	0,242	0,220	0,205
Putz- und Schmiermaterial 0,5 \mathcal{F} pro HP und Stunde	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
Heizkohle, 3 kg pro HP und Stunde; 100 kg = 1,40 \mathcal{M}	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370
Glühlampenersatz	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Gesamtbetriebskosten pro Lampe und Stunde in Pfennigen.	4,000	2,510	1,720	1,303	1,153

Wie groß der Einfluss der Zahl der Brennstunden auf den Preis des Lichtes ist, zeigen die beiden Tabellen recht deutlich; bei ganzem Nachtbetrieb kostet die Lampenbrennstunde beinahe nur den vierten Teil des Preises bei jährlich 300 Brennstunden.

In Folgenden geben wir noch die thatsächlichen Betriebskosten der elektrischen Beleuchtung des Centralbahnhofes zu Straßburg i. E., siehe S. 78, wobei zu bemerken ist, dass hier bei einer älteren Anlage die Anlagekosten ziemlich hoch sind. Wir entnehmen dem Centralblatt der Bauverwaltung 1884, S. 554, und der Zeitschrift für Elektrotechnik 1884, S. 688, die folgenden Mitteilungen.

„Mit Ausschluss der Beleuchtungseinrichtung für das Verwaltungsgebäude hat die Hauptanlage einen Kostenaufwand von 244 761,74 *M* erfordert, wovon 163 234,25 *M* auf das Bogenlicht und 81 527,49 *M* auf das Glühlicht entfallen. Vom 1. Januar bis 31. März 1884, also während eines Zeitraumes, in welchem die elektrische Beleuchtung bereits eine durchaus regelmäßige war, bezifferte sich bei der Hauptanlage die Zahl der geleisteten Lampenbrennstunden beim Bogenlicht auf 59 755, beim Glühlicht zu 16 N.K. auf 142 194 und beim Glühlicht zu 10 N.K. auf 211 924. Hiervon betragen die reinen Betriebskosten ohne Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals:

beim Bogenlicht	8847,30 <i>M</i>
beim Glühlicht zu 16 N.K.	1929,67 „
beim Glühlicht zu 10 N.K.	2002,86 „

sodass sich die reinen Betriebskosten einschließlich der laufenden Unterhaltung für Gebäude, Maschinen, Lampen, Leitungen etc. für eine Lampenbrennstunde:

beim Bogenlicht auf.	14,806 <i>ℳ</i>
beim Glühlicht zu 16 N.K. auf.	1,357 „
beim Glühlicht zu 10 N.K. auf.	0,945 „

stellen.

Werden jedoch die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals, erstere mit 4 %, letztere mit 8 % des Kapitals den Betriebskosten hinzugerechnet, so erhöhen sich letztere für die Beleuchtung während des angegebenen Zeitraums

beim Bogenlicht auf.	13744,33 <i>M</i>
beim Glühlicht zu 16 N.K. auf.	2983,07 „
beim Glühlicht zu 10 N.K. auf.	3395,29 „

und die Kosten pro Lampenbrennstunde

beim Bogenlicht auf.	23,001 <i>ℳ</i>
beim Glühlicht von 16 N.K. auf.	2,098 „
beim Glühlicht von 10 N.K. auf.	1,602 „

Dritter Teil.

Die elektrische Arbeitsübertragung einschliesslich elektrische Eisenbahnen.

Bearbeitet von **H. Görges**, Ingenieur in Berlin.

Der Gedanke, elektrische Ströme durch Motoren wieder in mechanische Arbeit umzusetzen, ist ziemlich alt und zum erstenmal in größerem Maßstabe wohl von Jacobi verwirklicht, welcher mit einem elektromagnetischen Motor und einer Batterie von 64 Zink-Platinelementen im Jahre 1839 ein Boot auf der Newa in Bewegung setzte. Diese Methode, mechanische Arbeit aus Elementen zu gewinnen, ist auch heute noch trotz der Vervollkommnung der Maschinen, eine sehr kostspielige und daher nur im Kleinen in Anwendung. Wohl aber hat sich die Arbeitsübertragung auf elektrischem Wege ein Feld erobert, das sich immer mehr ausbreiten wird. In diesem Falle steht an einem bestimmten Orte mechanische Arbeit zur Verfügung; durch die doppelte Umwandlung, nämlich der mechanischen Arbeit in elektrische und wieder umgekehrt, hat man bei der Leichtigkeit, mit welcher sich elektrische Ströme auf wenigstens nicht allzugroße Entfernungen fortleiten lassen, ein äußerst bequemes Mittel, die zur Verfügung stehende mechanische Arbeit an einem beliebigen anderen Orte nach Verlust eines gewissen Bruchteils wieder zu gewinnen. Die Beweglichkeit der Leitung gestattet in leichter Weise eine Veränderung im Standort des Motors vorzunehmen. Die Übertragung der Arbeit erfolgt auf der Strecke unter mäßigen Verlusten und ohne alle oft lästigen Nebenerscheinungen, wie Lärm, Wärmeentwicklung u. s. w. Auch sind bei solider Anlage der Leitung Betriebsstörungen wenig zu befürchten. Endlich ist der Betrieb einfach, insbesondere die Bedienung des Motors, und das Arbeiten des letzteren erfolgt in so reinlicher und wenig störender Weise, dass man auch in bewohnten Räumen Motoren von mehreren Pferdestärken Leistung laufen lassen kann, ohne Belästigungen befürchten zu müssen.

§ 25. Als **Motoren** oder sekundäre Maschinen dienen im allgemeinen dieselben Maschinen, welche geeignet sind, durch Bewegung elektrische Ströme zu erzeugen. Es erübrigt daher nur, zu untersuchen, wie die Bewegung des Ankers zustande kommt, wenn Strom in richtiger Weise durch die Maschine geschickt wird.

Wir hatten Seite 4 gesehen, dass in einem Draht elektromotorische Kräfte erzeugt werden, wenn er quer durch ein magnetisches Feld geführt wird. Kommt ein Strom zustande, indem durch Verbindung der Drahtenden der Stromkreis geschlossen wird, so treten Kräfte auf, welche den Draht an seiner Bewegung zu

hindern streben. Es ist also Kraft und mithin Arbeit erforderlich, um den in sich geschlossenen Draht durch das magnetische Feld zu führen. Diese selben Kräfte sind es, welche den Draht zu bewegen streben, wenn ihm von einer äußeren Elektrizitätsquelle Strom zugeführt wird. Diese Kräfte sind mithin der Bewegungsrichtung entgegengesetzt, welche der Draht annehmen müsste, um aus sich selbst heraus einen Strom in der gleichen Richtung wie die äußere Elektrizitätsquelle zu erzeugen.

Denken wir uns den Anker einer Magnetmaschine zwischen den Polflächen ihrer Stahlmagnete sich drehend, so wird bei geschlossenem äußerem Stromkreis ein Strom entstehen, dessen Richtung der Drehungsrichtung nach bestimmten Gesetzen entspricht und mit dieser wechselt. Schickt man aber von einer äußeren Elektrizitätsquelle Strom durch den Anker, so wird die Drehungsrichtung stets die entgegengesetzte von derjenigen sein, die nöthig wäre, damit der Anker selbst Strom von der gleichen Richtung erzeugte; siehe S. 5. Mit dem Wechsel der Stromrichtung wechselt bei gleichbleibenden Feldmagneten auch die Drehungsrichtung des Ankers und ebenso wechselt die Drehungsrichtung mit einer Umkehr der Pole der Feldmagnete, wenn der Ankerstrom seine Richtung beibehält. Wenn nun der Anker unserer Magnetmaschine unter der Wirkung des ihn durchfließenden Stromes sich dreht, so erzeugt er seinerseits eine elektomotorische Kraft, welche nach dem vorher Gesagten die entgegengesetzte Richtung haben muss wie der Strom. Diese elektomotorische Kraft sucht also die Stromintensität herunterzudrücken. Schickt man demnach bei konstanter Spannung zwischen den Bürsten Strom durch den Anker, so wird die Stromstärke, solange der Anker in Ruhe ist, eine verhältnismäßig große sein, entsprechend dem Bruch Spannung durch inneren Widerstand des Ankers. Überlässt man aber den Anker frei sich selbst, so beginnt er zu rotiren und die Stromstärke sinkt immer mehr, je größer die Geschwindigkeit wird. Bei Leerlauf wird letztere so weit wachsen, bis die Stromstärke nahezu gleich Null und die elektomotorische Gegenkraft nahezu gleich der Spannung zwischen den Bürsten geworden ist. Über einen bestimmten Punkt aber kann die Umlaufszahl nicht steigen, denn es muss immer eine gewisse Stromstärke übrig bleiben, um die zur Überwindung der Reibung notwendigen Kräfte zu erzeugen. Der Motor kann also nicht unendlich schnell bei gegebener Spannung rotiren, er kann nicht durchgehen, vielmehr entspricht jeder Spannung eine maximale Geschwindigkeit. Belastet man den Motor nun, so wird sich alsbald seine Geschwindigkeit verringern, die elektomotorische Gegenkraft ab- und die Stromstärke mithin zunehmen. Da aber in dem konstanten magnetischen Felde die Zugkraft der Stromstärke proportional ist, so wird erstere wachsen, und nach einiger Zeit Gleichgewicht zwischen Belastung und Zugkraft eintreten, worauf die Geschwindigkeit wieder konstant bleiben wird. Mit zunehmender Belastung wächst also Zugkraft und Stromstärke, während die Geschwindigkeit ein wenig abnimmt.

Nicht ganz so einfach sind die Verhältnisse bei den Dynamomaschinen, weil hier das magnetische Feld nicht konstant ist, sondern erst durch den Strom hervorgerufen wird und mit diesem an Intensität variirt. Bei der reinen Dynamoschaltung, d. h. den Reihenschaltungsmaschinen (S. 13) liegen Anker und Schenkelwicklung hinter einander und man ersieht leicht aus Fig. 66, dass die Maschine bei der gleichen Stromrichtung als Motor *b* in entgegengesetzter Richtung laufen muss, wie als Stromerzeuger *a*, weil die Schenkel beide Male

in der gleichen Richtung magnetisirt werden. Wenn nun durch den unbelasteten Motor Strom bei konstanter Klemmenspannung geschickt wird, so muss wieder die durch seine Rotation erzeugte elektromotorische Gegenkraft eine bestimmte Größe, nämlich nahezu die der Klemmenspannung erreichen, damit die Stromstärke und mithin die Zugkraft auf ein geringes Maß heruntergedrückt wird. Mit der Stromstärke nimmt aber gleichzeitig die Stärke des magnetischen Feldes ab und je geringer diese letztere ist, um so schneller muss der Motor sich drehen, um eine bestimmte elektromotrische Kraft zu erzeugen. Er setzt sich daher mit großer Kraft in Bewegung und nimmt dann bei Leerlauf eine sehr große Geschwindigkeit an, wobei Stromstärke und Zugkraft nahezu auf Null sinken: er hat mithin das Bestreben durchzugehen. Andererseits wächst mit der Belastung infolge des Sinkens der Geschwindigkeit und der elektromotorischen Gegenkraft die Stromstärke und besonders die Zugkraft schnell. Wird der Strom indessen gleichfalls von einer Reihenschaltungsmaschine geliefert, welche nur diesen einen Motor betreibt, so bleibt bei konstanter Geschwindigkeit der ersten auch die Umlaufszahl der zweiten Maschine nahezu dieselbe, wie auch die Belastung sein möge. Denn wenn bei einer Entlastung des Motors dessen Geschwindigkeit steigt, so nimmt mit abnehmender Stromstärke auch die Intensität des magnetischen Feldes der primären Maschine ab und die elektromotorische Kraft der primären Maschine sinkt, während die entgegengesetzt gerichtete der sekundären steigt. Immer aber variiert die Zugkraft des Reihenschaltungsmotors sehr stark, weil sie annähernd proportional dem Quadrat der Stromstärke ist. Er eignet sich daher vorzüglich zu solchen Betrieben, welche sehr variable Kraft erfordern, wie z. B. die elektrischen Lokomotiven.

Fig. 66.

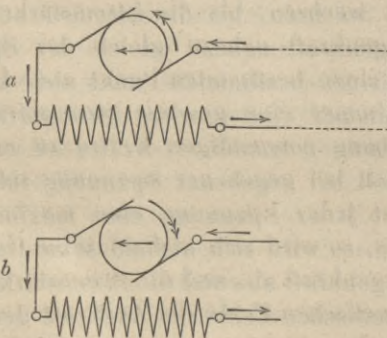
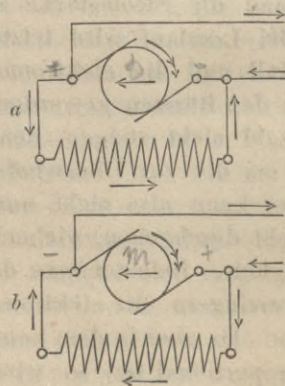


Fig. 67.



Bei der Nebenschlussmaschine liegen Anker und Schenkelwicklung parallel zu einander und bei derselben Stromrichtung im Anker wird die Stromrichtung in den Schenkeln eine andere sein, je nachdem die Maschine den Strom von außen erhält oder selbst hervorbringt, wie aus Fig. 67 leicht ersichtlich ist. Daher ist die Drehungsrichtung der Nebenschlussmaschine als Stromerzeuger *a* und als Motor *b* dieselbe, wenn der Anker und der äußere Stromkreis beide Male vom Strom in der gleichen Richtung durchflossen werden. Ist die Nebenschlussmaschine als Motor in regelrechtem Betriebe, so ist bei konstanter Klemmenspannung die Feldstärke auch konstant und die Maschine verhält sich bei Belastungsänderungen

genau wie eine Magnetmaschine. Sie kann nicht durchgehen und verändert ihre Geschwindigkeit weit weniger als die vorher besprochene Reihenschaltungsmaschine. Besonders bei größeren Maschinen bleibt die Umlaufzahl bei konstanter Klemmenspannung nahezu dieselbe, wie auch die Belastung sein möge. Mit dieser steigt und sinkt die Stromstärke, und der Energieverbrauch ist der erzeugten Arbeit proportional. Die Verwendung dieser Motoren empfiehlt sich deshalb überall da, wo konstante Umlaufzahlen erforderlich sind, wie z. B. zum Betrieb von Werkzeugmaschinen. Das Angehen dieser Dynamomaschinen ist indessen mit Schwierigkeiten verknüpft. Solange nämlich der Anker still steht oder sich nur langsam dreht, fällt die elektromotorische Gegenkraft fort und die Klemmenspannung ist nur gleich dem Spannungsverlust im Anker, welcher durch das Produkt aus der Stromstärke in den Widerstand desselben ausgedrückt wird. Soll die Klemmenspannung, von der doch allein der Strom in den Schenkeln, also der Magnetismus abhängt, eine nennenswerte Größe haben, so muss die Stromstärke im Anker unverhältnismäßig groß werden, was den Maschinen und Leitungen schädlich werden könnte, wenn die primäre Maschine überhaupt imstande ist, solche Ströme hervorzubringen. Es empfiehlt sich daher, eine gemischte Schenkelwicklung zu verwenden, in der Art, dass man noch außer der Nebenschlusswicklung einige Windungen starken Drahtes anbringt, welche hinter den Anker geschaltet sind und daher vom Hauptstrom durchflossen werden. Diese zweite Wickelung muss die erste in ihrer magnetisirenden Wirkung unterstützen. Sie erleichtert das Angehen, bewirkt aber, dass die Variationen in der Geschwindigkeit nunmehr wieder größere werden.

Ein weiteres Mittel, die Nebenschlussmaschine zum Angehen zu bringen, liegt in der Benutzung von Regulirwiderständen, deren Verwendung später besprochen wird. Durch eine Gegenschaltung beider Wickelungen, d. h. bei Verwendung der primären Maschine mit gemischter Wickelung als Motor kann man völlig konstante Tourenzahlen bei verschiedener Belastung erreichen. Die vorher erwähnten Mängel der Nebenschlussmaschine verstärken sich dadurch aber noch mehr und die Verwendung so bewickelter Motoren ist in der Praxis wenig empfehlenswert.

Während übrigens bei der Dynamomaschine als Stromerzeuger eine bestimmte Richtung des Stromes im Anker und in den Schenkeln erforderlich war, um die Maschine zum Angehen zu bringen (S. 7), läuft der Motor bei beliebiger Schaltung und zwar bleibt seine Drehungsrichtung dieselbe, wenn die Pole vertauscht werden, weil dann Anker und Schenkel beide in entgegengesetzter Richtung magnetisirt werden.

Eine Eigenschaft haben alle Motoren gemeinsam; da die in ihnen in Wärme umgesetzte und daher unbenutzbare Energie dem Widerstande proportional ist, so sucht man diesen möglichst klein zu machen. Dies hat aber zur Folge, dass beim Angehen des Motors leicht unverhältnismäßig starke Ströme durch ihn hindurchgehen, bis die elektromotorische Gegenkraft bei der richtigen Geschwindigkeit hinreichende Größe erlangt hat und den Strom abschwächt. Sofern daher an der primären Station nicht dafür gesorgt wird, dass der abgegebene Strom eine bestimmte Größe nicht überschreitet, müssen in den Stromkreis Regulirwiderstände eingeschaltet werden, um ein allzustarkes Anwachsen der Stromstärke zu verhindern. Hierin ähneln die Motoren durchaus den Bogenlampen, welche gleichfalls Beruhigungswiderstände (S. 43 und 60) verlangen. Diese Regulirwiderstände, mittels welcher man nun weiter auch Geschwindigkeit und Zugkraft einstellen kann, sind je nach der Art

der Schaltung des Motors verschieden anzubringen. Bei den Reihenschaltungsmaschinen liegen sie mit ihnen in demselben Stromkreis, Fig. 68. Je mehr Widerstand eingeschaltet wird, um so schwächer wird der Strom, um so geringer also

Fig. 68.

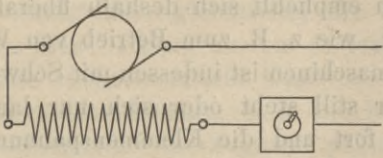
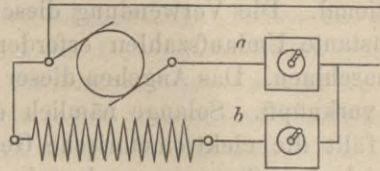


Fig. 69.



auch die Arbeitskraft der Maschine. Bei der Nebenschlussmaschine ist der Regulirwiderstand a nach Fig. 69 so einzuschalten, dass ein Teil des Stromes durch ihn und den Anker, der andere Teil durch die Schenkelwicklung fließt. Zur Ausgleichung von Widerstandsschwankungen infolge von Temperaturdifferenzen kann in den letzteren Zweig ein zweiter Regulirwiderstand b eingeschaltet werden. Der erstere Widerstand wird besonders benutzt, um beim Angehen der Maschine den Ankerwiderstand zu vermehren und den Schenkeln dadurch mehr Strom zuzuführen; der letztere zur genauen Einstellung der Geschwindigkeit beim Betriebe, nachdem der erstere ausgeschaltet ist. Beide Widerstände werden in demselben Kasten untergebracht und die Einrichtung so getroffen, dass mit ein- und derselben Schleifkurbel zuerst der Widerstand vor dem Anker ausgeschaltet und dann beim Weiterdrehen der Kurbel allmählich mehr und mehr Widerstand in die Schenkelwicklung eingeschaltet wird.

Das Abstellen des Motors geschieht am besten, indem man die primäre Maschine zum Stillstand bringt. Wenn dies nicht gestattet oder wie bei Accumulatorenbetrieb unmöglich ist, muss man in den Stromkreis Regulirwiderstände einschalten, welche den Strom abdämpfen, bevor man ihn unterbricht. Den Motor bei starkem Strom auszuschalten, ist wegen der starken Funken, die dabei auftreten, nicht empfehlenswert. Die Funkenbildung beim Öffnen eines Stromkreises ist einerseits von der elektromotorischen Kraft im Stromkreise, ganz besonders aber davon abhängig, wie viel Magnetismus dabei zum Verschwinden gebracht wird. Man erhält daher einen ungleich stärkeren Funken, wenn man den vollen Strom eines Motors von einer Pferdestärke unterbricht, als wenn man eine Bogenlampe ausschaltet, welche dieselbe Energie verbraucht, weil hier der Stromkreis nur geringe magnetische Massen enthält. Will man daher die Möglichkeit haben, schnell auch stärkere Ströme zu unterbrechen, so wendet man Flüssigkeits- oder Kohlen-ausschalter an. Beide haben gemeinsam, dass bei geschlossenem Ausschalter der Strom durch einen soliden metallischen Kontakt von genügender Größe geht und dass beim Öffnen des letzteren dem Strome vorläufig noch ein anderer Weg bleibt. Der Flüssigkeitsausschalter besteht etwa aus einem Gefäß mit metallischem Boden, welches konzentrierte Kupfervitriollösung und in dieser ein durchlöcheretes Hohlgefäß aus Kupfer enthält, welches gegen den Boden gepresst ist. Der Strom tritt durch den letzteren in das Kupfergefäß und durch Schleifkontakte in die Leitung. Wird das Kupfergefäß gehoben, so muss der Strom die Flüssigkeit durchlaufen, deren Widerstand mit der Entfernung des Gefäßes vom Boden zunimmt. Wird es ganz aus der Flüssigkeit herausgehoben, so bleibt dem Strome für kurze Zeit noch ein

Weg von hohem Widerstande durch die Strahlen der aus dem Gefäß herauslaufenden Flüssigkeit. Die Flüssigkeiten leiten indessen so schlecht, dass beim Abheben des Gefäßes vom Boden doch schon eine starke plötzliche Widerstandszunahme und in Folge davon Induktionsstöße bemerkbar sind. Daher wählt man neuerdings lieber Kohlenausschalter, welche dem Strom nach dem Öffnen des metallischen Kontaktes noch den Übergang zwischen zwei auf einander gepressten Kohlenstiften, wie sie zum Bogenlicht verwendet werden, gestatten. Werden dann allmählich die Kohlen von einander entfernt, so entsteht ein Lichtbogen von oft bedeutender Länge, durch dessen Erlöschen auch der Strom vollends unterbrochen wird. Die Kohlen verzehren sich allmählich und müssen daher von Zeit zu Zeit erneuert werden.

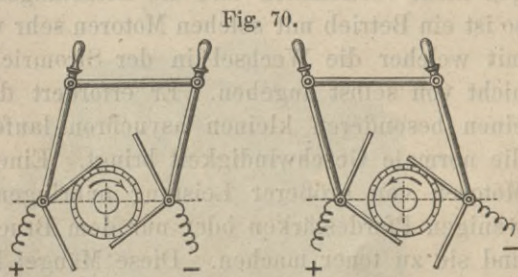
Um bei Reihenschaltungsmaschinen als Stromerzeugern ein zu starkes Anwachsen der Stromstärke zu verhindern, werden selbstthätige Ausschalter verwendet, welche die Schenkelwicklung der primären Maschine kurz schließen und letztere dadurch ohne Funkenbildung stromlos machen; siehe S. 41 und Fig. 35. Diese Ausschalter werden in der Regel automatisch gemacht und durch einen Steuerapparat beim Anwachsen der Stromstärke über einen Maximalwert in Thätigkeit gesetzt.

Die Umsteuerung des Motors wird in der Regel durch die Änderung der Stromrichtung im Anker desselben bewirkt. Von zwei diametral gestellten Bürstenpaaren wird zu dem Zweck durch den Umsteuerungshebel das eine Paar abgehoben und das andere aufgelegt und umgekehrt, während in der Mittelstellung des Hebels keines von beiden den Kommutator berührt. Wie aus der Fig. 70 ersichtlich ist, hat der Strom im Anker entgegengesetzte Richtungen, je nachdem er durch das eine oder das andere Bürstenpaar ein- bzw. austritt.

Der Umsteuerungshebel wird ferner mit der Kontakteinrichtung eines Regulirwiderstandes so verbunden, dass zunächst durch Drehung desselben mehr und mehr Widerstand eingeschaltet wird, bis endlich der Strom so weit abgeschwächt ist, dass die Bürsten ohne starke Funkenbildung abgehoben werden können. Beim Weiterdrehen aus der Mittelstellung wird derselbe Widerstand nach und nach wieder eingeschaltet.

Bei der Anordnung der Umsteuerungsvorrichtung ist zugleich auf die Bürstenverstellung Rücksicht genommen, ohne die am Kommutator Feuer auftreten würde. Während bei den primären Maschinen eine Verdrehung der Berührungspunkte der Bürsten mit dem Kommutator im Sinne der Rotation des Ankers erfolgen muss, wie S. 14 erläutert, ist sie hier entgegen der Drehungsrichtung des Ankers vorzunehmen, weil bei gleicher Richtung des Stromes im Anker und in der Schenkelwicklung der Motor umgekehrt läuft wie der Stromerzeuger.

Der Wirkungsgrad der Übertragung ist bei dem hohen Nutzeffekt, welchen die Maschinen heutzutage erreichen, ein vorteilhafter. Mittelgroße Maschinen geben 90 % der ihnen in Form von mechanischer Arbeit zugeführten Energie als elektrische Arbeit wieder ab und umgekehrt. Abgesehen von den Verlusten in der Leitung kann daher leicht ein Wirkungsgrad der Arbeitsübertragung von



90 % \times 90 % gleich rund 80 % erreicht werden. Die von der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführte Anlage Kriegstetten-Solothurn, siehe S. 101, ist z. B. eingehenden Messungen von einwurfsfreier Seite unterzogen worden und hat bei einer Übertragung von ca. 22 HP auf 8 km einen Wirkungsgrad bis zu 75 % ergeben.

Auch die gewöhnlichen Wechselstrommaschinen lassen eine Arbeitsübertragung zu. Schickt man durch den Anker einer Siemens'schen Wechselstrommaschine (S. 16) einen konstanten Strom, so werden die Spulen das Bestreben haben, sich jedesmal zwischen diejenigen einander gegenüberstehenden Elektromagnete zu stellen, zwischen denen die Kraftströmung denselben Sinn hat wie in den Spulen selbst. Jede Verdrehung nach der einen oder anderen Richtung ruft Widerstandskräfte hervor. Bei konstantem Strom sind daher die drehenden Kräfte je nach der Stellung des Ankers verschieden gerichtet. Hierin liegt die Schwierigkeit der Arbeitsübertragung mit Hilfe dieser Maschinen, denn wenn Wechselstrom im Anker cirkuliert, muss offenbar auch Koineidenz der Stromrichtungen mit gewissen Stellungen des Ankers stattfinden, damit die drehenden Kräfte stets in gleicher Richtung wirken. Der Strom muss sich jedesmal genau dann umgekehrt haben, wenn eine Spule von einem Elektromagnetpaar in die entsprechende Lage zum nächsten Elektromagnetpaar vorgeschritten ist. Der Motor läuft also nur „synchron“. Kommt der Anker bei plötzlichen Belastungsvergrößerungen durch Verlangsamung seiner Geschwindigkeit aus dieser Koineidenz zu weit heraus, so wirken die magnetischen Kräfte hemmend, statt antreibend und der Motor kommt ganz zum Stillstand. Dasselbe tritt ein, wenn die Belastung über ein gewisses Maß hinausgeht, da er nicht wie der Gleichstrommotor mit langsamerer Geschwindigkeit laufen kann. Handelt es sich um Betriebe, bei denen außergewöhnliche Beanspruchungen nicht vorkommen und die Belastungsänderungen nicht zu plötzlich erfolgen, so ist ein Betrieb mit solchen Motoren sehr wohl möglich. Bei der Geschwindigkeit, mit welcher die Wechsel in der Stromrichtung erfolgen, kann der Motor ferner nicht von selbst angehen. Er erfordert daher eine besondere Vorrichtung, etwa einen besonderen kleinen asynchron laufenden Motor, der ihn bei Leerlauf auf die normale Geschwindigkeit bringt. Eine solche Vorrichtung lässt sich wohl bei Motoren von größerer Leistung anbringen, sie würde aber kleine Motoren von wenigen Pferdestärken oder nur dem Bruchteil einer solchen zu sehr komplizieren und sie zu teuer machen. Diese Mängel haben bis jetzt eine praktische Verwendung ausgeschlossen. Der gewöhnliche Gleichstrommotor läuft allerdings auch mit Wechselstrom betrieben, indessen ist seine Wirkungsweise dann so ungünstig, dass seine Verwendung sich nicht empfiehlt. Wir übergehen hier die vielfachen Versuche, durch geschickte Anordnungen und Kombinationen diese Schwierigkeiten zu überwinden, weil alle diese Motoren aus dem Laboratorium noch nicht in die Praxis hinausgetreten sind, und befassen uns im Folgenden nur mit den Gleichstrommotoren.

Wie schon erwähnt, besteht zwischen den als Stromerzeugern und als Motoren verwendeten Dynamomaschinen betreffs der Bauart kein wesentlicher Unterschied, da die magnetische Disposition der Maschinen in beiden Fällen denselben Bedingungen unterliegt. Man wird daher schon aus äußeren Gründen für die primären wie für die sekundären Maschinen einer Anlage dieselbe Type nehmen, vielleicht von verschiedener Größe. Wo es auf geringes Gewicht ankommt, wird

man dem Schmiedeisen vor dem Gusseisen den Vorzug geben, weil ersteres mehr Magnetismus aufnimmt. Dagegen sind für die Kleinmotoren eine Reihe von Maschinen entstanden, bei welchen unter Wahrung eines günstigen Wirkungsgrades das Bestreben nach Einfachheit, kompendiösem und gefälligem Bau und geringem Gewicht ganz besonders erkennbar ist. Diese Motoren dürften berufen sein, besonders bei Centralen eine wichtige Rolle zu spielen. In Amerika entstanden mehrere Motoren, welche für sehr kleine Arbeitsleistungen, z. B. zum Betrieb von zahnärztlichen Bohrmaschinen u. dergl. bestimmt waren und durch Batteriestrom gespeist werden sollten, wie z. B. der Griscom-Motor, welcher einen Siemens'schen Doppel T-Anker enthält. Derselbe war gefällig gebaut, auch war sein Nutzeffekt in Anbetracht seiner Kleinheit befriedigend, doch hatte er den Fehler, häufig auf dem toten Punkte stehen zu bleiben. Vielfache Verbreitung hat in Amerika der Motor von Sprague gefunden, den Fig. 9, Taf. V in äußerer Ansicht darstellt. Er hat die Form der Manchester-Dynamomaschine von Mather & Platt, Fig. 2, i. Die beiden durch die Spulen der Feldmagnete hervorgerufenen Kraftströmungen sind gleich gerichtet, sodass einerseits die Grundplatte, andererseits das obere Joch die Pole enthalten, zwischen denen der Trommelanker rotirt. Die Schenkel enthalten eine Nebenschlusswicklung, daneben einige vom Hauptstrom durchflossene Windungen, welche im entgegengesetzten Sinne magnetisiren. Hierdurch lässt sich völlige Konstanz der Geschwindigkeit bei verschiedenen Belastungen erreichen, wie S. 91 erwähnt ist.

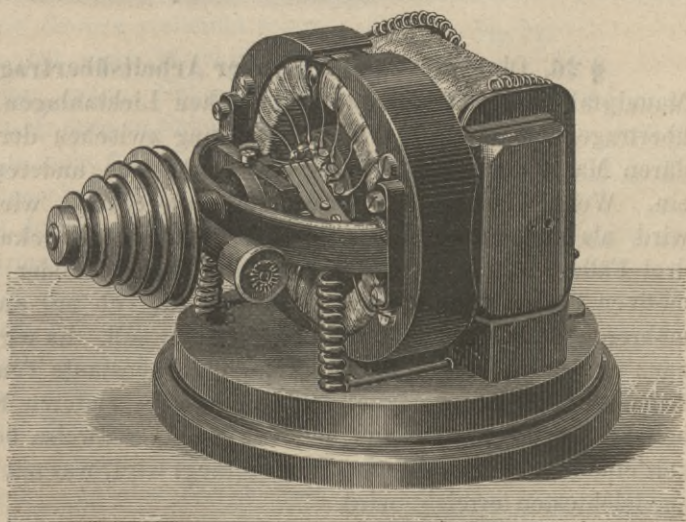
Der Gramme'sche Motor, Fig. 14, Taf. V, besitzt zwei liegende Feldmagnete, welche den seitwärts gelagerten Anker an zwei entgegengesetzten Seiten von außen umfassen.

Fig. 71 zeigt den sogenannten *K*-Motor von Siemens & Halske, welcher in vier verschiedenen Größen von 01,—1 HP gebaut wird. Ein liegender Elektromagnet aus Schmiedeisen trägt zwei sichelförmige gusseiserne Polschuhe, zwischen denen als Anker ein Gramme'scher Ring rotirt.

Der Motor der Allgem. Elektrizitätsgesellschaft enthält in der Regel 4 Elektromagnete, welche in radialer Richtung innen an einen eisernen Ring geschraubt sind; zwischen den Polflächen derselben dreht sich als Anker ebenfalls ein Gramme'scher Ring.

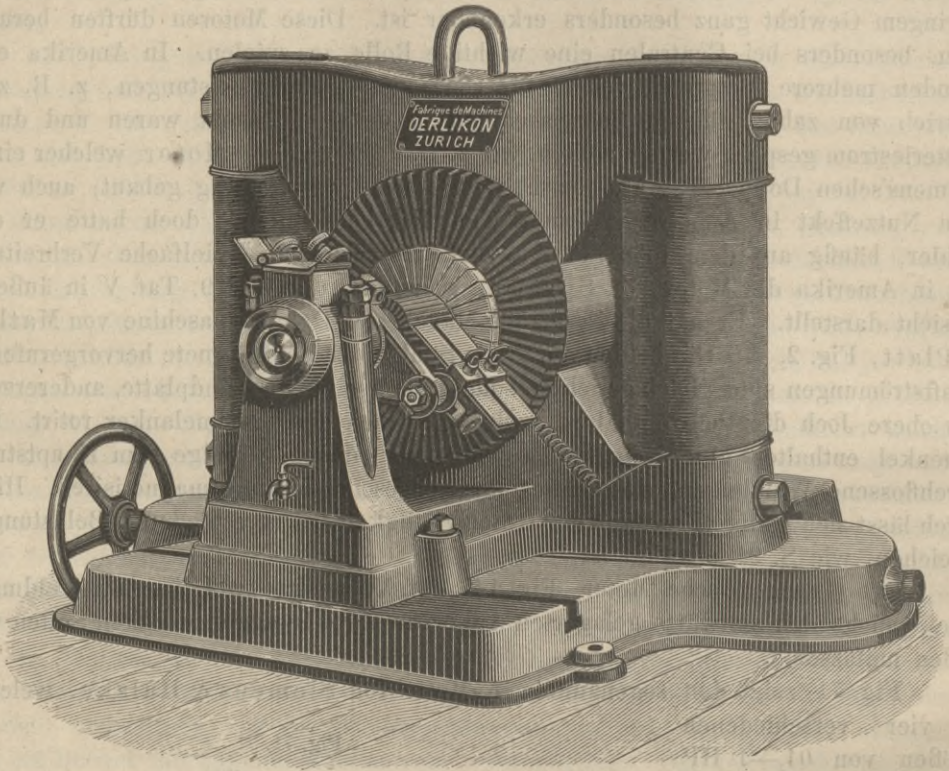
Die in Fig. 72 abgebildete Maschine Oerlikon gehört ebenfalls wie der vorher beschriebene Motor von Sprague dem Typus der Manchester-Maschine an. Ihr Anker ist mit Trommelwicklung versehen. Mit dieser Maschine sind mehrere

Fig. 71.



größere Kraftübertragungen ausgeführt worden, von denen S. 101 die bei Solothurn näher besprochen wird.

Fig 72.



§ 26. Die Anlagen elektrischer Arbeitsübertragung bieten kaum geringere Mannigfaltigkeit dar als die elektrischen Lichtanlagen. Außer der Größe der zu übertragenden Arbeit und der Entfernung zwischen der primären und der sekundären Maschinenstation wirken eine Reihe von anderen Bedingungen maßgebend ein. Wenn wir auch die stromerzeugende Station, wie es meistens der Fall sein wird, als stationär voraussetzen, so bleiben für die sekundären Maschinen noch die drei Fälle stationärer oder lokomobiler Anlagen oder endlich elektrischer Lokomotiven übrig. Eine weitere Frage ist die, ob nur an einer oder gleichzeitig an mehreren Stellen Arbeit abgegeben werden soll. Es wird ferner bei vielen Anlagen ganz wesentlich sein, dass der Motor eine konstante Tourenzahl innehält, wozu der Nebenschlussmotor geeignet ist, wogegen in anderen Fällen die Geschwindigkeit beliebig variiert werden soll und wenigstens zeitweise bei geringerer Geschwindigkeit eine sehr bedeutende Zugkraft verlangt wird, was mit Reihenschaltungsmaschinen am leichtesten erreicht wird.

Die Wahl des Motors, der Spannung und des Systems der Stromzuführung erfolgt je nach den Umständen und dürften folgende Betrachtungen dafür einen Anhalt geben.

Für den Wirkungsgrad der Arbeitsübertragung ist die Wahl einer hohen Spannung vorteilhaft, besonders wenn größere Entfernungen zu überwinden sind.

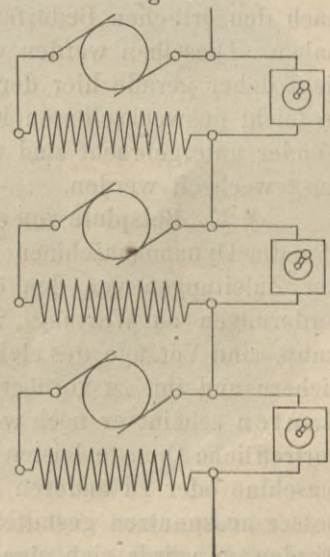
Soll dieselbe primäre Maschine auch zum Betriebe von Glühlampen in Parallelschaltung dienen, so kann man nicht weit über 120 Volt hinausgehen. In vielen Fällen wird sich aber bei geringeren Spannungen eine so teure Leitung ergeben oder ein so starker Energieverlust in dieser stattfinden, dass man die Spannung höher, 600—2000 Volt, wählen muss. Sind nur eine Primärmaschine und ein Motor vorhanden, so werden vielfach für beide Reihenschaltungsmaschinen verwendet. Sind aber mehrere Motoren von einer Maschine aus mit Strom zu versehen, so ist es das Gebräuchlichste, mit konstanter Spannung an der primären Maschine zu arbeiten und die Motoren, welche beliebige Größe besitzen können und je nach ihrer Leistung viel oder wenig Strom verbrauchen, sämtlich einander parallel zu schalten. Wie bei einer Anlage von parallel geschalteten Bogenlampen erhält jeder Motor seinen vorgeschalteten Widerstand, der hier indessen als Regulirwiderstand zur Verwendung kommt, wie S. 92 besprochen worden ist. Als einfachste Schaltung kann man hier wieder die Reihenschaltung anwenden, was namentlich bei kleinen Motoren gebräuchlich ist. Größere Motoren werden gewöhnlich als Nebenschlussmaschinen, eventuell mit zusätzlicher Hauptstromwicklung gebaut.

