

# Universitäts- und Landesbibliothek Münster

## Die elektrische Bühnen- und Effekt-Beleuchtung

Weil, Theodor

Wien [u.a.], 1904

---

### Digitale Sammlungen der Universitäts- und Landesbibliothek Münster

In den Digitalen Sammlungen bieten wir Ihnen Zugang zu digitalisierten Büchern und Zeitschriften aus dem historischen Bestand der Universitäts- und Landesbibliothek Münster sowie zu älterer Literatur und Sammlungen aus der Region Westfalen. Das Angebot an Einzelwerken und Sammlungen wird laufend erweitert.

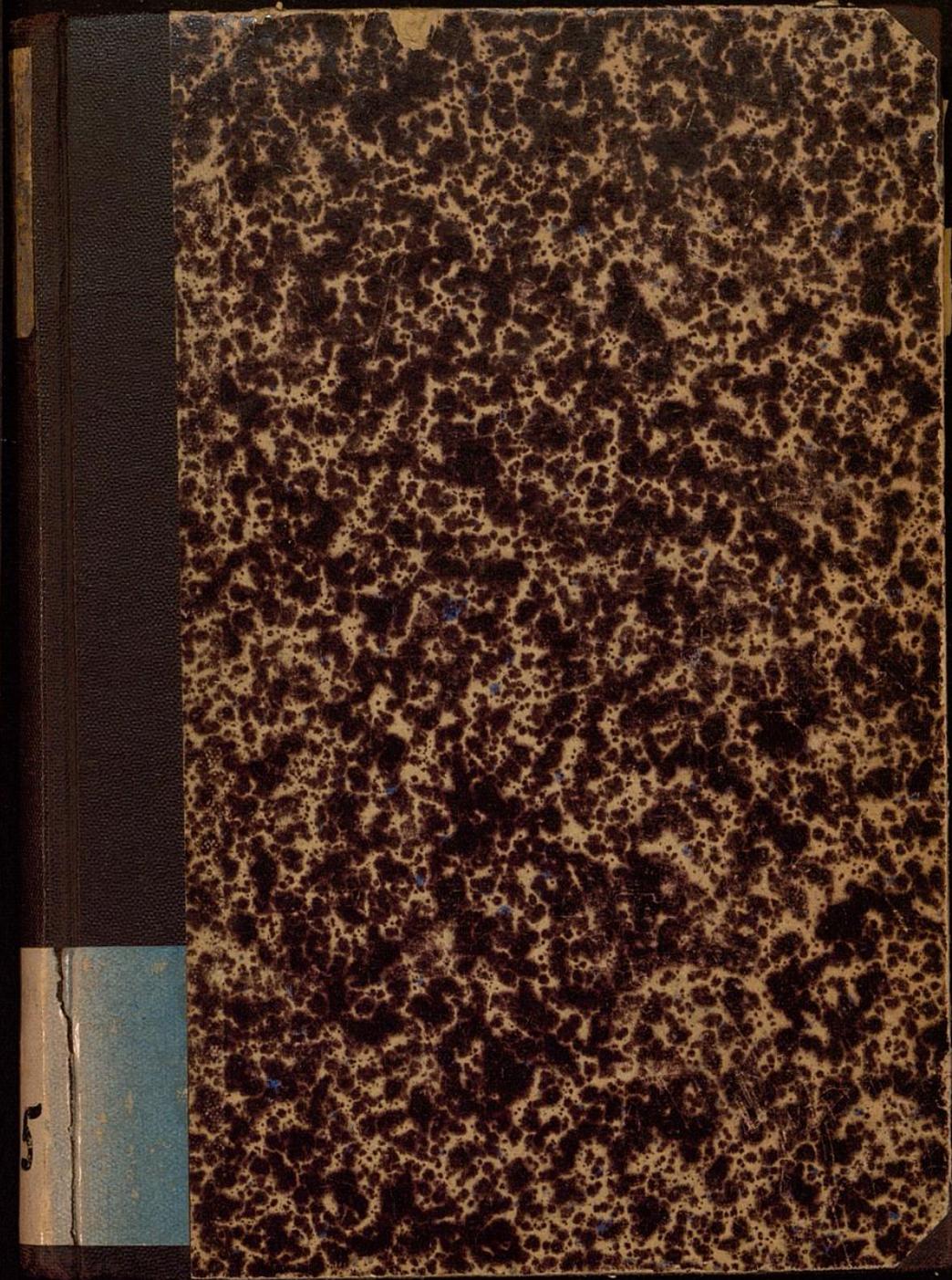
<http://sammlungen.ulb.uni-muenster.de>

---

### Nutzungsbedingungen

Dieses PDF-Dokument steht für nicht-kommerzielle Zwecke in Forschung und Lehre sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Es kann als Datei oder Ausdruck zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

**urn:nbn:de:hbz:6:1-238914**



~~A 428~~

~~A 428~~

Ph 565

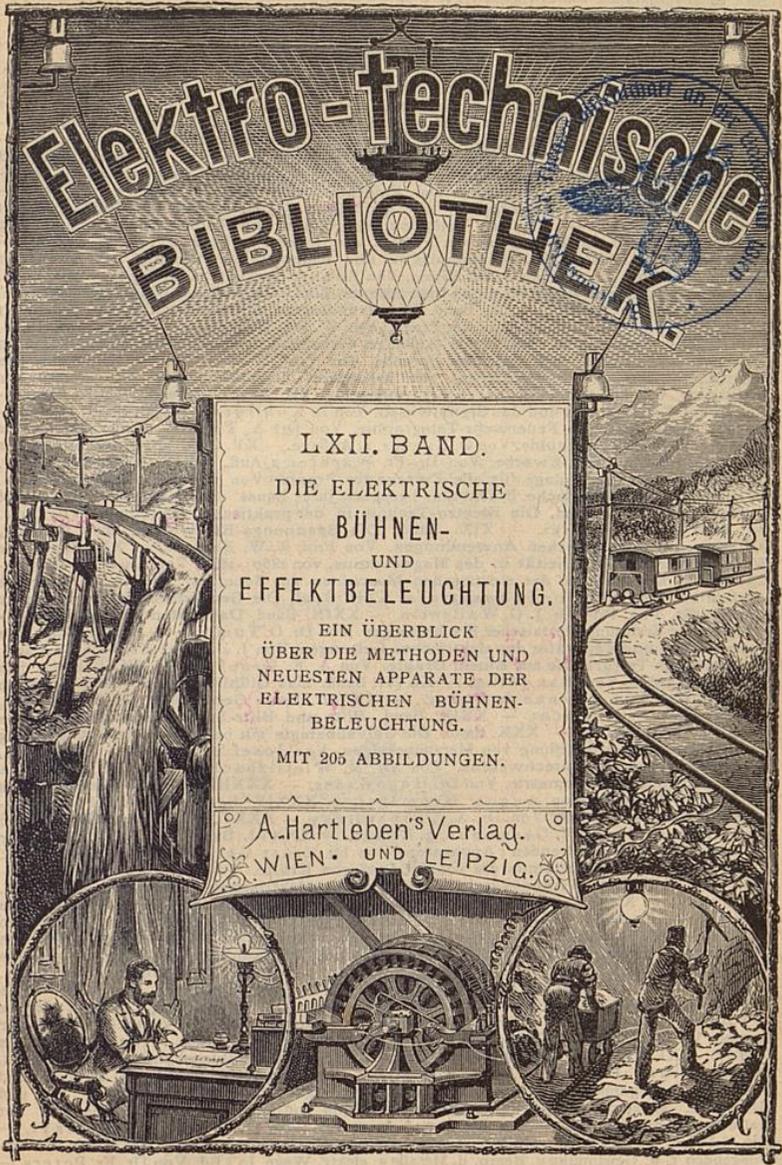
# Elektro-technische BIBLIOTHEK.

LXII. BAND.  
DIE ELEKTRISCHE  
BÜHNEN-  
UND  
EFFEKTBELEUCHTUNG.

EIN ÜBERBLICK  
ÜBER DIE METHODEN UND  
NEUESTEN APPARATE DER  
ELEKTRISCHEN BÜHNEN-  
BELEUCHTUNG.

MIT 205 ABBILDUNGEN.

A. Hartleben's Verlag.  
WIEN • UND LEIPZIG.



# A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrierten Bänden geheftet à 3 K 30 h = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop.;  
eleg. gebunden à 4 K 40 h = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Ab Band LVII kostet jeder Band geb. 4 K 40 h = 4 Mark; geb. 5 K 50 h = 5 Mark.

## Inhalt der Sammlung:

I. Band. Glaser-De Cew. Die dynamo-elektrischen Maschinen. Ihre Geschichte, Grundlagen, Construction und Anwendungen. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht und die elektrische Heizung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 4. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermoäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 4. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Theodor Schwartz. 3. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hotel-Telegraphie. Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militär. Zwecke. Von Dr. Fr. Wächter. 2. Aufl. — XVI. Band. Die elektr. Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. 2. Aufl. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität u. des Magnetismus, von 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartz. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumilzir. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Gifflicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektrizität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band. Elektrizität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. W. Gessmann. 2. Auflage. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektrizität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektrizität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen. Von Etienne de Fodor. — XL. Band. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. Die elektrischen Verbrauchsmesser. Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. Die elektrische Schweissung und Löthung. Von Etienne de Fodor. — XLV. Band. Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis. Von J. Sack. — XLVI. Band. Elektrizität direct aus Kohle. Von Etienne de Fodor. — XLVII., XLVIII., XLIX. und L. Band. Angewandte Elektrochemie. In vier Bänden. Von Dr. Franz Peters. I. Band, Die Primär- und Secundär-Elemente. II. Band, I. und 2. Abthlg., Anorganische Elektrochemie. III. Band, Organische Elektrochemie. — LI. und LII. Band. Materialistisch-hypothetische Sätze und Erklärung des Wesens und der Kraftäusserungen des elektrischen Fluidums. In 2 Bd. Von Dr. F. Ph. Stögermayr. — LIII., LIV., LV. u. LVI. Bd. Elektrometallurgie u. Galvanotechnik. Ein Hand-u. Nachschlagebuch f. d. Gewinnung u. Bearb. d. Metalle a. elektr. Wege. In 4 Bd. Von Dr. Fr. Peters. — LVII. Bd. Elektrische Strassenbahnen. Von Johannes Zacharias. — LVIII., LIX., LX. u. LXI. Bd. Wechselstromtechnik. In 4 Bdn. Von M. T. Zsakula. — LXII. Bd. Die elektrische Bühnen- und Effektbeleuchtung. Von Dr. Th. Weil.

A. Hartleben's Verlag in Wien und Leipzig.



DIE ELEKTRISCHE

# BÜHNEN- UND EFFEKT-BELEUCHTUNG.

EIN ÜBERBLICK ÜBER DIE METHODEN UND NEUESTEN  
APPARATE DER ELEKTRISCHEN BÜHNENBELEUCHTUNG.

VON

DR. TH. WEIL.

DIPLOM. INGENIEUR.