Je höher die Spannung, um so schwieriger wird die Herstellung der Maschinen. Bei hoher Spannung muss die Isolation sehr sorgfältig vorgenommen werden, sowohl der Drähte unter sich wie der Drähte gegen den Eisenkörper. Dadurch wird ein bedeutender Teil des Wicklungsraumes in Anspruch genommen, was die Leistung und den Wirkungsgrad der Maschinen herunterdrückt. Für den Anker und namentlich bei Nebenschlussmaschinen für die Schenkelwicklung muss feiner und daher verhältnismäßig teurer Draht verwendet werden, dessen Wickeln größere Sorgfalt erfordert als stärkerer Draht. Diese Umstände fallen erschwerend und vertuernd um so mehr ins Gewicht, je kleiner die Maschinen sind. Man kann daher sagen, dass für jede Maschinengröße eine Spannung existirt, oberhalb welcher es unmöglich oder doch ganz unrentabel ist, die Maschinen herzustellen. Für einen Motor von $\frac{1}{10}$ HP liegt diese Grenze vielleicht schon bei 100 Volt, während sie bei einer Maschine von 100 HP bei 2000 Volt liegen mag. Nebenschlussmaschinen lassen sich wegen der dünnen Nebenschlusswicklung der Feldmagnete nicht für so hohe Spannungen herstellen wie Reihenschaltungsmaschinen.

Man kann nun mit hochgespannten Strömen arbeiten, ohne die Sekundärmaschinen für hohe Spannungen einzurichten, wenn man die Motoren in Hintereinanderschaltung verwendet, wie es besonders in Amerika vielfach geschieht. Für hohe Spannung ist dann nur die größere Primärmaschine einzurichten. Die Größe der Motoren ist dabei auch noch beliebig; jeder wird von demselben konstant zu haltenden Strome durchflossen und absorbiert je nach seiner mechanischen Leistung eine größere oder geringere Spannung.

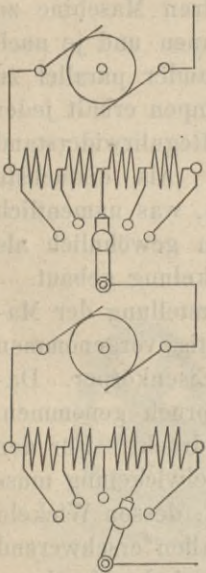
Hierzu eignet sich der Reihenschaltungsmotor, zu dem ein Regulirwiderstand parallel geschaltet werden muss, wie Fig. 73 angibt. Der Motor wird außer Betrieb gesetzt, indem man allen Widerstand ausschaltet.

Fig. 73.



Der Strom, welcher in diesem Falle konstante Intensität haben muss, umgeht nun den Motor und dieser bleibt in Ruhe. Schaltet man nach und nach Widerstand ein, so verzweigt sich der Strom; ein Teil geht durch den Widerstand, der andere durch den Motor, der sich dadurch in Bewegung setzt. Unterbricht man zuletzt den Strom im Regulirwiderstand, so geht der ganze Strom durch den Motor, der

Fig. 74.



nun seine volle Kraft entwickelt. Man kann auch dadurch den Motor mit veränderlicher Kraft laufen lassen, dass man die Schenkelwicklung in eine Reihe von Abteilungen zerlegt und von diesen eine geringere oder größere Anzahl kurz schliesst, d. h. außer Wirksamkeit setzt. Dies Verfahren ist in Fig. 74 schematisch dargestellt. Während der Anker stets den gleichen Strom von konstanter Stärke erhält, kann man das magnetische Feld nach Belieben verstärken oder abschwächen. Da es indessen Schwierigkeiten macht, die Motoren in Hintereinanderschaltung bei wechselnder Belastung mit konstanter Geschwindigkeit laufen zu lassen, so sind sie in der Regel mit einem Centrifugalregulator versehen, welcher die vorher besprochenen Regulirungen selbsttätig vornimmt.

Die Leitung unterscheidet sich bei stationären und lokomobilen Motoren nicht wesentlich von den Lichtleitungen. Vielfach werden Luftleitungen mit blanken Drähten benutzt. Bei dem Eintritt derselben in das Maschinenhaus und in die Räume, wo die Motoren aufgestellt sind, müssen Blitzableiter angebracht werden. Überall, wo Abzweigungen stattfinden, werden wie bei den Lichtleitungen Bleisicherungen zwischen-

geschaltet, deren Dimensionen etwas reichlicher zu bemessen sind, da beim Angehen der Motoren die Stromstärke leicht beträchtlich steigt. Zu den Motoren elektrischer Lokomotiven macht die Zuleitung des Stromes größere Schwierigkeiten, welche je nach den örtlichen Bedürfnissen zu verschiedenen Konstruktionen Anlass gegeben haben. Dieselben werden weiter unten eine eingehendere Besprechung finden. Es liegt daher gerade hier der Gedanke nahe, Accumulatoren zu verwenden, welche in leicht auswechselbaren Kästen auf der Lokomotive oder in einem besonderen Tender untergebracht sind und nach bestimmten Zeiträumen gegen frisch geladene ausgewechselt werden.

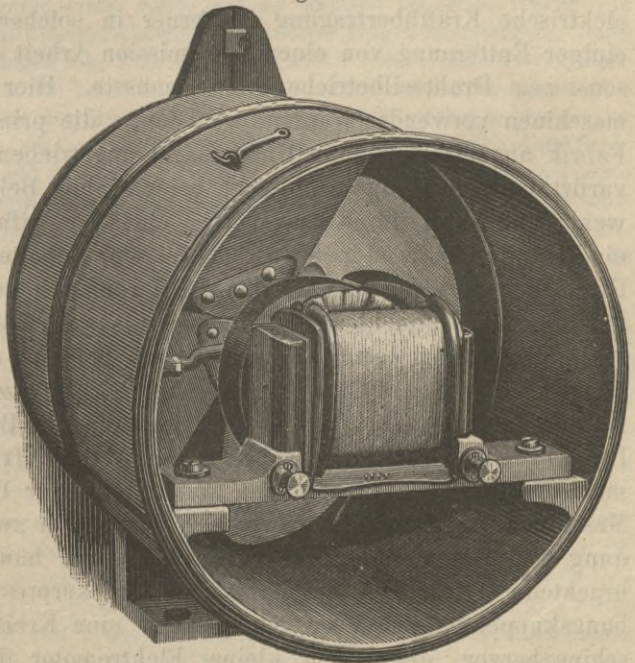
§ 27. Beispiele von elektrischen Arbeitsübertragungen. Der kompendiöse Bau der Dynamomaschinen, ihr geringes Gewicht, die weitgehende Unabhängigkeit der Zuleitungen von den örtlichen Verhältnissen und endlich die geringen Anforderungen an Wartung, welche auch von ungeschulten Leuten besorgt werden kann, sind Vorzüge des elektrischen Motors, die ihm eine weitgehende Verwendung sichern und ihn zu vorübergehenden Arbeitsleistungen sehr geeignet machen. Bei Bauten scheint er noch wenig verwendet worden zu sein, obwohl er gerade hier vortreffliche Dienste leisten würde und auch eine etwa für den Betrieb einer Lichtmaschine oder zu anderen Zwecken vorhandene Lokomobile bei weitem mehr und besser auszunutzen gestattete. Sollen die Motoren zugleich mit Lampen betrieben werden, so würde sich eine konstante Spannung von 65 oder 110 Volt und Parallelschaltung empfehlen, wodurch allerdings mehr Leitungen erforderlich werden. Besonders wertvoll erscheint die leichte Teilbarkeit der Energie, die ohne Schwierig-

keit überall da größere oder kleinere Motoren zur Mörtelbereitung, zu Aufzügen, Pumpen und Ventilatoren aufzustellen erlaubt, wo sich gerade ein Bedürfnis danach zeigt. Kleinere Motoren mit selbstthätiger Schmierung können viele Stunden ja selbst Tage lang ohne Aufsicht laufen, besonders wenn die Belastung einigermaßen konstant ist. Fast die einzige Sorgfalt, abgesehen von guter Isolation der Leitung, ist darauf zu verwenden, dass der Motor vor Nässe bewahrt bleibt. Hervorzuheben ist, dass ohne besondere Regulirvorrichtungen der Konsum des Motors an elektrischer Energie sich nach seiner Belastung richtet und mit dieser zu- und abnimmt. Der elektrische Aufzug z. B. unterscheidet sich hierdurch sehr vorteilhaft von dem hydraulischen, wie schon vor Jahren von W. v. Siemens und Hospitalier bemerkt worden ist. Denn bei letzterem ist in der Regel der Wasserdruck eine gegebene konstante Größe und es wird bei einem bestimmten Hube immer dieselbe Wassermenge, also auch dieselbe Energiemenge verbraucht, ob die Last groß oder gering ist.

Bei elektrischen Aufzügen kann man, wie es Siemens & Halske auf der Mannheimer Ausstellung 1880 mit Rücksicht auf die Sicherheit und Gefährlosigkeit gethan haben, den Motor wegen seines geringen Gewichtes im Fahrstuhl anbringen und ihn an der Bewegung Teil nehmen lassen. Wiegt doch ein Motor von 1 HP so wenig, dass ein Mann ihn bequem forttragen kann. ??

Der eben erwähnte Aufzug¹¹⁾ diente dazu, das Publikum auf einen Aussichtsturm von 20 m Höhe emporzuheben. Ein mit vertikaler Welle versehener Motor, Fig. 15—17, Taf. V, bewegt mittels Schnecke und zweier zu beiden Seiten derselben befindlicher Räder zwei Triebe, welche von zwei Seiten in eine starke Zahnstange oder richtiger Leiter aus Stahl eingreifen und dadurch den Motor auf- und abwärts bewegen. Die Ganghöhe der Schnecke ist so klein, dass bei Unterbrechung des Stromes ein Herabsinken des Fahrstuhles ausgeschlossen ist. Die Zahnstange besteht aus dreifachen Stahlblechen von etwa 5 mm Dicke und 60 mm Breite und aus vernieteten Sprossen aus Rundstahl von 15 mm Dicke, welche 35 mm Mittenabstand von einander besitzen. Diese Leiter ist oben und unten an starken Balken sicher befestigt. Ein auf dem Fahrstuhl befindlicher Hebel, der in Fig. 17 sichtbar ist, dient zur Umsteuerung der Maschine in der auf S. 93 besprochenen Weise. Der Motor ist in einen Kasten eingeschlossen und unterhalb der Plattform des Fahrstuhles untergebracht. Das Eigengewicht und die mittlere Belastung des Fahrstuhles ist durch ein Gegengewicht, welches an zwei Drahtbandseilen hängt, ausgeglichen. Der Strom wird der Maschine einerseits durch die Leiter und vier Führungsrollen

Fig. 75.



¹¹⁾ W. v. Siemens. Gesammelte Abhandlungen und Vorträge. Berlin. Springer. 1881.

und andererseits durch die Drahtseile zu- bzw. von ihr abgeführt. In den wenigen Wochen seiner Thätigkeit wurden etwa 8000 Personen ohne jede Störung auf und wieder hinab befördert. Die Geschwindigkeit betrug etwa 0,5 m in der Sekunde.

Mit Ventilatoren, die in der Regel eine hohe Tourenzahl erfordern, kann der Motor direkt gekuppelt werden. Eine derartige Kombination von Siemens & Halske zeigt Fig. 75. Der Elektromotor befindet sich mit dem auf seiner Ankerwelle befestigten, vierflügeligen Ventilator in einem cylindrischen Metallgehäuse, welches beiderseits mit herunterzuschlagenden Klappen versehen ist, damit man bequem alle Teile des Mechanismus erreichen kann. Der Ventilator ist mit selbstthätiger Schmiervorrichtung versehen und kann tagelang ohne Beaufsichtigung fortarbeiten.

Im Königlich sächsischen Steinkohlenbergwerk zu Zaukeroda wird seit 1883 eine Ventilationsanlage durch eine Dolgorucki-Dampfmaschine von 2,5 HP betrieben. Der Strom gelangt durch einen 780 m langen, 7,25 mm starken auf Porzellanisolatoren durch den Schacht und die Strecken geführten Kupferdraht zur sekundären Maschine. Die Rückleitung besteht zum Teil aus dem gleichen Drahte, zum Teil aus einem abgelegten 30 mm starken Förderdrahtseil. Der Motor setzt mittels Riemen den Ventilator so in Rotation, dass 500 Umdrehungen des letzteren 620 der Maschine entsprechen. Der Ventilator giebt hierbei 180 cbm Luft in der Minute ab, wenn keine Lutten angesteckt sind.

In Fabriken und Werkstätten sind besonders für geringere Arbeitsleistungen elektrische Motoren vielfach in Betrieb, jedoch gelangen Mitteilungen über derartige Anlagen in den seltensten Fällen in die Öffentlichkeit. Dreh- und Laufkrahne werden vielfach elektrisch betrieben, zumal die nachträgliche Anbringung der Motoren in vielen Fällen ohne Schwierigkeiten auszuführen ist. Die elektrische Kraftübertragung ist ferner in solchen Fällen zu empfehlen, wo in einiger Entfernung von einer Transmission Arbeit abgegeben werden soll und man sonst zum Drahtseilbetriebe greifen müsste. Hier können zwei Reihenschaltungsmaschinen verwendet werden, von denen die primäre von der Wellenleitung der Fabrik aus mit konstanter Umlaufzahl angetrieben wird. Wie wir gesehen haben, variiert dann die Umlaufzahl auch bei variabler Belastung der sekundären Maschine wenig und kann durch Anwendung eines Centrifugalregulators, mit dessen Hilfe ein Regulirwiderstand in den Stromkreis eingeschaltet wird, bis zu jedem gewünschten Grade konstant gehalten werden. Bei räumlich sehr ausgedehnten Fabrikanlagen dürfte es sich empfehlen, die Transmissionswellen der einzelnen Säle durch Nebenschlussmotoren zu betreiben, welche nach Belieben eingerückt und abgestellt werden können. Für den Fall, dass nur wenige Werkzeugmaschinen benutzt werden, würde hierdurch eine bedeutende Ersparnis an Betriebskraft ermöglicht werden. Die Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft zu Berlin hatte auf der diesjährigen deutschen allgemeinen Ausstellung für Unfallverhütung eine Reihe von Maschinen und Apparaten vorgeführt, welche in zweckmäßiger Weise die Verwendung von Kleinmotoren für gewerbliche und häusliche Zwecke zur Anschauung brachten. Wir heben besonders eine Druckerpresse, bei deren Antrieb eine Reibungskuppelung zur Verwendung kam, eine Kreissäge und endlich eine Nähmaschine hervor, deren sehr kleiner Elektromotor durch den Druck des Fußes auf ein Brett aus- und eingeschaltet wurde.

Bei Arbeiten in Gruben und Tunneln wird der elektrische Betrieb in vielen Fällen vortreffliche Dienste leisten, zumal wenn Electricität auch zu anderen Zwecken zur Verfügung steht. Hier ist die Konkurrenz mit dem Seil- und dem

Luftbetrieb aufzunehmen. Beiden gegenüber besitzt die elektrische Kraftübertragung insofern den Vorzug, als ihre Leitung von den Raumverhältnissen fast völlig unabhängig ist, während z. B. viele Krümmungen und Kniee den Nutzeffekt der pneumatischen Ferntransmission erheblich herunderdrücken. Die elektrische Energie lässt sich ferner leicht nach mehreren getrennten Stellen übertragen. Mitunter werden große Nässe oder die Besorgnis, dass Funkenbildung am Kommutator bei schlagenden Wettern gefährlich werden könnte, der Verwendung elektrischer Motoren entgegenstehen. Bohrmaschinen mit elektrischem Betrieb sind wiederholt konstruiert worden, doch ist uns eine Verwendung derselben in der Praxis nicht bekannt geworden. Wohl aber werden Ventilatoren, Pumpen, Göpel und Grubenbahnen schon vielfach elektrisch betrieben.

Nach einem Bericht in der Elektrotechn. Zeitschrift 1888¹²⁾ war ein von Siemens & Halske, Berlin, eingerichteter Göpel im Hammacher-Schacht zu Neustassfurt, Fig. 13, Taf. V, von Anfang November 1885 bis Ende März 1887 ohne Störung in Betrieb, worauf derselbe wegen Beendigung der Arbeiten eingestellt wurde. Eine über Tage vorhandene Dampfmaschine war von dem Schachte etwa 155 m entfernt. Von hier aus war eine Arbeitsleistung von 6 HP am unteren Ende des Schachtes in ca. 400 m Tiefe abzugeben. Zu dem Zwecke wurde eine Maschine (Type D_0) aufgestellt, welche bei 370 Volt Klemmenspannung 22 Ampère liefert. Die Leitung bestand bis zum Schachte aus blankem Draht, in demselben aus isolirter Leitung, welche in einen Holzkanal gebettet war. Die sekundäre Maschine war eine kleinere (D_1) von derselben Bauart, wie die primäre und wie diese mit gemischter Bewickelung der Feldmagnete versehen. Der Motor betrieb bei 1000 Touren in der Minute mittels eines Riemens und eines doppelten Zahnradvorgeleges die Seiltrommel, welche 1240 mm Durchmesser besitzt und bei normalem Gange 13,3 Umläufe in der Minute machte. Die Seilgeschwindigkeit betrug somit 0,864 m in der Sekunde. Die sekundäre Maschine war im Stande, auf der unter 40° geneigten schiefen Ebene von 155 m Länge alle 4 Minuten einen vollen 800 kg Material fassenden Wagen von 1200 kg Bruttogewicht hinaufzuziehen, während gleichzeitig ein leerer Wagen hinunterging. Darin ist 1 Minute für das An- und Abhängen der Wagen eingerechnet. Dies ergibt in der achtstündigen Schicht eine Förderung von 800 beladenen Hunden. Von der von der Dampfmaschine abgegebenen Arbeit wurden ca. 40 % an der Seiltrommel wieder gewonnen, wobei 5–6 % in der Leitung verloren gingen. Um beim An- und Abstellen des Motors, sowie beim Umsteuern des Motors den Strom allmählich zu- und abnehmen zu lassen, waren auch hier in einem kastenartigen Gehäuse Widerstände angebracht, welche gleichzeitig mit dem Steuerhebel in den Hauptstromkreis eingeschaltet wurden. Die Umsteuerung wurde in der S. 93 beschriebenen Weise mittels zweier Bürstenpaare bewirkt. Das Abteufen der einfallenden Strecke wurde bis nahe zu 132 m Tiefe bewerkstelligt und in dieser Tiefe die Arbeiten eingestellt.

Wir beschreiben im Folgenden noch einige größere ausgeführte Anlagen, von denen die erstere nur zur Arbeitsübertragung dient und durch eine große Reihe von Messungen, welche an ihr vorgenommen worden sind, bekannt geworden ist, während die andere zum gleichzeitigen Betriebe von Lampen und Motoren bestimmt ist.

Anlage Kriegstetten-Solothurn¹³⁾. Nach dem Entwurfe des Ingenieurs Brown ist von der Maschinenfabrik Oerlikon zwischen Kriegstetten und Solothurn eine Arbeitsübertragung ausgeführt, welche insbesondere wegen ihres günstigen Wirkungsgrades Beachtung verdient. Auf der primären Station Kriegstetten wird eine Wasserkraft von 30 bis 50 HP mittels einer Turbine auf zwei ganz gleiche Dynamomaschinen übertragen, welche bei 70 Umdrehungen eine elektromotorische Kraft von 1250 Volt und 15 bis 18 Ampère liefern. Der Strom wird mittels blanker Kupferleitungen von 6 mm Dicke 8 km weit den sekundären Maschinen zugeführt, welche ebenfalls unter sich gleich und von entsprechender Bauart wie die primären

¹²⁾ Elektrotechn. Zeitschrift, 1888. S. 42 ff.

¹³⁾ Prof. H. F. Weber, Elektrotechn. Zeitschrift, 1888. S. 78 ff. und Centralblatt für Elektrotechn., 1888. S. 164 ff.

Maschinen, aber etwas kleiner als diese sind. Alle Maschinen sind mit Reihenschaltung versehen und liegen in einem Stromkreis hinter einander. Von der Verbindung der beiden primären Maschinen unter einander führt ein gleich starker Draht zur entsprechenden Verbindung der sekundären Maschinen, sodass eine Art Drei-Leiter-System entsteht (siehe S. 61), welches verhindert, dass beim plötzlichen Stehenbleiben eines der Motoren der andere die doppelte Spannung erhält. Konstante Umdrehungszahl der primären Maschinen vorausgesetzt bleibt selbst bei stark wechselnder Arbeitsleistung die Tourenzahl der Motoren nahezu konstant. Der Wirkungsgrad der Anlage ist nach eingehenden Messungen im Mittel 70 %. Die Leitung ruht auf 180 von hölzernen Stangen getragenen Flüssigkeitsisolatoren von Johnson & Philips. Der untere Rand dieser Isolatoren ist nach innen und oben aufgebogen und bildet so eine ringförmige Rinne, welche mit einer vorzüglich isolirenden Flüssigkeit ausgefüllt wird. Beim Durchgang durch die Wände sind Kautschukröhren zur Isolation verwendet worden. Die Leitungen enthalten an jeder Station je einen Blitzableiter. Die primären Maschinen können durch automatische Kurzschließer, welche die Bewickelung der Elektromagnete kurz schließen (siehe S. 41) stromlos gemacht werden, während an der sekundären Station der Strom durch Flüssigkeitsausschalter geöffnet werden kann. Die Anlage funktioniert seit December 1886 in vollkommen störungsfreiem Gange.

In Weißenbach a. d. Tristing ist von Siemens & Halske in Wien eine gemischte Anlage ausgeführt, welche einen größeren Gebäudekomplex zu beleuchten und außerdem eine Cementmühle mit Betriebskraft zu versehen hat¹⁴⁾. Von der primären Station I aus (Fig. 6, Taf. VI) sind das Pensionsgebäude bei III, die Mühle bei II und die Villa mit weiteren Gebäuden bei IV zu beleuchten und die Sekundärmaschine bei II mit Strom zu versehen. Dabei sollte es möglich sein, beide Betriebe gleichzeitig zu führen und die sekundäre Maschine aus- und einzuschalten, ohne die Beleuchtung merklich zu beeinflussen. Zum Betriebe der primären Maschine dient eine Jonval-Turbine, welche bei einem Gefälle von 3 m und einer Wassermenge von 650—700 Litern pro Sekunde 20 Pferdekkräfte effektive Arbeit leistet (Fig. 7). Die Regulierung geschieht von Hand durch Einstellen der Wassereinlaufschütze S' , sowie auch durch Öffnen und Schließen eines Teiles der Zellen vermittels des Handrades n . Damit diese Regulierungen alle von einem Wärter und von einer Stelle aus besorgt werden können, ist eine Kettenübertragung angebracht, vermittels welcher das Schützenrad S' durch eine Kurbel bei S , welches sich in unmittelbarer Nähe des obenerwähnten Handrades n befindet, bewegt werden kann. Die Turbine macht 64 Touren und treibt mit Kegeiräderübersetzung die horizontale Welle W an, sodass dieselbe 145 Touren pro Minute macht und mittels Vorgelege bei V die bei P aufgestellte Maschine, Modell gH_8 mit 1000 Touren antreibt. Eine Leerscheibe gestattet das Ausrücken der Maschine, während das Schwungrad B zum Ausgleich von Schwankungen dient und überdies zu einer besonderen Bremsung Verwendung findet. Die Dynamomaschinen haben beide gemischte Wickelung und sind von gleicher Bauart. Die primäre liefert bei 130 Volt 90 Ampère, die sekundäre Maschine ist etwa halb so groß. Beide Maschinen besitzen Regulirwiderstände, welche in die Nebenschlusswicklung geschaltet sind, zum Einreguliren der Spannung bezw. der Geschwindigkeit.

Um bei unvorsichtigem, plötzlichem Ausschalten der sekundären Maschine eine erhebliche Erhöhung der Tourenzahl der Turbine zu verhindern, die den gleichzeitig in Betrieb befindlichen Glühlampen gefährlich werden könnte, ist an dem Schwungrad B eine Bremse, Fig. 8, angebracht, welche vom Maschinisten leicht mit veränderlicher Kraft in Thätigkeit gesetzt werden kann. Dazu ist nur nötig, das Gewicht q herunterzuziehen. Das Gewicht Q , welches durch q mittels einer Schnur und vier Rollen in jeder Lage am Hebel h gehalten wird, gleitet dann an diesem Hebel, der seinen Drehpunkt in l hat, aufwärts und drückt den Bremsklotz K gegen die Scheibe B . Durch diese einfache Vorrichtung können bis zu 16 HP, ohne bedeutende Erwärmung der Scheibe, dauernd abgebremst werden. An der primären Station befindet sich ein Strom- und ein Spannungszeiger, welcher letzterer die Spannung zwischen den Hauptleitungen an dem Punkte C , Fig. 6 anzeigt, an der sekundären Maschine ebenfalls ein Stromzeiger, ein vor den Motor geschalteter Widerstand und ein Flüssigkeitsausschalter; siehe S. 92. Die Leitung besteht aus oberirdisch geführtem blankem Kupferdraht.

Die Maschinen sind verstellbar auf Schienensystemen montirt zum richtigen Anspannen der Riemen. Die sekundäre Maschine steht auf einem in Traversen gewölbten in Cementsteinen

¹⁴⁾ Hoehenegg. Jahrbuch für Elektrotechnik. 1887. S. 147 ff.

ausgeführten Bau über dem Wasser. Sie arbeitet mittels eines Vorgeleges auf dieselbe Welle, welche von der daselbst befindlichen Turbine angetrieben wird, und kann durch Voll- und Leerscheibe je nach Bedürfnis aus- und eingerückt werden. Die Maschine wird bei geöffnetem Stromkreise eingerückt, sodass sie von der Transmission in Bewegung gesetzt wird. Entsprechend ihrer Tourenzahl wird sie eine gewisse elektromotorische Kraft entwickeln, welche mittels des Regulirwiderstandes in der Nebenschlusswicklung so eingestellt wird, dass sie dieselbe Größe besitzt, wie die Spannung der primären Maschine. Nun erst wird die Stromverbindung hergestellt und die sekundäre Maschine ganz allmählich zur Arbeitsleistung herangezogen, indem mittels des Regulirwiderstandes die Intensität der Feldmagnete verringert wird, sodass die elektromotorische Gegenkraft sinkt und die Maschine Strom aufnimmt. Umgekehrt wird die Maschine beim Abstellen erst stromlos gemacht und dann mit dem Flüssigkeitsausschalter der Stromkreis geöffnet.

§ 28. Elektrische Eisenbahnen. Eine der ältesten Anwendungen elektrischer Arbeitsübertragung ist die zum Betriebe von Eisenbahnwagen. Der elektrische Motor kann bei Straßenbahnen ohne Schwierigkeit unter dem Personenwagen untergebracht werden; nur wenn größere Zugkraft erforderlich ist oder wenn der Bedarf an elektrischer Energie in einer größeren Accumulatorenbatterie mitgeführt wird, ist eine besondere Lokomotive bzw. ein Tender erforderlich.

Der Motor ist schon der Raumersparnis halber in der Regel ein schnell laufender und macht daher eine Übersetzung seiner Umlaufzahl ins Langsame erforderlich, was häufig durch Zahnräder bewirkt wird. So besitzt z. B. die Grubenlokomotive von Zaukeroda, welche Fig. 9, Taf. VI, im Schnitt zeigt, eine zweifache Zahnradübersetzung und außerdem zwei konische Räder, weil die Welle der Dynamomaschine in der Längsrichtung des Wagens liegt. Da indessen hierbei Lärm und Stöße nicht leicht zu vermeiden sind, so haben Siemens & Halske in mehreren Fällen genutete Scheiben und sogenannte Stahlschnüre verwendet, d. h. Spiralen aus Stahldraht, welche etwa 8 mm Durchmesser besitzen. Von diesen sehr elastischen Schnüren laufen eine ganze Anzahl, etwa 13—14, über dieselben Scheiben. Wieder andere Konstrukteure verwenden Gliederriemen, Baumwollseile und Ketten, endlich Reckenzaun Schnecke und Zahnrad. Zu der weiteren Ausrüstung der elektrischen Lokomotiven bzw. Straßenwagen gehört die Umsteuerungsvorrichtung, welche meistens wie S. 93 beschrieben ausgeführt ist, und der Regulirwiderstand, dessen Aus- und Einschalten meistens gleichfalls durch den Umsteuerungshebel bewirkt wird. Je nach der Art und Weise, wie dem Motor der Strom zugeführt wird, unterscheidet man verschiedene Systeme elektrischer Bahnen. Bei der Benutzung von Accumulatorenbatterien fällt die Hauptschwierigkeit, die Zuleitung des Stromes zum Wagen, fort, doch ist gerade dies System am wenigsten in Verwendung gekommen, weil die Accumulatoren noch ein zu großes Gewicht bei der erforderlichen Kapazität besitzen und bei der naturgemäß wenig sorgfältigen Behandlung zu leicht Schaden nehmen.

In Berlin war 1885/86 ein elektrischer Wagen von Reckenzaun¹⁵⁾ auf einer Strecke von 1,5 km in Betrieb. 60 Accumulatoren von 130 Ampère-Stunden Kapazität waren in zwei Reihen unter den Sitzplätzen untergebracht und mussten alle 2—4 Stunden ausgewechselt werden, was etwa 3 Minuten in Anspruch nahm. Der Wagen besaß zwei Motoren von 4—9 HP bei geringem Gewicht, welche nach Bedürfnis einzeln oder gemeinsam benutzt werden konnten. Die Regulirung der Geschwindigkeit erfolgte durch verschiedene Gruppierung der Motoren und Accumulatoren. Auf ebener gerader Strecke erforderte der Wagen etwa 5 HP, bei scharfen Kurven jedoch ganz bedeutend mehr. Das Gewicht des Wagens mit 30 Fahrgästen, Führer und Schaffner betrug 6 Tonnen. Auch in Hamburg waren längere Zeit zwei Wagen, System Julien-Huber, mit Accumulatorenbetrieb in Thätigkeit.

¹⁵⁾ Zacharias. Elektrotechnische Zeitschrift. 1886. S. 4.

Vielfach im Betriebe sind dagegen elektrische Bahnen mit direkter Zuleitung des Stromes, welcher in einer stationären Maschinenstation erzeugt wird. Das Einfachste ist, die beiden Schienen von einander zu isoliren, so gut es eben geht, und die eine als Hin-, die andere als Rückleitung zu verwenden. Natürlich müssen dann die Räder, welche auf der einen Schiene laufen, von denen auf der anderen Schiene gut isolirt sein, damit durch das Wagengestell kein Stromübergang stattfindet.

Dies System ist bei der ältesten elektrischen Bahn, der von Siemens & Halske angelegten zu Groß-Lichterfelde bei Berlin, gewählt worden. Die Bahn hat eine Länge von 2,4 km und eine Steigung von 1 : 100 auf 0,4 km. Eine Verlängerung der Bahn soll binnen Kurzem ausgeführt werden. An den Stößen sind die Schienen durch mit ihnen verlötete Kupferseile mit einander leitend verbunden. Für die Geleise ist ein besonderer Bahnkörper vorhanden. Die auf den Straßenübergängen liegenden Schienen sind, um das Publikum, Pferde etc. vor elektrischen Schlägen zu schützen, von der Leitung ausgeschlossen und statt ihrer Kabelstücke eingeschaltet, welche unter der Straße wegführen. Die Dynamomaschine erhält ihren Strom durch Bürsten, welche auf den Schienen schleifen. Es sind zwei Wagen vorhanden, von denen aber in der Regel nur einer läuft. Die Maschinenstation enthält zwei Dampfmaschinen von je 6 HP und zwei Dynamomaschinen, welche wie die Motoren Reihenschaltung besitzen. Die Spannung beträgt etwa 100 Volt.

Diese Methode hat mehrere Mängel. Sie kann nur da in Anwendung kommen, wo ein besonderer von Menschen und Thieren nicht betretener Bahnkörper zur Verfügung steht; ferner wird bei feuchtem Wetter ein bedeutender Stromübergang zwischen den Schienen nicht zu vermeiden sein. Dadurch wird aber auch die Benutzung höherer Spannungen ausgeschlossen, denn der Energieverlust wächst bei gleichem Widerstande proportional dem Quadrate der Spannung. Um diese Übelstände zu vermeiden, muss man wenigstens eine der Leitungen so führen, dass eine Berührung ausgeschlossen ist, während zur anderen Leitung die Schienen benutzt werden können. So entsteht zunächst das System mit oberirdisch geführter Zuleitung.

Nach diesem System sind eine Reihe von elektrischen Bahnen ausgeführt worden, von denen wir die zu Müdling bei Wien, Frankfurt a/M.—Offenbach, die Grubenbahnen in Zaukeroda, Beuthen und Neustassfurt, ferner die Linien Portrush und Bessbrook in Irland anführen. Diese Art der Stromzuführung ist auch bei elektrischen Hochbahnen die natürlichste.

Die eben genannten Grubenbahnen haben sich nicht blos durch die Annehmlichkeiten gegenüber dem Betriebe mittels Seil oder Pferden, sondern auch hinsichtlich des Kostenpunktes gut bewährt. Sie stimmen bezüglich der Maschinen, Leitungen u. s. w. im wesentlichen unter einander überein. Die Lokomotive, Fig. 9, Taf. VI, enthält eine liegend gebaute Dynamomaschine, welche ca. 1000 Umdrehungen in der Minute macht und ihre Bewegung, wie bereits erwähnt, mittels Zahnrädern auf die Laufräder überträgt. Sie ist 930 mm breit, 1500 mm hoch und zwischen den Buffern 2070 mm lang und hat 480 mm Radstand zwischen den Axenmitten. Ihr Gewicht beträgt 2174 kg und ihre Zugkraft rund 200 kg. An jedem Ende der Lokomotive befinden sich ein Sitz für den Führer und zwei Kurbeln, die eine zum Bremsen, die andere zum Ein- und Ausschalten des Stromes und zur Umsteuerung unter Benutzung zweier Bürstenpaare und eines oberhalb der Maschine untergebrachten Regulirwiderstandes. Die Leitung besteht aus 1 Schienen *S* von etwa 50 mm Breite, die bei 300 mm Abstand von einander an gusseisernen, am First der Decke befestigten Trägern *E* angebracht sind, wie Fig. 2, Taf. VI, erkennen lässt. In die Träger sind die Hartgummihülsen *h* eingelassen und in diese die Bolzen *b* eingeschweifelt. Auf den 1 Schienen schleifen die Kontaktvorrichtungen, Fig. 3—5, Taf. VI, welche mit je zwei bronzenen Backen *p* und den stählernen Schleifstücken *n* die Schienen umfassen, während eine Reihe von Federn *f* mit Stahlputzen *r* sich von unten gegen dieselbe legen.

In Neustassfurt befindet sich etwa 25 m vom Agatheschacht entfernt die Maschinenanlage, bestehend aus zwei Dampfmaschinen von ca. 20 HP und 2 Dynamomaschinen mit gemischter Bewickelung. Ersterer machen ca. 50 Touren in der Minute und treiben mittels Riemen die Dynamomaschinen an, die bei 650 Umläufen in der Minute 350 Volt und je bis zu 42 Ampère liefern. Der Strom wird zu den oben beschriebenen 1 Schienen in Kabeln durch den 300 m

Fig. 76.



tiefen Schacht und längs eines Querschlagtes von 83 m Länge geführt, von dessen Endpunkt im Streichen der Kalisalzlagerstätte die zur elektrischen Förderung eingerichteten Hauptstrecken von ca. 900 bzw. 650 m Länge in das Salz eingetrieben sind. Der Zug besteht aus der Lokomotive, einem Wasserwagen, welcher das zum Abspülen der auf den Schienen sich ansetzenden

Salzkruste nötige Wasser führt, und 16 Wagen von je 1200 kg Bruttogewicht, welche mit 3 m Geschwindigkeit bewegt werden.

Die elektrische Bahn Frankfurt a. M. - Offenbach hat gleichfalls oberirdische Stromzuführung, welche auf einem besonderen Gestänge angebracht ist. Fig. 76 zeigt eine Ausweiche- stelle der eingeleisigen Bahn. Der Strom wird durch geschlitzte Eisenrohre zugeleitet, welche noch von isolirt angebrachten Drähten zur Verminderung des Durchhangs in der Mitte zwischen den Pfosten getragen werden. Die Pfosten sind ca. 5,5 m hoch und stehen 30 m, bei Kurven weniger von einander entfernt. Von den geschlitzten Rohren wird der Strom durch Schleif- stücke, welche hier aus einfachen Eisenbolzen bestehen, abgenommen und durch Kabelstücke den Wagen zugeführt. Die Strecke hat eine Länge von 6,6 km. In Betrieb sind 14 Wagen; davon besitzen 10 Motoren. Die Betriebskraft wird von zwei Dampfmaschinen mit je 120 HP geliefert, welche 4 Dynamomaschinen von je 70 Ampère bei 300 Volt betreiben. Die Fahrge- schwindigkeit beträgt 12 km in der Stunde.

In den Straßen belebter Städte wird vielfach die eben besprochene Strom- zuführung nicht möglich sein; es bleibt dann nur die Zuführung des Stromes in einem unterirdischen, oben mit einem schmalen Schlitz versehenen Kanal übrig, welcher hinreichend groß sein muss, um bei starken Regengüssen oder Thauwetter die Wassermengen aufzunehmen und abzuführen, ohne dass die Leitungen mit diesen in Berührung kommen. Derartige Bahnen sind in Amerika mehrfach vor- handen. Auf unserem Kontinent ist wohl die einzige ausgeführte Bahn dieses Systems, welches in der Anlage teurer wird, als die vorher besprochenen, die Straßenbahn in Budapest.