MIT 205 ABBILDUNGEN.



WIEN UND LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1904.

(ALLE RECHTE VORBEHALTEN.)



DIE ELEKTRISCHE

BÜHNEN- UND LEUCHT-BELEUCHTUNG

VON DR. THEODOR WEILL

DE TH WEILL



1D 10137

SBUS

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

## Vorwort.

Durch Einführung der Elektrizität für Licht und Kraft hat sowohl die gesamte Bühnenmaschinerie wie auch die Bühnenbeleuchtungstechnik durchgreifende Änderungen erfahren.

Während es sich jedoch bei der ersteren vorzugsweise um Neukonstruktionen der Antriebsmittel und Zwischenmechanismen handelte, mußten die Bühnenbeleuchtungskörper und Effektapparate einer gänzlichen Umgestaltung unterzogen werden.

Zunächst beschäftigten sich mit diesen Aufgaben die Maschinendirektoren und Beleuchtungsinspektoren der größeren Bühnen, in deren Ateliers die Bühneneffekte mit Hilfe des elektrischen Bogenlichtes sich einer besonders eingehenden Behandlung erfreuten.

Was die Umgestaltung der Körper für elektrisches Glühlicht anbetraf, so hing dieselbe innig mit der elektrischen Beleuchtungstechnik im allgemeinen zusammen, so daß sofort die elektrotechnische Industrie Gelegenheit erhielt, sich mit der Konstruktion der Rampen-, Soffitten- und Versatzkörper zu befassen.

Die optischen Fabriken folgten alsdann mit neuen Effektlampen und Projektionsapparaten, während die elektrischen Scheinwerfer schon vorher durch ihre Verwendung bei der Marine eine große Rolle gespielt und die elektrotechnischen Fabriken beschäftigt hatten.

• Nachdem nun die genannten Konstruktionen ihren Weg in die Fabrikationsräume der elektrischen Unternehmungen und optischen Anstalten gefunden haben, hält der Verfasser den Zeitpunkt für geeignet, einen Überblick über das gesamte Gebiet in Form einer systematischen Zusammenstellung zu geben.

Wenn vielleicht nicht so viel geboten werden konnte, als beabsichtigt war, so bittet der Verfasser um Nachsicht, welche Bitte er damit begründet, daß gerade von Seiten einiger Bühnenfachmänner die gewünschten Mitteilungen ausblieben.

Herrn herzoglichen Kommissionsrat Bähr in Dresden sowie Herrn königlichen Maschinerie-Inspektor Brandt, welche die erbetenen Mitteilungen bereitwilligst gewährten, sei hiermit bestens gedankt.

Wesentliche Dienste leisteten ferner die Mitteilungen von Ed. Liesegangs Verlag.

Durch das freundliche Entgegenkommen der im Buche näher bezeichneten Firmen, welche in ihrem Besitz befindliches Material bereitwilligst zur Verfügung stellten, sowie durch die Munifizienz der Verlags-handlung war es möglich, dem Buche diejenige Ausstattung zu geben, welche im Interesse der Anschaulichkeit des gebotenen Stoffes erforderlich schien. Jede Berichtigung und Anregung wird der Verfasser mit Dank annehmen.

Der Verfasser.

## Inhalt.

	Seite
I. Kapitel . . . . .	I
Einführung des elektrischen Lichtes für Bühnenbeleuchtung. — Vorzüge desselben gegenüber früheren Beleuchtungsarten. — Allgemeines über Entwicklung, Gestaltung und Einteilung der Theater.	
II. Kapitel . . . . .	14
Der elektrische Strom. — Allgemeines über Glühlicht und Bogenlicht. — Leitungs- und Installationsmaterial. — Lichtverteilung und Lichtausstrahlung bei Bogenlicht.	
III. Kapitel . . . . .	31
Die elektrische Beleuchtung des Stadttheaters in Brünn. — Zuschauerraum und Bühnenhaus. — Maschinenanlage. — Zuleitung und Lichtverteilung.	
IV. Kapitel . . . . .	44
Stromerzeuger. — Elektromagnetische Wechselwirkungen. — Dynamomaschinen und Elektromotore für Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrom. Transformatoren. — Akkumulatoren. — Zweileiter-, Dreileiter- und Mehrleitersysteme.	
V. Kapitel . . . . .	66
Bühnenbeleuchtung. — Leitungsverlegung. Installationsmaterialien und Installationsvorschriften. — Sicherungen und Schalter. — Fassungen für Bühnenbeleuchtungskörper.	
VI. Kapitel . . . . .	88
Rampen, Kulissen, Versatzkörper. — Orchesterbeleuchtung, Anschlußkontakte und Anschlußklemmen. — Aufzugsvorrichtungen für Soffitten. — Bühnenkabel.	
VII. Kapitel . . . . .	119
Die Bühnenregulatoren und Regulierwiderstände.	
VIII. Kapitel . . . . .	157
Die optischen Hilfsmittel der Effektbeleuchtung. — Ebene und sphärische Spiegel. — Linsen. — Aplanatische und achromatische Linsensysteme. — Laterna magica. — Agioskop und Phantoskop.	
IX. Kapitel . . . . .	176
Geistererscheinungen und Spiegelercheinungen auf der Bühne. — Scheinwerfer. — Skioptikon- und Projektionsapparate. — Elektrische Bogenlampen zu Projektionszwecken.	

X. Kapitel . . . . .	Seite 220
Effektbogenlampen und Blitzapparate. — Panorama- projektion. Allgemeines über Bühneneffekte. — Sonnenaufgang und Sonnenuntergang.	
XI. Kapitel . . . . .	240
Besondere Bühneneffekte. — Serpentinanz. — Regen- bogenapparat. — Ziehende Wolken bei Tageslicht. — Dämmerung, Morgenrot und Mondschein. — Wal- kürenritt. — Feuer und Rauchwolken, Samum, Regen und Schnee. — Nordlicht. — Wasser- wellen usw.	
Alphabetisches Sachregister . . . . .	253

### Alphabetisches Namenregister.

Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin 13, 68, 74, 78 ff., 83 ff., 91, 96, 102 ff., 110, 148 ff., 221 ff.	Hertz, Prof., Bonn 14.
Bähr H., herzoglicher Kommissionsrat, Dresden 3, 89, 90, 91, 93, 126, 127, 130 ff., 225 ff., 236, 241 ff., 249 ff.	Isabellenhütte, Bonn 125.
Boschek 236.	Kohl Max, Chemnitz 192 ff., 211.
Brandt, kgl. Maschinerie-Inspektor, Berlin 3, 66, 90, 236 ff.	Körting & Mathiesen, Leipzig 185, 194.
Brückner, Ross & Cons. 31.	Lautenschläger Karl, kgl. Maschinen- direktor, München 66, 90.
Chase Charles A. 228.	Liesegang Ed., Düsseldorf 197, 199, 200, 201, 202 ff., 209 ff.
Daguerre 183.	Maxwell 14.
Davy 22.	Richter, Dr. Weil & Ko., Frank- furt a. M. 75 ff., 86, 93, 102, 105 ff., 108 ff.
Deutsche Edisongesellschaft 30 ff.	Robertson 173.
Dollond 171.	Sandow E. 180.
Drumond 1, 2.	Siemens & Halske A. G., Berlin 50, 70, 91, 109, 110, 142 ff.
Faraday 44.	Société électrique Edison 31.
Fleitmann-Witte 125.	Voigt & Häffner A. G., Frankfurt a. M. 74, 121, 122, 123, 136 ff.
Foucault-Dubosc 23, 193.	Weinert R., Berlin 186.
Ganz & Ko., Budapest 50.	Westinghouse Co. 53.
Geitner Dr. 125, 129.	Zeiss C., Jena 193 ff.
Hefner-Alteneck 47.	
Hell 171.	

## I. Kapitel.

Einführung des elektrischen Lichtes für Bühnenbeleuchtung. — Vorzüge desselben gegenüber früheren Beleuchtungsarten. — Allgemeines über Entwicklung, Gestaltung und Einteilung der Theater.

Es gibt wohl kaum ein Gebiet, auf welchem die Elektrizität größere Triumphe feiert und unmittelbarer ihren Zauber auf uns ausübt, als das Bühnenbeleuchtung. Wenn man bedenkt, welcher Aufwand an Personal und Arbeit vor Einführung des elektrischen Lichtes zur Erzielung der einfachsten und notwendigsten Lichtwirkungen erforderlich war, so will es ganz unbegreiflich erscheinen, daß es heute noch bedeutende Theater gibt, die keine elektrische Bühnenbeleuchtung besitzen.

Bis zur Einführung der Gasbeleuchtung, welche ungefähr im Jahre 1830 allgemeine Verbreitung fand, wurden Zuschauerraum und Bühne mit Öllampen beleuchtet und es läßt sich denken, mit welchen Schwierigkeiten es verknüpft war, den damals gewiß bescheidenen Anforderungen an Licht- und Farbeffekt einigermaßen zu genügen.

Als Ersatz für das elektrische Bogenlicht, welches ungefähr von dem Jahre 1850 ab auf der Bühne Verwendung fand, diente das Drumondsche Kalklicht.

Dasselbe beruht darauf, daß Kalk mit Hilfe eines Knallgasgebläses bis zur Weißglut erhitzt wurde. Das Knallgasgemenge wird hierbei durch Einblasen der erforderlichen Sauerstoffmenge in eine Wasserstoffflamme erzeugt, wobei die zum Weißglühen des Kalkes erforderliche Temperatur von zirka  $2000^{\circ}$  C entsteht.

Durch diese Lichtapparate, welche im Jahre 1826 erfunden wurden, war man bereits in der Lage, ähnliche Bühneneffekte zu erzielen, wie solche heute mit dem elektrischen Bogenlicht erzielt werden. Zu jener Zeit war das elektrische Bogenlicht noch im Anfangsstadium und für die Bühne unbrauchbar.

Trotzdem man das Umständliche und Gefahrvolle des Drumondschen Kalklichtes, bei welchem eine Entzündung des Knallgasgemenges jederzeit sofortige Explosion zur Folge haben konnte, einsah, konnte man erst im Jahre 1880 von der Anwendung desselben abgehen, als Siemens & Halske die erste brauchbare Bogenlampe auf den Markt brachten.

Die erste Verwendung des elektrischen Lichtes für Bühnenzwecke soll die des Bogenlichtes im Jahre 1849 in der Pariser Oper gewesen sein. Die aufgehende Sonne in der Oper »Prophet« von Meyerbeer wurde durch einen elektrischen Lichtbogen dargestellt, welchen eine Batterie von 50 Bunsenschen Elementen erzeugte.

Der Lichtbogen wurde durch einen Parabolspiegel verstärkt und die Strahlen durch eine in die gemalte Luftgardine ausgeschnittene, kreisförmige Öffnung dem Zuschauer sichtbar gemacht.

War es vor Einführung des Edisonschen elektrischen Glühlichtes mit großen Schwierigkeiten verknüpft, während der Handlung die Bühnenbeleuchtung zu regulieren, so war dies vor Einführung der Gasbeleuchtung einfach unmöglich.