Der Leitungskanal befindet sich hier unter der einen Laufschiene, zwischen deren beiden Schienen sich der Schlitz befindet. Die Leitungen bestehen aus \angle -Eisen. Sie werden von seit- wärts angebrachten Isolatoren getragen und kehren einander die hohlen Winkel zu. Zwischen ihnen läuft der Kontaktschlitten, dessen Mittelstück wieder aus isolirendem Material besteht. Die projektirte Gesamtlänge beträgt 38 km, wovon 12 auf die innere Stadt entfallen. Hiervon sind ca. 7 km in diesem Jahre dem Betrieb übergeben. Als Stromerzeuger dienen drei Neben- schlussmaschinen, Modell J von Siemens & Halske, von je 100 HP und 300 Volt Klemmenspannung, welche je von einer Dampfmaschine angetrieben werden. An Wagen sind 10 mit Motoren und

5 Beiwagen in Betrieb und weitere 40 im Bau begriffen. Die Wagen haben 18 Sitz- und 12 Stehplätze. Die Fahrgeschwin- digkeit beträgt etwa 15 km in der Stunde. Die Motoren besitzen Reihenschaltung und werden in Parallelschaltung betrieben. Sie sind möglichst leicht gebaut und haben eine Leistung von 16 bzw. 10 HP. Die größeren können noch einen Beiwagen mitziehen.

Elektrische Lastenbeför- derung¹⁶⁾. Zur Beförderung zerkleinerten Ma- terials, wie es vielfach aus Gruben und Steinbrüchen gewonnen wird, eignet sich seiner Billigkeit und Bequemlichkeit wegen ein von einem Gestänge getragenes und durch die Luft geführtes Drahtseil, an wel- chem die Lastkörbe mittels einer elektri- schen Lokomotive entlang geführt werden. Dies System hat anderen Transportverfahren gegenüber die Vorteile, dass Grund und

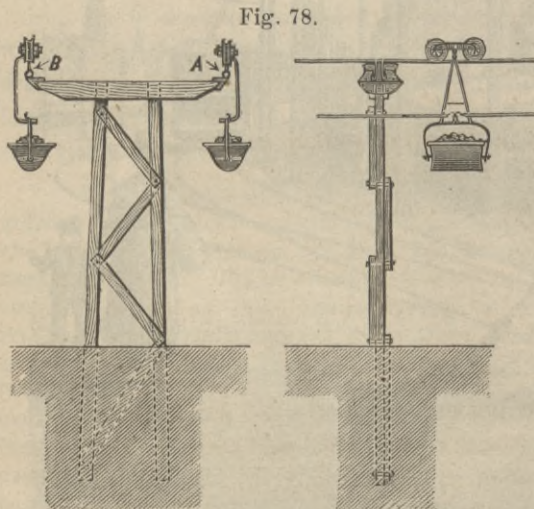


Fig. 78.

Boden nicht angekauft zu werden brauchen und dass Brücken, Dämme und Durchlässe wegfallen. Dabei sind starke Steigungen bis 1 : 8 und scharfe Kurven zulässig und eine besondere Führung der Züge nicht erforderlich.

¹⁶⁾ L. Deinhard. Über Telpherage etc. Elektrotechn. Zeitschr. 1886. S. 249.

Eine solche Anlage, Telpherage genannt, ist in Glynde (Grafschaft Sussex) nach den Angaben von Fleming Jenkin zur Beförderung von Thonerde ausgeführt worden. Die Linie hat eine Länge von 1,6 km und führt von der Grube über verschiedene Wege und einen Fluss zu einem Eisenbahnschuppen, wo das Material durch selbstthätige Kippvorrichtungen der Tragkörbe entladen wird. Die Stromleitung besteht aus 19 mm dickem Bessemer-Stahl Draht, der gleichzeitig die Züge zu tragen bestimmt ist; siehe Fig. 77. Letztere enthalten 10 Wagen, von denen 5 vor und 5 hinter der Lokomotive sich befinden. Die Wagen hängen an zwei Laufrollen und sind unter sich durch Kuppelungsstangen verbunden. In jedem Zuge werden befördert:

1400 kg	Thonerde
430 „	Eigengewicht der Tragkörbe
140 „	Gewicht der Lokomotive

zusammen 1970 kg.

Die Lokomotive enthält einen Motor von Reckenzaun und ist äußerst leicht gebaut; ihre Umlaufszahl beträgt etwa 1600 in der Minute und wird durch Zwischenräder auf 500 Touren eines Antriebrades reducirt, welches mittels Kette die Laufräder bewegt. Ein Centrifugalregulator dient zur Einhaltung der Geschwindigkeit. Die Laufräder sind zur Vermehrung der Adhäsion mit Gummibändern ausgefittet, welche bei nasser Witterung alle 14 Tage erneuert werden müssen. Der Motor gebraucht, um dem Zuge eine Geschwindigkeit von $7\frac{1}{2}$ km in der Stunde zu geben, 8 Ampère bei einer Klemmspannung von 200 Volt. Die Zuleitung des Stromes erfolgt in einer sinnreichen Weise und ist in Fig. 78 schematisch angegeben. Die

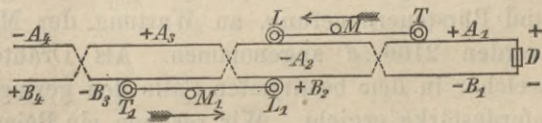
Linie ist nämlich durch die Tragpfosten, welche in ca. 20 m Entfernung von einander stehen, in Abteilungen A_1, A_2, A_3, A_4 u. s. w. bezw. B_1, B_2, B_3, B_4 u. s. w. geteilt, welche abwechselnd mit dem positiven und dem negativen Pol der Maschine

D in Verbindung stehen. Es ist also A_1

mit B_2, A_2 mit B_3 u. s. w. unmittelbar verbunden. Zwei Kontaktrollen L und T , zwischen welchen der Motor M eingeschaltet ist, laufen auf der Leitung genau um die Länge einer der vorher erwähnten Abteilungen von einander entfernt und mithin stehen die beiden Rollen immer mit verschiedenen Polen der stromerzeugenden Dynamomaschine in Verbindung. Die Rollen verlassen gleichzeitig je eine Abteilung, um zu der nachfolgenden überzugehen. Hierbei tritt jedesmal ein Wechsel der Stromrichtung im Motor ein, während die Drehungsrichtung des Motors dadurch nicht geändert wird; siehe S. 91. Auf den beiden Linien können demnach gleichzeitig in gleicher oder entgegengesetzter Richtung Züge befördert werden.

§ 29. Die Kosten der elektrischen Arbeitsübertragung hängen weit mehr als die der elektrischen Beleuchtung vom Wirkungsgrad der Maschinen ab, weil derselbe in dem Wirkungsgrad der Anlage zweimal als Faktor auftritt. Es sind daher mit der Verbesserung der Maschinen, was Solidität der Ausführung und hohen Wirkungsgrad betrifft, auch die Anlagen elektrischer Kraftübertragung in den letzten Jahren erheblich billiger geworden. Wie Dietrich in einem Aufsatz über die elektrische Arbeitsübertragung¹⁷⁾ bemerkt, ist die Betriebssicherheit der Dynamomaschinen eine so große, dass Reservemaschinen kaum noch nötig sind, höchstens ein Reserveanker. Man kann ferner auch bei nur einer primären und einer sekundären Maschine mit hohen Spannungen arbeiten, etwa bis zu 2000 Volt, wogegen vor einigen Jahren hierzu mehrere Maschinen in Hintereinanderschaltung projektirt werden mussten. Endlich sei auch der Preis der Maschinen ein niedrigerer geworden. Diesen Umständen ist wohl der in neuerer Zeit eingetretene Umschwung in der Verwendung elektrischer Arbeitsübertragungen zu verdanken und wenn schon

Fig.



¹⁷⁾ Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure. 1889. No. 17.

Beringer im Jahre 1883 in seiner „kritischen Vergleichung der elektrischen Arbeitsübertragung mit den gebräuchlichsten mechanischen Übertragungssystemen“ feststellen konnte, dass erstere in vielen Fällen allen übrigen überlegen sei, insbesondere wenn es sich um größere Strecken handelt, so trifft dies heute sicher in noch viel höherem Maße zu.

Prof. Dietrich rechnet eine Übertragung von 100 Pferdestärken an der Welle der primären Maschine auf 5, 10 und 20 km Entfernung durch unter der Annahme, dass die Pferdestärke an der Welle der Primärmaschine jährlich 50, 100, 200, 300 *M* kostet und die Übertragung entweder durch zwei Maschinen von ca. 1000 Volt Klemmenspannung bei 91% Wirkungsgrad oder durch zwei Maschinen von ca. 2000 Volt bei 89% Wirkungsgrad erfolge und an der Primärmaschine eine Klemmenspannung von 1000 bzw. 2000 Volt herrsche. Der Preis der Dynamomaschine wird zu 11 000 bzw. 10 000 *M* angenommen, je nachdem die höhere oder die geringere Spannung gewählt wird, der Kupferpreis der blanken Leitung zu 2,50 *M* pro kg, der Preis der Stangen für die oberirdische Leitung, fertig gesetzt incl. Kosten der Drahtziehung zu 13–20 *M* je nach der Drahtstärke. Es werden nun 4% Verzinsung des Anlagekapitals, 12% Amortisation der Maschinen und Nebenapparate, 3% Amortisation vom Kupferwert der Leitung und 25% für Erneuerung des Gestänges der Rechnung zu Grunde gelegt. Für Schmierung, Kollektoren- und Bürstenerneuerung, an Wartung der Maschinen und für Unvorhergesehenes werden 2100 *M* angenommen. Als Drahtdurchmesser wird derjenige gewählt, welcher in dem bestimmten Falle den geringsten Preis für die sekundäre Stundenpferdestärke ergibt. Wir rechnen ein Beispiel nach, nämlich 100 HP auf 5000 m mit 1000 Volt zu übertragen.

1. Anlagekosten des elektrischen Teiles.

2 Dynamomaschinen, betriebsbereit aufgestellt à 10 000 <i>M</i>	20000 <i>M</i>
10 000 m Kupferdraht 11 mm	20900 „
84 Stangen, Isolatoren, Montage à ca. 16 <i>M</i>	1400 „
Nebenapparate	700 „
	<hr/>
	rund 43000 <i>M</i>

Bei einem Wirkungsgrad der Übertragung von 73,2% werden von der sekundären Maschine 73,2 HP abgegeben.

2. Betriebskosten.

Verzinsung von 43 000 <i>M</i> zu 4%	1720 <i>M</i>
Amortisation von Maschinen und Nebenapparaten 12% von 20 700 <i>M</i>	2484 „
Amortisation der Leitung 3% von 20 900 <i>M</i>	627 „
Erneuerung des Gestänges 25% von 1400 <i>M</i>	350 „
100 Pferdestärken an der primären Maschine à 50 <i>M</i>	5000 „
Erneuerung der Bürsten und Kollektoren, für Schmiermaterial und Wartung	2100 „
	<hr/>
	12281 <i>M</i>

$$\frac{12281}{73,2} = 167,77 \text{ *M* pro sekundäre HP und Jahr. Daher } \frac{167,77}{3600} = 0,0466 \text{ *M* =}$$

4,66 *S* pro sekundäre Pferdestärke und Stunde. Das Anlagekapital berechnet Dietrich in diesem Falle zu 41 000 *M* und erhält dadurch den etwas niedrigeren Preis von 4,55 *S*.

Die erhaltenen Resultate für die Übertragungsmeile von 5 km sind graphisch in sehr anschaulichen Kurven dargestellt, welche wir in Fig. 1, Taf. VI,

wiedergeben. Die Abscissen stellen die Drahtstärken dar. Man sieht, dass die Anlagekosten ziemlich schnell mit dem Durchmesser der Leitung wachsen, dass der Preis der erhaltenen sekundären Stundenpferdestärke indessen sich lange in der Nähe des kleinsten Wertes hält, endlich dass die Größe der erhaltenen Arbeit erst schnell, dann langsam mit dem Drahtdurchmesser wächst. Sehr deutlich ist auch der Einfluss der Spannung. Man kann bei Anwendung von 2000 Volt unter Aufwendung viel geringerer Geldmittel dasselbe erzielen, wie bei Anwendung von 1000 Volt.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

Übertragungsweite	Spannung Volt	Preis einer Pferdestärke der primären Arbeit				
		im Jahre in der Stunde	<i>M</i> 50 <i>℔</i> 1,39	100 2,78	200 5,56	300 8,33
5 km	1000	erhaltene Stundenpferdestärke. . .	<i>℔</i> 4,55	6,45	10,15	13,75
		Drahtdurchmesser	mm 11,0	11,7	12,6	13,6
		Wirkungsgrad der Übertragung .	% 73,2	74,5	75,7	76,7
		Anlagekosten	<i>M</i> 41500	44500	48600	53500
	2000	erhaltene Stundenpferdestärke. . .	<i>℔</i> 4,30	6,15	9,8	13,5
		Drahtdurchmesser	mm 6,5	7,6	9,2	10,2
		Wirkungsgrad der Übertragung .	% 73,0	74,5	76,0	76,7
		Anlagekosten.	<i>M</i> 30000	32500	37000	41000
10 km	1000	erhaltene Stundenpferdestärke. . .	<i>℔</i> 6,00	8,11	12,3	16,2
		Drahtdurchmesser	mm 11,4	12,2	13,2	14,3
		Wirkungsgrad der Übertragung .	% 64,6	67,2	69,0	71,0
		Anlagekosten	<i>M</i> 66600	74000	84000	95000
	2000	erhaltene Stundenpferdestärke. . .	<i>℔</i> 4,96	6,94	10,8	14,6
		Drahtdurchmesser	mm 7,7	8,0	9,2	10,2
		Wirkungsgrad der Übertragung .	% 69,9	70,9	72,7	74,1
		Anlagekosten	<i>M</i> 42000	45500	53500	60500
20 km	2000	erhaltene Stundenpferdestärke. . .	<i>℔</i> 6,60	8,80	12,9	17,0
		Drahtdurchmesser	mm 8,4	8,8	9,8	10,7
		Wirkungsgrad der Übertragung .	% 63,3	64,6	67,8	69,6
		Anlagekosten.	<i>M</i> 75000	80000	93000	107000

Die Betriebskosten der Grubenbahn auf dem Salzwerke Neu-Stassfurt stellten sich nach den Angaben der Grubenverwaltung folgendermaßen. Im Jahre 1887 war die Nordstrecke der Bahn auf 900 m, die Südstrecke auf 650 m Förderbahn verlängert worden. Im Monat März dieses Jahres wurden bei flottem Betrieb gefördert mit 20114 Wagen auf einer mittleren Strecke von 800 m entsprechend 12873 Tonnenkm. Bei Berücksichtigung aller Einzelposten für Dienstpersonal, Kohlen, Materialien, Reparaturen und bei 5% Verzinsung und 10% Amortisation des Anlagekapitals von 40000 *M* stellen sich die Kosten der Beförderung auf 8,3 *℔* pro Wagen oder auf 12,92 *℔* pro Tonnenkm, während bei Förderung durch Menschenkraft 34,2 *℔* und durch Pferde 16 *℔* pro Tonnenkm veranschlagt waren. In dem Betriebe der elektrischen Grubenbahnen zu Zaukeroda und Hohenzollern-Benthen haben sich ähnliche Zahlen ergeben. Siemens & Halske stellen die Förderkosten der genannten Grubenbahnen unter Benutzung amtlicher Angaben folgendermaßen zusammen¹⁸⁾.

¹⁸⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1888. S. 385.

Vergleichung der Förderverhältnisse:

	Stassfurt	Zaukeroda	Holenzollern
Durchschnittliche Förderstrecke	800 m	720 m	756 m
Maximalwagenzahl pro Schicht	400	400	900
Nutzlast pro Wagen in kg.	800	475	550
Tonnenkilometer pro Wagen	0,64	0,342	0,406

Förderkosten pro Wagen in Pfennigen:

Maschinist über Tage	0,9045	0,3120	} 0,611
Zugpersonal unter Tage	2,2000	0,8000	
Kohlen für Betriebsdampf	1,7900	0,3400	0,222
Diverse Materialien	0,5685	} 0,6735	0,333
Reparatur	0,3276		
Zinsen und Amortisation 15 %	2,4856	1,0150	1,778
Zusammen	8,2762	3,1405	2,944

Förderkosten pro Tonnenkilometer in Pfennigen:

Maschinist über Tage	1,4133	0,9122	} 1,50
Zugpersonal unter Tage	3,4375	2,3392	
Kohlen für Betriebsdampf	2,7970	1,0000	0,457
Diverse Materialien	0,8889	} 1,9693	0,401
Reparatur	0,5119		
Zinsen und Amortisation 15 %	3,8828	2,9678	4,380
Zusammen	12,9314	9,1885	6,738

Förderkosten für Menschenkraft in Pfennigen:

Wagen pro Strecke	18,0	7,2	7,5
Wagen pro 100 m	2,9	1,—	1,—
pro Tonnenkilometer	34,2	21,—	18,—
Kostenverhältnis der elektrischen Förderung zur Förderung durch Menschenkraft	0,38	0,44	0,37

Förderung durch Pferdekraft nach betr. Angaben in Pfennigen:

pro Tonnenkilometer	16,—	12,2	10,—
Kostenverhältnis der elektrischen Förderung zur Förderung durch Pferdekraft	0,75	0,75	0,67

Unter Zugrundelegung Berliner Verhältnisse stellt Zacharias folgende vergleichende Berechnung der Kosten eines Straßenbahnbetriebes einerseits mit Pferden, andererseits mit Accumulatoren für 60 Wagen auf¹⁹⁾.

Anlagekosten für Pferdebetrieb in Mark.

5 Paar Pferde einschließlich 10 % Reserve gibt für 60 Wagen 660 Pferde.	
Anschaffungskosten für 1 Pferd 864 <i>M.</i> , also für 660 Pferde	570 240 <i>M.</i>
Geschirre, Decken u. s. w.	55 000 "
Zusammen	625 240 <i>M.</i>

¹⁹⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1886. S. 11 u. 12.

Anlagekosten für elektrischen Betrieb in Mark.

Dampfmaschinen von 750 HP einschließlich Reserve	150 000	„
Kessel	80 000	„
8 Dynamomaschinen (zwei davon Reserve) jede zu 400 Ampère und 150 Volt	56 000	„
140 Batterien zu je 1800 „	252 000	„
Kabel u. s. w.	22 000	„
Elektromotoren für die Wagen u. s. w.	120 000	„
	Zusammen	680 000 „

Betrieb mit Pferden in Mark.

Abnutzung für 1 Tag und 1 Pferd	0,4840	„
Futter für 1 Tag und 1 Pferd	1,5720	„
Hufbeslag und Pflege für 1 Tag und 1 Pferd	0,1613	„
	Zusammen	2,2173 „
also für 660 Pferde in 365 Tagen.	534 140	„
Geschirrerneuerung und Reparaturen	14 454	„
	548 594	„

Kosten des elektrischen Betriebes in Mark.

Bei 24 Stunden Ladung sind 18000 Stundenpferdest. oder für 1 Jahr 6570000 Stundenpferdest. nötig.

Kohle für ein HP und Stunde 2,5 kg = 2 \mathcal{P} ergibt jährliche Feuerung.	131 400	„
Amortisation und Erneuerung der Accumulatoren bezw. der positiven Platten 20 %	50 400	„
Amortisation der Elektromotoren 20 %	24 000	„
Amortisation der Dampfmaschinen, Kessel und Dynamomaschinen 10 %	28 600	„
Reparaturen, Schmiere, Säure, Löhne, Gehälter	23 600	„
	Zusammen	258 000 „

Nach Huber²⁰⁾, welcher in Hamburg Versuche mit elektrischen Straßenwagen bei Accumulatorenbetrieb angestellt hat, ist der Betrieb mit direkter Zuleitung bei horizontalen Strecken billiger als der mittels Accumulatoren, bei Steigungen über 1:60 aber der letztere billiger, weil durch das Abwärtsfahren ein Wiederladen der Accumulatoren durch die Accumulatoren erfolgen soll.

Nach Strecker²¹⁾ betragen der Verkehr und die Betriebskosten der beiden Straßenbahnen gleichen Systems mit Zuleitung durch oberirdische geschlitzte Rohre:

Linie	Länge in km	Beförderung		Betriebs- kraft	Betriebs- kosten pro Wagenkilo- meter in \mathcal{P}
		Personen	Wagen- kilometer		
Mödling — Hinterbrühl	4,5	340 000	145 000	Dampf	17,8
Frankfurt a/M. — Offenbach	6,6	990 000	470 000	Dampf	20,0

Nach einer von Perry aufgestellten Formel berechnet Strecker²²⁾ die Betriebskosten der S. 107 besprochenen Telfherage für eine Doppellinie bei 15 % Verzinsung und Amortisation wie folgt:

Länge der Linie in km	Jährlicher Transport in tausend Tonnen									
	20		40		60		100		200	
	Anlage in „	1 t u. km in \mathcal{P}	Anlage in „	1 t u. km in \mathcal{P}	Anlage in „	1 t u. km in \mathcal{P}	Anlage in „	1 t u. km in \mathcal{P}	Anlage in „	1 t u. km in \mathcal{P}
1	6100	28	6500	19	6700	16	7400	13	9100	11
2	6600	22	7300	16	8000	14	9300	12	12700	11
3	7200	20	8200	15	9200	13	11300	12	16400	11
4	7700	19	9150	14	10500	13	13200	11	20000	11

Gewöhnlicher Karrentransport kostet nach Perry etwa 60 \mathcal{P} für 1 Tonnenkilometer.

²⁰⁾ Huber. Elektrischer Straßenbahnbetrieb in Hamburg. Elektrotechn. Zeitschr. 1887. S. 222 ff.

²¹⁾ Strecker. Hilfsbuch für die Elektrotechnik. S. 432.

²²⁾ a. a. O. S. 437.

Der Preis, zu dem die Berliner Elektrizitätswerke nach einer Bekanntmachung in den Tageszeitungen im Herbst 1889 elektrische Betriebskraft abgeben, ist folgender:

Die Berechnung geschieht entweder nach dem Stromverbrauch oder zu festen Monatspreisen. Die Elektromotoren werden auch miethsweise überlassen:

		Stärke der Elektromotoren in HP						
		$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	5
Stromverbrauch in M monatlich		9	20	35	50	95	130	200
Miete	in M monatlich	6	10	15	21	28	35	45

§ 30. Schlussbemerkungen über Centralanlagen. — Es liegt nicht in dem Plan dieser Schrift, tiefer in das ausgedehnte Kapitel der elektrischen Centralanlagen einzudringen; aber dasselbe erscheint andererseits doch als zu wichtig, um es ganz übergehen zu dürfen. Eine elektrische Centralanlage charakterisirt sich wirtschaftlich als ein Unternehmen, welches elektrische Energie nach bestimmter Taxe zu zweckentsprechendem Gebrauch jederzeit und in beliebiger Menge an Konsumenten abgibt, wobei weitere wirtschaftliche Beziehungen zwischen Unternehmer und Konsumenten keine notwendige Voraussetzung bilden. Elektrisch und technisch ist es eine Anlage, welche innerhalb eines bestimmten Bereichs jedem Konsumenten den Bezug elektrischer Energie, welche an einer oder mehreren Centralstellen erzeugt wird, in beliebiger Menge jederzeit gestattet. Sie muss also beliebig groß gemacht, d. h. für beliebig großen Stromkonsum eingerichtet werden können; sie muss ferner beständig bereit sein, je nach Befinden der Konsumenten große oder geringe Energiemengen abzugeben, während sie selbst im allgemeinen kein Recht hat, den Konsum einzuschränken. Eine unbegrenzte Vergrößerung einer Centrale, welcher mithin nur äußere Schwierigkeiten, wie Raummangel zur Vergrößerung der Maschinenanlage und dergl. im Wege stehen können, ist nur durch Vermehrung der Stromstärke möglich. Bei reiner Hintereinanderschaltung sämtlicher elektrische Energie verzehrender Apparate kann man allerdings die Anlage durch Wahl einer großen Stromstärke beliebig groß projektiren, allein wenn letztere einmal festgelegt ist, setzt die maximale Spannung der Anlage eine bestimmte Grenze. Denn mit der Spannung kann man aus verschiedenen Gründen, wie sie in der Schwierigkeit der Isolation, der schlechten Ausnutzung des Wicklungsraumes der Maschinen und in der mit ihr verbundenen Gefahr liegen, nicht über ein gewisses Maß hinausgehen. Dagegen steht der Erzeugung großer Stromintensitäten bei mäßiger Spannung keine Schwierigkeit im Wege, da man einerseits schon recht große Maschinen baut, andererseits die Parallelschaltung der Maschinen leicht ausführbar ist und sich als völlig betriebssicher gezeigt hat.

Arbeitet man aber mit variabler Stromstärke, so muss man nothwendig an den Konsumstellen die Spannung zwischen den beiden Zuleitungen konstant halten. Dazu dient das Verteilungsnetz, welches allen Centralanlagen gemeinsam ist. Innerhalb desselben soll sich der Spannungsverlust unter Gestattung eines ganz mäßigen Spielraums ausgleichen und der Maschinenstation selbst bleibt nur die Aufgabe, dafür zu sorgen, dass jederzeit die Spannung, welche an bestimmten Stellen des Verteilungsnetzes kontrollirt wird, konstant zu halten. Wächst beispielsweise der Konsum, so würde bei gleichbleibender Energieabgabe die Spannung sinken, durch Vermehrung der Arbeit in der Centralstation muss die Spannung wieder auf die verlangte konstante Höhe gebracht werden. Nur in der Art und

Weise, wie dieser Zweck erreicht wird, unterscheiden sich die Centralanlagen unter einander, sodass man berechtigt ist, von verschiedenen Systemen zu sprechen.

Hier ist allerdings noch ein Vorbehalt zu machen. Der Wechselstrom unterscheidet sich so wesentlich vom Gleichstrom, dass man auch nach ihnen alle Centralanlagen in zwei Systeme teilen kann, das Gleichstrom- und das Wechselstromsystem. Unbemerkt ist der Unterschied wohl nur beim Glühlicht. Das Bogenlicht ist ein anderes, der Kraftübertragung mittels Wechselstrom stellen sich bis jetzt große Schwierigkeiten in den Weg, das Gebiet der Elektrolyse scheint dem Wechselstrom fast gänzlich verschlossen zu bleiben, wodurch auch die Benutzung von Accumulatoren unmöglich wird. In der Vielseitigkeit der Verwendung ist der Wechselstrom daher bis jetzt dem Gleichstrom weit unterlegen und bei dem heutigen Standpunkte wird man den Wechselstrom nie wegen seiner Vorzüge für den Konsumenten wählen, sondern nur, weil er mitunter ein bequemes Mittel bietet, die Spannung im Verteilungsnetz auch auf weite Entfernungen hin konstant zu erhalten, wo man bei Gleichstrom complicirtere Vorrichtungen treffen müsste.

Wir kehren daher zu unserer ersten Auffassung zurück und wenden uns jetzt den einzelnen Systemen zu. Das Bequemste ist es, besonders wenn der Konsum sich lokal auf einen Raum von nicht zu großer Ausdehnung beschränkt, die Maschinenstation mitten in den Komplex hinein zu verlegen, und überhaupt ohne bedeutenden Spannungsverlust zu arbeiten. Das 110 Volt-System (siehe § 16) hat sich bei Anlagen mit großer Lampendichte für einen Radius von ca. 800 m als rentabel erwiesen. Für größere Bereiche, unter gleichen Verhältnissen bis etwa 1500 m Radius, kann das Drei-Leiter-System mit Vorteil verwendet werden. Bei noch größerer Ausdehnung des Bereiches kann man entweder zum Mehrleitersystem übergehen oder aber bei den vorerwähnten Systemen bleiben und, wie es in Berlin mit großem Erfolg geschehen ist, eine Decentralisation vornehmen, indem man mehrere Centralen einrichtet, welche man ebenso wie einzelne Maschinen nach Bedürfnis parallel schaltet. Solange der Spannungsverlust gering gehalten wird, bis ca. 5 % im Maximum, sind besondere Regulirvorrichtungen unpfütig. Die Anlagen zeichnen sich dann durch Betriebssicherheit aus und, da die verwendeten Spannungen verhältnismäßig niedrige sind, so ist auch in keiner Weise Lebensgefahr mit ihnen verbunden.

Sind größere Entfernungen zwischen Maschinenstation und Verteilungsnetz zu überwinden, so kann man, um an Leitungsmaterial zu sparen, größere Spannungsverluste in den Zuleitungen gestatten. Die Innehaltung der konstanten Spannung im Verteilungsnetz erfolgt dann entweder dadurch, dass man auch in der Maschinenstation eine konstante höhere Spannung einhält und Regulirwiderstände, die automatisch oder von Hand bedient werden, in den Zuleitungen einschaltet und so die Summe der Spannungsverluste in der Zuleitung und im Regulirwiderstande konstant hält; oder dadurch, dass man durch zugesetzte elektromotorische Kräfte den Spannungsverlust ausgleicht. Lahmeyer lässt dazu den Strom der betreffenden Zuleitung in Hintereinanderschaltung durch Schenkel und Anker einer Hilfsdynamomaschine gehen, welche wie die Hauptmaschine mit konstanter Tourenzahl läuft. Je stärker der Strom, um so größer ist einerseits der Spannungsverlust, andererseits aber auch der Magnetismus der Hilfsmaschine und folglich die elektromotorische Kraft, welche dem Strom bei seinem Durchgang durch den Anker noch erteilt wird.

Die bis jetzt kurz erwähnten Systeme sind die Hauptvertreter der direkten Stromverteilung. Wir wenden uns nun zu den Systemen mit indirekter Stromverteilung. Sie haben das gemeinsam, dass der Maschinenstrom nicht als solcher zum Betriebe der Lampen, Motoren etc. verwendet wird, sondern zuvor noch eine Umwandlung erfährt, welche allgemein den Zweck hat, den Verbrauchskörpern Strom von geringerer Spannung zuzuführen, als die Maschinen abgeben.

Nur halb unter diesen Gesichtspunkt fällt das Edison patentirte System, in welchem eine Anzahl Accumulatorenbatterien, welche an verschiedenen Orten stehen können, in Hintereinanderschaltung von der Maschinenstation geladen werden, während gleichzeitig parallel zu jeder einzelnen Batterie Lampengruppen geschaltet sind. Die Summe der Ströme, welche durch eine Accumulatorenbatterie und die parallel zu ihr geschalteten Lampen gehen, muss für alle dieselbe sein. Sind wenig Lampen eingeschaltet, so geht der größte Teil des Stromes durch die Accumulatoren, sind viele eingeschaltet, so geht wenig Strom durch die Accumulatoren oder diese geben sogar Strom durch die Lampen ab und unterstützen den Maschinenstrom, wie sie ihn zu Zeiten auch ganz ersetzen.

Ein zweites System ist das der Wechselstromtransformatoren. An günstigen Stellen möglichst inmitten größerer Lampengruppen werden die Transformatoren dem Publikum unzugänglich aufgestellt und die Lampen von den sekundären Leitungen gespeist. Der Spannungsverlust in den primären Leitungen von der Maschinenstation zu den Transformatoren kann meistens auch bei größeren Entfernungen gering gehalten werden.

Ein weiteres System ist das der Gleichstromtransformatoren. Diese sind bei dem heutigen Stande im wesentlichen zwei mit einander gekuppelte Dynamomaschinen, von denen die eine durch den hochgespannten Maschinenstrom angetrieben wird und als Motor läuft, während die andere niedrig gespannten Strom abgibt. Die beiden Anker können auf dieselbe Axe gesetzt werden; es kann für beide weiter das System der Feldmagnete gemeinsam sein oder man kann endlich auch die beiden Anker durch einen einzigen ersetzen, den man mit zwei Wickelungen, einer primären und einer sekundären, versieht. Immer aber ist eine Bewegung notwendig, welche mithin wieder einige Wartung erforderlich macht.

Nur kurz erwähnen wollen wir das System, nach welchem transportable Accumulatorenbatterien in der Maschinenstation geladen und den Konsumenten ins Haus gebracht werden.

Mit dem Vorhergehenden sind kaum alle die Systeme gekennzeichnet, welche bis jetzt in der Praxis Verwendung finden oder doch Aussicht dazu haben. Man sieht, dass die Elektrotechnik nicht verlegen ist, in der verschiedenartigsten Weise sich den mannigfaltigen Bedingungen der Praxis anzupassen. Eine kritische Besprechung der Systeme würde ein Kapitel für sich bilden und muss hier unterbleiben. Die Wahl des Systems wird ganz nach den Anforderungen des einzelnen Falles erfolgen müssen; der Wert eines Systems aber kann auch leicht für denselben Fall ein anderer werden, je nachdem es gelingt, die einzelnen Bestandteile zu verbessern, die für die vielseitige Verwendbarkeit, für die Betriebssicherheit und die Rentabilität von Bedeutung sind.

Für die gute Ausnutzung einer Centralanlage ist es wesentlich, dass eine möglichst vielseitige Verwendung der abgegebenen elektrischen Energie statt-

findet. Eine Anlage, welche nur elektrischen Strom für Beleuchtungszwecke liefert, wird nur ganz kurze Zeit gegen Abend voll beansprucht werden und auch nur in den Wintermonaten. Um die Maschinenanlage trotzdem klein halten und das Anlagekapital vermindern zu können, empfiehlt sich daher die Verwendung von Accumulatorenbatterien in der Art, dass sie zu den Zeiten geringen Strombedarfs Energie aufnehmen, um zu Zeiten starken Konsums die Maschinen zu unterstützen. Es ist ferner sofort klar, dass durch Einführung elektrischer Motoren die Anlage besser ausgenützt wird, da diese hauptsächlich am Tage Strom konsumieren, während der Bedarf an künstlichem Licht gering ist. Zieht man dabei die außerordentliche Bequemlichkeit in der Verwendung dieser Motoren in Betracht, welche sie für den Betrieb in kleineren Werkstätten so sehr geeignet machen, so sieht man, dass ihre Einführung für jedes Elektrizitätswerk von größter Bedeutung sein muss. Andere Verwendungen des von Centralen gelieferten Stromes, z. B. für chemische Zwecke, treten bis jetzt wenig hervor, können aber leicht ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

Litteraturverzeichnis.

Specialwerke.

- Kittler, E. Handbuch der Elektrotechnik. 1. Band. Stuttgart, Enke. 1886. 667 S.
- Frölich, O. Die dynamoelektrische Maschine. Eine physikalische Beschreibung für den technischen Gebrauch. Berlin, Springer. 1886. 230 S.
- Thompson, Silv. P. Dynamo-electric machinery. London, New-York 1888. 3. Aufl. 672 S.
- Fritsche, W. Die Gleichstrommaschine, ihre Wirkungsweise und Vorausberechnung. Berlin, Springer. 1889. 104 S.
- Schellen, H. Die magnet- und dynamoelektrischen Maschinen. Köln, M. du Mont-Schauberg. 3. Aufl. 1884. 916 S.
- Glaser de Cew, G. Die Konstruktion der magnet-elektrischen und dynamoelektrischen Maschinen. 5. Aufl. v. F. Auerbach. Wien, Pest, Leipzig, Hartleben. 1887. 253 S.
- Auerbach, F. Die Wirkungsgesetze der dynamoelektrischen Maschinen. Dasselbst 1887. 250 S.
- Fein. Elektrische Apparate, Maschinen und Einrichtungen. Stuttgart, J. Hoffmann. 1888. 392 S.
- Kennedy, R. Electrical distribution by alternating currents and transformers. London 1887. 60 S.
- Uppenborn, F. Geschichte der Transformatoren. München, Leipzig, Oldenbourg. 1888. 44 S.
- Fleming, J. A. The alternate current transformer in theory and practice. London 1889. Erster Teil. 500 S.
- Planté, G. Untersuchungen über Elektrizität, übertr. v. Ignaz G. Wallentin. Wien, Hölder. 1886. 270 S.
- Gladstone, J. H. u. A. Tribe. Die chemische Theorie der sekundären Batterien (Accumulatoren) nach Planté und Faure. Deutsch v. R. v. Reichenbach. Wien, Pest, Leipzig, Hartleben. 1884. 70 S.
- Salomon. Komplettes Handbuch über die Behandlung von Accumulatoren. Deutsch v. L. Huber. Rostock, Adler's Erben. 1887. 40 S.
- Hoppe, E. Die Accumulatoren für Elektrizität. Berlin, Springer. 1888. 234 S.
- Fontaine, H. Éclairage à l'électricité. 3. Aufl. Paris. 1888. 688 S.
- Hagen, E. Die elektrische Beleuchtung mit bes. Berücksichtigung der in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zu Centralanlagen verwandten Systeme. Berlin, Springer. 1884. 307 S.
- Merling, A. Die elektrische Beleuchtung. 2. Aufl. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1884. 639 S.
- Uhland, W. H. Das elektrische Licht und die elektrische Beleuchtung. Leipzig, Veit & Co. 1884. 566 S.
- Urbanitzky, A. v. Das elektrische Licht. Wien, Pest, Leipzig, Hartleben. 2. Aufl. 1883. 223 S.
- Derselbe. Die elektrischen Beleuchtungsanlagen. Dasselbst. 2. Aufl. 1883. 270 S.
- Fodor, E. de. Das Glühllicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Dasselbst 1885. 217 S.
- Zacharias, J. Die elektrischen Leitungen. Dasselbst 1883. 231 S.
- Poëch, F. J. Die Elektrizität im Dienste des Berg- und Hüttenmannes. Wien, Hölder. 1884. 140 S.
- Hospitalier, E. L'Électricité dans la maison. Paris. 1887. 2. Aufl. 310 S.
- Derselbe. Les compteurs d'énergie électrique. Paris. 1889. 58 S.
- Behringer, A. Kritische Vergleichung der elektrischen Kraftübertragung mit den gebräuchlichsten mechanischen Übertragungssystemen. Berlin, Springer. 1883. 104 S.

- Kapp, G. Electric transmission of Energy. London. 1886. 325 S.
 Boistel, E. La vérité sur les expériences de Creil. Paris. 1887. 50 S.
 Krämer, J. Die elektrische Eisenbahn bez. ihres Baues und Betriebes. Wien, Pest, Leipzig, Hartleben. 1883. 272 S.
 Japing, E. Die elektrische Kraftübertragung. Dasselbst 1883. 2. Aufl. 239 S.
 Krieg, M. Die Erzeugung und Verteilung der Elektrizität in Centralstationen. Magdeburg, Faber'sche Buchdruckerei. I. Band, Wechselstrom und Transformatoren. II. Band, Gleichstrom. 1888. I. Bd. 175 S.; II. Bd. 376 S.
 Killingworth Hedges. Central Station electric lighting. London. 1888. 123 S.

Hand- und Taschenbücher. Kalender.