Deshalb wurde bereits die Gasbeleuchtung als große Errungenschaft begrüßt und man glaubte, durch diese im Verein mit dem elektrischen Bogenlicht das Ideal der Bühnenbeleuchtung gefunden zu haben, bis sich die Mängel derselben empfindlich fühlbar machten.

Das Verschieben der Glasscheiben oder farbigen Seidenschirme vor die Gasflammen während der Vorstellung wirkte zunächst sehr störend und es war schon als große Verbesserung der Bühnenbeleuchtung anzusehen, als man die Rampenbeleuchtung durch drei verschiedene Gasleitungen speiste, von welchen die eine zur Speisung der weißen, die zweite zur Speisung der roten und die dritte zur Speisung der grünen Lampen diente.

Die unerträgliche Hitze jedoch, welche die dreifachen Gasflammen ausstrahlten, und der bedeutende Gasverbrauch dieser Körper bewirkte, daß dieselben bald verdrängt wurden durch Körper mit seitlich eintretender Färbung (System Bähr).

Dieselben waren derart konstruiert, daß über jeden Brenner ein dreifarbigter Zylinder geschoben wurde, welcher auf einem Schnurrade saß.

Durch Ziehen an einer Schnur ohne Ende wurden die Zylinder nach rechts, beziehungsweise nach links gegeneinander verschoben, und zwar in der ganzen Bühnenbreite auf einmal, und so ein unmerklicher Übergang von einer Farbe zur andern erzielt.

Je nachdem nun eine Lampengruppe durch Vorsetzen von farbigen Schirmen ihre Färbung erhält oder drei verschiedene Lampengruppen mit je einer Farbe abwechselnd verdunkelt werden, spricht man vom Einlampensystem oder Dreilampensystem. Neuerdings ist an den größeren Bühnen das Vierlampensystem eingeführt worden, als dessen Urheber Inspektor Brandt vom königlichen Opernhause in Berlin gilt.

Wie bereits erwähnt, wurde die von den Gaslampen herrührende, stetig steigende Temperatur den Darstellern außerordentlich lästig. Hierzu kommt, daß durch die gesamte Beleuchtung die Verbrennungsprodukte des Leuchtgases in die Luft gelangen und ihr den Sauerstoff entziehen, so daß der Aufenthalt im Theater gegen Schluß einer Vorstellung geradezu gesundheitsschädlich wurde.

Die aufsteigende erwärmte Luftströmung bildet eine Wand, welche den Schall zum Teil durchläßt, zum Teil reflektiert. Hierdurch wird die Akustik des Raumes geschwächt und die Anstrengungen der Darsteller wachsen gerade gegen Schluß der Vorstellung, wenn die Kräfte schon erschöpft sind.

Geeignete Ventilationseinrichtungen, welche diese Übelstände teilweise beseitigten, erforderten großen Kostenaufwand.

Als im Jahre 1882 die Edisonsche Glühlampe erfunden wurde, erkannte man sofort, daß mit Hilfe derselben alle diese Nachteile beseitigt werden konnten.

Die elektrische Glühlampe strahlt ungefähr den zwanzigsten Teil an Wärmeeinheiten aus wie die Gasflamme. Bei einer stündlichen Lichterzeugung von 100 Kerzen entwickelt ein Leuchtgas-Argandbrenner 4860 Wärmeeinheiten, ein Leuchtgas-Zweilochbrenner 12.150 Wärmeeinheiten, das elektrische Glühlicht nur 290—536 Wärmeeinheiten.

An allen größeren Theatern, wie München, Stuttgart, Dresden und Berlin, wurden kleinere Probeeinrichtungen getroffen, um die sich noch ergebenden Erfordernisse kennen zu lernen und das Personal mit der Handhabung vertraut zu machen.

Die einfache Bedienung, die große Regulierbarkeit sowie die Möglichkeit, in einfachster Weise alle Farbenübergänge von einer Stelle aus zu diri-

gieren, ließen das elektrische Glühlicht für die Bühne unentbehrlich erscheinen, da es der einzige Lichterzeuger war, mit welchem die Vorgänge und Eindrücke in der Natur auf der Bühne täuschend wiedergegeben werden konnten.

Die Apparate und Beleuchtungskörper, mit welchen dies bewerkstelligt wird, sollen in der vorliegenden Abhandlung in Wort und Bild vorgeführt werden und wäre es zunächst erforderlich, das Wesen und die Erzeugung des elektrischen Glühlichtes und Bogenlichtes zu beschreiben.

Bevor dies jedoch geschehen kann, muß einiges über die Entwicklung und Gestaltung der Theater und Theaterbühnen vorausgeschickt werden.

Unter Bühne versteht man im allgemeinen einen erhöhten Bretterboden, auf welchem Gegenstände und Personen derart Aufstellung finden können, daß sie infolge ihres erhöhten Standpunktes weithin sichtbar werden. Der Ausdruck »Bühne« besitzt den gleichen Stamm wie Tribun, Tribunal, Tribüne, da jedoch die Bühne ihre größte Bedeutung als Theaterbühne erlangt hat, so hat man sich daran gewöhnt, die Theaterbühne kurz mit dem Ausdruck »Bühne« zu belegen.

Die Uranfänge des Theaters reichen zurück bis ungefähr 400 v. Chr. Dasselbe war damals dem Kultus des Dionysos gewidmet und bestand aus einem runden Platz, in dessen Mitte sich ein erhöhter Bretterboden, die Orchestra, befand, welche der heutigen Bühne entspricht.

Bald erwies sich die Trennung von Orchestra und Zuschauerraum (Theatron) als erforderlich und so pflegte man die Orchestra hie und da am Abhange eines Hügels anzulegen, so daß die Zuschauer von oben herabblicken konnten. Diese Aufstellung gab bereits die Richtschnur für den treppenförmig ansteigenden, kreisrunden Aufbau des Theaters.

In der Mitte der Orchestra befand sich der Altar (Thymele). Den Hintergrund der Orchestra bildete die Skena (Szene). Die rechten und linken Vorsprünge führten die Bezeichnung Paraskenen, der Raum unmittelbar vor der Szene hieß Proskenion, eine Bezeichnung, die sich in ihrer lateinischen Form als Proszenium bis auf den heutigen Tag erhalten hat.

Man verstand damals darunter eine bewegliche Rückwand, welche zwischen den Paraskenen Aufstellung fand.

Schauspieler und Zuhörer benützten die gleichen Zugänge (Parados), welche sich zwischen Zuschauer-raum und Skene befanden.

Der Zuschauerraum wurde durch zwei konzentrische Gänge (Diazoma) in Stockwerke eingeteilt und die Bogengänge (Kerkis) in Kreisabschnitte zerlegt.

Im großen ganzen besitzt der moderne Zirkus eine ähnliche Einrichtung wie das alte griechische Theater, dessen Grundformen sich auch auf die römischen Theater übertrugen.

Zu erwähnen sind noch die Periaktos, dreikantige Säulen, welche drehbar angeordnet waren. An denselben wurden die Kulissen aufgehängt und bei einem Szenenwechsel gedreht.

Das römische Theater brachte die Trennung des Zuschauerraumes von der Bühne durch Anwendung eines Vorhanges. Ein zweiter Vorhang war auf der Bühne selbst angebracht.

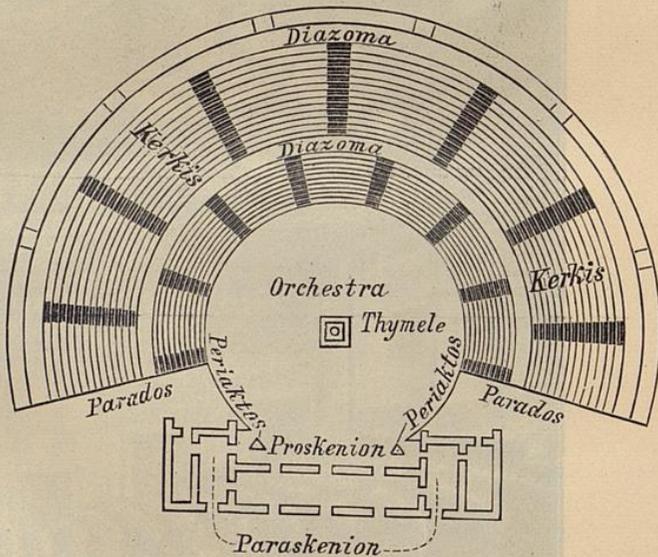
Während im Mittelalter eigentliche Theatergebäude kaum existierten, schlossen sich die im 16. Jahrhundert aufgeführten Spielhäuser den Formen der italienischen Operntheater an.

Fig. 1 zeigt den Grundriß eines altgriechischen Theaters, Fig. 2 die perspektivische Ansicht eines modernen Theaters. Letzteres zeigt Bühne und Zuschauer-raum des Prinz-Regenten-Theaters in München. Der

Zuschauerraum steigt amphitheatralisch an, das Orchester ist versenkt angelegt.

Ein modernes Theater besitzt im allgemeinen 1600—2600 Sitzplätze.

Fig. 1.



Der Zuschauerraum besteht aus dem Parterre, den Logen, den Rängen und der Galerie.

In Fig. 3 ist der Grundriß eines modernen Theaters (Neues Schauspielhaus zu Frankfurt a. M.) dargestellt. Die oben angeführten Abteilungen des Zuschauerraumes gliedern sich in einzelne Unterabteilungen, ungefähr wie nachstehend:



## I. Parterre:

- a) Parkettsitzplätze,
- b) Parterresitzplätze,
- c) Parterre-(eventuell Parkett-)Stehplätze.

## II. Logen:

- a) Parterrelogen,
- b) Parkettlogen,
- c) Balkonlogen,
- d) Fremdenlogen,
- e) Logen des ersten Ranges,
- f) Schauspielerlogen.

## III. Ränge:

- a) Mittel- und Seitenplätze des I. Ranges.
- b) » » » » II. »  
und eventuell c) Mittel- und Seitenplätze des  
III. Ranges.

## IV. Galerie:

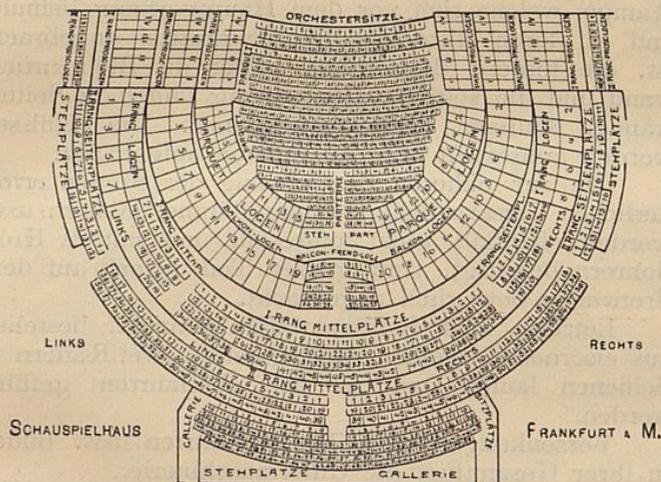
- a) Galeriesitzplätze (meist numeriert),
- b) Galeriestehplätze.