- Schwartze, Th., E. Japing, A. Wilke. Die Elektrizität. Wien, Pest, Leipzig, Hartleben. 1889. 3. Aufl. 159 S.
 Schwartze, Th. Katechismus der Elektrotechnik. Leipzig, Weber. 1887. 3. Aufl. 385 S.
 Frölich, O. Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Für Techniker bearbeitet. Berlin, Springer. 1887. 508 S.
 Gérard, E. Die Elemente der Elektrotechnik. Deutsch von Kareis u. Peukert. Leipzig und Wien, Deuticke. 1889. 378 S.
 Thompson, Silv. P. Elementare Vorlesungen über Elektrizität und Magnetismus. Deutsch v. A. Himstedt. Tübingen, Laupp. 1887. 487 S.
 Ayton, W. E. Handbuch der praktischen Elektrizität. Deutsch von M. Krieg. Jena, Costenoble. 1889. 548 S.
 Grawinkel, C. u. K. Strecker. Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Berlin, Springer. 1887. 544 S.
 May, O. Anweisung für den elektrischen Lichtbetrieb. Leipzig, Biedermann. 1888. 58 S.
 Grünwald, F. Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrischen Beleuchtungsanlagen. Halle, Knapp. 1887. 174 S.
 Gaisberg, S. v. Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen. München und Leipzig, Oldenbourg. 1889. 3. Aufl. 139 S.
 Krieg, M. Taschenbuch der Elektrizität. Leipzig, Leiner. 1888. 380 S.
 Uppenborn, F. Kalender für Elektrotechniker. München und Leipzig, Oldenbourg. Seit 1884.
 Krämer, J. Kalender für Elektrotechniker. Leipzig-Reudnitz, Müller. Seit 1887.
 Rohrbeck. Vademecum für Elektrotechniker. Halle a/S., Knapp. Seit 1884.
 Zickler, K. Jahrbuch für Elektrotechniker, prakt. Notizkalender und Hilfsbuch. Wien, Perles. Seit 1885.
 Krebs, G. und C. Grawinkel. Jahrbuch für Elektrotechnik. Halle a/S., Knapp. Seit 1887.

Zeitschriften.

- Fortschritte der Elektrotechnik, Vierteljährliche Berichte. Herausgegeben v. K. Strecker. Berlin, Springer. Seit 1887.
 Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin, Springer. Seit 1880.
 Centralblatt für Elektrotechnik. München und Leipzig, Oldenbourg. Seit 1879.
 Zeitschrift für Elektrotechnik. Wien, Lehmann & Wentzel. Seit 1883.
 Der Elektrotechniker. M. Perles, Wien. Seit 1882.
 Elektrotechnische Rundschau. Halle a/S., W. Knapp. Seit 1884.
 Elektrotechnisches Echo. Leipzig, Osc. Leiner. Seit 1888.
 Elektrotechnischer Anzeiger. Berlin, Günther & Sohn. 1884.
 La lumière électrique. Paris. Seit 1879.
 L'Électricien. Paris. Seit 1877.
 Bulletin international de l'Électricité. Paris. Seit 1884.
 L'Électricité. Paris. Seit 1877.
 Revue internationale de l'électricité. Paris. Seit 1885.
 The Electrician. London. Seit 1871.
 Journal of the society of telegraph engineers and electricians. London. Seit 1879.
 The telegraphic journal and electrical review. London. Seit 1877.
 L'elettricità. Mailand. Seit 1882.
 Electrical review. New-York.
 The electrical world. New-York. Seit 1880.
 The electrician and electrical engineer. New-York. Seit 1882.
 The electrical engineer. New-York. Seit 1882.

Vierter Teil.

Die elektrische Minenzündung.

Bearbeitet von **K. Zickler**, Assistent am elektrotechnischen Institute der
k. k. Technischen Hochschule in Wien.

§ 31. Einleitung. Einerseits die auf den verschiedenen Gebieten der technischen Wissenschaften in unserem Jahrhundert gemachten Fortschritte, andererseits die vielseitigen Anforderungen, welche an die Sprengarbeit gestellt werden, haben es mit sich gebracht, dass an die Stelle des durch volle zwei Jahrhunderte fortgeführten Sprenghandwerkes eine eigentliche Sprengtechnik, an die Stelle der handwerksmäßigen Gepflogenheit das wissenschaftliche Verfahren getreten ist.

Der Unterschied des modernen Sprengverfahrens gegenüber dem veralteten handwerksmäßigen Sprengen ist kurz in der Weise gekennzeichnet, dass man die Fortschritte anführt, die bei den drei verschiedenen Arbeiten zur Herstellung und Abfeuerung einer Mine erreicht worden sind. Diese drei Arbeiten sind das Bohren, das Laden und das Zünden. Hinsichtlich der Bohrarbeit liegt der Fortschritt in der Einführung des Maschinenbohrens an Stelle des Handbohrens. In zweiter Linie ist es die Anwendung der durch besondere Vorzüge sich auszeichnenden Nitroglycerinpräparate (Dynamite) statt des früher einzig in Verwendung stehenden Sprengpulvers und endlich rücksichtlich der Zündung haben wir die elektrische Zündung gegenüber den älteren Zündmethoden in Betracht zu ziehen.

In dem vorliegenden Kapitel soll die elektrische Minenzündung durch die Beschreibung der gebräuchlichsten Methoden und Apparate behandelt werden.

In geschichtlicher Hinsicht seien nur einige wenige Hauptdaten angeführt. Die ersten Andeutungen darüber, wie durch die Wärmewirkungen der Elektrizität auf große Entfernungen die Explosion leicht entzündlicher Stoffe herbeizuführen wäre, finden sich in einer von Gillot im Jahre 1805 verfassten Schrift: „Traité de la guerre souterraine“. Die Entzündung von Schießpulver für Sprengzwecke mittels des Funkens einer Elektrismaschine scheint zuerst von Harris im Jahre 1823 ausgeführt worden zu sein. Hare hat hierauf im Jahre 1831 die Glühwirkung der galvanischen Elektrizität in dünnen Metalldrähten und endlich Verdü im Jahre 1853 den Induktionsfunken zum ersten Male für die Zündung von Sprengladungen in Anwendung gebracht²³⁾.

²³⁾ Weitere geschichtliche Bemerkungen finden sich in dem Werkchen des Verfassers: „Die elektrische Minenzündung und deren Anwendung in der civilen Sprengtechnik. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1888.“

Trotz der gegenwärtig für die elektrische Zündung zur Verfügung stehenden vorzüglichen Apparate und der einfachen Manipulation beim Zündprozesse ist nicht zu verkennen, dass die elektrische Zündung noch nicht jene allgemeine Verbreitung gefunden hat, die ihr in Anbetracht ihrer Vorzüge zu wünschen wäre. Handelt es sich um die Einführung der elektrischen Zündung bei irgend einer Sprengarbeit, so ist es, ungeachtet der sehr einfachen Manipulation, zur Erzielung eines sicheren Erfolges eine unerlässliche Bedingung, dass zunächst intelligentere Arbeiter mit dem Wesen der Methode einigermaßen vertraut gemacht werden und klare Instruktionen erhalten. Auf die Außerachtlassung dieses Umstandes ist es wohl auch zurückzuführen, dass sich sogar Fälle ereigneten, bei denen man, nachdem die elektrische Zündung keine befriedigenden Resultate ergeben hatte, auf die Schnurzündung zurückkam.

§ 32. Vorteile. Die Vorzüge der elektrischen Minenzündung gegenüber der Schnurzündung und den anderen älteren Zündmethoden liegen einestheils darin, dass durch sie der Sprengprozess für die dabei Beteiligten vollkommen gefahrlos gemacht werden kann, andernteils bietet sie ein Mittel, in gewissen Fällen eine Verminderung der Sprengungskosten herbeizuführen.

Als Arbeiterschutzmittel erscheint die Einführung der elektrischen Zündung geradezu als dringend geboten, insbesondere dort, wo man es mit regelmäßig andauerndem Betriebe zu thun hat; denn nur durch ihre Verwendung können jene Unglücksfälle, die dadurch eintreten, dass die Arbeiter entweder nicht rasch genug aus dem Bereich der Minenwirkung kommen oder diesen Raum, wo sie den Schuss versagt glaubten, zu früh betreten, gänzlich vermieden werden. Die Zündung auf elektrischem Wege bietet hierin deshalb vollkommene Sicherheit, weil sie aus beliebig großer Entfernung geschehen kann und eine sofortige Annäherung an den Zündherd in jedem Falle, ob die Zündung gelang oder nicht, gestattet ist. Für Orte mit Wettergefahr bleibt noch zu bemerken, dass man, falls an diesen Sprengungen überhaupt zulässig sind, die Anwendung der elektrischen Zündung obligatorisch machen sollte, weil durch sie ein großer Teil der durch Sprengschüsse veranlassten Grubenexplosionen hintangehalten werden kann²⁴⁾.

Was die ökonomische Seite der elektrischen Zündung anbelangt, so liegt ihr großer Wert darin, dass sie uns in den Stand setzt, eine beliebig große Anzahl richtig gewählter Minen gleichzeitig zu zünden. Aus der erhöhten Wirkung mehrerer gleichzeitig gezündeter Minen gegenüber den aufeinander folgenden Einzelzündungen ergibt sich eine wesentliche Kosten- und Zeitersparnis. Bei manchen sprengtechnischen Arbeiten lässt sich aus diesem Grunde eine Verminderung der Kosten für die Bohrarbeit und das Sprengmaterial erzielen, indem man die Entfernung der Minen größer wählt als bei der Einzelschnurzündung. Es tritt dies beispielsweise in jenen Fällen ein, wo Minen mit zwei freien Seiten²⁵⁾ anzulegen sind und wobei die Regel gilt, dass bei der Einzelzündung die Entfernung der Minen gleich der Vorgabe, bei der gleichzeitigen elektrischen Zündung hingegen gleich der anderthalbfachen bis doppelten Vorgabe zu wählen ist²⁶⁾.

Ähnliche ökonomische Vorteile können auch bei Minen in verspannterem

²⁴⁾ Siehe: J. Trauzl. Zur Schlagwetterfrage. Wien (Lehmann & Wentzel) 1885.

²⁵⁾ Siehe: Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Bd. I. Kap. XIII. Erster Abschnitt. § 19.

²⁶⁾ Siehe: Mahler u. Eschenbacher. Die Sprengtechnik. Wien 1881. S. 25 u. 90.

Gestein, wie dies beispielsweise beim Vortriebe von Stollen der Fall ist, erzielt werden, indem die Verspannung des Gesteines vermöge der erhöhten Wirkung richtig kombinirter und gleichzeitig gezündeter Minen leichter als bei hintereinander folgenden Einzelschüssen aufgehoben wird, dadurch der Vortrieb rascher von statten geht und somit die Kosten desselben sich niedriger stellen²⁷⁾. Über die verschiedenen Anordnungen der Bohrlöcher an der Ortswand eines Stollens und deren Gruppierung zur gleichzeitigen Zündung sind im Handbuch der Baumaschinen, Kap. VIII, § 155, nähere Angaben zu finden.

Bei Sprengungen in Werksteinbrüchen gewährt die gleichzeitige elektrische Zündung den Vorteil, bei zweckmäßiger Anordnung und entsprechender Ladung der Bohrlöcher große Gesteinsmassen von bestimmter Form in einfachster Weise abzutrennen; siehe Handbuch der Baumaschinen, Kap. XI, § 7.

Endlich seien noch als Vorzüge der Zündung auf elektrischem Wege angeführt, dass keine Zündspur im Verdämmungsmaterial zurückgelassen wird, die bei minder brisanten Sprengmitteln eine Verminderung der Sprengwirkung verursachen kann; dass sie keinen lästigen Qualm wie bei der Verbrennung einer Zündschnur erzeugt und dass sie uns bei Sprengungen unter Wasser das einzig sichere Mittel bietet.

§ 33. Einteilung. Die Zündung von Explosivstoffen auf elektrischem Wege kann nach der Form, in welcher die Überführung von elektrischer Energie in Wärme ausgeführt wird, in zwei verschiedenen Weisen erfolgen. Bei der Glühzündung leitet man einen elektrischen Strom durch dünne Metalldrähte, sodass diese zum Glühen gebracht werden und den zu zündenden Körper entflammen. Verwendet man hingegen den durch eine entsprechende Elektrizitätsquelle erzeugten elektrischen Funken, so hat man es mit der Funkenzündung zu thun. Es sei gleich hier bemerkt, dass für die größte Zahl der in der Praxis vorkommenden Sprengungen der Funkenzündung wegen der größeren Leistungsfähigkeit und Handlichkeit der Apparate der Vorzug gegeben wird und diese auch dementsprechend eine größere Verbreitung gefunden hat. Für die gleichzeitige Zündung einer sehr großen Anzahl von Minen wurde jedoch bisher nur die Glühzündung in Anwendung gebracht. Aus diesem Grunde soll deshalb auch dieses Verfahren nicht übergangen und in dem Folgenden entsprechend behandelt werden.

Jede elektrische Minenzündanlage besteht aus drei Hauptteilen: der Elektrizitätsquelle, der Leitung und den Zündpatronen, auch kurz Zünder genannt.

§ 34. Glühzündung. Glühzündpatronen. Durch mathematische Betrachtungen²⁸⁾ lassen sich die Gesetze ermitteln, welche für die Temperaturerhöhung, die ein elektrischer Strom in einem Drahte hervorbringt, bestimmend sind. Aus diesen Betrachtungen geht hervor, welche Metalle man für den Glühdraht zu wählen und welche Dimensionen man ihm zu geben hat, um mit einer bestimmten Stromquelle einen möglichst hohen Glühgrad zu erzielen. Ohne auf diese Betrachtungen selbst einzugehen, seien nur einige der wichtigsten Resultate hier angeführt.

²⁷⁾ Vergleichende Beispiele über die Kosten bei ausgeführten Sprengarbeiten mit elektrischer Zündung und Schnurzündung finden sich in „Mahler u. Eschenbacher. Die Sprengtechnik.“ und in A. Bornhardt's Schrift „Notizen über die Zündelektrismaschinen für die Sprengtechnik“. Braunschweig 1885.

²⁸⁾ Siehe hierüber S. 5—15 des schon früher citirten Werkchens des Verfassers.

Die Temperaturerhöhung von Drähten aus verschiedenem Material und denselben Dimensionen, die von dem nämlichen Strom durchflossen werden, wächst in dem unendlich kleinen Zeiteilchen vor dem Eintritt des stationären Zustandes mit dem Quotienten $\frac{\rho}{s \cdot c}$, in welchem ρ den spezifischen Widerstand, s das spezifische Gewicht und c die spezifische Wärme des Metalles bedeutet, aus welchem der Draht hergestellt ist.

Zieht man in dem gleichen Falle verschieden dicke Drähte desselben Materiales bei verschiedener Stromstärke in Betracht, so erhält man die gleiche Temperaturerhöhung, wenn sich die Stromstärken wie die Quadrate der Durchmesser verhalten. Zu einem anderen Exponenten der Durchmesser gelangt man, wenn der stationäre Zustand in Betracht gezogen wird, d. h. wenn die durch den Strom erzeugte Wärmemenge der in derselben Zeit von ihm an die Umgebung abgegebenen Wärmemenge gleich ist.

Bei gleicher Stromstärke ist die Temperatur, abgesehen von der an die Zuleitungsdrähte abgegebenen Wärme, unabhängig von der Länge des Glühdrahtes. Die Länge des Drahtes ist jedoch zur Erzielung eines bestimmten Glühgrades maßgebend für die elektromotorische Kraft der Stromquelle und es wird mit einer bestimmten Stromquelle (galvanische Batterie) in einem Glühdraht von gegebener Länge und gegebenem Durchmesser das Maximum der Temperaturerhöhung dann erreicht, wenn die Batterie so geschaltet ist, dass der Widerstand derselben, sammt jenem der Zuleitungen, gleich dem Widerstand des Glühdrahtes ist²⁹⁾.

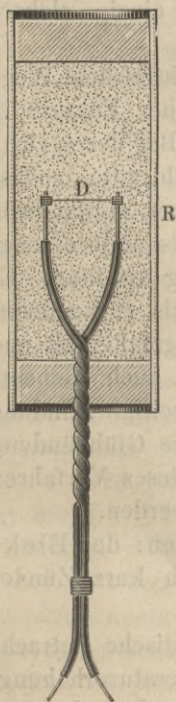
Die Glühzündpatronen bestehen in der Hauptsache aus einem kurzen dünnen Glühdraht D , siehe Fig. 79, der an die Zuleitungsdrähte befestigt ist und von dem in einer Umhüllung befindlichen Zündsatz umgeben wird. Durch das Erglühen des Drahtes wird der Anfeuerungssatz entzündet und es hat dieser die Explosion der Sprengladung herbeizuführen.

Für die Wahl des Materiales der Glühdrähte sind in erster Linie die früher besprochenen Werte $\frac{\rho}{s \cdot c}$ maßgebend, in zweiter Reihe kommen aber auch die Festigkeit und Dehnbarkeit der Metalle in Betracht, da wir möglichst dünne Drähte verwenden sollen, und endlich ist auch noch die Widerstandsfähigkeit gegen die Oxydation von Einfluss. Stahl würde sich wegen seines

hohen Wertes von $\frac{\rho}{s \cdot c} = 0,5146$ besonders eignen, ist jedoch der

zuletzt angeführten Punkte wegen ausgeschlossen. Ebenso auch Eisen mit $\frac{\rho}{s \cdot c} = 0,1159$. Am häufigsten findet Platin (0,2053) Anwendung. Neusilber (0,3162) und die Matthiessen'sche Legirung (0,3284), bestehend aus 2 Teilen Silber und 1 Teil Platin, eignen sich ebenfalls sehr gut für Zünderdrähte.

Fig. 79.



²⁹⁾ Siehe: A. v. Waltenhofen. Über die Gesetze des durch elektrische Ströme bewirkten Drahtglühens. Sitzungsber. der Königl. Böhm. Gesellsch. der Wissenschaften, 1874.

Der Durchmesser der Drähte liegt zwischen 0,02 und 0,05 mm, die Länge variirt zwischen 5 und 15 mm. Für jedes Metall und jeden Durchmesser gibt es eine bestimmte Länge, welche sich als die vorteilhafteste erweist. Burstyn³⁰⁾ fand dieselbe für 0,033 mm starke Platindrähte mit nahezu 7 mm.

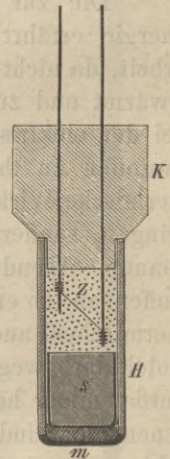
Der Glühdraht ist gewöhnlich zwischen den Enden der kupfernen Zuleitungsdrähte geradlinig ausgespannt (Fig. 79), um diese mehrmals gewickelt und gut verlötet. Wegen Raumersparnis wird der Draht auch zuweilen und zwar bei den neueren Patronen schief zwischen den Zuleitungen ausgespannt. Auch wurden solche Patronen konstruirt, bei denen er eine kleine Spirale bildet.

Der den Draht umgebende Zündsatz muss ein schlechter Elektrizitäts- und Wärmeleiter sein, muss sich schon bei geringer Temperatur entzünden und darf den Glühdraht mit der Zeit nicht wesentlich verändern.

Die älteste Form der Glühzündpatronen ist die in Fig. 79 abgebildete, herührend von Roberts. Der Zündsatz bestand aus Mehlpulver und war in einer beiderseits durch Korkpfropfen geschlossenen Zinnröhre verwahrt. Die bis nahe an das Ende zusammengedrehten, 2 mm starken kupfernen Zuleitungsdrähte waren mit geteeter Baumwolle isolirt.

Bei den neueren Patronen, siehe Fig. 80, sind die Zuleitungen blanke Kupferdrähte und führen in einem entsprechenden Abstand durch den Zünderkopf *K*, welcher aus einem isolirenden Materiale hergestellt ist. Man verwendet hierzu entweder Hartgummi oder ein Gemenge von Pariser Gyps oder Portlandcement mit Schwefel, welches in warmem klebrigem Zustand um die Drähte gegossen wird. Der Zündsatz *Z* besteht entweder aus gepulverter Schießbaumwolle oder dem von Varentrapp angegebenen Gemenge von 1 Teil Kaliumchlorat und 1 Teil Schwefelantimon. Bei Sprengladungen mit Dynamit ist es noch notwendig, der Patrone eine kleine mit Knallquecksilber gefüllte Kapsel *s* beizufügen, da Dynamit zu seiner Entflammung eines größeren Initialstoßes bedarf als Sprengpulver. Die schützende Hülle *H* ist gewöhnlich ein Metallröhrchen, welches mit dem Zünderkopfe in fester Verbindung steht. Der Zündsatz und die Sprengkapsel sind gegen das Herausfallen durch Abschluss des Röhrchens mit einem plastischen Kitt gesichert.

Fig. 80.



In ihrer Empfindlichkeit am gleichförmigsten sind die Patronen mit Schießwollpulver, da sich durch Versuche³¹⁾ ergeben hat, dass das elektrische Leistungsvermögen dieser Substanz mit dem Grade der Pressung sich nahezu gar nicht ändert.

Die Widerstände der Glühzündpatronen liegen zwischen 0,1 und 3 Ohm, die Stärke des Minimalzündstromes zwischen 0,2 und 0,5 Ampère³²⁾.

§ 35. Funkenzündung. Funkenzündpatronen. Bei dieser zweiten Methode benutzt man, wie schon früher angedeutet wurde und wie schon der Name besagt,

³⁰⁾ Über elektrische Zündung, speciell Glühdrahtzündler etc. Zeitschr. f. Elektrotechnik. 1886. S. 207.

³¹⁾ Hierüber und über die Prüfung der Glühzündpatronen siehe Zeitschr. f. Elektrotechnik. Wien 1886. S. 211.

³²⁾ 1 Ohm ist der Widerstand eines Quecksilberprismas von 1 qmm Querschnitt und 106 cm Länge bei 0° C. Der Strom von 1 Ampère liefert bei der Zersetzung von angesäuertem Wasser in der Minute 10,44 cbcm Knallgas, ist also nahezu gleich 10 Jacobi'schen Stromeinheiten.

die im elektrischen Funken auftretende kalorische Energie zum Zwecke der Zündung. Nach der Art der Hervorbringung unterscheiden wir Öffnungs- und Schließungsfunken. Erstere entstehen, wenn man den Schließungskreis einer Stromquelle an irgend einer Stelle unterbricht, während die letzteren an der Unterbrechungsstelle eines Stromkreises dann zu Stande kommen, wenn die elektrische Spannungsdifferenz an derselben so groß ist, dass eine Elektrizitätsbewegung in Form eines entstehenden Funkens eingeleitet wird. Vermöge der Konstruktion der Funkenzündpatronen kann in unserem Falle nur von einer Benutzung des Schließungsfunkens die Rede sein. Bei den Schließungsfunken haben wir es mit bedeutend höheren elektrischen Spannungsdifferenzen zu thun. Während Öffnungsfunken schon bei der Unterbrechung des Stromkreises eines einzigen galvanischen Elementes von mäßigem inneren Widerstande zu Stande kommen, benötigt man zur Hervorbringung eines Schließungsfunkens von minimaler Schlagweite schon mehrere hunderte von Elementen, indem beispielsweise ein Schließungsfunke zwischen parabolischen Spitzen von 0,0173 cm Entfernung eine Spannung von 1000 Volt, und eine Schlagweite von 1,0117 cm schon eine Spannung von ca. 8000 Volt³³⁾ erfordert. Aus dieser Thatsache ersieht man schon, dass für die Funkenzündung nur Elektrizitätsquellen für hochgespannte Elektrizität Anwendung finden können.

Die zur Erzeugung eines elektrischen Funkens aufgewendete elektrische Energie erfährt in diesem eine Umwandlung in Wärme, Licht und mechanische Arbeit, da nicht nur die Elektroden und die zwischen denselben befindlichen Körper erwärmt und zum Glühen gebracht, sondern auch zerstäubt und zerrissen werden. Bei der elektrischen Minenzündung haben wir es mit der Entflammung von Explosivstoffen zu thun. Diese Stoffe zeigen das eigentümliche Verhalten, dass nicht thermische Wirkungen allein es sein müssen, die eine Explosion derselben hervorbringen, sondern dass auch rein mechanische Bewegungsimpulse dies verursachen können. Wendet man daher den elektrischen Funken zur Zündung von Explosivstoffen an, so erscheint dabei die Annahme nicht unwahrscheinlich, dass außer den thermischen auch die mechanischen Wirkungen des Funkens mithelfen, um jene Molekularbewegungen in dem empfindlichen Präparate hervorzubringen, die seine Entflammung herbeiführen. Es wird diese Ansicht bestärkt durch Versuche³⁴⁾, bei denen die Zündung solcher Stoffe noch gelang, ohne dass bei genauester Beobachtung das Auftreten eines eigentlichen Funkens mit dem Auge wahrzunehmen war.

Zur Beurteilung der zündenden Wirkung eines elektrischen Funkens wird also die zu seiner Entstehung aufgewendete elektrische Arbeit maßgebend sein. Da diese abhängig ist von dem Produkte aus der Potentialdifferenz V und der zu seiner Entstehung aufgewendeten Elektrizitätsmenge Q , so haben wir unter sonst gleichen Umständen in dem Produkte VQ ein Maß für die zündende Wirkung³⁵⁾. Außerdem ist sie von der Form und dem Material der Elektroden und von den Widerstandsverhältnissen im Schließungskreise³⁶⁾ abhängig.

³³⁾ Die elektromotorische Kraft von 1 Volt ist notwendig, um in einem Stromkreise von 1 Ohm Widerstand den Strom von 1 Ampère zu erzeugen. Die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes ist nahezu gleich 1 Volt.

³⁴⁾ Siehe: A. v. Waltenhofen. Über elektrische Zündungen in großen Entfernungen. Abhandl. der Königl. Böhm. Gesellschaft, d. Wissenschaften. VI. Folge. 8. 1876.

³⁵⁾ Siehe S. 32—39 des früher citirten Werkchens des Verfassers.

³⁶⁾ Siehe: A. Paalzow. Über die Wärme des elektrischen Funkens. Pogg. Ann. Bd. 127. S. 126. 1866.

Bei der Funkenzündpatrone sind die Zuleitungsdrähte in der Weise festgelegt, dass ihre Enden einander gegenüberstehend eine kleine Spalte (Zündspalte) bilden, in welcher der elektrische Funke entsteht. Die Spalte und deren Umgebung sind mit dem schlecht leitenden Zündsatze ausgefüllt, der durch den entstehenden Funken zur Entflammung gebracht wird.

Die ältesten Zündpatronen sind jene von Statham und Ebner, auf deren Beschreibung jedoch nicht eingegangen werden soll. Die heute im Gebrauche stehenden und insbesondere bei reibungselektrischen Zündapparaten in Anwendung kommenden Patronen haben die in Fig. 81 abgebildete Form. Ein Uförmig gebogener Messing- oder Kupferdraht ist mit einer Isolirmasse, dem Zünderkopfe *A* umgossen. An der Biegungsstelle des Drahtes wird mit einer Spaltscheere oder einer feinen Säge ein Schnitt, die Zündspalte, angebracht. Nach der Breite dieses Schnittes richtet sich die Empfindlichkeit der Patrone. Dieselbe variirt zwischen 0,2 und 0,05 mm. Die sonstigen Teile sind genau so wie bei der früher beschriebenen Glühzündpatrone. Der Zünderkopf füllt die Spalte und deren Umgebung aus und befindet sich in dem mit dem Zünderkopfe festverbundenen Metallröhrchen *H*. Ebenso ist für die Sprengung von Dynamitladungen, aus den schon früher angeführten Gründen, auf dem Zündsatze eine kleine Kapsel *K* mit Knallquecksilber vorhanden. *m* ist der Verschluss des Röhrchens³⁷⁾. Die Masse des Zünderkopfes muss fest an den Drähten haften, sodass die unveränderliche Lage der Drähte für jeden Fall gesichert ist. Die Stärke der Zuleitungsdrähte darf einesteils nicht zu gering gewählt werden, damit noch eine genügende Menge des Zündsatzes in der Spalte Platz finden kann, andererseits soll sie aber auch nicht übermäßig groß sein, weil bekanntlich bei einem um so geringeren Potential eine Funkenentladung stattfindet, je spitziger die Elektroden sind. Als Zündsatz für die Funkenzündpatronen eignen sich am besten Knallquecksilber, Mischungen von chloresaurem Kali mit Arsen, mit Schwefel und vor allem mit Schwefelantimon³⁸⁾.

Von der soeben beschriebenen Patronenform abweichend sind die von dem Hofmechaniker Bornhardt in Braunschweig konstruirten, die insbesondere bei seinen reibungselektrischen Zündapparaten gebraucht werden und den Vorteil haben, bei Bohrlochminen schon mit den entsprechend langen Zuleitungen ausgerüstet zu sein; siehe § 9 a, Bohrlochminen.

Die beiden mit Guttapercha überzogenen Kupferdrähte *DD*, siehe Fig. 82, sind fest zusammengedreht und an dem einen Ende mit einer Zwickzange abgekniffen, sodass die beiden Kupferdrahtenden, getrennt durch die dünne Guttaperchaschichte, die Übergangsstelle des elektrischen Funkens bilden. Diese so hergestellte Zündspalte wird, nachdem die Drähte bei *e* mit einer

Fig. 81.

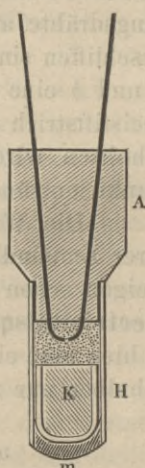
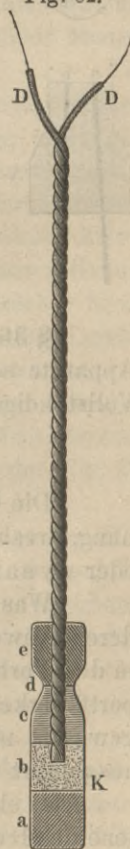


Fig. 82.



³⁷⁾ Patronen von dieser Form können beispielsweise von der Dynamit-Aktien-Gesellschaft Nobel in Wien bezogen werden.

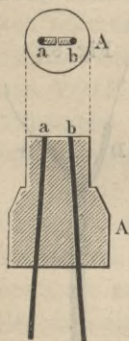
³⁸⁾ In dem schon früher bei den Glühzündpatronen angegebenen Mischungsverhältnis.

Garnumwicklung versehen sind, in den aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon bestehenden Zündsatz *b* der kupfernen Kapsel *K* gebracht. Die Befestigung der Zuleitungsdrähte mit der Kapsel geschieht dadurch, dass bei *d* ein Anknäfen der Kapsel und bei *e* ein Verkitten derselben mit den Drähten vorgenommen wird. Am Boden der Kapsel, bei *a*, befindet sich die für die Sprengung von Dynamitladungen nötige Menge Knallquecksilber³⁹⁾.

Patronen mit noch größerer Empfindlichkeit als die bisher beschriebenen stehen bei der Zündung mit dem Induktionsfunken in Verwendung.

Diese erhöhte Empfindlichkeit wird entweder dadurch herbeigeführt, dass man dem Zündsatz eine geringe Menge eines fein gepulverten Körpers von größerem elektrischen Leitungsvermögen beimischt, z. B. Graphit, Phosphor- oder Schwefelkupfer, oder dass, wie bei den sogenannten Brückenzündern, die Zündspalte noch enger gemacht wird.

Fig. 83.



Die Brückenzünder werden in der Weise hergestellt, dass die Enden der in die Isoliermasse *A*, siehe Fig. 83, eingegossenen Zuleitungsdrähte aus dieser nicht hervorragen, sondern mit ihr eben abgeschliffen sind. Auf der Isoliermasse wird dann zwischen den Enden *a* und *b* eine leitende Verbindung, die Brücke durch einen kräftigen Bleistiftstrich hergestellt, welcher mit einem feinen Messer quer durchgeschnitten wird. Der in diesem äußerst feinen Schnitt entstehende Funke entzündet die anliegende Anfeuerungsmasse.

Die Widerstände der Funkenzündpatronen richten sich nach ihrer Empfindlichkeit. Sie sind im allgemeinen sehr groß und übersteigen schon bei sehr empfindlichen Zündern 1 Million Ohm.

§ 36. Electricitätsquellen. Nur die für die civile Sprengtechnik wichtigeren Apparate sollen hier eine eingehendere Besprechung erfahren, während andere der Vollständigkeit halber nur namhaft gemacht werden.

a. Für die Glühzündung.

Die Glühzündung erfordert Ströme von großer Intensität und geringer Spannung, weshalb bei ihr als Stromquellen galvanische Batterien und magneto- oder dynamoelektrische Maschinen zur Anwendung kommen.

Was die galvanischen Batterien anbelangt, so ist zu bemerken, dass deren Anwendung stets gewisse Unannehmlichkeiten zur Folge hat, die besonders in dem Vorhandensein der Füllungsflüssigkeiten beruhen und hauptsächlich die Transportfähigkeit ungemein beeinflussen. Doch sind sie bisher die einzigen Stromquellen gewesen, mit denen die gleichzeitige Zündung einer sehr großen Anzahl von Minen ausgeführt wurde.

Als ein hierhergehöriges Beispiel einer solchen großartigen Sprengung sei jene des Hellgatefelsens an der nördlichen Einfahrt des Hafens von New-York am 24. September 1876 angeführt, bei welcher 3680 Minen gleichzeitig durch den Strom von 23 Batterien, bestehend aus je 40 Chromsäureelementen, gezündet wurden⁴⁰⁾.

³⁹⁾ A. Bornhardt bringt nach der in der Kapsel vorhandenen Knallquecksilbermenge drei verschiedene Größen seiner Zünder in den Handel mit den Bezeichnungen Nr. 6 simple force, Nr. 7 double force und Nr. 8 triple force. Nr. 7 und 8 dienen zur Sprengung gefrorener Dynamitladungen.

⁴⁰⁾ Über die Schaltung der Zünder und Batterien bei dieser Sprengung ist Einiges in § 7 (Schaltungsweisen) angeführt.

Außer großer elektromotorischer Kraft und geringem inneren Widerstande jedes Elementes einer Zündbatterie ist wegen der Transportfähigkeit und der Art der Instandsetzung noch besonderes Augenmerk auf ihre konstruktive Ausführung zu legen. Da von einer solchen Batterie nur eine momentane Wirkung gefordert wird, so können auch inkonstante Elemente mit nur einer Füllungsflüssigkeit für Zündzwecke benutzt werden, nur muss dann die Einrichtung getroffen sein, dass die Elektroden mit der Füllungsflüssigkeit erst kurz vor der Zündung oder im Momente derselben in Berührung kommen. Am besten erreicht man dies, wenn die Elemente zu sogenannten Tauch- oder Sturzbatterien vereinigt werden⁴¹⁾. Chromsäureelemente eignen sich besonders wegen ihrer hohen elektromotorischen Kraft für Zündbatterien.

Für kleinere transportable Batterien sind besondere Elemente konstruirt worden, bei denen die Füllungsflüssigkeit von einer pulverförmigen Masse aufgesaugt ist. So beispielsweise bei dem Elemente von Place-Germain besteht diese pulverige Masse, Cofferdam genannt, aus den Fasern der Cocosnusschale, welche die aus Meerwasser oder Chlorammonium bestehende Flüssigkeit in großer Menge aufgesaugt enthält.

Die magneto- und dynamoelektrischen Maschinen wurden bisher nur in kleineren Modellen mit Handbetrieb zur gleichzeitigen Zündung einer geringen Anzahl von Minen in Anwendung gebracht. Ein Vergleich der magneto- und dynamoelektrischen Maschinen untereinander lässt zu Gunsten der letzteren entscheiden, weil diese keine permanenten Magnete enthalten, also bei ihnen keine Abnahme der Wirkung im Laufe der Zeit zu befürchten ist. Ein weiterer Grund ist der, dass die magnetischen Feldstärken, unter der Voraussetzung gleicher Konstruktion und gleichen Gewichtes, bei den dynamoelektrischen Maschinen mit Leichtigkeit sich auf das Doppelte von jenen bei Magnetmaschinen steigern lassen.

Von den dynamoelektrischen Maschinen seien insbesondere jene von Bürgin und Siemens & Halske genannt. Letztere ist unter dem Namen Glühzünder von Siemens & Halske bekannt und soll an der Hand des Schemas der Fig. 84 etwas näher erläutert werden⁴²⁾.

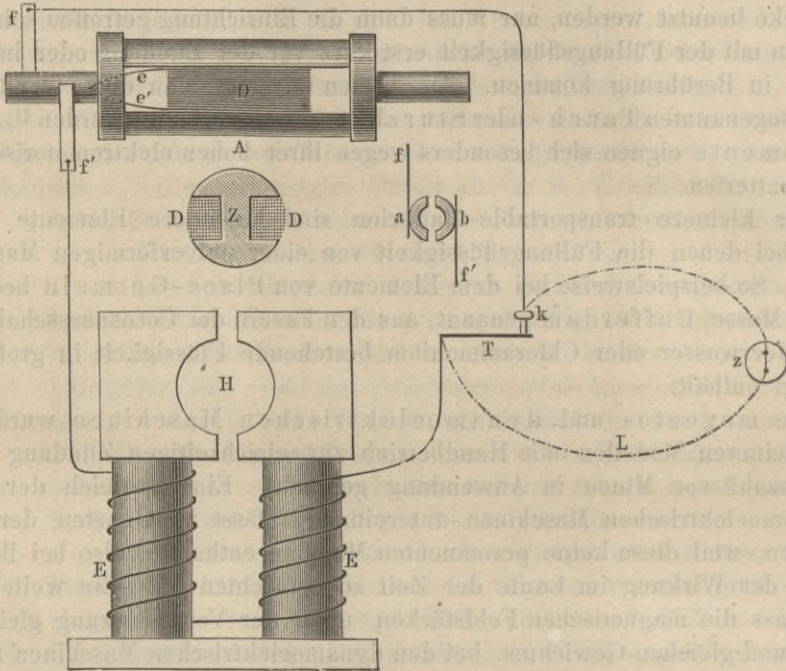
In dem cylindrischen Hohlraum H der Polschuhe des Elektromagneten EE wird mittels Kurbel und Zahnradgetriebe der sogenannte Siemens'sche Doppel- T -Anker A in Drehung versetzt. Die Enden der in die Nuten dieses Induktors eingewickelten Drahtwindungen D stehen mit den beiden Teilen des Spaltrohrkommutators a und b in Verbindung, auf denen die Federn ff' schleifen und von welchen die eine mit dem Unterbrecher T , die andere mit den Elektromagnetwindungen in Verbindung steht. Bei geschlossenem Taster T bilden also die genannten Drahtwicklungen einen ununterbrochenen Stromkreis. Durch jede Umdrehung des Ankers werden in den Induktorwindungen zwei Ströme von entgegengesetzter Richtung inducirt, die allerdings anfänglich, nur durch den remanenten Magnetismus des Elektromagneteisens hervorgebracht, ungemein schwach sind, jedoch bei den weiteren Umdrehungen nach dem dynamoelektrischen Principe sich immer mehr bis zu einem gewissen Maximum verstärken. Durch den Spaltrohrkommutator treten nämlich bei den Federn die inducirten Ströme immer in derselben

41) Siehe S. 17 des schon mehrmals citirten Werkchens des Verfassers.