Von der Einteilung der Plätze des Zuschauer-  
raumes geben nachfolgende Durchschnittsziffern ein  
annäherndes Bild:

Parkett . . . . .	zirka 17%
Parterre . . . . .	» 7 »
Parterre- und Parkettlogen . . . . .	» 5 »
Balkonlogen . . . . .	» 7 »
Fremdenlogen . . . . .	» 11 »
I. Ranglogen . . . . .	» 5 »
Schauspielerlogen . . . . .	» 5 »
II. Ranglogen . . . . .	» 16 »
Galeriesitzplätze . . . . .	» 16 »
Stehplätze . . . . .	» 11 »
	100%.

Zwischen Zuschauerraum und Bühne liegt wie im altgriechischen Theater die Orchestra, jedoch mit dem Unterschiede, daß dieselbe im modernen Theater den Blicken der Zuschauer entzogen und vertieft unmittelbar vor der Bühne angeordnet wird.

Fig. 3.



Die Bühne selbst besteht aus 5 bis 8 perspektivisch geordneten Abteilungen, den sogenannten Bahnen. Jede derselben besitzt eine große Versenkung, und eine durchgehende Klappe. Drei Schlitze, welche quer über die Bühne laufen und in welchen sich die Kulissenwagen bewegen, gehören zu jeder Bahn. Dieselben führen die Bezeichnung »Freifahrten«.

Ebenfalls quer über die Bühne laufen die die Decke, beziehungsweise den Luftraum darstellenden Soffitten; lange auf Holzrahmen gespannte Leinwand-

streifen, welche zu fünf und sechs an Seilen aufgehängt sind.

Letztere laufen über ebensoviele Rollen und werden durch entsprechende Gegengewichte soweit ausbalanciert, daß sie mit Leichtigkeit gehoben und gesenkt werden können. Diese Vorrichtungen führen die Bezeichnung Soffittenzüge oder Prospektzüge.

Die vordere Begrenzung der Bühne bildet die Rampe, welche sich vor dem Hauptvorhang befindet und in deren Mitte der Souffleurkasten angebracht ist, die hintere Begrenzung bildet die Bühnenrückwand und die seitliche Begrenzung bilden die Seitenwände, Kulissen oder Dekorationen. Die Kulissen werden aufgestellt oder an Pfosten aufgehängt.

Die zur näheren Bezeichnung der Szenen erforderlichen Versatzstücke, Felsen, Bäume, Mauern usw. werden ebenfalls teils aufgestellt und mittels Holzbohrern befestigt, zum großen Teil jedoch auf dem Freiwagen beweglich angebracht.

Letztere, auch Kulissenwagen genannt, bestehen aus eisernen Gestellen, welche auf je zwei Rädern in Schienen laufen und in den Freifahrten geführt werden.

Versenkungen, Kanäle, Freifahrten usw. bilden in ihrer Gesamtheit die Untermaschinerie.

Sämtliche auf dem Schnürboden befindlichen Zug- und Hängevorrichtungen, Flugvorrichtungen, sowie die auf der Bühne und der Bühnengalerie befindlichen Apparate gehören zur Obermaschinerie. Somit gehört die gesamte Bühnenbeleuchtung mit den zugehörigen Regulierapparaten, welche in der Regel auch die Beleuchtungseinrichtung des Zuschauerraumes umfassen, zur Obermaschinerie.

Die elektrische Bühnenbeleuchtung mittels Bogenlicht umfaßt die Scheinwerfer, Blitzlampen, Projektionsapparate usw. Die elektrische Glühlichtbeleuchtung

zerfällt in Rampen-, Soffitten- und Kulissen- oder Versatzbeleuchtung.

Die hierzu erforderlichen Körper führen in der elektrischen Beleuchtungstechnik auch kurz die Bezeichnung Rampen, Soffitten, Kulissen und Versatzständer oder Versatzkörper.

Um jeden beliebigen Helligkeitsgrad erzielen und jeden Farbenübergang bewerkstelligen zu können, ist es erforderlich, die gesamte Bühnenbeleuchtung, also Rampen-, Soffitten- und Versatzbeleuchtung, von einer Stelle aus zu bedienen.

Zu diesem Zweck sind sämtliche Leitungen der Bühnenbeleuchtungskörper in einem einzigen Regulierapparat vereinigt, welcher die Bezeichnung Bühnenregulator führt.

Im Jahre 1882 begann gleichzeitig mit der Einführung der elektrischen Glühlichtbeleuchtung in den Theatern die Konstruktion dieser Regulatoren und Bühnenkörper für elektrisches Licht.

Bereits 1884 veröffentlichte die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, damals Deutsche Edison-Gesellschaft, eine Denkschrift über sechs ausgeführte Theateranlagen.

Es waren dies die Bühnen in Brünn, Kuba, Boston, Brüssel, sowie das Residenztheater in München und das Residenztheater in Stuttgart.

Bevor auf die Beschreibung dieser Anlagen, sowie auf die Konstruktion und Wirkungsweise der Apparate näher eingegangen werden kann, soll im folgenden Kapitel das Wesen des elektrischen Stromes sowie der elektrischen Beleuchtung mittels Glühlicht und Bogenlicht beschrieben werden.

## II. Kapitel.

Der elektrische Strom. — Allgemeines über Glühlicht und Bogenlicht. — Leitungs- und Installationsmaterial. — Lichtverteilung und Lichtausstrahlung bei Bogenlicht.

Wie Wärme, Licht und Schall, so ist auch die Elektrizität als Bewegung der Materie aufzufassen. Um den Nachweis, daß die Elektrizität durch wellenförmige Schwingungen des Äthers fortgepflanzt wird, hat sich namentlich Professor Hertz in Bonn verdient gemacht. Nach Maxwell pflanzt sich Elektrizität und Licht mit gleicher Geschwindigkeit, nämlich  $300.000\text{ km}$  in der Sekunde, fort.

Wir bezeichnen einen Körper als elektrisch neutral, beziehungsweise unelektrisch, wenn er ebenso viel Elektrizität besitzt, wie seine Umgebung; besitzt er mehr, so ist er positiv, besitzt er weniger, so ist er negativ elektrisch.

Ein Ausgleich findet daher stets, wie man zu sagen pflegt, von der positiven nach der negativen Elektrizität statt und die Richtung des elektrischen Stromes denkt man sich vom positiven nach dem negativen Pol des Stromerzeugers.

Wird eine solche Ungleichheit dauernd aufrecht erhalten, so daß ein kontinuierlicher Ausgleich statt-

finden muß, so spricht man von einer Spannung, welche zwischen den beiden Polen herrscht, beziehungsweise aufrecht erhalten wird und welche einen beständigen Ausgleich in Form eines Stromes verursacht, sobald die Pole in Verbindung miteinander treten.

Es ist also das Entstehen eines elektrischen Stromes an das Vorhandensein einer Spannung gebunden, welche stark genug ist, den ihr entgegengestellten Widerstand des betreffenden Stromkreises zu überwinden. Bleibt die Richtung des Stromes stets dieselbe, so bezeichnet man ihn als Gleichstrom, wechselt dagegen seine Richtung in kurzen Zwischenräumen (die gebräuchlichste Wechselzahl ist 80 bis 90 pro Sekunde), so nennt man ihn Wechselstrom. Der in neuerer Zeit vielfach angewandte Drehstrom ist eine Kombination von Wechselströmen. Ein beliebtes Bild für die Verhältnisse zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand ist das fließende Wasser. Die Spannung wird mit einer Druckhöhe oder Druckdifferenz verglichen, der elektrische Strom mit einem Wasserstrom, welcher beispielsweise beim Durchfließen einer Röhre einen bestimmten Widerstand überwindet. Die Spannung wird dargestellt als Produkt aus Stromstärke und Widerstand. Es ist also  $\text{Spannung} = \text{Stromstärke} \times \text{Widerstand}$  oder  $\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}}$ . Dieses Grundgesetz der Elektrizitätslehre ist das Ohmsche Gesetz. Die Einheit des Widerstandes wird in Ohm, die des Stromes in Amperes und die der Spannung in Volt gemessen.

Besitzt zum Beispiel eine Glühlampe von 16 Normalkerzen Leuchtkraft 200 Ohm Widerstand und leuchtet sie mit normaler Helligkeit, wenn an ihren Enden eine Spannung von 100 Volt herrscht,

so wird sie von einem Strom von 0·5 Amperes durchflossen, denn es ist Spannung = Stromstärke  $\times$  Widerstand, also 100 Volt = 200 Ohm  $\times$  0·5 Amperes.

Das Produkt aus Stromstärke und Spannung ist die elektrische Energie und wird in Volt-Amperes oder Watt gemessen.

Eine Glühlampe von 16 Normalkerzen verbraucht somit 0·5 Amperes  $\times$  100 Volt = 50 Volt-Amperes oder Watt elektrische Energie. Zu einer Normalkerze sind folglich  $\frac{50}{16} = 3\cdot1$  Watt erforderlich. Der Wattverbrauch pro Normalkerze schwankt je nach der Güte des Fabrikats sowie nach der Lebensdauer des Glühfadens zwischen 2·5 und 3·5.

Ist derselbe für eine bestimmte Glühlampensorte bekannt, so stellt man durch einfache Multiplikation den Energieverbrauch für 5-, 10-, 16-, 25-, 32-, 50- und 100kerzige Glühlampen fest. Die gebräuchlichste Sorte ist für Bühnenzwecke die 25kerzige Lampe mit zirka 80 Watt Energieverbrauch. Der Stromverbrauch wird, mit der Stundenzahl multipliziert, am Elektrizitätszähler abgelesen, und zwar in Wattstunden oder Kilowatt- (= 1000 Watt-) Stunden.

Nach dem oben Gesagten läßt sich der Stromverbrauch bei jeder Spannung mit Leichtigkeit feststellen. Gebraucht zum Beispiel eine 25kerzige Lampe 80 Watt, so wird sie bei 200 Volt Spannung von  $\frac{80}{200} = 0\cdot4$  Amperes durchflossen.

Während die praktischen Versuche mit elektrischen Glühlampen bis 1844 zurückdatieren, rechnet man die Erfindung derselben doch erst vom Jahre 1882 ab, als Edison den Kohlenfaden in einer luftleeren Glasbirne zum Glühen brachte und eine Lebensdauer von 600 bis 800 Brennstunden erzielte.

Ein solcher Kohlenfaden besitzt zum Beispiel bei einer 10kerzigen Glühlampe einen Querschnitt von

zirka  $0.002 \text{ mm}^2$ , wenn er von einem Strom von zirka 0.3 Amperes durchflossen wird.

Um einem solchen Faden die normale Leuchtkraft zu verleihen, ist mithin eine Belastung von zirka 150 Amperes pro Quadratmillimeter Querschnitt erforderlich.