42) Siehe: A. v. Waltenhofen. Über die dynamoelektrischen Zündapparate von Siemens & Halske. Organ des militärwissensch. Vereines. Prag 1875.

Richtung aus und verstärken dadurch das magnetische Feld des Elektromagneten. Ist das Maximum erreicht, so wird durch Unterbrechung des Tasters *T* der Strom in die Zündleitung *L* geleitet und bewirkt dort die Explosion der eingeschalteten

Fig. 84.



Glühzündpatronen *z*. Der Apparat wiegt ungefähr 28 kg, hat die in Fig. 89 abgebildete Form, wobei man sich die an der Stirnseite angebrachten Vorrichtungen nicht vorhanden denken muss. Er ist in einem Holzkasten verwahrt.

b. Für die Funkenzündung.

Die Elektrizitätsquellen der Funkenzündung zerfallen auch wieder in zwei Hauptgattungen, nämlich in die reibungselektrischen Zündapparate und in die Induktionszündapparate.

Die reibungselektrischen Zündapparate sind die in der civilen Sprengtechnik am häufigsten gebrauchten Elektrizitätsquellen. Jeder derartige Apparat besteht aus einer Reibungselektrisirmaschine, durch welche mit der von ihr erzeugten Elektrizität ein oder zwei in Form von Leydener Flaschen oder Franklin'schen Tafeln beigegebene Kondensatoren geladen werden. Durch die darauf folgende Entladung dieser Kondensatoren wird die Zündung bewirkt.

Die größten Schwierigkeiten hat der Benutzung dieser so wirkungsfähigen Apparate für die Zwecke der Minenzündung der Umstand bereitet, dass dieselben so sehr von den Witterungsverhältnissen, insbesondere von der Luftfeuchtigkeit, in ihrer Wirkung beeinflusst werden. Es handelte sich also für diesen Fall nicht nur um die Konstruktion recht kräftig wirkender und kompender Maschinen, sondern auch um eine derartige Verwahrung derselben, dass sie bei jeder Witterung, im Freien aufgestellt, wirkungsfähig bleiben. Diesem letzteren Umstande wurde

schon teilweise durch die Einschließung der Maschine und des Kondensators in einen Kasten Rechnung getragen. So lange jedoch Glasscheiben oder Glaseylinder als Erreger verwendet wurden, konnte diesem Verschlusse noch nicht die wünschenswerte Dichte gegeben werden, weil das Amalgam des dabei in Verwendung stehenden Lederreibzeuges öfter erneuert und der Erreger von dem anhaftenden Amalgam gereinigt werden musste, wodurch es notwendig war, den Schutzkasten durch Schieber oder Deckel mit Scharniren leicht öffnen zu können. Erst durch den Ersatz der gläsernen Erreger, die auch ihrer leichten Zerbrechlichkeit wegen einen großen Nachteil hatten, durch Erreger aus Hartgummi (Scheiben oder Cylinder) mit Reibzeugen aus Pelzwerk, bei welchen eine Erneuerung oder Reinigung nur höchst selten notwendig ist, konnte der Verschluss in entsprechend luftdichter Weise hergestellt werden und es lassen die heute in Verwendung stehenden Maschinen auch in dieser Richtung nichts zu wünschen übrig⁴³⁾.

Der Übergang der Elektricitäten von der Maschine in die Belegungen des Kondensators wird gewöhnlich in der Weise bewirkt, dass das Reibzeug mit der einen Belegung in leitende Verbindung gebracht ist, während die Elektricität der geriebenen Fläche durch Saugspitzen auf die andere Belegung übergeführt wird. Jeder Apparat ist außerdem noch mit einem Auslader und mit einem Funkenmesser oder einer Funkenskala ausgerüstet. Der Auslader hat den Zweck, im Momente der Zündung durch Drücken auf einen Knopf eine leitende Verbindung zwischen der einen Schaltklemme und der einen Kondensatorbelegung herzustellen. Durch die Funkenskala oder den Funkenmesser, von denen die erstere eine Vorrichtung mit mehreren Unterbrechungsstellen von unveränderlicher Weite, letzterer eine solche mit einer Unterbrechungsstelle von veränderlicher Weite ist, kann eine probeweise Entladung des Kondensators vorgenommen werden.

Die Figuren 85 und 86 zeigen die Einrichtung der von A. Bornhardt in Braunschweig konstruirten Zündapparate⁴⁴⁾.

Die Hartgummischeiben *B* werden durch eine Kurbel mit Zahnradgetriebe in Bewegung gesetzt, wobei die Umdrehungszahl der Scheiben viermal so groß ist als jene der Kurbel. An einer Doppelfeder ist das aus einem Stück Pelzwerk bestehende Reibzeug befestigt und es kann die Drehung in beliebiger Richtung vorgenommen werden⁴⁵⁾. In einem isolirenden Futter am Boden des Kastens steht die Leydener Flasche *F*, die an der der Scheibe zugekehrten Seite einen Hartgummimantel trägt, um das Ausstrahlen der Elektricität der Scheibe auf die äußere Belegung zu verhüten. Der mit Saugspitzen versehene Ring *A* vermittelt den Übergang der Elektricität der Scheibe auf die innere Belegung. Die Elektricität des Reibzeuges wird durch eine leitende Verbindung auf die äußere Belegung der Flasche übergeführt und es steht letztere auch in leitender Verbindung mit der Schaltöse *b*. Die innere Belegung der Flasche wird durch den Auslader mit der zweiten Öse *a*

⁴³⁾ Die erste Anwendung von Hartgummi statt Glas rührt von dem österreichischen General Baron Ebner her, wie überhaupt die österreichische Armee, speciell das technische Militärkomitee derselben sich um die Vervollkommnung dieser Apparate große Verdienste erworben hat.

⁴⁴⁾ Siehe: A. Bornhardt. Notizen über die Zündelektrisirmaschinen für die Sprengtechnik. Braunschweig 1885.

⁴⁵⁾ Beim aufeinander folgenden Gebrauch dieser Maschine ist es vorteilhaft, die Drehungsrichtung zu wechseln, weil dadurch ein Absetzen von kleinen Teilchen der Scheibe auf dem Reibzeuge in vermindertem Maße stattfindet und die Wirkung derselben längere Zeit konstant bleibt.

leitend verbunden und zwar durch Drücken des über *b* befindlichen Knopfes. Es wird nämlich dadurch bewirkt, dass der Hebel des Ausladers in die in Fig. 85 punktiert angedeutete Lage kommt, was zur Folge hat, dass durch eine an *a* und die Kugel *k* befestigte Spiralfeder die Verbindung mit dem Knopfe der Leydener Flasche hergestellt ist. Der Anschluss der Zündleitungen erfolgt bei den Ösen *a* und *b*. Eine Reihe von 15 Metallknöpfen, siehe Fig. 86, die an der einen Seitenwand angebracht

Fig. 85.

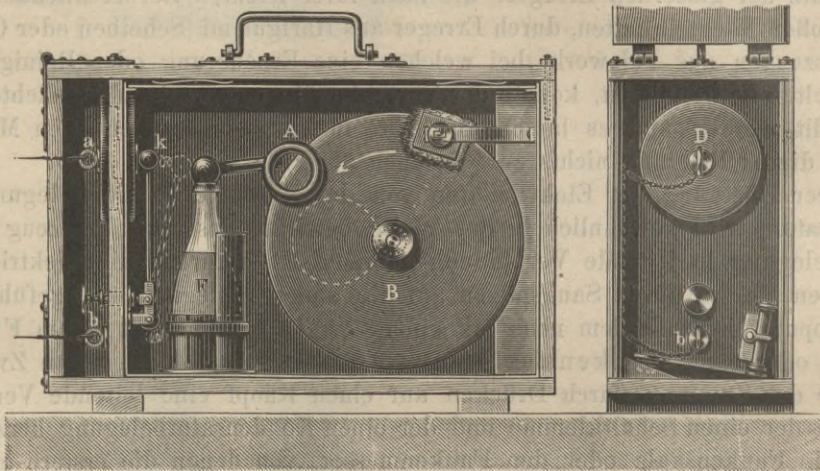
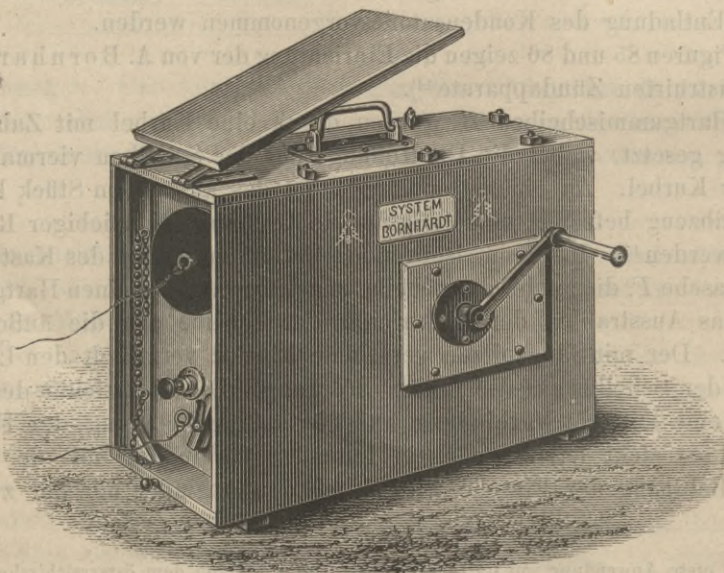


Fig. 86.



sind, bildet die Funkenskala und kann durch Metallkettchen mit den Ösen verbunden werden. Die Maschine soll schon bei 15—20 Kurbelumdrehungen lebhaft Funken an den Unterbrechungsstellen der Skala zeigen. Der Holzkasten, welcher die Maschine umschließt, ist im Innern mit Zinkblech ausgekleidet. Der oben aufgeschraubte Holzdeckel wird durch starke zwischenliegende Federn auf eine

Hartgummiplatte gedrückt, die ihrerseits wieder durch zwischenliegende Gummibanden die Zinkverkleidung luftdicht abschließt. Zugänglich durch das Öffnen der in den Figuren angedeuteten Klappe sind nur die Ösen, der Drücker des Entladers und die Funkenskala. In dieser äußeren Abteilung wird auch die Kurbel aufbewahrt.

Diese Maschinen werden in zwei verschiedenen Größen angefertigt. Das kleinere Modell ($50 \times 18,5 \times 34$ cm) wiegt 12 kg, besitzt eine Scheibe und eine Flasche, liefert bei 20 Umdrehungen 45—50 mm lange Funken und kostet 120 *M.* Das große Modell ($54,5 \times 27 \times 40$ cm) hat ein Gewicht von 19 kg, besitzt 2 Scheiben und 2 Flaschenkondensatoren, gibt bei 20 Umdrehungen 70—90 mm lange Funken und kostet 168 *M.*

Sehr wirkungsfähig sind auch die von Mahler & Eschenbacher⁴⁶⁾ in Wien konstruirten Apparate, welche in ihren wichtigsten Teilen den vielfach erprobten reibungselektrischen Zündmaschinen der österreichischen Armee nachgebildet sind.

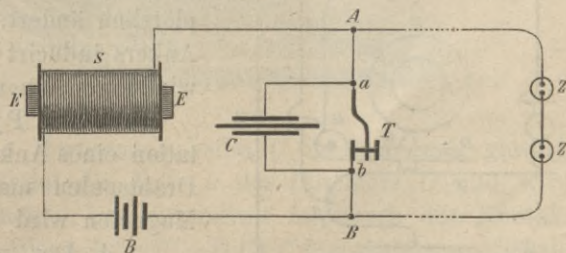
Ebenso sei noch der Maschinen von Ingenieur Abegg in Bistritz bei Klattau in Böhmen Erwähnung gethan⁴⁷⁾.

Die Induktionszündapparate lassen sich wieder, nach der Hervorbringung des Induktionsstromes von hoher Spannung, in Volta- und Magnetoinduktoren einteilen, je nachdem uns ein elektrischer Strom oder ein Magnet das Mittel zur Erzeugung desselben bietet.

Zu den Voltainduktoren gehört der Rühmkorff'sche Funkeninduktor und die Zündung mit der Extrastromspirale. Bei beiden Methoden wird ein galvanischer Strom von niedriger Spannung in einen Momentanstrom von hoher, also zur Aktivierung von Funkenzündpatronen geeigneter Spannung verwandelt. Für die civile Sprengtechnik sind sie jedoch von sehr untergeordneter Bedeutung, weshalb nur der Vorgang bei der Zündung mit der Extrastromspirale an dem Schema in Fig. 87 kurz erläutert werden mag, da dieser auch für die hierauf folgenden Magnetoinduktoren maßgebend ist.

Bei der Zündung mit der Extrastromspirale wird bei geschlossenem Taster *T* der Strom einer entsprechend gewählten Batterie *B* durch eine Drahtspule *S*, welche aus vielen Windungen besteht und einen aus Eisendrähten hergestellten Eisenkern *E* enthält, geleitet. Erfolgt hierauf bei dem Unterbrecher *T* eine rasche Öffnung dieses Stromes, so wird der dadurch in den Windungen der Spirale entstehende hochgespannte Öffnungsextrastrom in die in den Punkten *A* und *B* angeschlossene Zündleitung fließen und dort die eingeschal-

Fig. 87.



⁴⁶⁾ Siehe: Mahler & Eschenbacher. Die Sprengtechnik. Wien 1881. S. 90. Zu beziehen sind dieselben durch die Aktien-Gesellschaft Dynamit Nobel in Wien und zwar in den Größen:

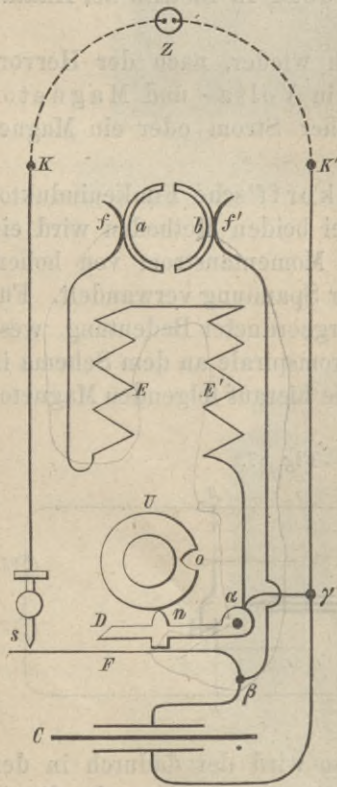
- | | |
|-----------------------|--------------|
| 1. Für 10—20 Zünder . | 75 <i>M.</i> |
| 2. „ 30—40 „ . | 133 „ |
| 3. Bis zu 100 „ . | 200 „ |

⁴⁷⁾ Siehe: I. Lauer. Weisses Dynamomit und Rhexit. Wien 1875.

teten Zünder zur Explosion bringen. Um bei der Öffnung des primären Stromes an der Unterbrechungsstelle die Funkenbildung zu vermeiden oder wenigstens zu vermindern, ist an der Unterbrechungsstelle in den Punkten a und b ein Kondensator C angelegt, welcher die entgegengesetzten Elektricitäten, bevor sie sich an der Unterbrechungsstelle unter Funkenbildung vereinigen, für einen Augenblick in seine Belegungen aufnimmt und sich im nächsten Momente durch die Zündleitung entladet.

Bei den für die Funkenzündung bestimmten Magnetoinduktoren hat man den nämlichen, soeben beschriebenen Vorgang, nur mit dem Unterschiede, dass der ursprüngliche, den Öffnungsextrastrom hervorrufende Strom nicht von einer galvanischen Batterie sondern durch Magnetoinduktion geliefert wird. Die Erzeugung dieses Stromes erfolgt dabei in Drahtspulen und zwar entweder durch momentane Änderungen des magnetischen Feldes eines Magneten oder durch die relative Bewegung zwischen Magneten und den Drahtspulen. Hat der inducirte Strom sein Maximum erreicht, so erfolgt durch geeignete Organe die Unterbrechung desselben und es entsteht in der Drahtspule der Öffnungsextrastrom, der in die Zündleitung geschickt wird.

Fig. 88.



Wir unterscheiden Magnetoinduktoren mit permanenten und Elektro-Magneten. Zu den ersteren gehören:

1. Bréguet's Minenzünder. — Der Induktionsstrom wird erzeugt durch Abreißen eines Ankers aus weichem Eisen von den mit Drahtspulen umgebenen Polen eines permanenten Magneten.

Ducretet hat kürzlich einige Verbesserungen an diesem Apparate vorgenommen und dadurch dessen Wirkung wesentlich gesteigert.

2. Der Zündinduktor von Marcus. — Es wird einem aus weichem Eisen bestehenden Anker eine rasche Bewegung erteilt, welche seine Lage zwischen den Polen eines kräftigen Stahlmagneten plötzlich ändert. Diese rasche Ummagnetisirung des Ankers inducirt in den auf ihm befindlichen Drahtwindungen einen Strom.

3. Die Pyrothek. — Durch die rasche Rotation eines Ankers aus weichem Eisen vor den mit Drahtspulen umgebenen Polen eines permanenten Magneten wird der Induktionsstrom hervorgebracht.

4. Der magnetoelctrische Rotationszündapparat von Marcus. — Dieser unterscheidet sich von dem früheren Apparat hauptsächlich dadurch, dass die Induktionsspule auf dem rotirenden Anker statt auf den Polen des Stahlmagneten sich befindet. Außerdem ist dieser Apparat mit einem Kondensator ausgerüstet⁴⁸⁾.

Für die Funkenzündapparate mit Elektromagneten sind gegenüber jenen mit Stahlmagneten dieselben Vorzüge anzuführen, wie dies früher bei der Glüh-

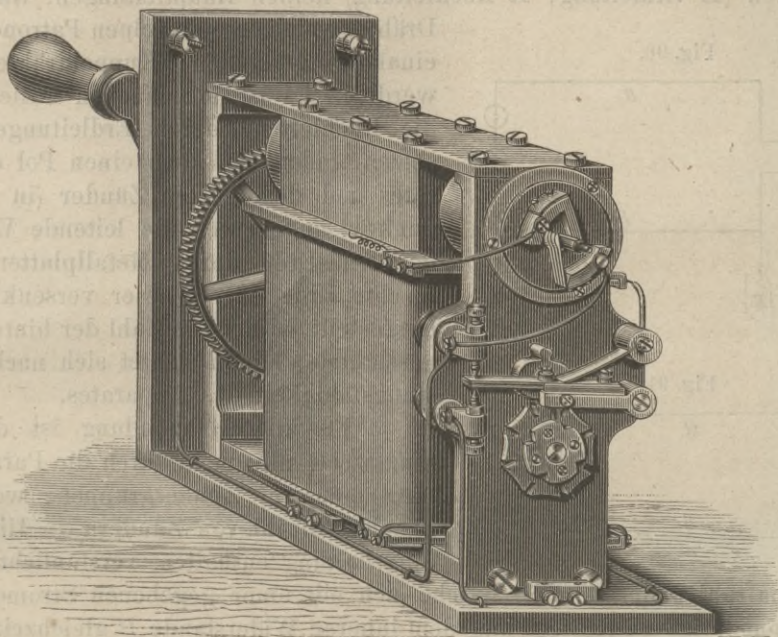
⁴⁸⁾ Eine Beschreibung dieser Apparate findet sich in dem Werkchen des Verfassers: Die electrische Minenzündung etc. S. 67—72.

zündung für die dynamoelektrischen Maschinen gegenüber den Magnetmaschinen gethan wurde.

Als ein Repräsentant dieser Gruppe sei der dynamoelektrische Funkenzünder von Siemens & Halske angeführt und dessen Einrichtung kurz erläutert.

Bezüglich der stromgebenden Teile dieses Apparates gleicht derselbe vollkommen dem früher beschriebenen dynamoelektrischen Glühzünder derselben Firma, siehe Fig. 84, nur ist die Zahl der Windungen auf den Elektromagneten eine größere, damit ein möglichst kräftiger Öffnungsextrastrom zustande kommt. Die Einrichtung der dem Apparate beigegebenen Unterbrechungsvorrichtung wird aus dem Schema in Fig. 88 ersichtlich, in welchem a und b die beiden Kommutatortheile, f und f' die schleifenden Federn, EE' die Elektromagnetwindungen darstellen. Vermittels einer Zahnradübersetzung wird durch die Drehung des Ankers

Fig. 89.



die mit dem Ausschnitt o versehene Hartgummischeibe U in Bewegung gesetzt. Auf dem Umfang dieser Scheibe gleitet die Nase n des Hammers D und wird durch die Feder F an diesen gedrückt. Der Stromkreis ist durch den Kontakt der Feder mit dem Hammer auf dem Wege $afEE'aDF\beta f'b$ geschlossen. Sobald jedoch bei der Drehung die Nase in den Ausschnitt o fällt, tritt für einen Moment Unterbrechung zwischen Hammer und Feder ein, letztere legt sich an den Stift s , wodurch es dem durch die Unterbrechung hervorgerufenen Öffnungsextrastrom möglich wird, in die bei K und K' angeschlossene Zündleitung zu gehen. C ist der an die Unterbrechungsstelle gelegte Kondensator ⁴⁹⁾.

Fig. 89 gibt die Totalansicht des Apparates bei abgehobenem Schutzkasten.

⁴⁹⁾ Die Kondensatoren der Induktionszündapparate haben große Belegungsflächen, sind jedoch entsprechend zusammengefaltet, um in einem kleinen Hohlraum des Apparatfundamentes Platz zu finden. Das Diaphragma besteht aus Wachstaffet oder paraffinirtem Papier.

Der Apparat wiegt ungefähr 24 kg und hat bei kurzer Schließung nach A. v. Waltenhofen's Untersuchungen eine Schlagweite von 4 mm. Preis 385 M.

Bei einem in neuerer Zeit von Smith⁵⁰⁾ konstruirten dynamoelektrischen Funkenzündapparat wird der Anker nicht durch eine Kurbel sondern durch die rasche Abwärtsbewegung einer Zahnstange in Drehung versetzt, um durch die beschleunigte Ankerbewegung ein möglichst kräftiges magnetisches Feld zu erzielen.

Die Funkeninduktionszündapparate stehen in ihrer Wirkung den reibungselektrischen Zündmaschinen bedeutend nach⁵¹⁾, weshalb es für die gleichzeitige Zündung mehrerer Minen notwendig ist, bei ersteren möglichst empfindliche Zündpatronen in Anwendung zu bringen. Auch ist der Preis der ersteren ein höherer.

§ 37. Schaltungsweisen der Zünder. Minen. Bei der Funkenzündung steht zur gleichzeitigen Sprengung mehrerer Minen die Hintereinanderschaltung im Gebrauch; siehe Fig. 90. Die Leitungen, welche von der Elektrizitätsquelle zum Zünderherde führen (*H* Hinleitung, *R* Rückleitung) heißen Hauptleitungen, während die Drähte, welche die einzelnen Patronen *Z* unter einander verbinden, Kuppeldrähte genannt werden. Es ist in manchen Fällen bequem die Rückleitung durch Erdleitungen zu ersetzen, indem von dem einen Pol des Apparates und dem letzten Zünder (in der Figur punktirt angedeutet) die leitende Verbindung mit der Erde durch Metallplatten, die in feuchte Erde oder Wasser versenkt werden, hergestellt wird. Die Zahl der hintereinander geschalteten Minen richtet sich nach der Leistungsfähigkeit des Apparates.

Für die Glühzündung ist die Schaltungsweise allgemein durch die Parallelschaltung mehrerer Zündergruppen, welche eine gleiche Anzahl von Zündern in Hintereinanderschaltung enthalten, versinnlicht; Fig. 91.

Die Maximalzahl *y* der Zünder, welche sich mit einer gegebenen Stromquelle von der elektromotorischen Kraft *E* und dem inneren Widerstande *U* gleichzeitig zünden lässt, ist gegeben durch die Gleichung

$$y = \frac{E^2}{4ri^2(U+l)},$$

worin *r* den Widerstand eines Zünder, *i* den für die Zündung einer Patrone nötigen Strom und *l* den Widerstand der Leitungen bedeutet. Ist dabei *x* die Zahl der in einer Gruppe hintereinander geschalteten Zünder, so wird diese gefunden durch die Formel

$$x = \frac{E}{2ri}.$$

Der Quotient $\frac{y}{x}$ ergibt dann die Zahl der Zündergruppen.

Bei der Simultanzündung zahlreicher Minengruppen können lange Haupt-

⁵⁰⁾ Electrical Review. Bd. 20. S. 74.

⁵¹⁾ Vergleiche die Schlagweite des dynamoelektrischen Funkenzünders von Siemens & Halske mit den auf S. 129 angegebenen Schlagweiten der reibungselektrischen Zündapparate.

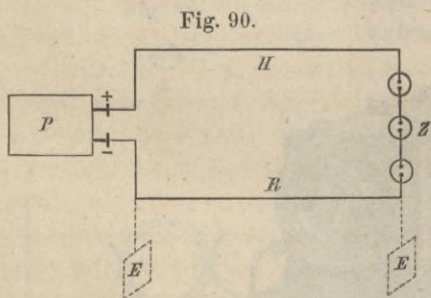


Fig. 90.

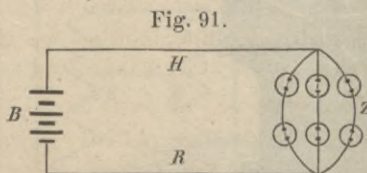


Fig. 91.

zuleitungen einen großen Effektverlust zur Folge haben. Um dies zu verhindern, behilft man sich in diesem Falle in der Weise, dass man die Zündbatterien an einem dem Zündherd möglichst nahen, jedoch von den Wirkungen der Explosion geschützten Ort zur Aufstellung bringt und die Schließung der Stromkreise der Zündbatterien aus beliebig großer Entfernung ebenfalls auf elektrischem Wege bewirkt. Eine solche Anordnung war beispielsweise bei der schon S. 124 erwähnten großartigen Sprengung des Hellgatefelsens im Hafen von New-York getroffen, indem die Schließung der Stromkreise der 23 Batterien aus großer Entfernung durch die Explosion einer Dynamitpatrone mit Hilfe eines von den Ingenieuren Striedinger und Dörflinger konstruirten Apparates⁵²⁾, Wippe genannt, ausgeführt wurde. Jede der 23 Batterien lieferte den Strom für 160 Zünder, die in 8 Parallelgruppen mit je 20 Zündern geschaltet waren.

§ 38. Leitungen. Hinsichtlich des Materials für die Leitungen sind die Anforderungen verschieden, je nachdem sie für die Glüh- oder für die Funkenzündung benutzt werden.

Für die Leitungen einer Glühzündanlage kann nur das gut leitende Kupfer verwendet werden, damit sich nicht ein zu großer Effektverlust in den Leitungen einstellt. Aus demselben Grunde muss ein entsprechender Querschnitt gewählt werden und unterliegt die Länge derselben einer gewissen Beschränkung⁵³⁾.

Bei der Funkenzündung hingegen können statt Kupfer auch schlechter leitende Metalle (Eisen, Messing) in Verwendung genommen werden, weil mit Rücksicht auf den enormen Widerstand der Funkenzündpatronen selbst bei sehr langen Leitungen der Widerstand derselben gar nicht in Betracht kommt. Auch der Querschnitt ist nebensächlich. Nur darf er nicht unter jener Grenze gewählt werden, bei welcher leicht Drahtbrüche stattfinden können.

Was die Isolation der Leitungen anbelangt, so soll dieselbe in beiden Fällen eine gute sein. Insbesondere bei der Funkenzündung ist, da bei Elektrizität von hoher Spannung leicht Verluste durch Isolationsfehler eintreten können, ein besonderes Augenmerk darauf zu richten. Werden blanke Drähte in Anwendung gebracht, so ist mindestens die Hinleitung auf Isolatoren zu führen, die im Freien auf Stangen, in Stollen und Schächten an den Wänden entsprechend befestigt sind. In jenen Fällen, in welchen man die Isolatoren an Holz befestigen kann, sind als Isolatoren die sogenannten Kulissenbohrer von A. Bornhardt zu empfehlen. Es sind dies mit Hornheften versehene Holzbohrer, deren Hefte beiderseits durchbohrt und mit Einschnitten versehen sind, um die Leitungsdrähte einlegen zu können.

Als isolirte Drähte verwende man Guttaperchadrähte oder solche mit Gummibandisolirung. Im Freien können diese direkt auf dem Erdboden ausgelegt werden, nur sind sie dann vor der Sonnenhitze zu bewahren, weil, wie Versuche⁵⁴⁾ gezeigt haben, diese den Isolationswiderstand bedeutend herabmindern und dadurch den Zündeffekt verringern oder sogar ganz vereiteln kann. In Stollen und Schächten ist es ratsam, die isolirten Drähte vor Beschädigungen dadurch zu schützen, dass man sie in hölzernen Rinnen verwahrt.

⁵²⁾ Über die Einrichtung dieses Apparates siehe: Methode zum gleichzeitigen Entzünden einer sehr großen Anzahl von Minen. Centralbl. f. Elektrotechnik. Bd. 1. S. 250.

⁵³⁾ Siehe S. 24 u. 25 des citirten Werkchens des Verfassers.

⁵⁴⁾ Kustersitz. Über den Einfluss der Hitze auf Zündleitungen aus Guttaperchadraht. Centralbl. f. Elektrotechnik. 1887. S. 194.

Für Leitungen unter Wasser bieten in den meisten Fällen Guttaperchadrähte hinreichende Isolation; nur bei starker Strömung und dort, wo leicht Beschädigungen der Isolation vorkommen können, empfiehlt es sich Kabel mit einer gut isolirten Kupferader und einer Schutzhülle aus Eisendrähten oder Blei zu verwenden.

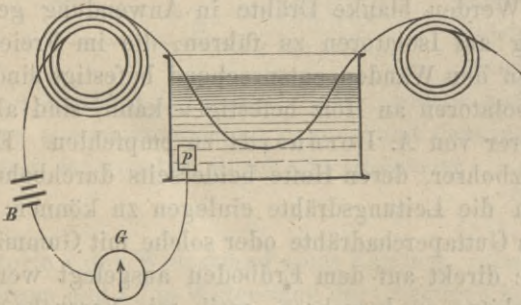
Für die Isolation der Kuppeldrähte gilt im allgemeinen dasselbe wie für die Hinleitung. Blanke Kuppeldrähte sollen also nicht mit dem Erdboden in Berührung stehen.

Bei nicht stabilen Leitungsanlagen sind die Drähte behufs leichteren Auslegens auf Trommeln oder Haspeln aufzuwickeln.

Die Verbindung zweier Leitungen geschieht in der Weise, dass man die blank gemachten Enden durch Verflechten und darauf folgendes Pressen mit einer Flachzange in innige Berührung bringt. Die vorstehenden Drahtspitzen sind abzuzwickeln. Soll die Verbindung dauerhafter sein, so verlötet man die Verbindungsstelle. Sind die zu verbindenden Leitungen Guttaperchadrähte, so wird über die Verbindungsstelle ein Kautschuckröhrchen geschoben und an die beiden Enden festgebunden. Für Leitungen unter Wasser wird außerdem noch vor dem Darüberbinden des Kautschuckröhrchens die Verbindungsstelle mit erweichter Guttapereha umgeben.

In manchen Fällen, wenn auch nur selten, kann es vorkommen, dass die Isolation einer Zündleitung geprüft werden soll. Es sei daher einiges darüber bemerkt, ohne auf die Beschreibung der Methoden zur Messung des Isolationswiderstandes einzugehen. Handelt es sich um die Untersuchung eines isolirten Drahtes, der für eine Zündleitung Verwendung finden soll, so bringt man denselben in ein Gefäß mit Wasser, indem man die beiden blanken Enden desselben aus dem Wasser hervorstehen lässt. Das eine der Enden verbindet man nun mit einer Batterie, führt von dieser eine leitende Verbindung zu einem Galvanometer von angemessener Empfindlichkeit und von dort zu einer im Wasser befindlichen Metallplatte. Eine

Fig. 92.



Ablenkung von entsprechender Größe am Galvanometer lässt auf einen Isolationsfehler schließen. Zur Aufsuchung dieses Fehlers wird die in Fig. 92 ersichtlich gemachte Anordnung gewählt. Sie unterscheidet sich von der früheren Methode dadurch, dass nicht der ganze Draht auf einmal in's Wasser getaucht wird, sondern aufeinander folgend nur stückweise in das Wasser zu liegen kommt. Die Beobachtung des Galvanometers während des Durchziehens des Drahtes durch das Wasser gibt uns Aufschluss über die Fehlerstelle. *B* bedeutet die Stromquelle, *G* das Galvanometer, *P* die Metallplatte.

Ist die Leitung bereits verlegt, so ist behufs Prüfung ihrer Isolation ebenfalls das eine Ende derselben freizulegen, das andere in der nämlichen Weise wie früher mit Batterie und Galvanometer zu verbinden. Vom Galvanometer jedoch ist durch eine Erdleitung die leitende Verbindung mit der Erde herzustellen. Die Aufsuchung einer etwaigen Fehlerstelle ist hier jedoch mit größeren Schwierigkeiten verbunden, weil die stückweise Untersuchung ein Zerschneiden des Drahtes notwendig macht.

Sehr zu empfehlen für derartige Isolationsprüfungen ist der magnetoelektrische Isolationsprüfer von Siemens & Halske. Es ist dies ein ungemein kompendiöser und leicht transportabler Apparat, der die Batterie entbehrlich macht und aus einem Magnetinduktor und einem Galvanoskop besteht⁵⁵⁾.

Bei der Ausbesserung von Fehlerstellen in Guttaperchadrähten verfährt man in ähnlicher Weise wie bei der oben angeführten Verwahrung von Verbindungsstellen.

§ 39. Das Herrichten der Sprengschüsse. In diesem Paragraph soll erörtert werden, in welcher Weise die elektrische Zündpatrone mit der Sprengladung in Verbindung gebracht wird. Diese Verbindung richtet sich nach der Art des Sprengstoffes und nach der Art der Mine.

Seit der Verwendung des Dynamits in der Sprengtechnik zerfallen die Minen in eingeschlossene und freie⁵⁶⁾. Bei den ersteren kommt die Sprengladung in einen in dem zu sprengenden Objekte hergestellten Hohlraum, während bei den letzteren die Sprengladung an den zu sprengenden Körper nur angelegt wird. Für frei auf- oder anliegende Sprengladungen kann nur Dynamit und zwar eine sehr brisante Sorte dieses Sprengmittels in Anwendung gebracht werden, denn nur bei diesem bildet, vermöge seiner geradezu blitzähnlichen Explosionsgeschwindigkeit, die umgebende Luft⁵⁷⁾ oder das umgebende Wasser Verdämmung genug, um eine Zerteilung des betreffenden Körpers zu bewirken.

Die eingeschlossenen Minen teilen sich nach der Form des Hohlräumes in Bohrlochminen und Kammer- oder Riesenminen. Bei den Bohrlochminen ist der Hohlraum ein durch Bohrarbeit hergestellter, langgestreckter Raum von geringer Weite, während die Sprengladung bei den Kammerminen in einem größeren Hohlraum von meist kubischer Form, zu welchem ein kleiner Stollen oder Schacht in dem zu sprengenden Gestein führt, untergebracht ist. Es werden die letzteren manchmal in Steinbrüchen zur raschen Gewinnung einer großen Menge von Bruchsteinen angelegt; siehe Bd. IV des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften (Baumaschinen) XI. Kap. § 11.

a. Bohrlochminen.

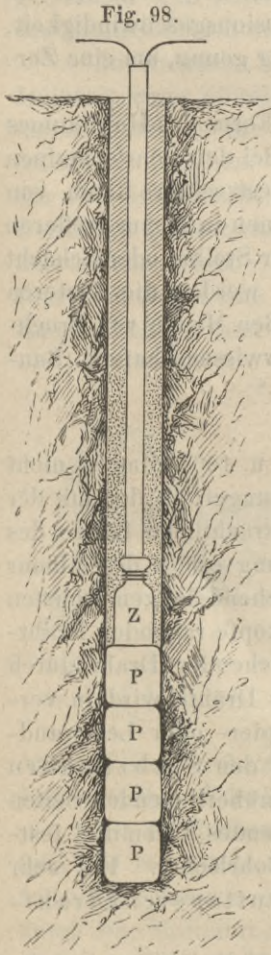
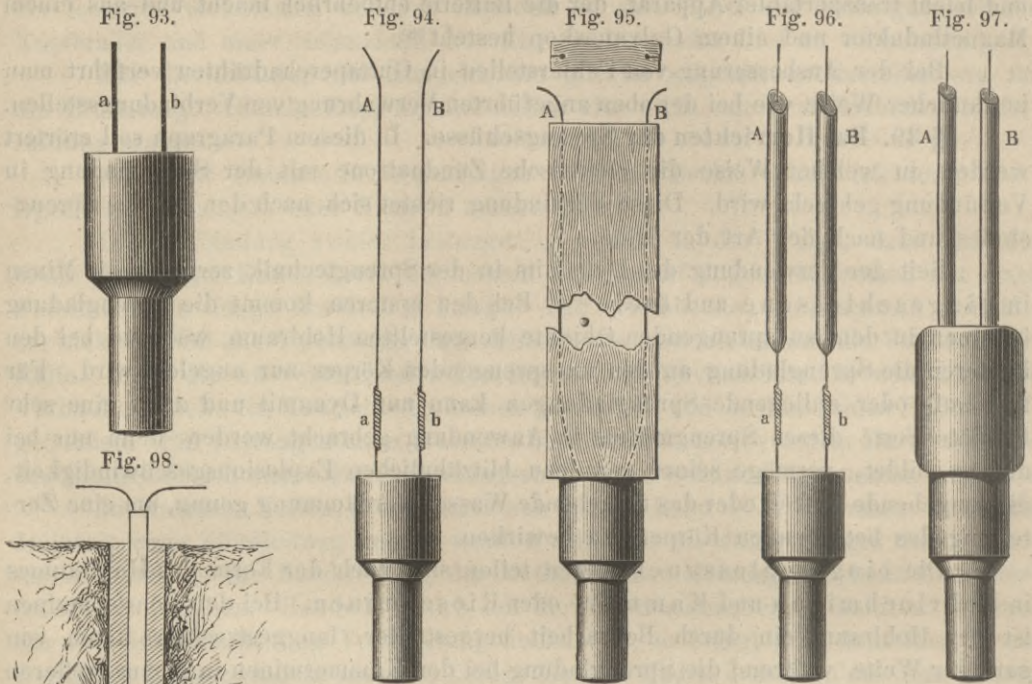
Da die in das Bohrloch gebrachte Ladung, siehe Fig. 98 u. 100, zumeist nicht über ein Drittel der Bohrlochtiefe ausfüllt, so müssen die Leitungen zu der mit der Ladung in Verbindung stehenden Zündpatrone durch eine beträchtliche Länge des Bohrloches geführt werden. Zum Zweck einer raschen Ladung erhält der Mineur die elektrischen Zünder schon ausgerüstet mit den entsprechend langen isolirten Zuleitungen. Demgemäß wird an jedes der aus dem Zünderkopfe ragenden Drahtenden *a*, *b* in Fig. 93 ein der Tiefe des Bohrloches entsprechender Draht durch Verflechten befestigt, wie Fig. 94 zeigt. Die Isolirung dieser Drähte wird in verschiedener Weise hergestellt. Man hüllt sie in geteerte Papier- oder Leinwandstreifen ein und nennt derartige Zünder Bandzünder. Bei den Stabzündern hingegen, siehe Fig. 95, sind die Drähte in zwei an den gegenüberliegenden Seiten eines Holzstäbchens angebrachten Einschnitten durch ein isolirendes Klebmittel festgelegt. Beide Zünderarten eignen sich gut für trockene Bohrlöcher. Für sehr feuchte oder unter Wasser befindliche Bohrlöcher müssen Guttaperchadraht-

⁵⁵⁾ Siehe: G. Frisch. Die elektrischen Mess- und Kontrollapparate auf der Jubiläums-Gewerbeausstellung in Wien. Zeitschr. f. Elektrotechnik. Jahrg. VI. S. 455.

⁵⁶⁾ Siehe: Mahler u. Eschenbacher. Die Sprengtechnik.

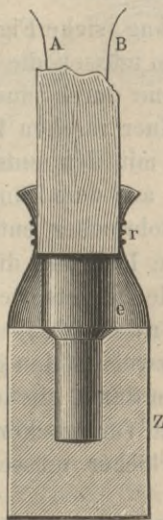
⁵⁷⁾ Vergl. Eintreiben von Pfählen mittels Dynamit. Baumaschinen. 1. Abteilung. S. 454.

zünder verwendet werden; siehe Fig. 96 u. 97. Bei diesen bestehen die Zuleitungen aus Guttaperchadrähten und müssen die Verbindungsstellen *a*, *b* ebenfalls



mit Guttapercha in vollkommener Weise isolirt sein. In diese Kategorie gehören auch die Bornhardt'schen Zünder, die schon früher beschrieben wurden und bei denen die Guttaperchadrähte bis in die Patrone führen; siehe Fig. 82. Bei Sprengungen unter Wasser ist bei diesen die Verbindungsstelle der Kapsel mit den Drähten noch durch ein darüber gezogenes und festgebundenes Gummiröhrchen verwahrt.

Fig. 99.



Die Vereinigung der Patrone mit der Sprengladung ist eine verschiedene, je nachdem die Sprengung der Bohrlochmine mit Dynamit oder Sprengpulver erfolgt.

Bei Dynamitladungen werden zunächst in das vom Bohrmehl sorgfältig gereinigte Bohrloch so viele Dynamitpatronen⁵⁸⁾ *P*, siehe Fig. 98, eingeschoben, bis die nötige Ladungsmenge erreicht ist. In trockenen Bohrlöchern wird dabei jede Patrone nach ihrer Einführung mit einem hölzernen Ladestock so stark gepresst,

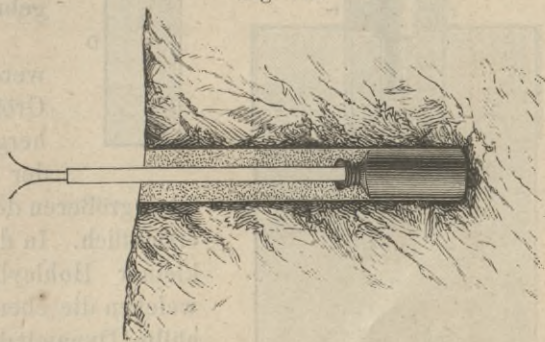
⁵⁸⁾ Über Dynamitsorten und Dimensionen der Patronen siehe: Die Sprengtechnik von Mahler u. Eschenbacher.

dass die Pergamenthülle platzt und das Dynamit an die Bohrlochswände sich anschmiegt. Auf diese Ladung wird eine kleine Dynamitpatrone *Z* (Dynamitzündpatrone oder Aufsatzpatrone genannt), die mit dem elektrischen Zünder verbunden ist, gesetzt. Die Verbindung ist in Fig. 99 ersichtlich gemacht. Es wird die Aufsatzpatrone *Z* durch Aufbiegen des Papierrandes auf der einen Seite geöffnet, dann mit einem entsprechend dimensionirten Holzstäbchen eine kleine cylindrische Vertiefung in das Dynamit gemacht, der elektrische Zünder bis zu seinem Kopfe in dieselbe eingesetzt und hierauf der Papierrand der Patrone an den Zünder festgebunden. Ist die so ausgerüstete Aufsatzpatrone sorgfältig in das Bohrloch eingeführt, so wird der Besatz hergestellt, der bis zu einer gewissen Höhe aus Bohrmehl, Sand oder Erde und in der Nähe des Bohrlochmundes aus Lehm besteht.

In feuchten oder gar mit Wasser gefüllten Bohrlöchern entfällt das Anpressen der Sprengpatronen. Sie werden dann gewöhnlich in eine gemeinschaftliche Pergamentpapierhülle gebracht, die mit einem wasserdichten Anstrich versehen ist. Auch die Aufsatzpatronen erhalten einen solchen Anstrich und es wird die Verbindungsstelle mit einer Paste gedichtet. Wenn die Ladungen längere Zeit im Wasser bleiben, müssen dieselben sammt der Zündpatrone in dünnen Blechbüchsen verwahrt werden. Es wird hierüber bei den freien Minen noch einiges gesagt. Als Besatz für derartige Minen wird das Wasser selbst benutzt.

Besteht die Sprengladung aus Pulver, ist das Bohrloch trocken und vertikal nach abwärts gerichtet, so wird die Hälfte des zur Sprengung bestimmten Pulvers eingeschüttet, dann der elektrische Zünder eingeführt und hierauf die andere Hälfte des Pulvers nachgegossen. Bei feuchten Bohrlöchern oder solchen von anderer Richtung als die vorhin angegebene bringt man die Pulverladung in eine Papierhülse, welche vor Nässe entsprechend geschützt ist, setzt ebenfalls in die Mitte der Ladung den elektrischen Zünder, bindet die Hülse an demselben fest und führt das Ganze in das Bohrloch ein; siehe Fig. 100. Der Besatz wird ebenso wie in der früher angegebenen Weise hergestellt.

Fig. 100.



b. Kammerminen (Riesenminen).

Die Ladung derartiger Minen kann sowohl aus Pulver als auch aus Dynamit bestehen. Bei trockenen Kammern wird die Pulverladung einfach in dieselben eingeschüttet, bei feuchten Kammern hingegen bringt man sie in den sogenannten Ladekästen unter. Zur Sprengung mit Dynamit bedient man sich der in Ziegelform laborirten Sorten. Es werden dabei die Packete in ihren Verpackungskisten belassen und wird nur der Deckel von den letzteren entfernt.

Die Zündung derartiger Minen leitet man an mehreren Stellen der Ladung ein, indem man an diesen Stellen die elektrischen Zündpatronen in der früher angegebenen Weise anbringt. Alle Patronen werden hintereinander geschaltet und mit den Hauptzuleitungen, die durch den zur Kammer führenden Stollen oder Schacht

verlaufen, in Verbindung gebracht. Das Verdämmen der Mine erfolgt gewöhnlich durch Vermauern des Stollens oder Schachtes. Damit die aus Guttaperchadraht bestehenden Hauptleitungen keine Beschädigung erleiden, schließt man sie in hölzerne Rinnen ein, welche entweder aus vier Lattenstücken oder aus zwei mit Nuten versehenen Pfostenstücken zusammengesetzt sind. Zu bemerken ist noch, dass man vorsichtshalber noch eine Reservезündleitung, welche ihre eigenen Zündpatronen enthält, anlegt, damit man im Falle des Versagens der Zündung mit der ersten Leitung nicht gleich an die vermöge der Verdämmung höchst mühevoll Behebung des Fehlers schreiten muss.

c. Freie Minen.

Erfolgt die Sprengung durch frei auf- oder anliegende Ladungen im Trocken, so wird die Ladung aus Dynamitpatronen von starker Brisanz zusammengesetzt. Die Zahl der durch Zusammenbinden vereinigten Patronen richtet sich nach der Größe der Ladung. In die mittlere der Patronen wird die mit dem elektrischen Zünder versehene Dynamitzündpatrone eingesetzt, wie Fig. 101 zeigt. Zu diesem Behuf wird die Pergamentpapierhülle der betreffenden Patrone *D* geöffnet, auf das Dynamit derselben die Zündpatrone *Z* gesetzt und der Papierrand an diese bei *s* festgebunden.

Fig. 102.

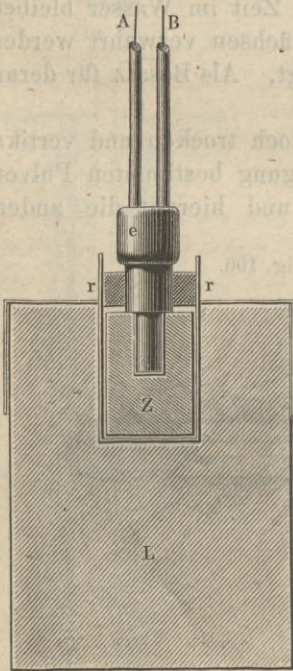


Fig. 101.



Freie Ladungen unter Wasser werden in Blechbüchsen verwahrt. Die Größe der zumeist aus dünnem Weißblech hergestellten Büchsen richtet sich nach der Größe der Ladung. Die Einrichtung einer größeren derartigen Sprengbüchse ist aus Fig. 102 ersichtlich. In der Mitte des Deckels derselben ist ein kleiner Hohlzylinder samt Boden eingelötet, in welchen die ebenfalls in eine kleine Blechbüchse gehüllte Dynamitzündpatrone *Z* gebracht wird. Diese enthält in der Mitte wieder eine kleine Vertiefung zur Aufnahme der Sprengkapsel des Guttaperchadrahtzünders, der mit seinem Kopfe durch einen Kautschuckring *r* in der Öffnung festgehalten wird.

Freie Ladungen unter Wasser werden in Blechbüchsen verwahrt. Die Größe der zumeist aus dünnem Weißblech hergestellten Büchsen richtet sich nach der Größe der Ladung. Die Einrichtung einer größeren derartigen Sprengbüchse ist aus Fig. 102 ersichtlich. In der Mitte des Deckels derselben ist ein kleiner Hohlzylinder samt Boden eingelötet, in welchen die ebenfalls in eine kleine Blechbüchse gehüllte Dynamitzündpatrone *Z* gebracht wird. Diese enthält in der Mitte wieder eine kleine Vertiefung zur Aufnahme der Sprengkapsel des Guttaperchadrahtzünders, der mit seinem Kopfe durch einen Kautschuckring *r* in der Öffnung festgehalten wird.

Freie Ladungen unter Wasser werden in Blechbüchsen verwahrt. Die Größe der zumeist aus dünnem Weißblech hergestellten Büchsen richtet sich nach der Größe der Ladung. Die Einrichtung einer größeren derartigen Sprengbüchse ist aus Fig. 102 ersichtlich. In der Mitte des Deckels derselben ist ein kleiner Hohlzylinder samt Boden eingelötet, in welchen die ebenfalls in eine kleine Blechbüchse gehüllte Dynamitzündpatrone *Z* gebracht wird. Diese enthält in der Mitte wieder eine kleine Vertiefung zur Aufnahme der Sprengkapsel des Guttaperchadrahtzünders, der mit seinem Kopfe durch einen Kautschuckring *r* in der Öffnung festgehalten wird.

Freie Ladungen unter Wasser werden in Blechbüchsen verwahrt. Die Größe der zumeist aus dünnem Weißblech hergestellten Büchsen richtet sich nach der Größe der Ladung. Die Einrichtung einer größeren derartigen Sprengbüchse ist aus Fig. 102 ersichtlich. In der Mitte des Deckels derselben ist ein kleiner Hohlzylinder samt Boden eingelötet, in welchen die ebenfalls in eine kleine Blechbüchse gehüllte Dynamitzündpatrone *Z* gebracht wird. Diese enthält in der Mitte wieder eine kleine Vertiefung zur Aufnahme der Sprengkapsel des Guttaperchadrahtzünders, der mit seinem Kopfe durch einen Kautschuckring *r* in der Öffnung festgehalten wird.

§ 40. Kosten. Zum Schluss möge noch einiges vergleichsweise über die Kosten der Zündung, die sich pro Sprengschuss ergeben, angeführt werden, wenn einerseits Schnurzündung andererseits elektrische Zündung stattfindet. Es sei zu diesem Zweck eine größere, durch einen längeren Zeitraum andauernde Gesteinssprengarbeit ins Auge gefasst, die vermittels Bohrlochminen mit Bohrlochtiefen unter 1 Meter und unter Anwendung von Dynamit durchgeführt wird. Die angegebenen Preise sind Mittelwerte aus den Preislisten verschiedener Firmen.

1. Schnurzündung.

Hierfür ist pro Sprengschuss ein entsprechend der Bohrlochtiefe angemessen langes Stück Zündschnur und, da die Sprengung mit Dynamit vorausgesetzt ist, eine Sprengkapsel erforderlich.

1 m einfache englische Sicherheitsschnur	2,1 ₰
1 Sprengkapsel mittlerer Größe	1,7 „
Also pro Sprengschuss	3,8 ₰

2. Elektrische Zündung.

Für jede Bohrlochmine ist hier der elektrische Zünder erforderlich, ausgerüstet mit einer Sprengkapsel und mit 1 m langen Zuleitungen und muss auch der pro Sprengschuss verloren gegangene Kuppeldraht in Rechnung gestellt werden.

1 elektrischer Zünder mit 1 m langen Zuleitungen mittlerer Sorte	13 ₰
Pro Sprengschuss verloren gegangener Kuppeldraht im Mittel	2 „
Zusammen	15 ₰

Zu diesen Kosten kommen nun noch die Kosten der Amortisation und Verzinsung der Apparate und Leitungen. Setzt man die am häufigsten gebrauchten reibungselektrischen Zündmaschinen voraus, nimmt die Kosten von zwei derartigen Maschinen (die eine als Reserve) mittlerer Größe mit 320 M an und rechnet für die Leitung, die nötigen Werkzeuge und sonstigen Utensilien 180 M, so stellen sich die Anschaffungskosten auf rund 500 M. Bei achtprocentiger Verzinsung und Amortisation entfällt hierfür ein jährlicher Betrag von 40 M, der auf die bei der betreffenden Sprengarbeit jährlich zur Zündung gebrachten Minen zu verteilen ist. Daraus ergibt sich, dass selbst bei einer sehr geringen Anzahl von täglich zur Explosion gebrachten Minen diese Kosten pro Sprengschuss sich auf höchstens 2 ₰ belaufen können, so dass sich also die Gesamtkosten der elektrischen Zündung pro Sprengschuss auf 17 ₰ stellen gegenüber 3,8 ₰ bei der Schnurzündung. Diese Mehrauslage, sagen wir allgemeiner von 10—15 ₰ pro Sprengschuss bei der elektrischen Zündung, wird stets nur einige wenige Procente von den sich pro Sprengschuss ergebenden Gesamtkosten der Sprengarbeit ausmachen und es wird in allen Fällen die elektrische Zündung vermöge ihrer ökonomischen Vorteile diese Mehrauslage mindestens wieder einbringen, ja sie wird in den meisten Fällen trotz dieses Mehrerfordernisses noch immer einen ansehnlichen Procentsatz an Kosten und Zeitersparnis gegenüber der Schnurzündung aufzuweisen haben.

Sachregister.

- Accumulatoren 20. 42.
 —, Anwendung ders. 61. 65. 103. 114.
 — batterie im königl. Schloss zu Berlin 81.
 —, elektromotorische Kraft ders. 21.
 —, Formiren ders. 21.
 —, Kapazität ders. 21.
 —, Kosten ders. 84.
 —, Wirkungsgrad ders. 22.
 Ampère (Einheit der Stromstärke) 6.
 Anker 2. 4.
 Arbeitsübertragung, elektrische 2. 88. 96. 98.
 — in Beuthen 104. 109.
 — in Budapest 106.
 — in Frankfurt-Offenbach 106.
 — in Glynde 107. 111.
 — in Groß-Lichterfelde 104.
 — in Kriegstetten-Solothurn 101.
 — in Neu-Stassfurth 105. 109.
 — in Weißenbach 102.
 — in Zaukeroda 100. 109.
 —, Kosten ders. 107. 109. 111. 112.
 —, Motoren für, 88.
 Armatur 4.
 Aufziehvorrichtungen f. elektrische Lampen 35.
 Aufzug, elektrischer, v. Siemens & Halske 99.
 Ausschalter 40. 92.
 —, automatische, 41.
 — von Edison 40.
 — von Siemens & Halske 40. 41.
 Bandlampe von Siemens & Halske 31.
 Bandzünder 135.
 Beleuchtung, elektrische, 1. 22. 56.
 Beleuchtung bei Bauten unter Wasser 76.
 — bei Caissonfundirungen 76.
 — bei Tunnelbauten 74.
 — der Brooklyn-Brücke in New-York 77.
 — der Geschäftsräume der Hrn. Elsinger in Wien 80.
 — der Kammgarnspinnerei Düsseldorf 79.
 — der mech. Weberei von Gebr. Göritz in Chemnitz 80.
 — der Länderbank in Wien 80.
 — des Bahnhofs Alexanderplatz in Berlin 72.
 — des Centralbahnhofs in Straßburg 78. 87.
 — des königl. Schlosses in Berlin 80.
 — des Potsdamer Bahnhofs in Berlin 79.
 — des Potsdamer Platzes u. d. Leipziger Straße in Berlin 77.
 —, fahrbare, 71.
 —, Kosten ders. 82. 85.
 —, provisorische 71.
 — von Bahnhofshallen 79.
 — von Fabriken u. Geschäftsräumen 79.
 — von Gruben u. Tunneln 72.
 Beleuchtungspark der Nordwestbahn in Wien, v. Siemens & Halske 71.
 Beleuchtungsturm, fahrbarer, von Schuckert 71.
 Betriebsmaschine f. elektr. Beleuchtung 64.
 Bleikabel 70.
 Blitzableiter f. Leitungen 56.
 Bogenlampen 22.
 — für gleiche Spannung 29.
 — für gleiche Stromstärke 25.
 — für gleichen Widerstand 26.
 Bogenlampen, Kosten ders. 82. 84.
 —, Lichtbogenlänge ders. 23.
 —, Lichtstärke ders. 24.
 —, Schaltung ders. 26. 58.
 —, Spannung ders. 23.
 —, Stromstärke ders. 23.
 — von Foucault u. Dubosq 25.
 — von Hefner-Alteneck 25.
 — von Jablochhoff 24.
 — von Serrin 25.
 — von Soleil 25.
 —, Wahl u. Verteilung ders. 56.
 Bogenlicht 22.
 Bohrlochminen 135.
 Bornhardt'scher Zünder 136.
 Bréguet's Minenzünder 130.
 Brückenzünder 124.
 Bürsten 8.
 — stellung 14. 93.
 Compoundmaschine 14.
 Differentiallampe 26.
 — von Brush 27.
 — von Hefner-Alteneck 26.
 — von Krizik-Piette (Siehe Schuckert) 28.
 Dreileitersystem 60. 113.
 Dynamoelektrische Maschinen 1. 7.
 —, Anwendung ders. f. Minenzündung 125.
 — mit gemischter Wickelung 14.
 — mit Reihenschaltung 13.
 — mit Serienschaltung 13.
 — von Gramme 7.
 — von Pacinotti 7.
 — von Siemens & Halske 9.
 Dynamoelektrisches Princip 7.
 Elektrische Arbeitsübertragung s. Arbeitsübertragung.

- Elektrische Beleuchtung siehe Beleuchtung.
- Eisenbahnen 103.
- Grubenbahnen siehe Grubenbahnen.
- Lastenbeförderung siehe Telfherage.
- Motoren 88.
- Wagen von Reckenzaun 103.
- Elektrischer Strom 4.
- Elektrodynamometer v. Siemens & Halske 53.
- Elektromagnetmaschine 7.
- Elektrometer v. Thomson 49.
- Elektromotorische Kraft 4. 6.
- Energiemesser 53.
- von Aron 54.
- von Edison 53.
- Ersatzwiderstände 43.
- Feldmagnete 4.
- Flachdecklampe von Siemens & Halske 30.
- Flachringmaschinen 10.
- von Brush 10.
- von Schuckert 10.
- Flüssigkeitsausschalter 92.
- Foucault'sche Ströme 17.
- Funkenzünder, dynamo-elekt. v. Siemens & Halske 131.
- zündpatronen 121.
- von Bornhardt 123.
- von Statham u. Ebner 123.
- zündung 119. 121.
- Gegenschaltung 68.
- Gleichspannungsmaschine 14.
- als Motor 91.
- Gleichstrommaschine 7.
- Gleichstromsystem 113.
- Gleichstromtransformatoren 114.
- Glühlampen 2. 31.
- Fassungen und Armaturen für, 37.
- , Herstellung ders. 32.
- , Kosten ders. 83.
- , Kurzschlussvorrichtungen für, 39.
- , Lebensdauer ders. 33.
- , Leuchtkraft ders. 33.
- , Ökonomie ders. 33.
- , Schaltungen ders. 34. 59.
- Spannung ders. 34. 60.
- von Edison 31. 38.
- von Khotinsky 32.
- von Siemens & Halske 38.
- Glühlampen von Swan 32. 38.
- , Wahl u. Verteilung ders. 56.
- Glühlicht 22.
- Glühzünder von Siemens & Halske 125.
- Glühzündpatronen 119.
- von Roberts 121.
- zündung 119.
- Göpel im Hammacher Schacht v. Siemens & Halske 101.
- Griscom-Motor 95.
- Grubenbahn in Neu-Stassfurt 105. 109.
- in Zaukeroda 100. 109.
- Grubenlampe, elektrische, 73.
- von Crompton 73.
- von Trouvé 75.
- von Woodhouse u. Rawson 75.
- Grubenlokomotive v. Zaukeroda 103.
- Handlampe 24.
- Hintereinanderschaltung von Bogenlampen 26. 58.
- von Glühlampen 34. 59.
- von Motoren 97.
- von Zündern 132.
- Induktionszündapparate 129..
- Jablochkoff-Kerze 24.
- Joule'sches Gesetz 6.
- Kammerminen 135. 137.
- Kohlensauschalter 92.
- Kontaktglühlampe 31.
- Kontaktlampe von Hefner-Alteneck 25.
- Kontrollapparate 45.
- Kraftlinien 3.
- Kraftströmung 4.
- Kreisschaltung 68.
- Laternen f. elektr. Lampen 35.
- der Brooklyn-Brücke in New-York 35.
- der Leipziger Straße in Berlin 35.
- von Bazin 76.
- von L. v. Bremen 76.
- Leitungen, Anlage ders. 66.
- , Befestigung ders. 69.
- , Berechnung ders. 67.
- , Blitzableiter für, 56.
- , Energieverlust in dens. 67.
- für Zünder 133.
- , Gegenschaltung ders. 68.
- Leitungen, Kreisschaltung ders. 68.
- , Parallelschaltung ders. 68.
- , Querschnitt ders. 67.
- Lichtkabel 69.
- Lichtmaschine, Wahl ders. 62.
- Magnetmaschine 1. 7.
- als Motor 89.
- , Anwendung ders. bei der elektr. Minenzündung 125.
- Magnetinduktoren für Minenzündung 129. 130.
- Magnetschenkel 4.
- Maschinenraum f. elektr. Beleuchtungsanlagen 66.
- Maschinentypen 4.
- Mehrleitersystem 113.
- Messinstrumente 45.
- Minen, eingeschlossene 135.
- , freie 135. 138.
- Minenzündung, elektrische 117.
- , Kosten ders. 138.
- , Vorteile ders. 118.
- Motoren, elektr., Abstellen ders. 92.
- , Anwendung ders. 100. 115.
- der allg. Elektrizitäts-gesellschaft 95.
- für elektr. Eisenbahnen 103.
- , Hintereinanderschaltung ders. 97.
- , Leitungen f. 98.
- , Spannung ders. 96.
- , Umsteuerung ders. 93.
- von Gramme 95.
- von Griscom 95.
- von Oerlikon 95.
- von Siemens & Halske 95.
- von Sprague 95.
- , Wirkungsgrad ders. 93.
- Nebenschlusslampen 29.
- , Parallelschaltung ders. 62.
- von Gramme 30.
- von Loutin 29.
- von Siemens & Halske 30. 31.
- Nebenschlussmaschine 14.
- als Motor 90.
- Ökonomie d. Glühlampen 33.
- Ohm (Einheit d. Widerstandes) 6.
- Ohm'sches Gesetz 6.

Parallelschaltung von Bogenlampen 26. 43. 59.
 — von Glühlampen 34. 59.
 — von Leitungen 68.
 — von Gleichstrommaschinen 62.
 — von Wechselstrommaschinen 63.
 — von Zündern 132.
 Polflächen 4.
 Pyrothek 130.
 Regulirvorrichtungen, selbsttätige 51.
 — von Siemens & Halske 51.
 — von Weston 51.
 Regulirwiderstände 43. 91.
 — von Siemens & Halske 44.
 Reihenschaltung siehe Hintereinanderschaltung.
 Reihenschaltungsmaschine 13.
 — als Motor 89.
 Reihenschaltungsmotor 97.
 Ringmaschinen 7.
 Rotationszündapparat von Marcus 130.
 Schaltvorrichtungen 40.
 Sicherungen 54.
 — von Edison 55.
 — von Siemens & Halske 55.
 — von Weston 55.
 Spannung 6.
 Spannungszeiger 46.
 — der Allg. Elektrizitätsgesellsch. 47. 49.
 — von Kohlrausch 47.
 — von Lahmeyer 49.
 — von Schuckert 47.
 — von Siemens & Halske 47. 48. 50.
 — von Uppenborn 47.
 Sprengschüsse, Herrichten ders. 135.

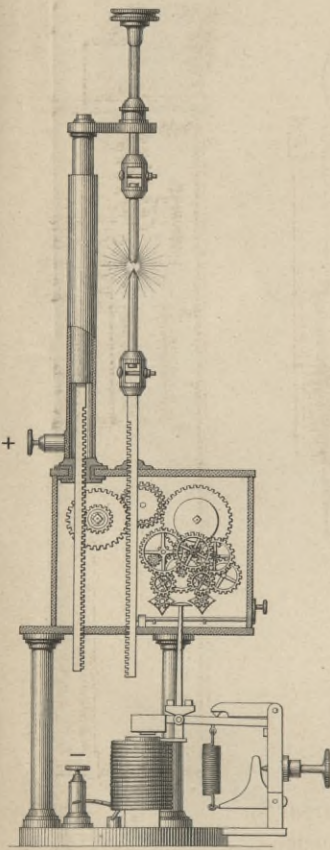
Stabzünder 135.
 Steuerapparate 50.
 — von Schuckert 51.
 Straßenbahn, elektrische, in Budapest 106.
 — in Groß-Lichterfelde 104.
 — von Frankfurt-Offenbach 111.
 Stromerzeuger 3.
 Stromstärke 6.
 Stromverteilungssysteme 113.
 —, Wahl ders. 58.
 Stromzeiger d. allg. Elektrizitätsgesellsch. 49.
 — von Ayrton u. Perry 49.
 — von Lahmeyer 49.
 — von Schuckert 48.
 — von Siemens & Halske 48.
 Stromzuleitung, unterirdische 106.
 Tachometer 45.
 — von Buss, Sombart & Co. 46.
 Telpherage 106.
 —, Betriebskosten ders. 111.
 — in Glynde 107. 111.
 Torsionsgalvanometer von Siemens & Halske 53.
 Tourenzähler 45.
 — von Deschies 45.
 — von Siemens & Halske 45.
 Transformatoren 18.
 —anlagen 82.
 —, Anwendungen ders. 61. 74. 114.
 — von Ganz & Co. 20.
 — von Gaulard & Gibbs 19.
 — von Kennedy 20.
 — von Westinghouse 20.
 Trommelmaschinen 7. 11.
 — von Edison 13.
 — von Hefner-Alteneck 11;

Trommelmaschinen von Siemens & Halske 13.
 Umschalter 40.
 — von Schuckert 41.
 Vakuumglühlampen 31.
 Ventilatoren, elektrische 100.
 — von Siemens & Halske 100.
 Volt (Einheit d. elektromot. Kraft) 6.
 Voltinduktoren f. elektr. Minenzündung 129.
 Volt-Ampère (Einheit des elektr. Effektes) 6.
 Watt (Einheit des elektrischen Effektes) 6.
 Wechselstrom-Lampen 18. 23. 24. 27. 43.
 — Maschinen 7. 14.
 — als Motoren 18. 94.
 —, Anwendung ders. 59. 72. 73. 74. 94.
 —, Parallelschaltung ders. 63.
 — von Ganz & Co. 16.
 — von Gramme 14.
 — von Siemens & Halske (Hefner-Alteneck) 16.
 Wechselstrom-Motor 94.
 — System 113.
 — Transformator, siehe Transformatoren.
 Widerstand, elektrischer 6.
 Zündapparate, reibungselektrische 126.
 — von Bornhardt 127.
 Zünder, Schaltungsweise ders. 132.
 Zündinduktor von Marcus 130.
 Zusatzwiderstände 43. 60.

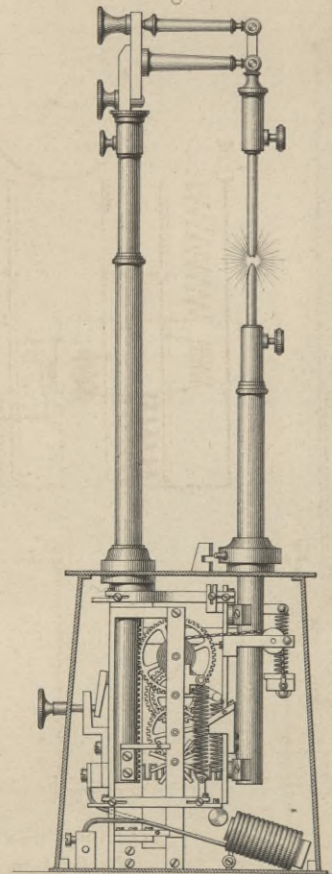
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
 KRAKÓW



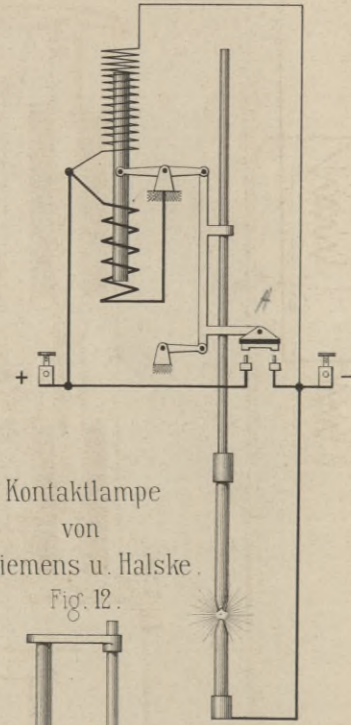
Foucault-Dubosq-Lampe.
Fig. 1.



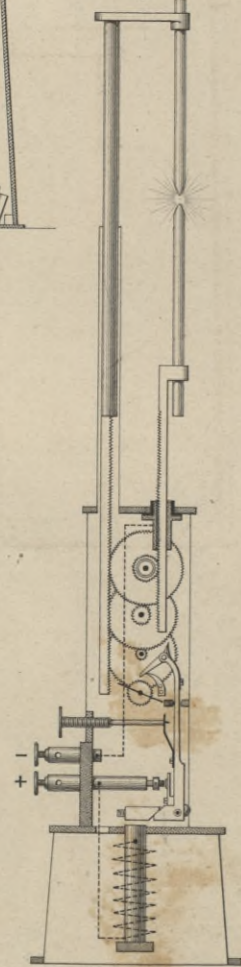
Serrin-Lampe.
Fig. 2.



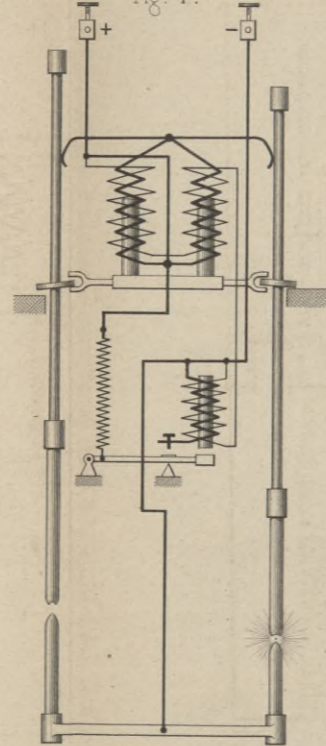
Differentiallampe.
Fig. 3.



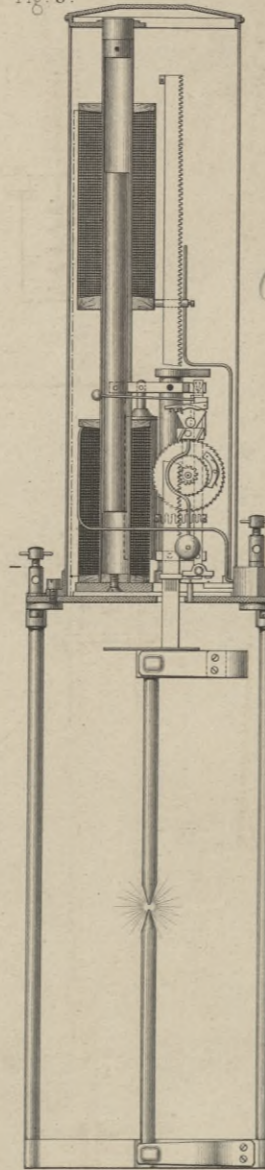
Kontaktlampe
von
Siemens u. Halske.
Fig. 12.



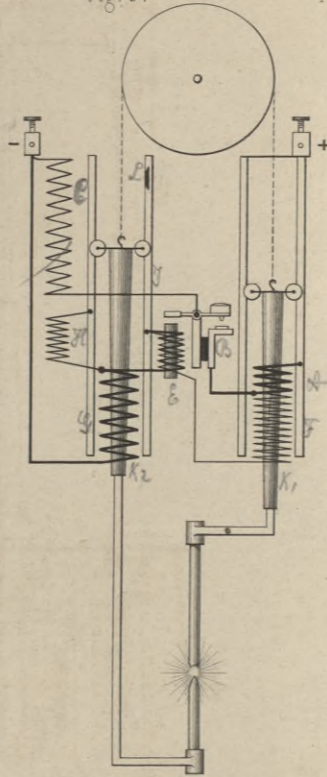
Differentiallampe von
Brusch.
Fig. 4.



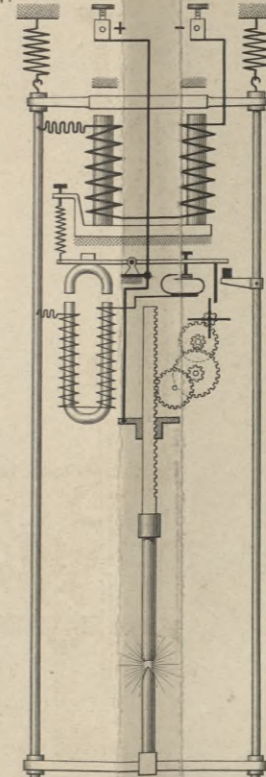
Differentiallampe von
Siemens u. Halske.
Fig. 5.



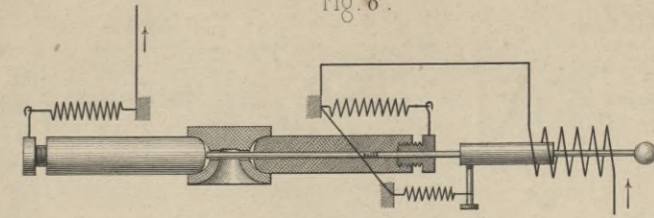
Differentiallampe von
Schuekert.
Fig. 6.



Nebenschlusslampe
System Gramme.
Fig. 7.



Lampe „Soleil“.
Fig. 8.



Umlegbarer Lampenmast
des Straßburger Bahnhofs.
Fig. 19.