Der Kohlenfaden wird an seinen Enden durch zwei Metalldrähte gehalten, deren jeder aus drei Drähten von verschiedenen Metallen (Nickel, Platin und Kupfer) zusammengesetzt ist. Aus Platin bestehen die Spitzen, an denen der Faden befestigt ist, die Verlängerung aus Nickel und der außerhalb des Glases liegende Teil aus Kupfer. Die Kohlenfäden werden durch Auflösung von Zellulose in einer Lösung von Chlorzink erhalten. Die Mischung hat folgende Zusammensetzung: 5 g Zigarettenpapier, Reistroh, Filterpapier, trockene Baumwolle und reine Zellulose, 100 g reines, neutralisiertes Chlorzink und 50 g Wasser. Es entsteht eine sirupartige Flüssigkeit, die dem Kollodium gleicht. Sie wird leicht erwärmt und der Teig durch Druck in Fäden gepreßt. Letztere sind zunächst weiß und werden dann in 90prozentigen Methylalkohol gelegt. Der Faden wird dann mit den Enden der Platindrähte verbunden und durch einen Niederschlag von Kohle auf seiner ganzen Länge verstärkt. Endlich wird die Röhre mit dem Faden in die Glasbirne eingefügt. Die Luft in der Glasbirne wird nun mittels Quecksilberluftpumpe bis zu einem gewissen Grade ausgepumpt und dann die Birne zugeschmolzen. Nun wird dieselbe durch Gips oder Porzellan mit einem Kupfer- oder Messingsockel in leitende Verbindung gebracht, und zwar derart, daß das eine Ende des Glühfadens mit einer Gewindehülse verlötet wird, welche den Umfang des Sockels bildet, das andere Ende die Mitte des Sockels und der Glühlampe bildet und mit einem am untersten

Teile der Glühlampe befindlichen Messingblättchen verbunden ist.

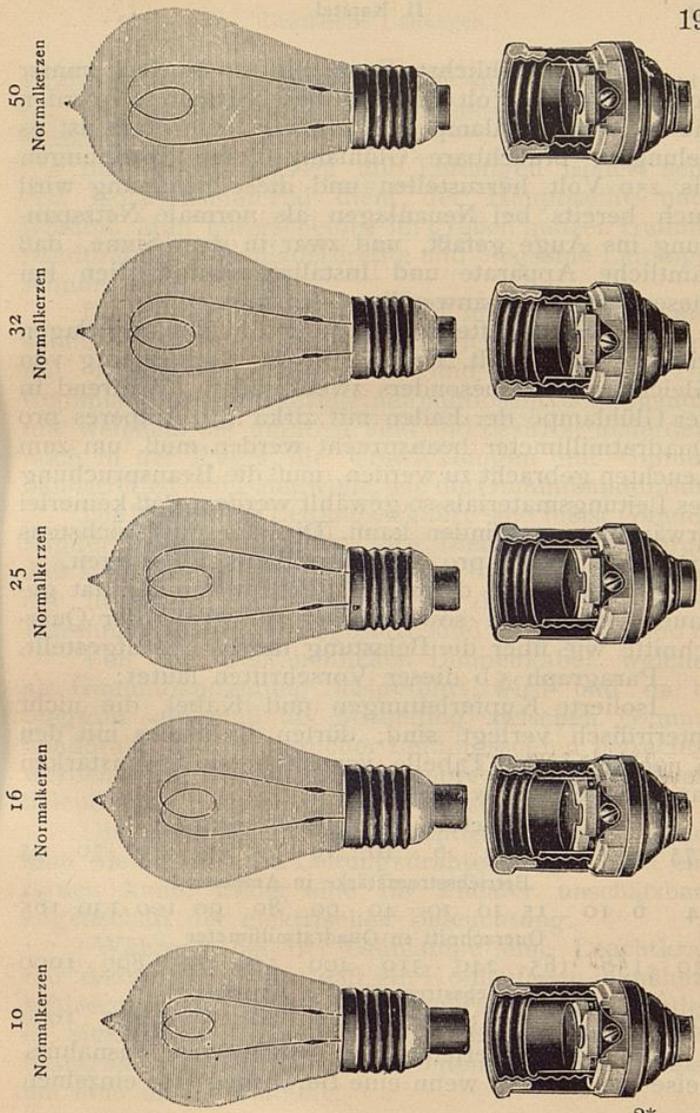
Das Bindeglied zwischen Glühlampe und Zuleitung bildet die sogenannte Fassung, in welche die Glühlampe eingeschraubt wird. Der eine Pol der Zuleitung wird mit dem Seitenkontakt und der andere Pol mit dem Mittelkontakt der Fassung verschraubt, so daß sobald die Glühlampe eingeschraubt ist, durch den Kohlenfaden die Verbindung zwischen den beiden Kontakten vermittelt wird (Fig. 4).

Wie durch eine enge Röhre wenig Wasser und durch eine weite Röhre viel Wasser fließen kann, so ist auch bei großer Stromstärke ein großer, bei kleiner Stromstärke ein kleiner Querschnitt des Leitungsdrahtes erforderlich. Als Leitungsmaterial wird mit wenigen Ausnahmen Kupfer verwendet, da dasselbe den geringsten Leitungswiderstand besitzt. Man wird stets bestrebt sein, die Stromstärke so gering als möglich zu halten, um geringe Kupferquerschnitte verwenden zu können und dadurch am Leitungsmaterial zu sparen. Da die zu übertragende elektrische Energie das Produkt aus Spannung und Stromstärke ist, so kann bei Übertragung der gleichen Energiemenge die Stromstärke verringert werden, wenn man die Spannung erhöht.

Eine möglichst hohe Spannung ist also im Interesse der Ersparnis an Leitungsmaterial wünschenswert. Hier gibt jedoch einerseits die Gefahr zu hoher Spannungen für den menschlichen Körper, andererseits die technische Unmöglichkeit, Glühlampen für zu hohe Spannungen gut und dauerhaft herzustellen, eine obere Grenze. Der Kohlenfaden einer 10kerzigen Glühlampe, welcher bei 120 Volt zirka  $0,002 \text{ mm}^2$  Querschnitt besitzt, müßte zum Beispiel bei 240 Volt entweder doppelt so lang werden oder nur  $0,001 \text{ mm}^2$  Querschnitt besitzen.

chen  
 ulei-  
 die  
 r Zu-  
 dere  
 äubt,  
 urch  
 bei-  
 und  
 n, so  
 einer  
 ngs-  
 mit  
 selbe  
 wird  
 als  
 mitte  
 ngs-  
 sche  
 ärke  
 rgie-  
 man  
 nter-  
 ens-  
 oher  
 seits  
 zu  
 eine  
 igen  
 mm<sup>2</sup>  
 Volt  
 mm<sup>2</sup>

Fig. 4.



Fassungen und Glühlampen für bestimmte Lichtstärken.

Die gebräuchlichste Spannung ist bis jetzt immer noch 110—120 Volt und für diese Spannung werden die meisten Glühlampen fabriziert. Neuerdings ist es gelungen, brauchbare Glühlampen für Spannungen bis 250 Volt herzustellen und diese Spannung wird auch bereits bei Neuanlagen als normale Netzspannung ins Auge gefaßt, und zwar in dem Sinne, daß sämtliche Apparate und Installationsmaterialien bei dieser Spannung anwendbar sein müssen.

Als vorteilhafteste Spannung für Theateranlagen gilt 110—120 Volt. Ferner gilt die Verwendung von Gleichstrom als besonders zweckmäßig. Während in der Glühlampe der Faden mit zirka 150 Amperes pro Quadratmillimeter beansprucht werden muß, um zum Leuchten gebracht zu werden, muß die Beanspruchung des Leitungsmaterials so gewählt werden, daß keinerlei Erwärmung stattfinden kann. Dieselbe darf höchstens zirka 7 Amperes pro Quadratmillimeter betragen.

Der Verband deutscher Elektrotechniker hat genaue Vorschriften sowohl über die Wahl der Querschnitte wie über die Belastung derselben aufgestellt.

Paragraph 5 b dieser Vorschriften lautet:

Isolierte Kupferleitungen und Kabel, die nicht unterirdisch verlegt sind, dürfen höchstens mit den in nachstehender Tabelle verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden.

	Querschnitt in Quadratmillimeter											
0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
	Betriebsstromstärke in Amperes											
4	6	10	15	20	30	40	60	80	90	100	130	165
	Querschnitt in Quadratmillimeter											
120	150	185	240	310	400	500	625	800	1000			
	Betriebsstromstärke in Amperes											
200	235	275	330	400	500	600	700	850	1000			

Blanke Kupferleitungen werden nur ausnahmsweise verwendet, wenn eine Berührung der einzelnen

Drähte oder der Leitungen unter sich ausgeschlossen ist, wie zum Beispiel bei Freileitungen in Außenräumen.

Im übrigen müssen alle Leitungen isoliert sein. Als Isolationsmaterial dient der Hauptsache nach Gummi. Man unterscheidet im großen ganzen Gummibanddrähte, Gummiaderdrähte und biegsame Leitungsschnüre oder Litzen.

Die Gummibanddrähte sind mit Baumwolle umspinnen, mit Gummistreifen umwickelt und abermals mit Baumwolle umspinnen und beklöppelt. Die Gummiaderdrähte besitzen einen nahtlosen Gummimantel, mit welchem sie umpreßt sind und besitzen außerdem noch in der Regel die Umwicklungen mit Gummibandstreifen und Baumwolle, wie die Gummibanddrähte.

Die biegsamen Leitungsschnüre sind meist Gummibanddrähte und erhalten ihre Biegsamkeit dadurch, daß sie aus einer großen Anzahl dünner nebeneinander liegender Kupferadern von zirka  $0.2$ — $0.25$  mm Durchmesser zusammengesetzt sind (Fig. 5 *a*, *b* und *c*).

Von dem gebräuchlichen Bühnenkabel, welches als Gummibandleitung ausgeführt wird und da es biegsam sein muß als Mittelding zwischen Gummibanddraht und beweglicher Leitungsschnur betrachtet werden kann, wird später bei Besprechung der Bühnenbeleuchtung eingehend die Rede sein.

Die Einfachheit und Leichtigkeit, mit welcher man die elektrischen Leitungsdrähte anlegen und entfernen kann, bildet eine für Theater unschätzbare Eigenschaft der elektrischen Beleuchtung.

Während bei der Glühlampe eine Leuchtkraft nur dadurch entsteht, daß ein Kohlenfaden in nahezu luftleerem Raum zum Glühen gebracht wird, handelt es sich beim Bogenlicht um ein Schmelzen, Verflüssigen und Verbrennen der leitenden Substanz, also um eine offene Flamme.

Auch hier handelt es sich um Verwendung von Kohle als leuchtende Substanz, jedoch ist die Zusammensetzung der Bogenlichtkohle eine wesentlich andere als die des Kohlenfadens der Glühlampe. Das Entstehen eines Lichtbogens beim Öffnen und Schließen eines Stromkreises wurde bereits im Jahre 1800 von Volta beobachtet, als derselbe die Voltasche Säule schuf und hierdurch den Grund zur galvanischen Elektrizität legte.