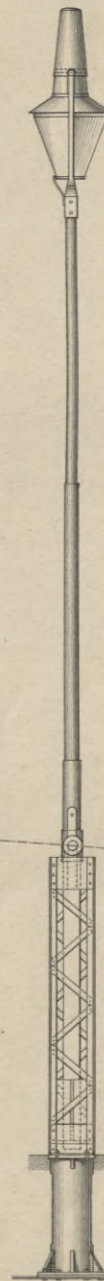
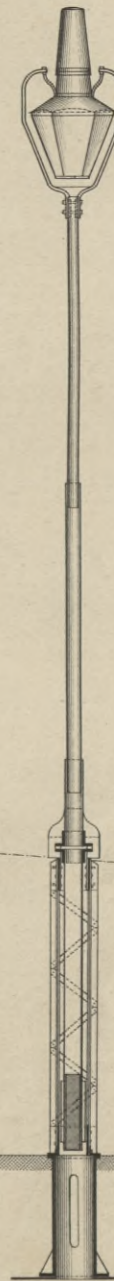
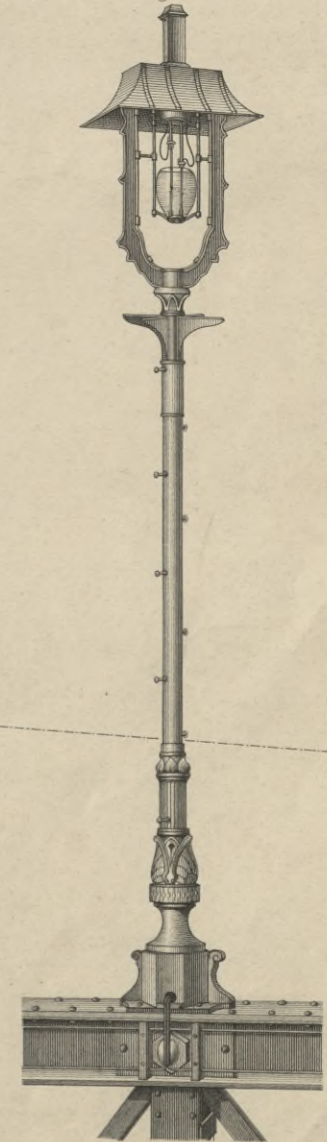


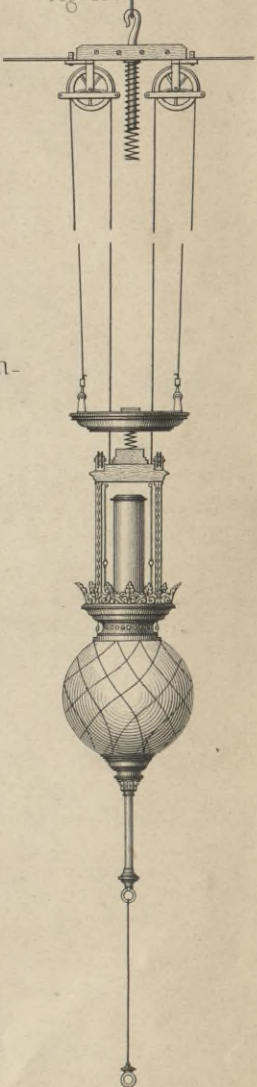
Fig. 20.



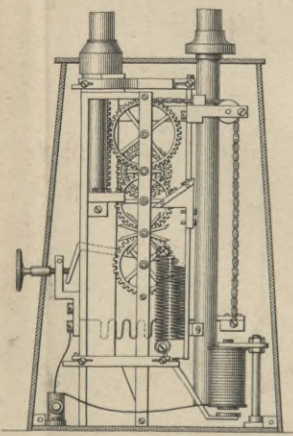
Laterne der Brooklyn-
Brücke in New-York.
Fig. 21.



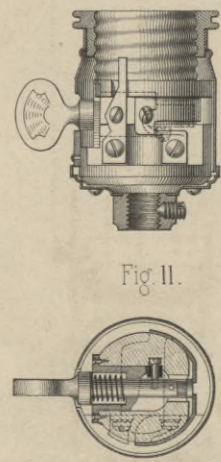
Laterne des Anhalter
Bahnhofs in Berlin.
Fig. 22.



Lontin-Lampe.
Fig. 9.



Glühlampenfassung
von Edison, mit Hahn.
Fig. 10.



Ausschalter von Edison.
Fig. 13.

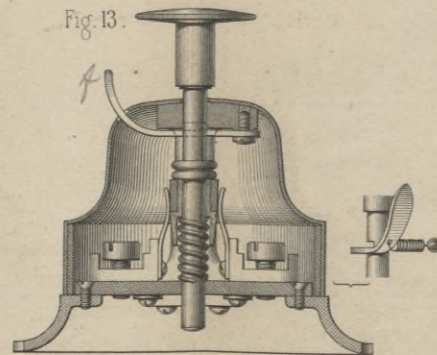
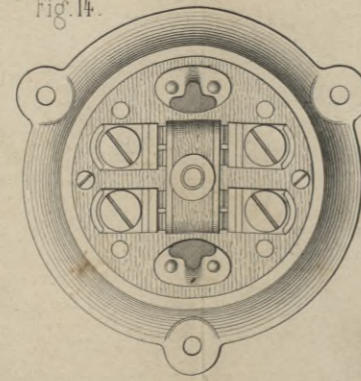


Fig. 14.



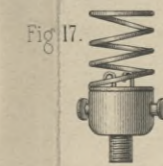
Swan-Glühlampe.
Fig. 15.



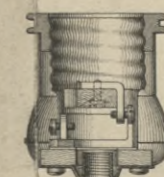
Ersatzwiderstand für
Wechselstromlampen
von Siemens u. Halske.
Fig. 16.



Glühlampenfassung
von Swan.
Fig. 17.



Glühlampenfassung
von Edison, ohne Hahn.
Fig. 18.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Apparate und Anlagen zur elektrischen Beleuchtung.

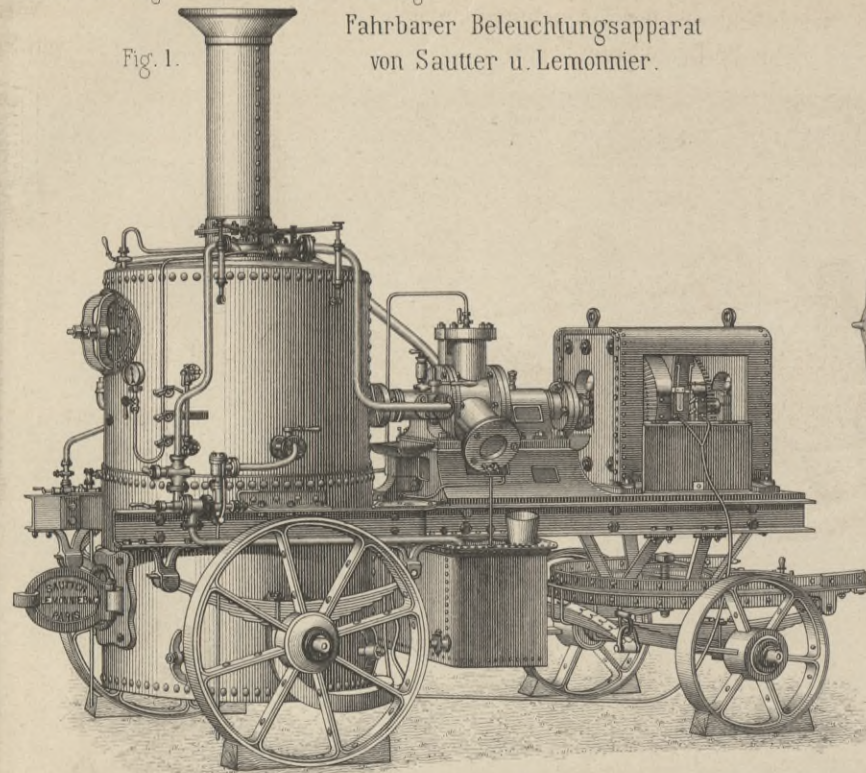


Fig. 1. Fahrbarer Beleuchtungsapparat von Sautter u. Lemonnier.

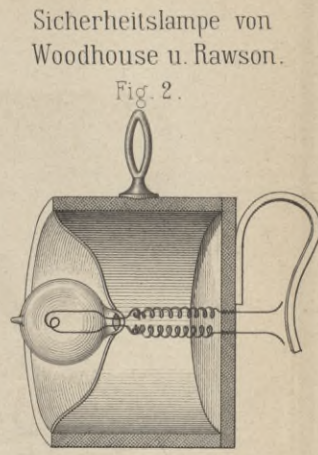


Fig. 2. Sicherheitslampe von Woodhouse u. Rawson.

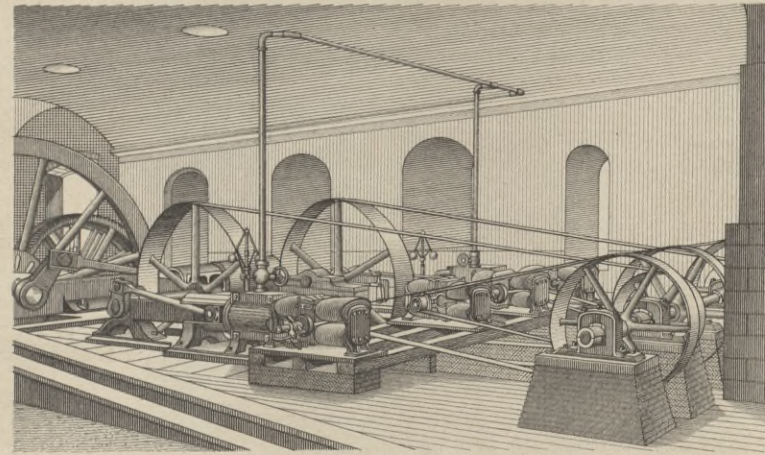


Fig. 3. Maschinenhaus der Beleuchtungsanlage für die Brooklyn Bridge.

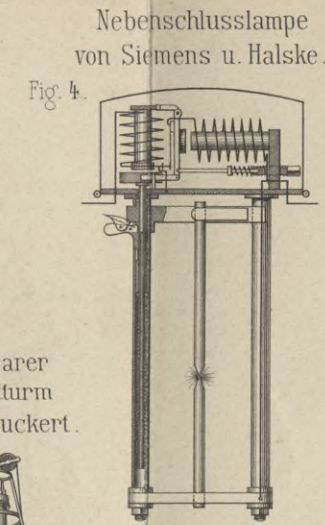


Fig. 4. Nebenschlusslampe von Siemens u. Halske.

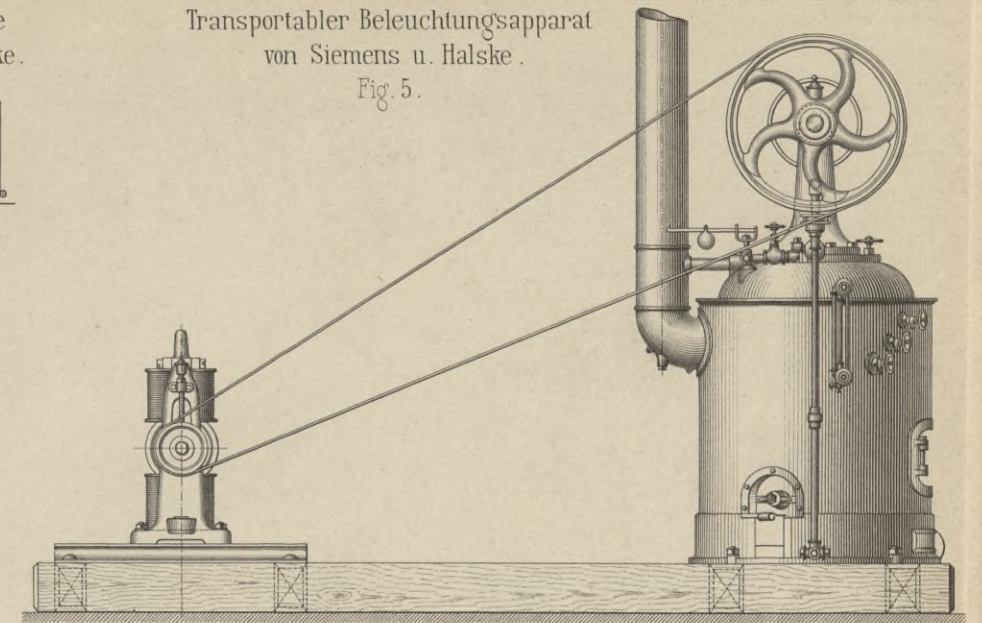


Fig. 5. Transportabler Beleuchtungsapparat von Siemens u. Halske.

Fig. 10. Fahrbarer Leuchtturm von Schuckert.

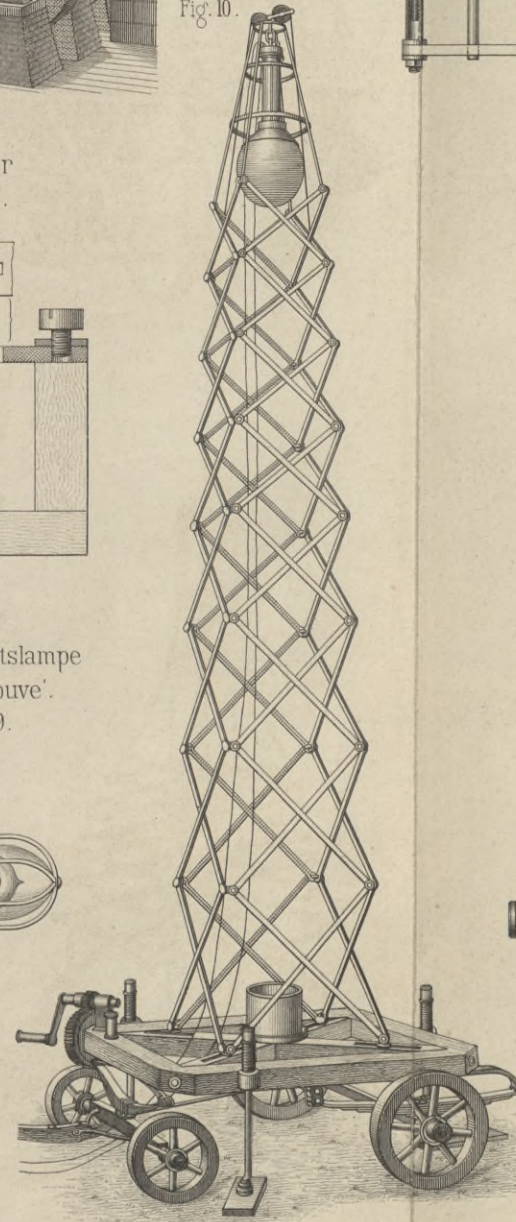


Fig. 6. Fahrbarer Beleuchtungsapparat mit Leuchtturm von Schuckert.

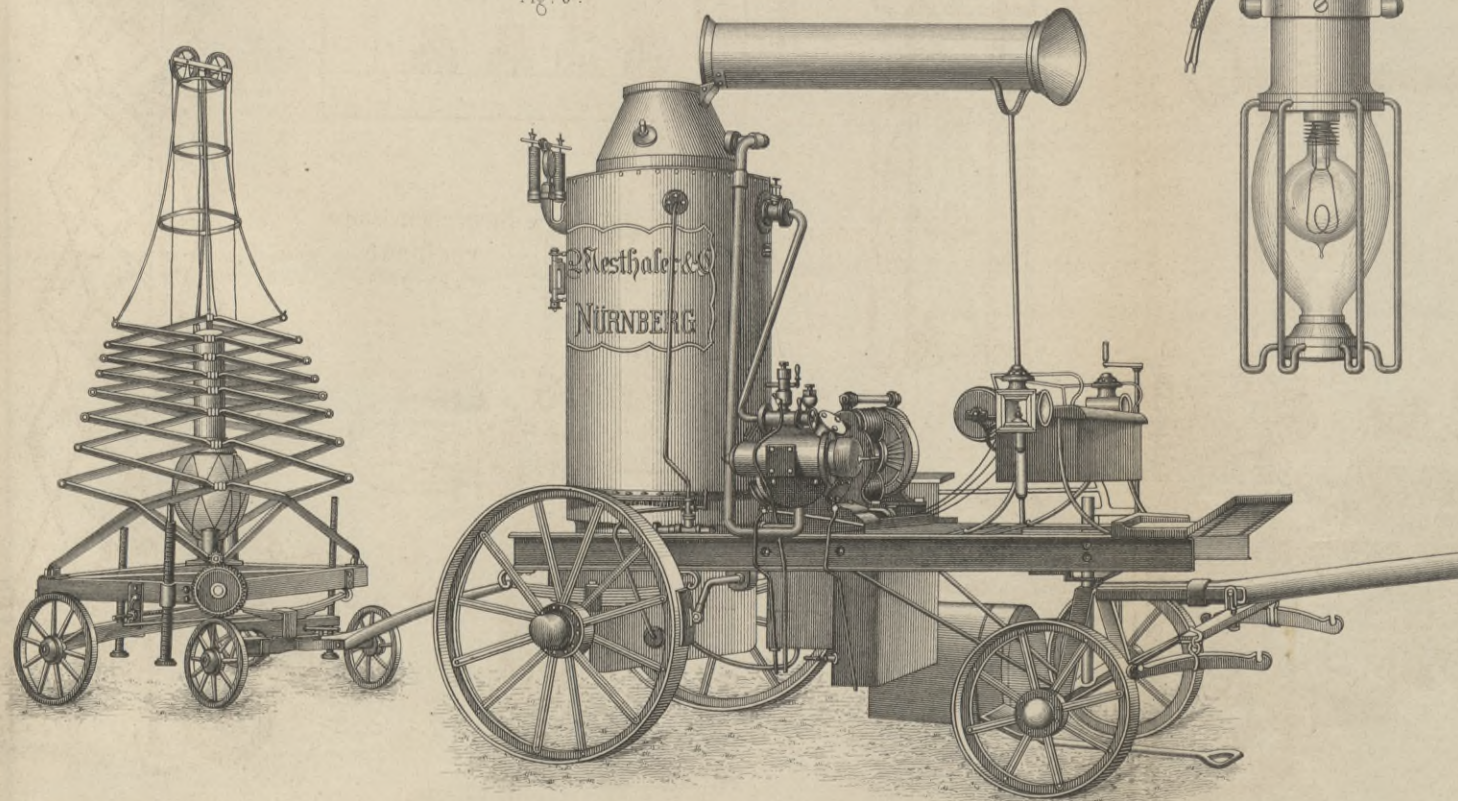


Fig. 7. Bergwerkslampe von Crompton.

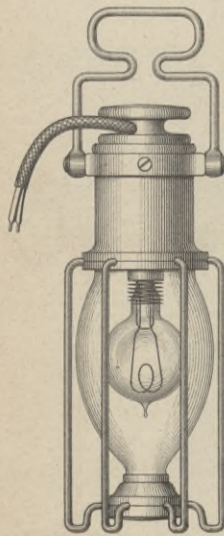


Fig. 8. Umschalter von Schuckert.

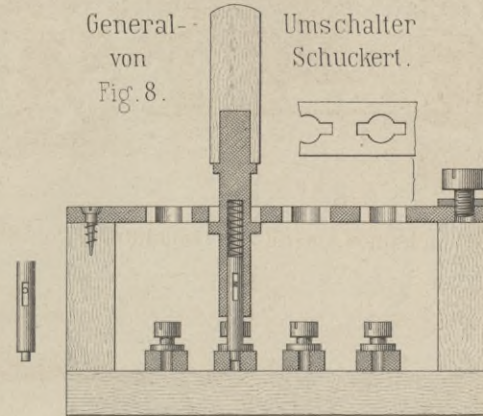


Fig. 9. Sicherheitslampe von Trouve.

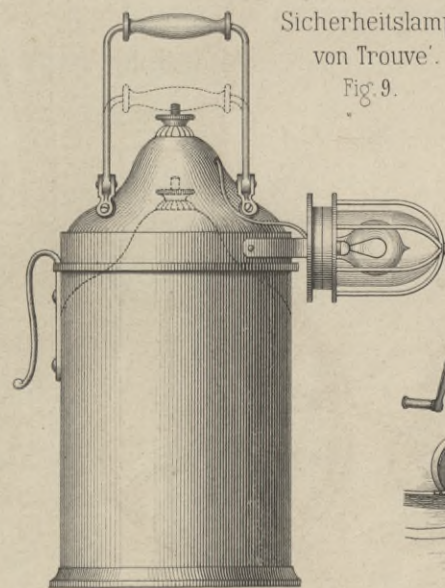


Fig. 11. Strommesser von Kohlrausch.

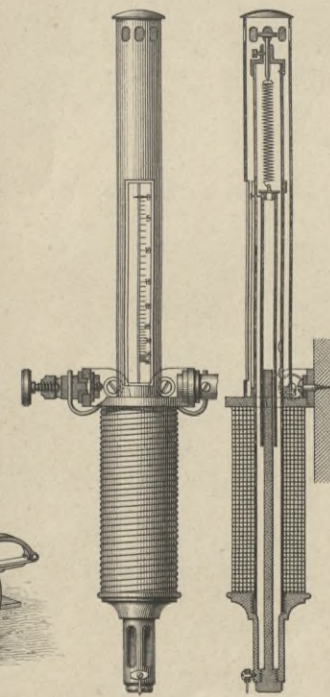
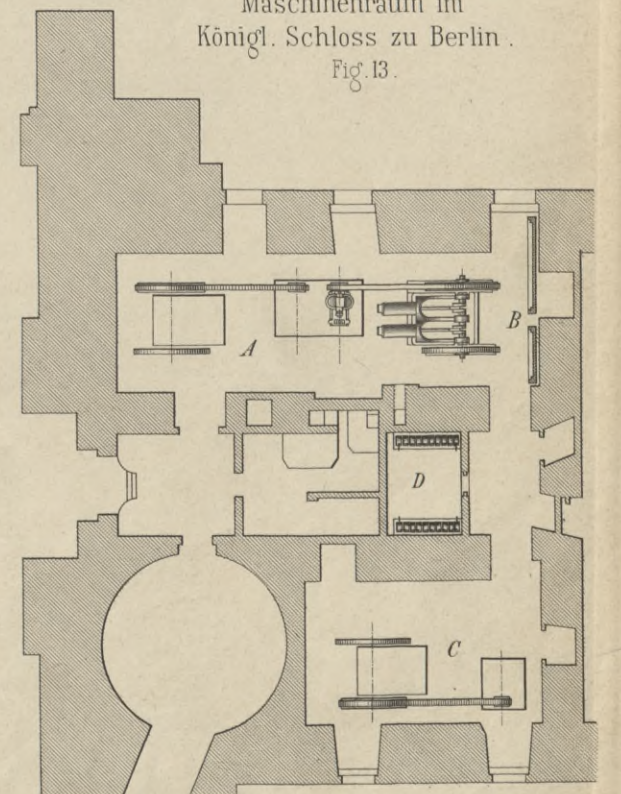
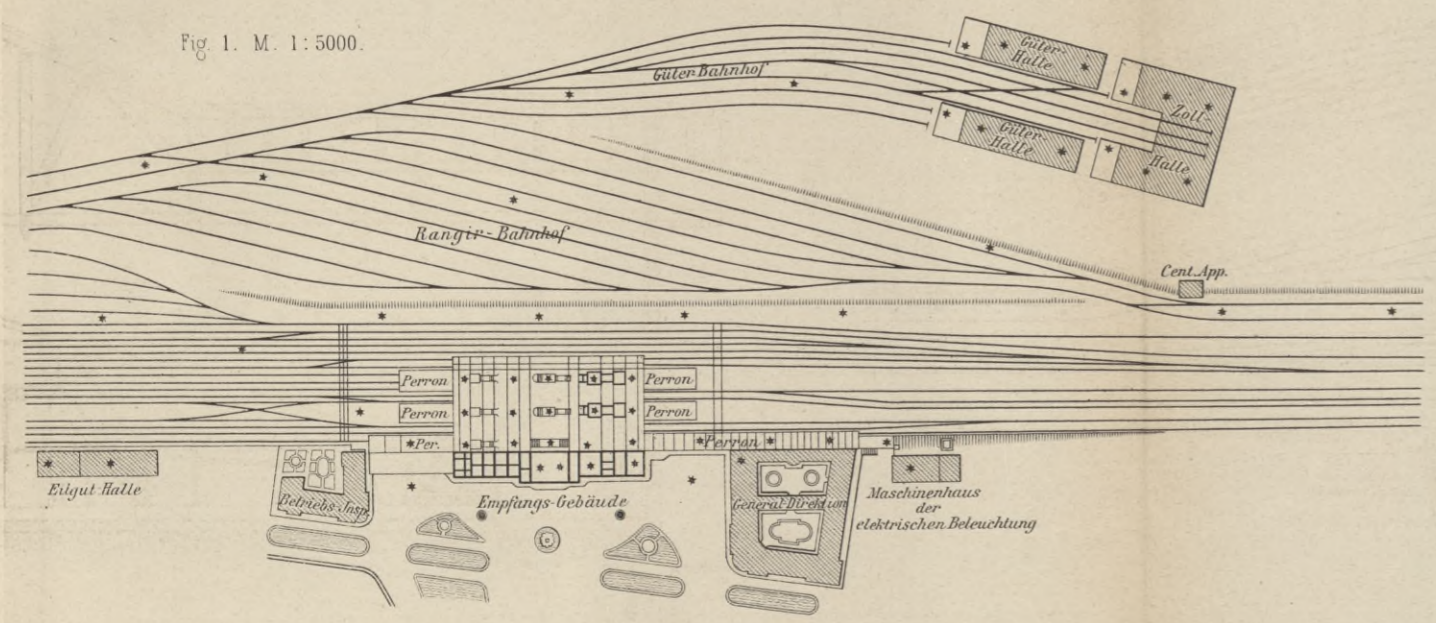


Fig. 12. Maschinenraum im Königl. Schloss zu Berlin.



Elektrische Beleuchtungsanlagen.

Fig. 1-3. Beleuchtungsanlage des Centralbahnhofs in Straßburg i. E.



Bezeichnungen: a. Dampfmaschinen... b. Edison'sche Elektromaschinen für Bogenlicht... c. Siemens'sche Elektro-Dynamomaschinen für Glühlicht... d. Regulator.

Fig. 3. Schnitt nach A-B in Fig 2. M. 2:300.

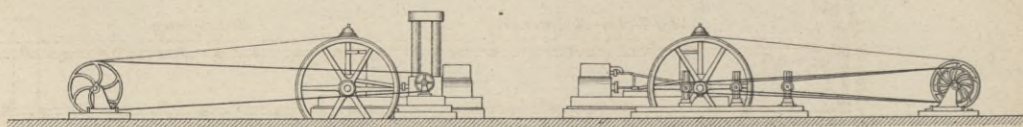
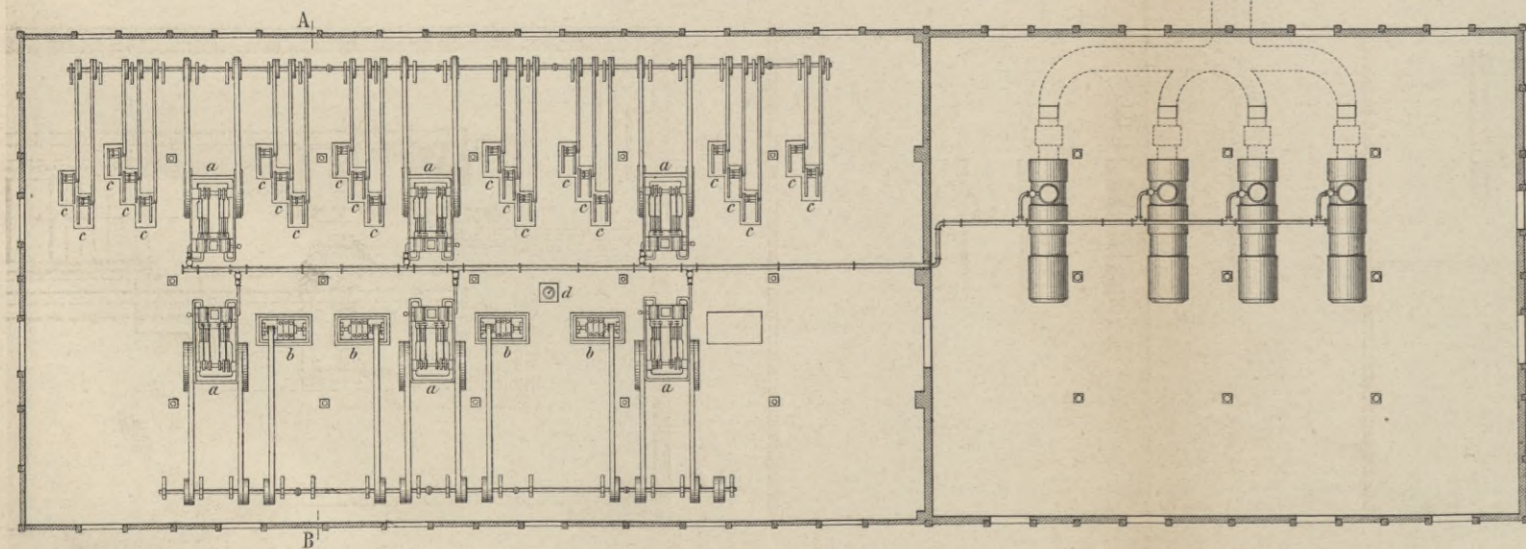


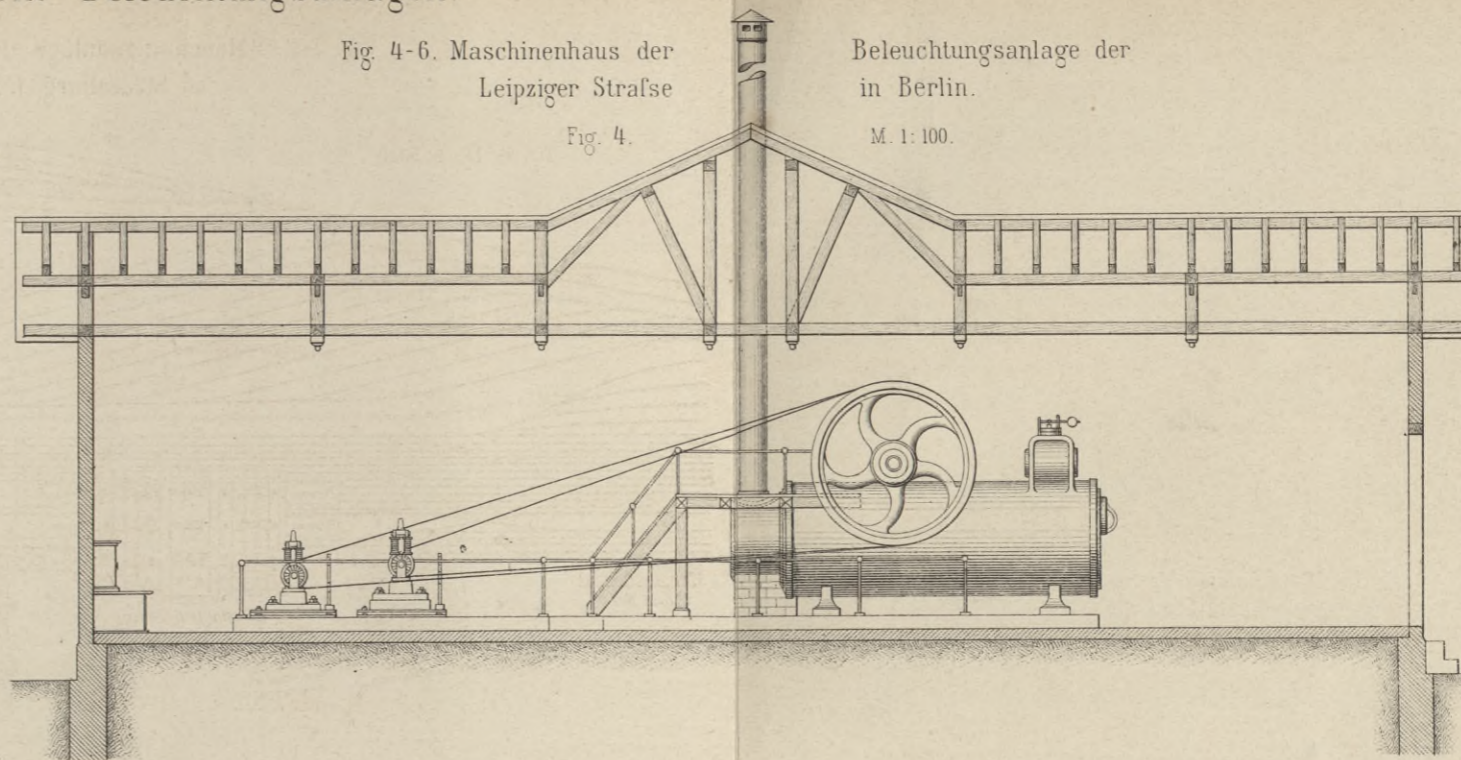
Fig. 2. Grundriss des Maschinenhauses. M. 1:300.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Fig. 4-6. Maschinenhaus der Leipziger StraÙe

Beleuchtungsanlage der in Berlin.



Beleuchtungsanlage der Brooklyn-Brücke in New-York.

Fig 7. M. 1:13000.

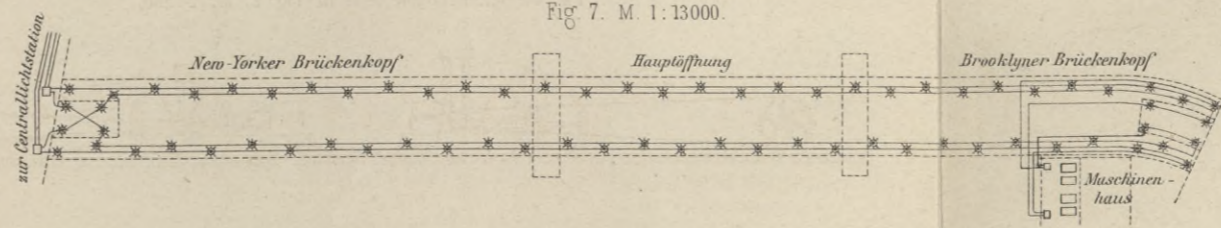
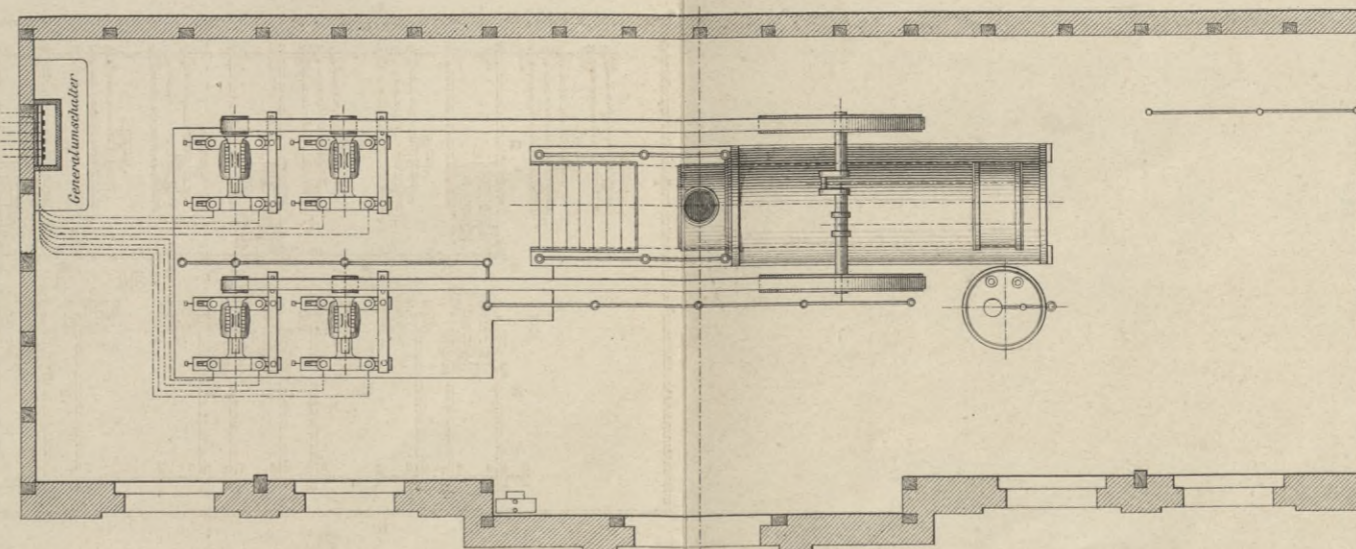


Fig 5.



Situationsplan der Leipziger StraÙe.

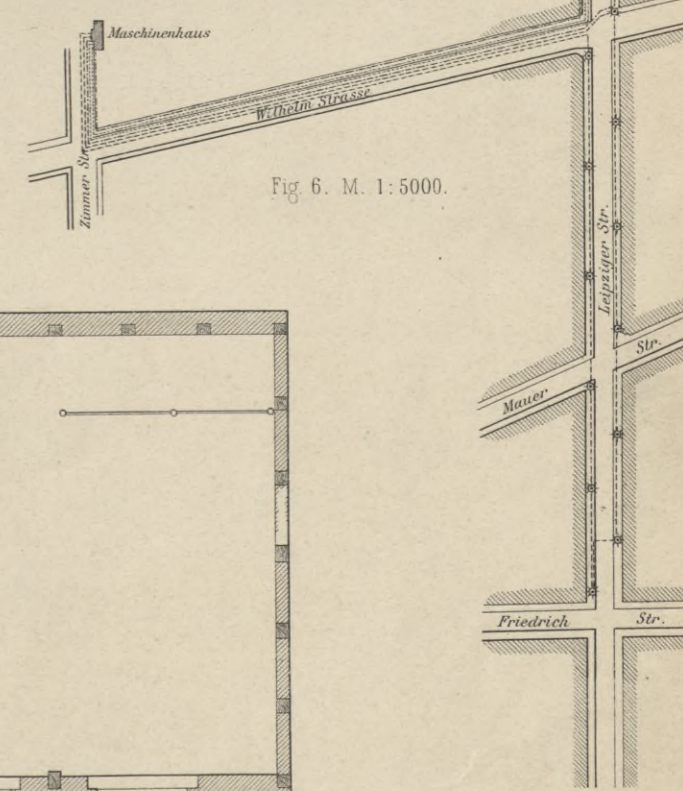
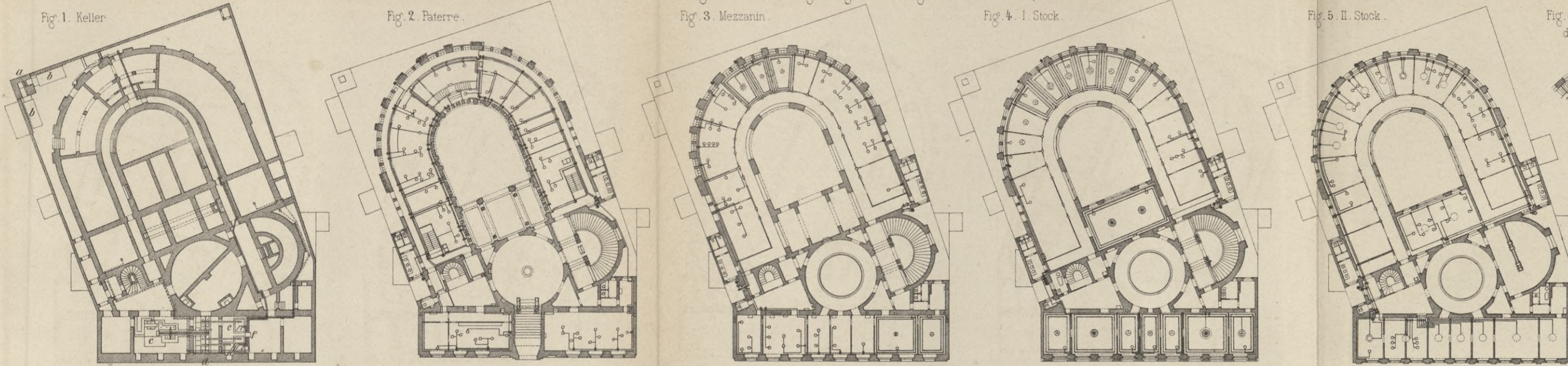


Fig 6. M. 1:5000.

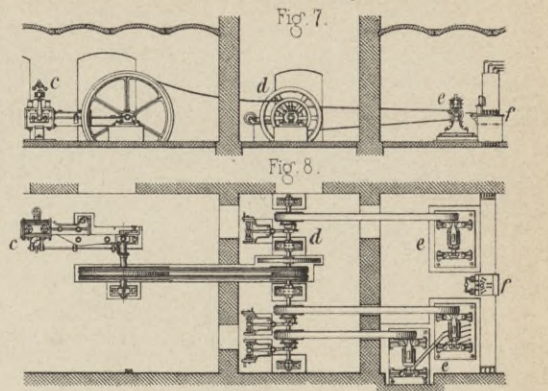
Elektrische Beleuchtungsanlagen.

Fig. 1-8 Beleuchtungsanlage im Amtsgebäude der k.k. priv. Länderbank in Wien. M. 0.0015.

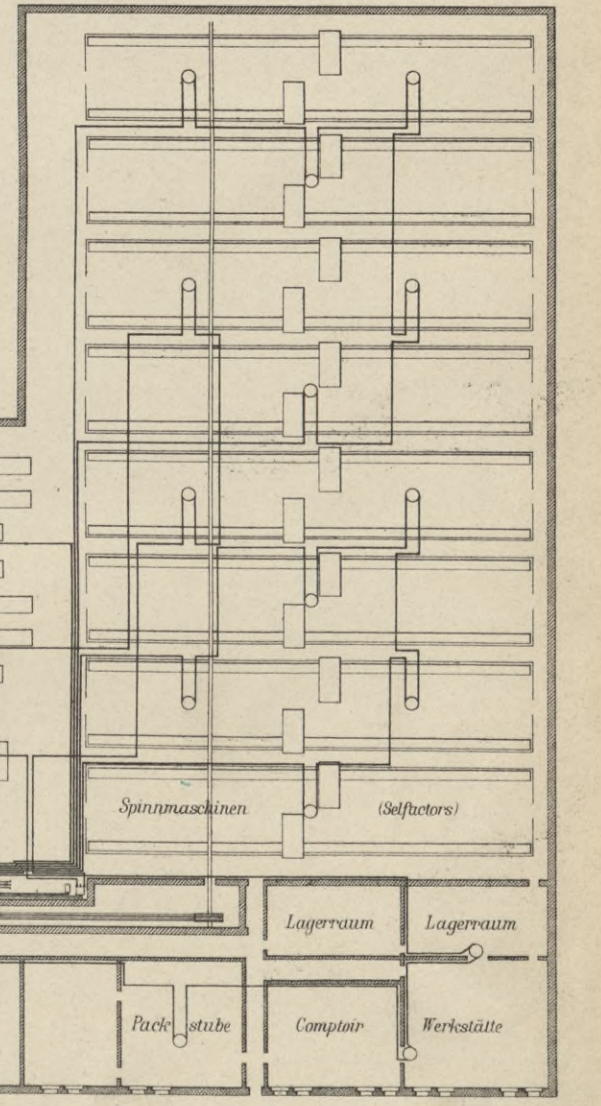


Maschinenanlage.

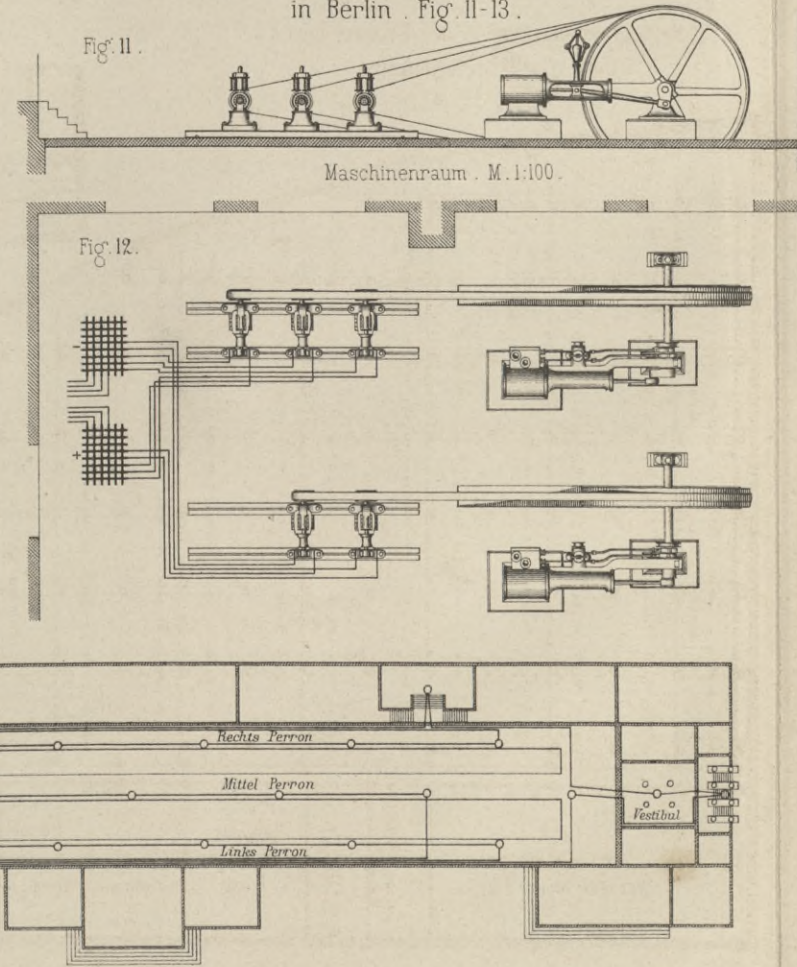
Fig. 6. Unterleitung des Paterres.



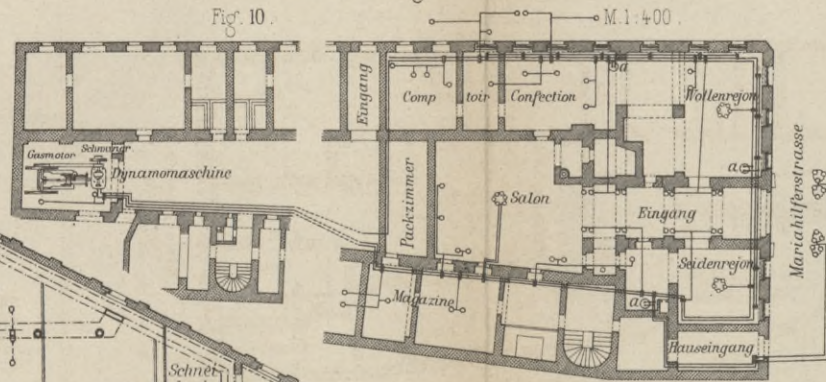
Beleuchtungsanlage in der Kammgarnspinnerei Düsseldorf. Fig. 14. M. 1:500.



Beleuchtungsanlage des Potsdamer Bahnhofs in Berlin. Fig. 11-13.

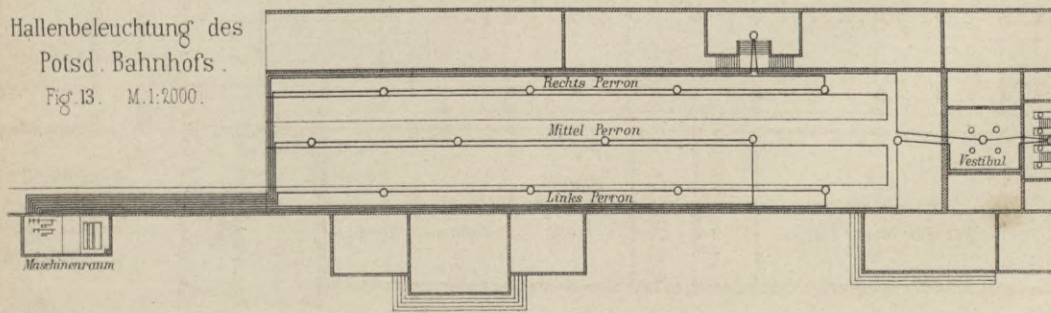


Beleuchtungsanlage der Geschäftsräume der Herren Elsinger in Wien.

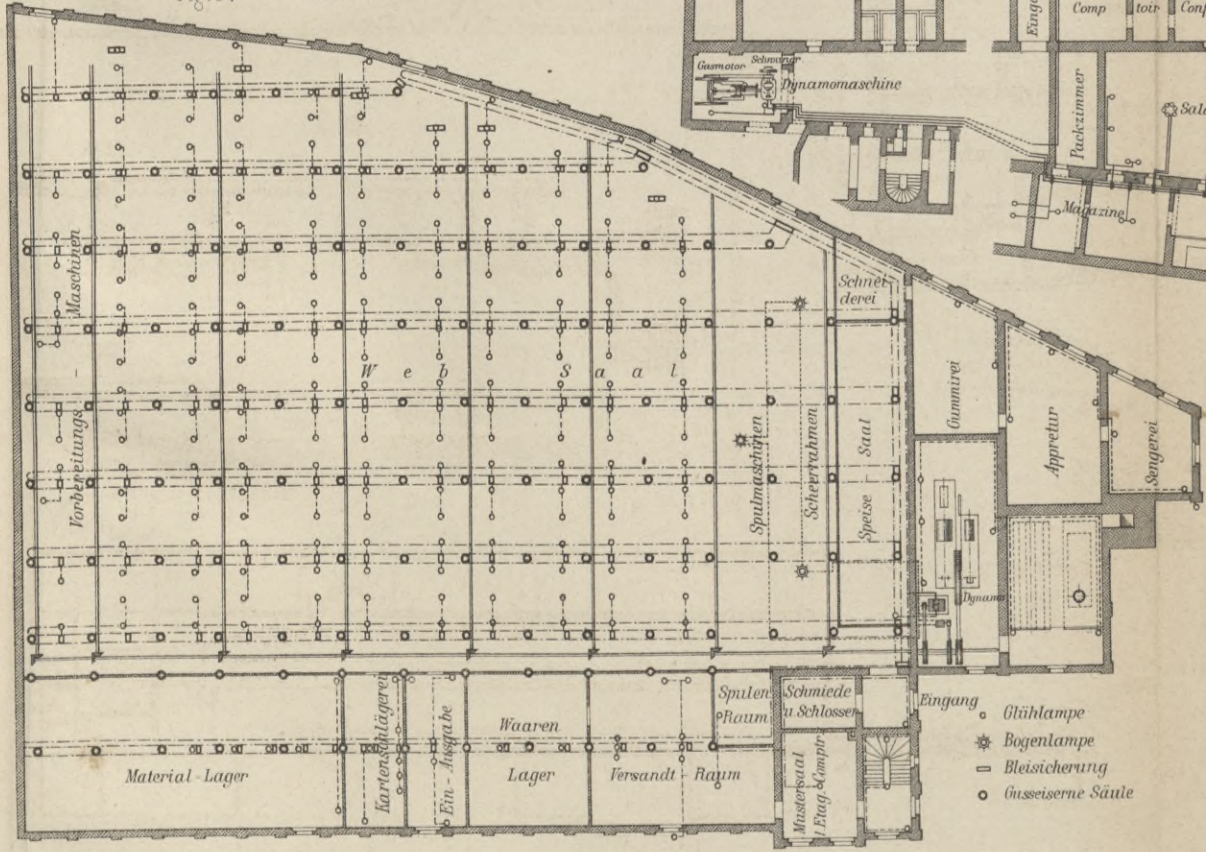


zu Fig. 10.
a ⊕ Umschalter
○ Glühlampe
— Bleisicherung

Hallenbeleuchtung des Potsd. Bahnhofs. Fig. 13. M. 1:2000.



Beleuchtungsanlage in der Weberei der Gebr. Görzitz in Chemnitz. Fig. 9. M. 1:500.



zu Fig. 1-8.

- a Dampfschlot
- b Dampfkessel
- c Dampfmaschine
- d Transmission
- e Dynamomaschinen
- f Generalumschalter
- Glühlampe
- Glühlampenkronen
- Bleisicherung
- ⊕ Gruppenausschalter
- Hauptzuleitung

Maschinenwagen.
Fig. 1. M. 1:60.

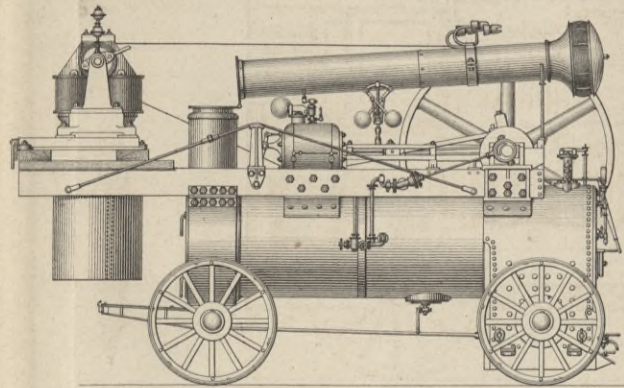


Fig. 2. M. 1:60.

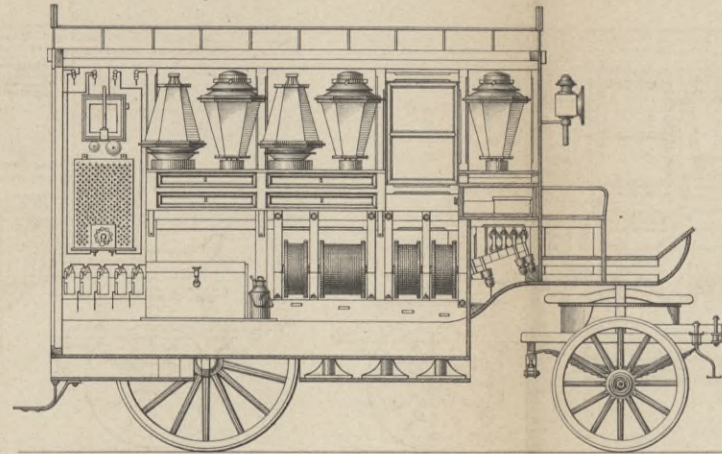
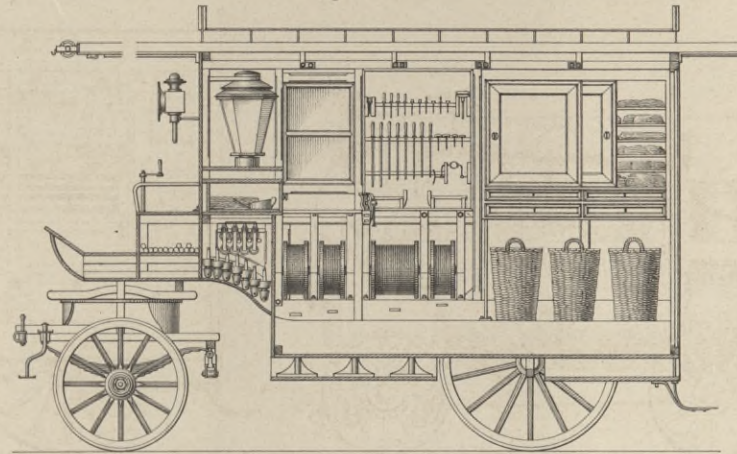
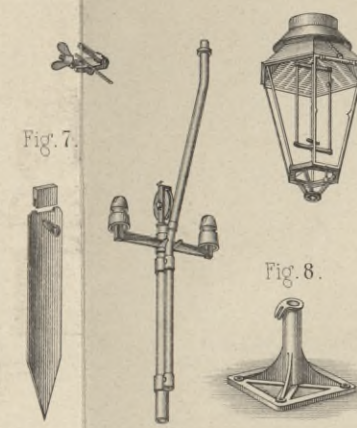


Fig. 3. M. 1:60.



Zubehörteile.

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.



Motor von Sprague.
Fig. 9.

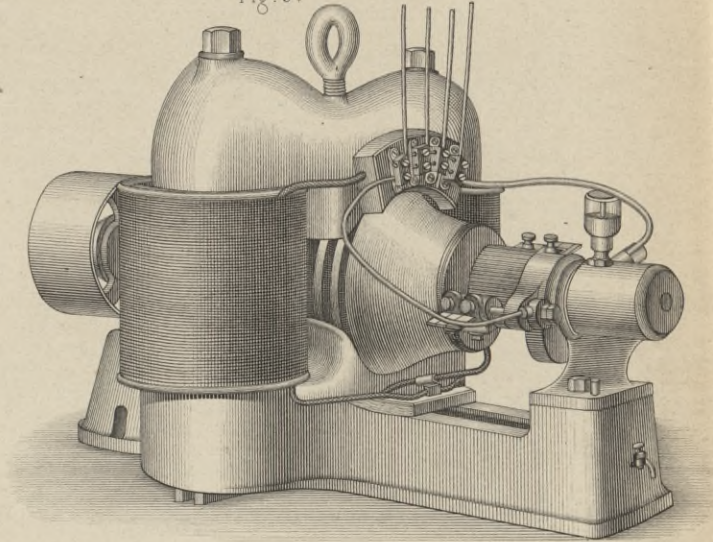


Fig. 10 u. 11. Schaltung der
Accumulatorenanlage im
Königlichen Schloss, Berlin.
Fig. 10.

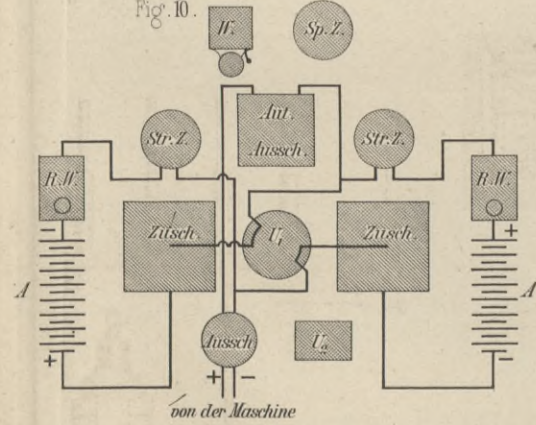
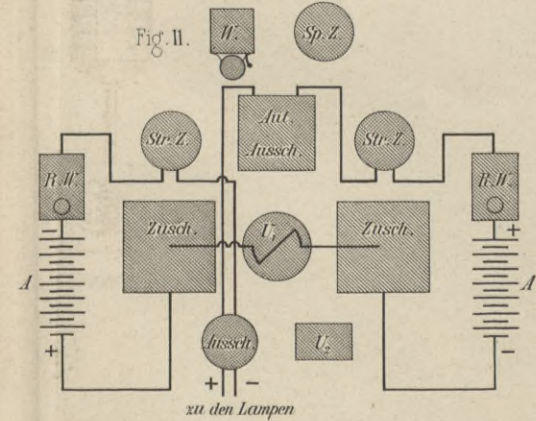
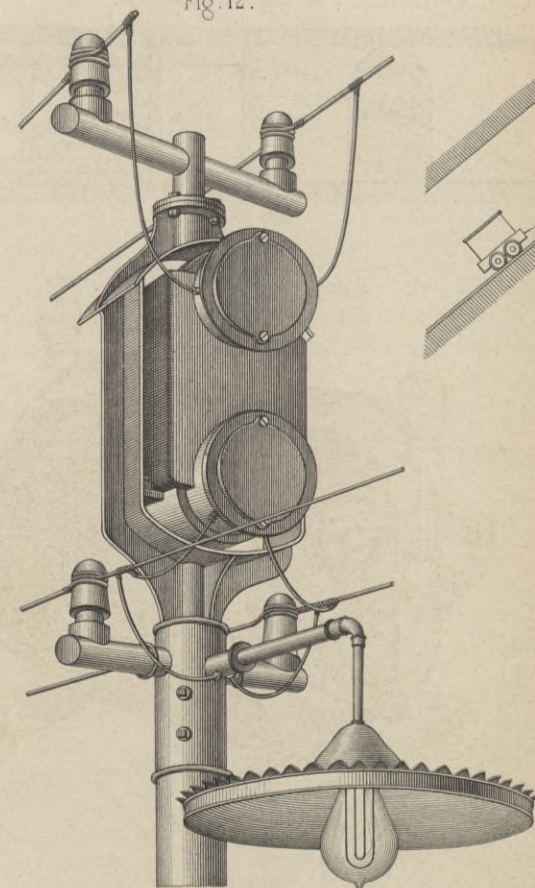


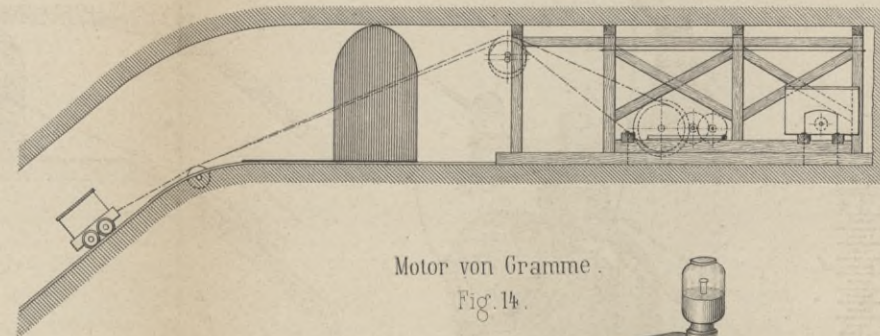
Fig. 11.



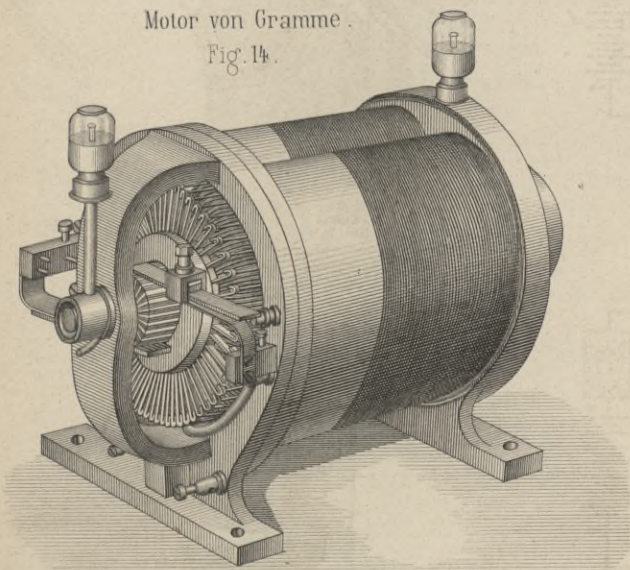
Transformator
mit Straßenlaterne.
System Westinghouse.
Fig. 12.



Elektrischer Göpel
von Siemens u. Halske
für das Salzbergwerk Neu-Staufurt.
Fig. 13. M. 1:200.

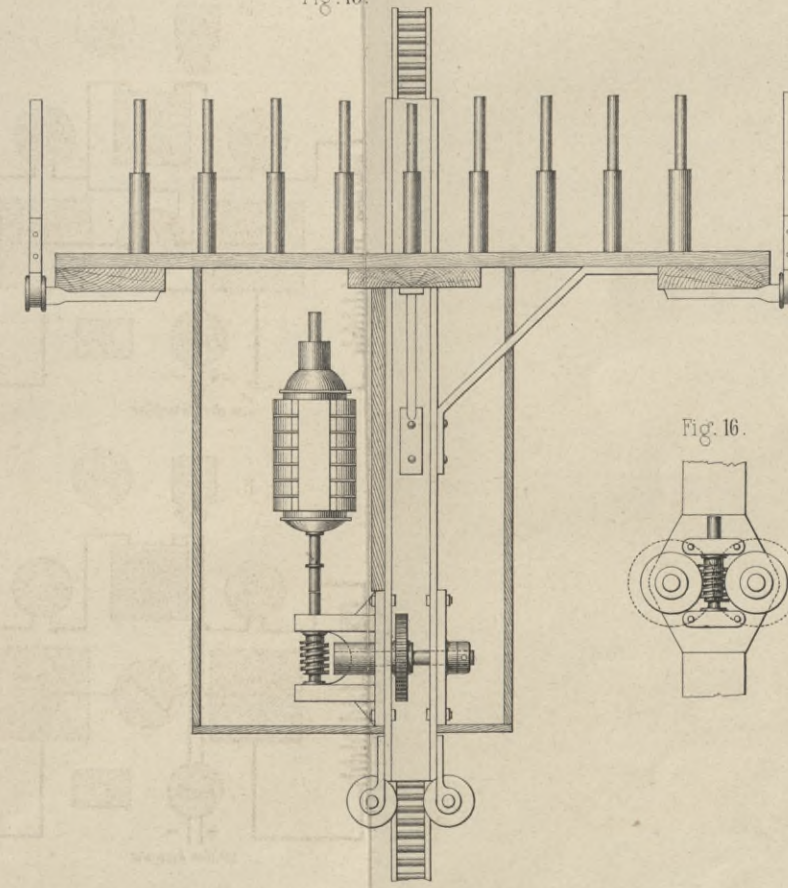


Motor von Gramme.
Fig. 14.

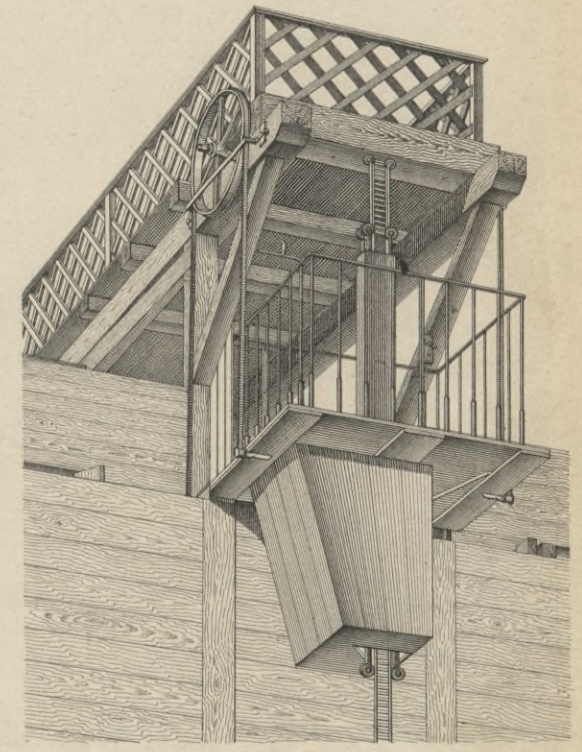


Elektrischer Aufzug von Siemens u. Halske
in der Mannheimer Ausstellung.

Fahrstuhl mit Motor.
Fig. 15.



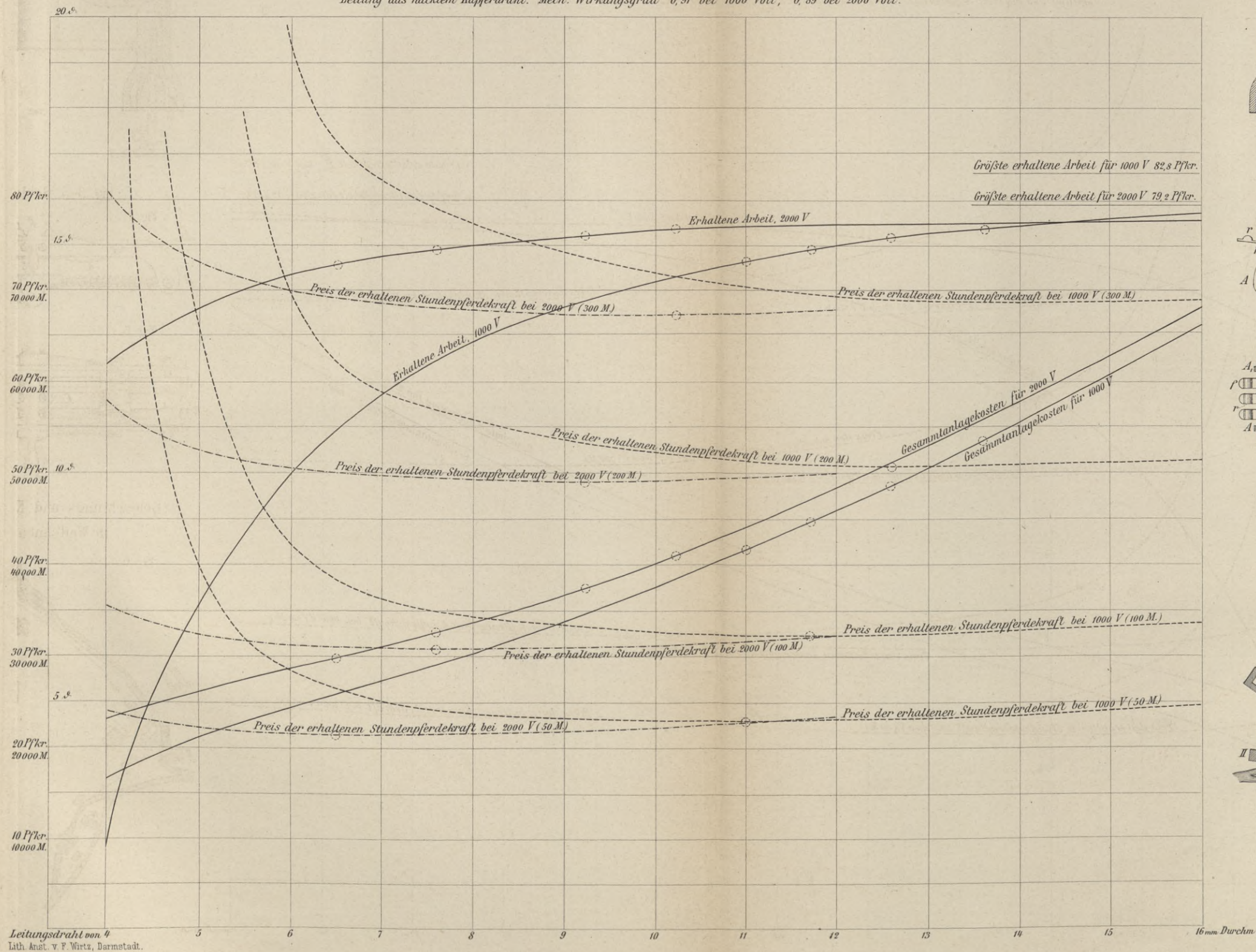
Obere Haltestelle und Aussichtsbühne.
Fig. 17.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

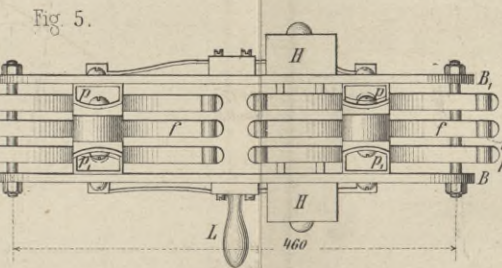
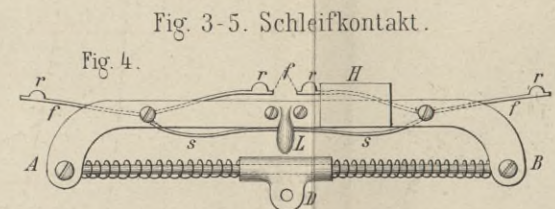
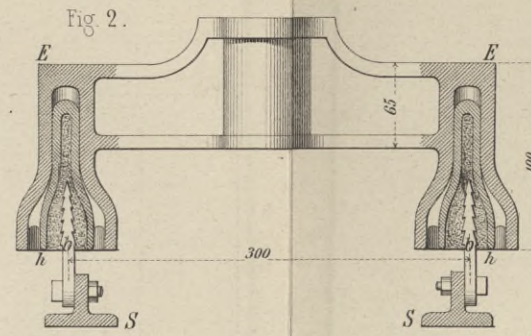
Fig. 1. Elektrische Uebertragung von 100 Pferdekraft auf 5 Kilometer mit 1000 und 2000 Volt Spannung bei 3600 Betriebsstunden im Jahre und dem Preis der Arbeitskraft an der Primärmaschine für 1 Pferdekraft und 1 Jahr = 50, 100, 200 u. 300 M. (1 Stdpfkr. = 1,39 2,76 5,56 8,33 ⚡).

Leitung aus nacktem Kupferdraht. Mech. Wirkungsgrad 0,91 bei 1000 Volt, 0,89 bei 2000 Volt.



Leitungsdraht von 4
Lith. Anst. v. P. Wirtz, Darmstadt.

Leitungsträger der elektrischen Bahn der Hohenzollern-Grube.



Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlage in Weissenbach a. d. Tristing.

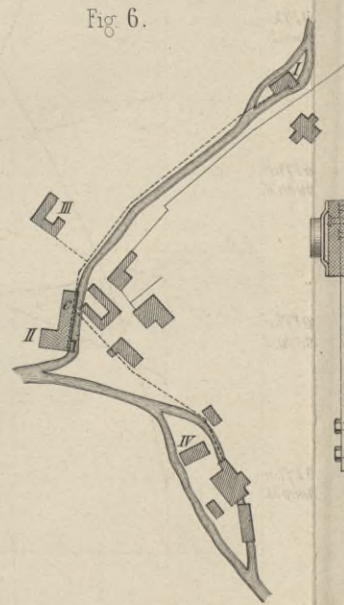
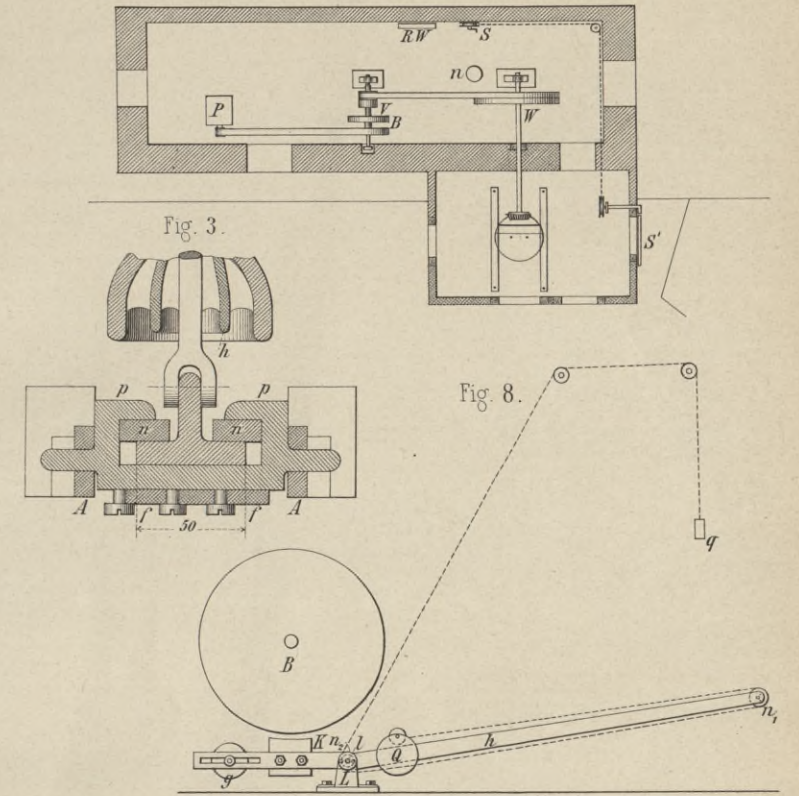
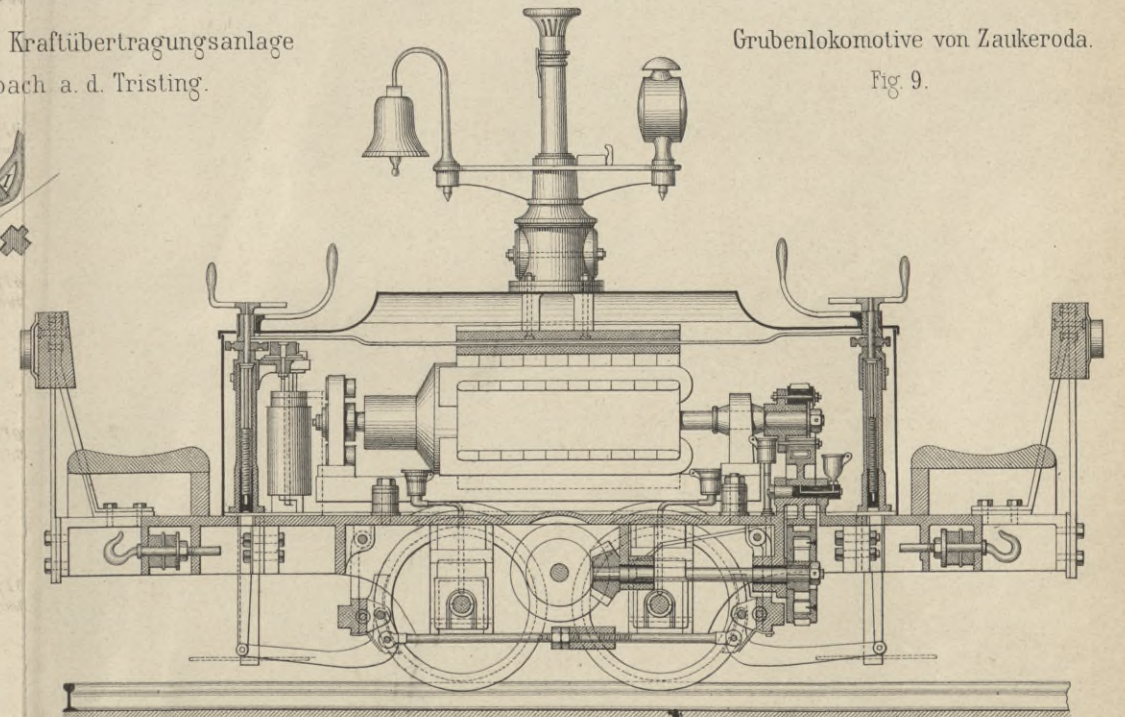


Fig. 7. Maschinenhaus in Weissenbach a. d. Tristing.



Grubenlokomotive von Zaukeroda.
Fig. 9.



301-

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306542

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298714