Fig. 5 a.



Fig. 5 b.



Fig. 5 c.



Im gleichen Jahre beobachtete auch Davy, daß durch Öffnen eines Stromkreises und Aufrechterhaltung einer bestimmten Entfernung eine Strombrücke von außerordentlich hoher Leuchtkraft entstand, welche zum Teil aus glühenden Gasen und zum Teil aus festen mitgerissenen Teilchen bestand. Derselbe beobachtete ferner, daß diese Strombrücke besonders hell zwischen Kohlen erscheint und nach ihm bezeichnete man dieselbe als Davyschen Lichtbogen. Die Bezeichnung Lichtbogen, welche von Davy selbst herrührt, entstand daher, daß diese Beobachtungen

sän  
wu  
ste  
för

vor  
ele

Stu  
die  
dar  
bog  
Lic  
Ha  
der  
gro  
dur  
wu  
fin  
we  
lie

sch  
auf  
Le  
zu  
Jah  
Bo  
hin  
Lic

he  
lich  
län

nic

sämtlich an horizontal angeordneten Leitern gemacht wurden, wodurch infolge des bei der Erhitzung aufsteigenden Luftstromes die Strombrücke eine bogenförmige Gestalt annahm.

Die Untersuchungen wurden sämtlich mit Batterien von galvanischen Elementen, vorzugsweise Bunsenelementen, gemacht.

Solche Batterien konnten jedoch nur einige Stunden benützt werden und mußten nach Ablauf dieser Zeit neu gefüllt werden. Obgleich man schon damals erkannte, daß durch Erzeugung von Lichtbogen konstanter Länge praktisch sehr wertvolle Lichterzeuger geschaffen werden konnten, war die Handhabung solcher Kohlenstifte sowie die Benützung der Batterien so umständlich, daß der Verwendung große Schwierigkeiten im Wege standen, welche durch die Beschaffenheit der Kohle noch vergrößert wurden. Greifbare Resultate wurden erst nach Erfindung der dynamoelektrischen Maschinen erzielt, welche eine sich stets gleichbleibende Spannung zu liefern imstande waren.

Zunächst war man bestrebt Lichtregulatoren zu schaffen, bei welchen sich der Lichtbogen selbsttätig aufrecht erhielt. Die Eigenschaft stromdurchflossener Leiter, Eisenkerne, welche sie umkreisen, magnetisch zu machen, leistete hierbei vorzügliche Dienste. Im Jahre 1848 konstruierte Fonceault-Dubosc eine Bogenlampe, bei welcher eine mit dem Lichtbogen hintereinander geschaltete Magnetspule die Länge des Lichtbogens regulierte.

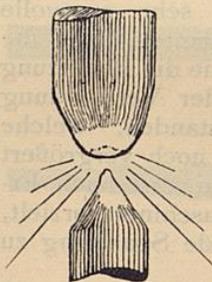
Diese Methode hat sich insoferne bis auf den heutigen Tag erhalten, als bei allen in der Praxis befindlichen selbsttätigen Bogenlampen die Lichtbogenlänge durch Elektromagnete reguliert wird.

Der frei brennende Lichtbogen läßt sich nun nicht ohne weiters in die normale Netzspannung ein-

schalten, da er, um die günstigste Lichtwirkung hervorzubringen, an eine bestimmte Länge und eine bestimmte Spannung gebunden ist.

Bringt man unter Vorschaltung eines passenden Widerstandes die Spitzen zweier Bogenlichtkohlen zur Berührung, so herrscht zunächst zwischen denselben keine Spannung. Entfernt man dieselben voneinander und bewirkt so die Bildung des Lichtbogens (Fig. 6), so entsteht zwischen den Kohlenspitzen eine

Fig. 6.



elektrische Spannung, die sogenannte Lichtbogenspannung, welche um so größer wird, je weiter man die Kohlen voneinander entfernt. Die günstigste Lichtezeugung findet statt bei zirka 40 Volt, wenn der Lichtbogen in Gleichstrom, bei zirka 30 Volt, wenn er im Wechselstromkreise erzeugt wird. Geht man über die der günstigen Lichtezeugung zugehörige Entfernung hinaus, so wird der Lichtbogen violett, schließlich blau und reißt zuletzt ab.

Bei der vorerwähnten Spannung, welche man auch die normale Lichtbogenspannung nennt, zeigt er eine reine weiße Farbe.

Aus obigem ergibt sich, daß wenn nur eine Spannung von 110—120 Volt zur Verfügung steht und nur eine Bogenlampe brennen soll, die überschüssige Spannung von einem Widerstand aufgenommen werden muß. Dies geschieht in Theatern meistens, sofern dieselben nicht mit Wechselstrom arbeiten, wobei die Möglichkeit besteht, die Spannung in die Lichtbogenspannung umzuformen. Da sich jedoch der Wechselstromlichtbogen aus später zu erörternden Gründen für Bühnenzwecke sehr schlecht eignet, stehen solche Anlagen ziemlich vereinzelt da.

Be  
Li  
wi

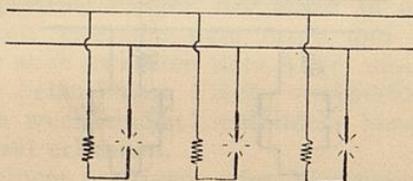
ele  
ka  
ge  
zei  
St  
fab  
Sp

zeh  
La  
we  
un  
mö  
ein  
Die  
Die  
rall  
kre  
In  
hin  
40  
30,  
110

Beträgt also die Spannung 120 Volt und die normale Lichtbogenspannung 40 Volt, so sind im Vorschaltwiderstand  $120 - 40 = 80$  Volt zu vernichten.

In diesem Falle geht der doppelte Betrag an elektrischer Energie verloren oder besser gesagt es kann nur ein Drittel der erforderlichen Energie ausgenützt werden. Sollen zwei Bogenlampen stets gleichzeitig brennen, so kann man beide in den gleichen Stromkreis hintereinanderschalten, jedoch hat die Erfahrung gelehrt, daß ein gewisser Bruchteil der Spannung stets durch einen Vorschaltwiderstand ver-

Fig. 7.

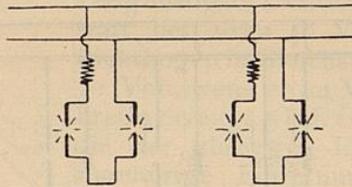


zehrt werden muß, um ein ruhiges Brennen der Lampen zu gewährleisten. Fig. 7 zeigt die Anordnung, welche getroffen wird, um jede Lampe für sich ab- und zuschalten zu können. Die horizontalen Striche mögen die Sammelschienen vorstellen, zwischen welchen eine bestimmte Spannung, z. B. 110—120 Volt herrscht. Die vertikalen Striche stellen die Abzweigungen dar. Die Lampen sind hier ebenso wie Glühlampen parallel geschaltet, d. h. jede Lampe hat ihren Stromkreis für sich und kann einzeln geschaltet werden. In Fig. 8 sind je zwei Lampen mit einem Widerstand hintereinander geschaltet. Die Lampen verzehren je 40 Volt, somit bleiben für den Vorschaltwiderstand 30, beziehungsweise 40 Volt übrig, wenn die Spannung 110, beziehungsweise 120 Volt beträgt.

In neuer Zeit ist der Versuch gemacht worden Bogenlampen zu dreien bei 110—120 Volt zu brennen, doch ist diese Anordnung für Bühnenzwecke kaum brauchbar und kommt auch deshalb nicht in Frage, weil es sich auf der Bühne zumeist um einzeln brennende Lampen als Scheinwerfer und Projektionsapparate handelt.

Aus diesem Grunde bedarf auch die Hintereinanderschaltung größerer Lampenzahlen bei höheren Spannungen an dieser Stelle keiner besonderen Besprechung.

Fig. 8.



Das Gleiche gilt auch für diejenigen Fälle, in welchen der Lichtbogen unter Luftabschluß brennt, wodurch in sogenannten Dauerbrandlampen eine zirka doppelt so hohe normale Lichtbogenspannung und dementsprechend ein zirka doppelt so langer Lichtbogen erzielt wird. Auch diese Anordnung kommt für die Bühne kaum in Betracht, da der abgeschlossene Lichtbogen sich in Scheinwerfern und Projektionslampen nicht anwenden läßt. Es soll nun zum Schluß dieser Betrachtung einiges über Lichtstärke und Lichtausstrahlung des Lichtbogens nachgeholt und ein Vergleich zwischen dem Gleichstrom- und Wechselstromlichtbogen angestellt werden.

Dieser Vergleich soll gleichzeitig eine Begründung enthalten für die eingangs dieses Kapitels auf-

gestellte Behauptung, daß Wechselstrom sich für Bühnenzwecke schlecht eignet, wofür übrigens auch noch andere Gründe existieren, die wir später kennen lernen.

Während der Lichtbogen in Gleichstrom sich in nahezu unveränderter Gestalt von der positiven nach der negativen Kohle hin erstreckt, versagt und entsteht derselbe im Wechselstrom so oft wie dies der Zahl der Richtungswechsel entspricht, d. h. wenn z. B. ein Strom 80—90 Richtungswechsel in der Sekunde besitzt, so geht der Lichtbogen 80—90mal pro Sekunde aus und an. Ein Bild hiervon kann man sich sehr leicht machen, wenn man einen Stock oder die ausgespreizten Finger der Hand in mäßiger Geschwindigkeit zwischen dem Auge und dem Lichtbogen oder auch zwischen dem Auge und einer vom Lichtbogen beleuchteten Fläche vorüberführt.

An den wechselnden Lichtbildern lassen sich die Stromwechsel erkennen.

Von einem positiven oder negativen Pol kann daher bei Wechselstrom ebensowenig die Rede sein wie von einer positiven oder negativen Kohle, da die Kohle, welche einen Moment positiv war, im nächsten Moment nach erfolgtem Richtungswechsel negativ wird usw.

Dementsprechend brennen auch die Kohlen im Wechselstrom nahezu gleichmäßig ab, während bei Gleichstrom die Kohlentelchen von der positiven nach der negativen Kohle wandern, so daß von der positiven Kohle nahezu doppelt so viel abbrennt als von der negativen. Gleichzeitig höhlt sich die Spitze der positiven Kohle kraterförmig aus, während die negative sich zuspitzt. Es muß folglich bei Gleichstrom die positive Kohle zirka doppelt so großen Querschnitt besitzen wie die negative, während bei Wechselstrom beide Kohlengleichstark gewählt werden.

Fig. 9 zeigt den Abbrand der Kohle bei Gleichstrom, Fig. 10 bei Wechselstrom unter der Annahme, daß die Kohlen vertikal über einander stehen. Aus der Art und Weise, in welcher die Kohle abbrennt, ergibt sich auch die Lichtverteilung, beziehungsweise Lichtausstrahlung.

Fig. 9.

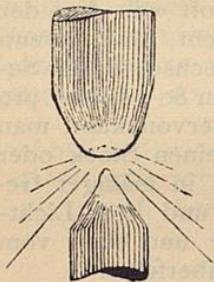
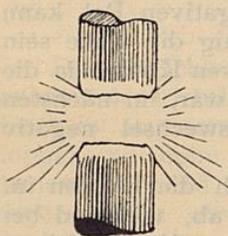


Fig. 10.



Bei Gleichstrom werden durch die kraterförmige Höhlung die nach oben gehenden Lichtstrahlen zurückgehalten, wodurch keine Lichtstrahlen nach oben und kaum welche in die Horizontale gelangen.

Dies ist bei Wechselstrom nicht der Fall. Hier fällt nach oben das von der unteren Kohle, nach unten das von der oberen Kohle und in die Horizontale das vom Lichtbogen selbst ausgehende Licht. Fig. 11 zeigt die Lichtausstrahlungen bei Gleichstrom und bei Wechselstrom. Unter sämtlichen Winkeln von  $0-360^{\circ}$  sind die Lichtausstrahlungen aufgetragen und zwar in Abstufungen von  $10$  zu  $10^{\circ}$ .

Fig. 11 stellt die Lichtausstrahlung eines Gleichstromlichtbogens von einer Stromstärke von  $10$  Amperes dar.

Die Lichtstärken sind unter den betreffenden Winkeln in Normalkerzen aufgetragen. Die Darstellung ergibt also eine Ausstrahlung von  $1200$  Normalkerzen unter einem Winkel von  $30^{\circ}$ . Da die normale Lichtbogen-Spannung  $40$  Volt beträgt, so wird in diesem Lichtbogen eine elektrische Energie von  $40 \cdot 10 = 400$  Watt verzehrt.

Wir erhalten somit für  $1$  Watt  $3$  Normalkerzen, während beim elektrischen Glühlicht zirka  $9$  Watt

zur  
We  
ist  
aus  
daß  
que

die  
Gle  
keit  
We  
selb

Koh

zur Erlangung von 3 Normalkerzen erforderlich sind. Wenn auch beim Bogenlicht es niemals möglich ist, die ganze ausgestrahlte Lichtmenge in der Weise auszunützen wie beim Glühlicht, so sieht man dennoch, daß der Lichtbogen eine ungleich ergiebigere Lichtquelle ist, als der glühende Kohlendraht.

Fig. 11 a.

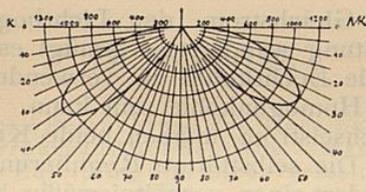
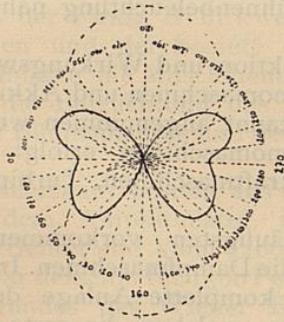


Fig. 11 b.



Bei Wechselstrom ist unter dem gleichen Winkel die Lichtausstrahlung 30—40% geringer wie bei Gleichstrom. Dieser Umstand und die Eigentümlichkeit, daß infolge des stetigen Richtungswechsel der Wechselstromlichtbogen beständig flimmert, läßt denselben für Bühnenzwecke ungeeignet erscheinen.

Durch Infiltration fester Stoffe in die Poren der Kohle hat man die Lichtbogenhelligkeit gesteigert

und dadurch, daß man diese Stoffe in die Längsachse der Kohle als Docht gelagert hat, dem Lichtbogen das Bestreben erteilt, sich stets in der Mitte der Kohle zu halten. Durch die Dochtkohle wird mithin der Lichtbogen zentriert. Die in den Docht infiltrierten Stoffe sind vorzugsweise phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, salpetersaures Strontium u. dgl.

Da bei Gleichstrom der Lichtbogen stets in gleicher Richtung wandert, so genügt es nur für die positive Kohle Dochtkohle zu verwenden, während die negative Homogenkohle sein kann.

Bei Wechselstrom müssen beide Kohlen Dochtkohlen sein. Die selbsttätige Regulierung des Lichtbogens erfordert einen verhältnismäßig komplizierten Mechanismus, auf welchen erst bei Besprechung der Apparate für Bühnenbeleuchtung näher eingegangen werden kann.

Die Konstruktion und Wirkungsweise der Stromerzeuger (Dynamomaschinen und Akkumulatoren) soll zunächst als bekannt angenommen werden. Der Antrieb der Dynamomaschinen erfolgt durch Dampfmaschinen, Gaskraftmaschinen, Turbinen und Wasserräder.

Die am häufigsten vorkommenden Antriebsmaschinen sind die Dampfmaschinen. Im nachfolgenden Kapitel soll die komplette Anlage des Theaters beschrieben werden, welches die erste elektrische Anlage erhielt. Es ist dies das Stadttheater in Brünn, welches 1883 elektrisch installiert wurde. Die Beschreibung ist einer Veröffentlichung der deutschen Edison-Gesellschaft aus dem Jahre 1884 entnommen.

---

### III. Kapitel.

Die elektrische Beleuchtung des Stadttheaters in Brünn.  
 — Zuschauerraum und Bühnenhaus. — Maschinenanlage.  
 — Zuleitung und Lichtverteilung.

Die elektrische Anlage wurde gemeinschaftlich ausgeführt von der Firma Brückner, Ross & Consorten in Wien und der Société électrique Edison in Paris. Sie umfaßte die Maschinenanlage mit Kessel und Zubehör, die Beleuchtung des Zuschauerraumes, der Bühne, des Bühnenhauses und des Platzes vor dem Theater.

Der Zuschauerraum besteht aus dem Parkett, drei Rängen und dem Amphitheater, ist durchweg für Sitzplätze eingerichtet und kann 1200 Personen fassen. Ursprünglich war derselbe für 1500 Personen berechnet; infolge des Brandes des Wiener Ringtheaters sind jedoch die Gänge bedeutend verbreitert und daher die Sitzplätze verringert worden. Aus demselben Grunde wurden auch an Stelle von zwei Seitentritten des ersten Entwurfes deren vier angebracht.

Der ganze Zuschauerraum ist in hellen Farbentönen gehalten und reich mit Vergoldung versehen; die innere Ausschmückung der Logen, ferner die Draperien sowie die gesamten Sitzplätze sind in kräftigem Dunkelrot gehalten.

Das Bühnenhaus ist von dem übrigen Gebäude durch 1—1.5 *m* starke Wände und von dem Zuschauer-raum durch einen eisernen Vorhang getrennt. Dasselbe besteht aus der Hauptbühne, dem Schnürboden, der Unterbühne, der durch einen eisernen Vorhang von der Hauptbühne getrennten Hinterbühne und den zu beiden Seiten der letzteren gelegenen Dekorationsmagazinen. Der Schnürboden und die Unterbühne haben ungefähr die Höhe der Hauptbühne.

Das Maschinenhaus ist ungefähr 300 *m* von dem Theater entfernt. Der bauliche Teil der Anlage zerfällt in das Kesselhaus mit 129 *m*<sup>2</sup> benutzbarer Grundfläche und das Maschinenhaus mit 120 *m*<sup>2</sup> Grundfläche. Im Kesselhaus befinden sich drei nebeneinander eingemauerte Röhrendampfkessel. Jeder dieser Kessel besteht im wesentlichen aus einem horizontalen Vorderkessel (4 *m* Länge, 1.1 *m* Durchmesser) und einem angeschlossenen stehenden Röhrenkessel (2.06 *m* Höhe und 1.63 *m* Durchmesser), in welchem letzterem sich vier Gruppen Röhren, zusammen 68 Röhren von je 76 *mm* äußeren Durchmesser, befinden.

Die gesamte Heizfläche jedes dieser Kessel berechnet sich auf 55 *m*<sup>2</sup>, und da für den regelrechten Betrieb der Dampfmaschine zwei Kessel genügen, so verbleibt immer ein Kessel als Aushilfe. Der unter dem Vorderkessel liegende Planrost hat eine Länge von 1.265 *m* bei 1 *m* Breite. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche ist demnach 1:44.

Die mit allen erforderlichen Heiz- und Sicherheitsarmaturen ausgestatteten Kessel werden durch eine Wanddampfpumpe mit Wasser der städtischen Wasserleitung gespeist, welches dieselbe aus einem kleinen druckfreien Behälter ansaugt und durch einen Druckröhrenvorwärmer in die Kessel befördert. Letzterer wird von dem Abdampf der Dampfmaschine durchströmt und bietet demselben eine Heizfläche von

15.6  
90°  
Kes  
Stra  
schl  
in V  
Atm  
Spa  
mas

der  
bra  
Ros  
gen

Dan  
mas  
mes  
Min  
schv  
die  
Dur

welc  
sich  
jede  
Mas  
auf  
gezo  
die  
sche  
War  
well  
in d

mitt  
w

15,6 m<sup>2</sup>, welche genügt, um das Speisewasser bis auf 90° C vorzuwärmen. Zur größeren Sicherstellung der Kesselspeisung ist am genannten Wasserbehälter eine Strahlpumpe (System Schäffer & Budenberg) angeschlossen, deren Druckleitung mit der Speiseleitung in Verbindung steht. Die Dampfkessel sind auf sieben Atmosphären Betriebsspannung konzessioniert, welche Spannung auch als zulässiger Druck für die Dampfmaschinen angenommen ist.

Behufs Rauchverzehrung sind über den Rosten der Kessel eigens konstruierte Dampfgebläse angebracht, welche zur Zeit der frischen Beschickung der Roste in Tätigkeit gesetzt werden. Die den Kesseln gemeinsame Esse hat 30 m Höhe.

Die Dampfmaschine, eine 110 pferdige Hochdruck-Dampfmaschine (System Collmann) ist eine Zwillingsmaschine mit Kurbeln unter 90° von 350 mm Durchmesser, 800 mm Kolbenhub und 105 Umdrehungen pro Minute. Auf der gemeinsamen Welle ist das Seilschwungrad von 4 m Durchmesser angeordnet, welches die Vorgelegewelle mit sieben Hanfseilen von je 40 mm Durchmesser treibt.

Bei einer mittleren Spannung von 1,8 kg pro qcm, welche einer 6—7fachen Expansion entspricht, ergibt sich eine indizierte Leistung von 65 Pferdekräften für jeden Zylinder; im Falle einer Reparatur der einen Maschinenhälfte kann die andere durch stärkere Füllung auf etwa  $\frac{1}{4}$  bis zu  $\frac{2}{3}$  der gesamten Leistung herangezogen werden. Vermittels der sieben Hanfseile wird die gesamte Kraft der Dampfmaschine auf eine Seilscheibe von 1,1 m Durchmesser und die parallel einer Wand des Maschinenhauses laufende Transmissionswelle übertragen, welche demnach 300 Umdrehungen in der Minute macht.

Von der Transmissionswelle aus wird die Bewegung mittels baumwollener, durchsteppter Riemen, welche

in Gabeln laufen, auf die im Maschinenraum befindlichen vier Edisonschen und zwei Grammeschen Dynamomaschinen übertragen. Von letzteren dient die größere fünfpferdige zum Betriebe von fünf vor dem Theater aufgestellten Bogenlampen, die kleinere zweipferdige zur Erzeugung von Effektbeleuchtungen mittels Bogenlicht auf der Bühne. Eine dritte Grammesche Maschine liefert den Strom zum Betrieb eines Exhaustors.

Die vier Edisonmaschinen arbeiten mit einer Spannung von 110 Volt und benötigen zu ihrem Betriebe je 30 Pferdekräfte. Dieselben sind im stande, einen Strom von 183 Ampers zu liefern und dienen zur Speisung von je 250 Glühlampen. Jede Maschine wiegt 4000 *kg*. Die minutliche Umdrehungszahl der Maschine beträgt 900.

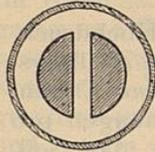


Fig. 12.

Die Maschinen sind nicht auf das höchste Maß ihrer Leistung beansprucht, da sie höchstens gleichzeitig 900 Glühlampen speisen. Für den Fall eine der Maschinen versagt, sind die übrigen imstande, den erforderlichen Strom zu liefern.

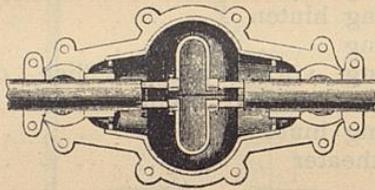
Der erzeugte Strom wird in einem Stromkreise dem Theater zugeleitet. Es dienen hierzu die Edisonkabel (Fig. 12), bei welchen Hin- und Rückleitung gemeinsam in einem Eisenrohr, welches im vorliegenden Falle 76 *mm* Durchmesser besitzt, eingeschlossen sind. Die Leitungen bestehen aus halbmondförmigen Kupferbarren, welche von einander und von der Eisenröhre durch Isoliermasse getrennt sind. Die Kabel sind 1 *m* tief in die Erde versenkt und in Röhren von je 6 *m* Länge verlegt. An jedem Ende ragen die Kupferbarren zirka 5 *cm* hervor. Die Verbindung der Kabelenden ist folgendermaßen hergestellt.

Die Rohrstücke sind so aneinander gelegt, daß zwischen den Kupferenden ein Zwischenraum von 5 *cm*

bleibt. Die Kupferenden sind durch U-förmige Bügel verbunden, um eine Ausdehnung und Zusammenziehung der Leitung zu gestatten. Die Bügel sind mittels Schrauben an den Kupferenden befestigt. Um aber einen besonders sicheren Kontakt zu erzielen, sind die Kupferstücke im Wasserstoffstrom gelötet. Die Verbindungsstellen sind mit gußeisernen Kästen umgeben, deren Inneres mit Isoliermasse ausgegossen ist (Fig. 13).

Im Theater befinden sich rund 1400 Glühlampen von 16 Normalkerzen Lichtstärke, welche sämtlich parallel geschaltet sind. Es sind also Glühlampen in-

Fig. 13.



stalliert, welche 16 Normalkerzen Leuchtkraft liefern, wenn an ihren Enden 110 Volt Spannung herrscht.

Das Kabel mündet in den Keller und wird von da ab in zwei Stromkreise geteilt. In dem einen derselben, der sogenannten Hausleitung, sind alle diejenigen Lampen eingeschaltet, welche während ihrer ganzen Brenndauer einer Änderung der Lichtstärke nicht bedürfen, also die Lampen zur Erleuchtung der Vorhalle, der Treppenträume, Flure usw., ihre Zahl beträgt 369. In den zweiten Stromkreis sind die sämtlichen Lampen eingeschaltet, welche im Laufe des Abends einer Regulierung bedürfen, also die im Bühnen- und Zuschauer-raum angebrachten Lampen.

Zur Beleuchtung der Bühne bei den im Laufe des Tages abzuhaltenden Proben dienen 40 Glühlampen von 8 Normalkerzen Lichtstärke, welche durch eine

im Keller aufgestellte kleine Grammesche Maschine gespeist werden, zu deren Betrieb ein auch zur Bewegung eines Ventilators bestimmter Ottoscher Gasmotor dient.

Die Verteilung sämtlicher Lampen ist etwa folgende:

Maschinenhaus . . . . .	8
Hausleitung:	
Erdgeschoß . . . . .	8
Parterre, vordere Leitung, einschließlich	
Vorhalle . . . . .	118
Parterre, hintere Leitung . . . . .	10
Mezzanin vorne . . . . .	18
Mezzanin hinten . . . . .	30
I. Rang vorne, einschließlich Foyer	79
I. Rang hinten . . . . .	10
II. Rang . . . . .	17
III. Rang vorne, einschließlich der	
Kronleuchter im Treppenhaus . . . . .	40
III. Rang hinten . . . . .	34
Amphitheater . . . . .	<u>5</u>

369

## Bühnen- und Zuschauerraum:

6 Soffitten zu je 101 . . . . .	606
Rampe rechts . . . . .	71
Rampe links . . . . .	71
Portalkulisse links . . . . .	30
Portalkulisse rechts . . . . .	30
4 Versatzstücke zu je 8 . . . . .	32
Orchester . . . . .	33
Zuschauerraum I. Rang . . . . .	22
Zuschauerraum II. Rang . . . . .	20
Zuschauerraum III. Rang . . . . .	21
Amphitheater . . . . .	18
Kronleuchter . . . . .	56
Unterbühne . . . . .	13
Souffleur . . . . .	<u>2</u>

1015

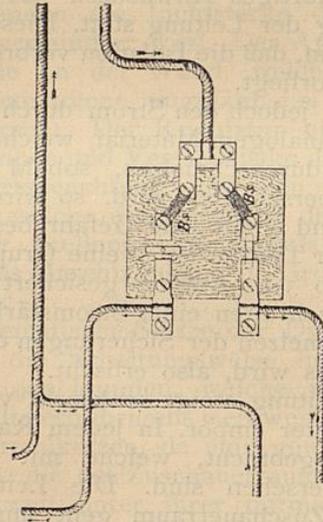
Pro

Stro  
(Fig  
Pfeil  
geöff  
die  
baren  
deute

## Probenbeleuchtung:

1 Soffitten . . . . .	15
Souffleur . . . . .	2
Orchester . . . . .	23
	<hr/>
	40
Insgesamt	<hr/> 1432

Fig. 14.



Die Teilung des durch das Kabel zugeführten Stromes geschieht mittels einer Schaltvorrichtung (Fig. 14), in welcher die mit einer Fahne versehene Pfeile den nicht regulierbaren, in der Zeichnung als geöffnet dargestellten Stromkreis (Hausleitung) und die mit zwei Fahnen versehene Pfeile den regulierbaren als geschlossen dargestellten Stromkreis bedeuten. Die mit  $B_3$  bezeichneten Bleistreifen dienen

als sogenannte Hauptsicherungen. Über die Beschaffenheit und Konstruktion von Sicherungen wird später ausführlich die Rede sein. Zunächst muß jedoch noch nachgeholt werden, daß es stets erforderlich ist, die elektrischen Leitungen gegen Kurzschluß durch geeignete Unterbrechungsvorrichtungen zu sichern. Wie bereits erwähnt, findet, sobald zwei Pole in direkte Verbindung gebracht werden, ohne Zwischenschalten eines Widerstandes, ein sofortiges Anwachsen des Stromes und eine Erwärmung der Leitung statt. Diese Erwärmung kann so groß sein, daß die Isolation verbrennt und eine Feuersgefahr vorliegt.

Leitet man jedoch den Strom durch zwei Streifen aus Blei oder analogem Material, welche so bemessen sind, daß sie durchschmelzen, sobald eine gewisse Stromstärke überschritten wird, so wird die Leitung unterbrochen und somit jede Gefahr beseitigt.

Im Brünner Theater ist je eine Gruppe von 6 bis 10 Lampen, also 3—5 Ampers gesichert und zwar so, daß beim Überschreiten einer Stromstärke von 5 Ampers durch Schmelzen der Sicherungen die betreffende Gruppe stromlos wird, also erlischt.

Die Hausleitung steigt senkrecht vom Keller bis zum Amphitheater empor. In jedem Range sind Abzweigungen angebracht, welche mit Schalter und Sicherungen versehen sind. Die Leitung für den Bühnen- und Zuschauerraum geht unmittelbar vom Keller bis zum Bühnenregulator. Vor dem Bühnenregulator werden 13 Lampen für die Unterbühne und 2 für den Souffleur abgezweigt. Eine genaue Beschreibung der Wirkungsweise folgt an einer späteren Stelle bei Besprechung der Bühnenregulatoren im allgemeinen. Derselbe ist für drei Farben eingerichtet: für weiße, rote und grüne Glühlampen. Da von sämtlichen Soffitten, Rampen und Kulissenlampen nur der dritte Teil zu gleicher Zeit brennt, so sind immer nur ungefähr

900 Lampen im Betriebe. Am Boden der Bühne und auf dem Schnürboden sind je sechs Paar Polklemmen angebracht, von welchen aus der Strom den Versatzstücken durch biegsame Leitungen zugeführt wird.

Die Einrichtung besteht im wesentlichen darin, daß der Hauptstrom in so viel Stromkreise geteilt wird, als aus bühnentechnischen Rücksichten erforderlich sind und diese Stromkreise mittels eines Kurbelschalters so bedient werden, daß durch Vorschalten von Widerständen die Lichtstärke der betreffenden Glühlampen vermindert wird. Der Apparat ist rechts auf der Bühne an der Wand, welche dieselbe vom Zuschauerraume trennt, ungefähr 2 m über dem Fußboden angebracht. Der Regulator umfaßt sämtliche Soffitten, Rampen und Versatzstücke der Bühne, sowie die Orchesterbeleuchtung und den Zuschauerraum. Aus Fig. 15, welche den Grundriß des Theaters darstellt, ist die Stellung des Regulators ersichtlich. Ebenso ist das Maschinenhaus im Grundriß in Fig 16 dargestellt.

Eine schematische Skizze der Dynamomaschinen, aus welcher die Schaltungsweise hervorgeht, zeigt Fig. 17. Die 900 Lampen, welche jeden Abend im Betriebe sind, liefern übrigens weit weniger als  $900 \times 16 = 14.400$  Normalkerzen, da eine gewisse Anzahl der Lampen, z. B. die des Zuschauerraumes, während gespielt wird, weit unter ihrer normalen Lichtstärke brennen. Die sämtlichen Glühlampen des Zuschauerraumes sind mit eiförmig gestalteten Milchglasglocken umgeben. Ebenso sind die meisten Lampen an dem Kronleuchter, im Treppenhaus und im Foyer mit Milchglasglocken versehen. Die in der Vorhalle an geschmackvollen zweiarmigen Trägern angebrachten, sowie die in den Fluren befindlichen Lampen brennen ohne Überhangglocken. 80 Laternen dienen als Notbeleuchtung.

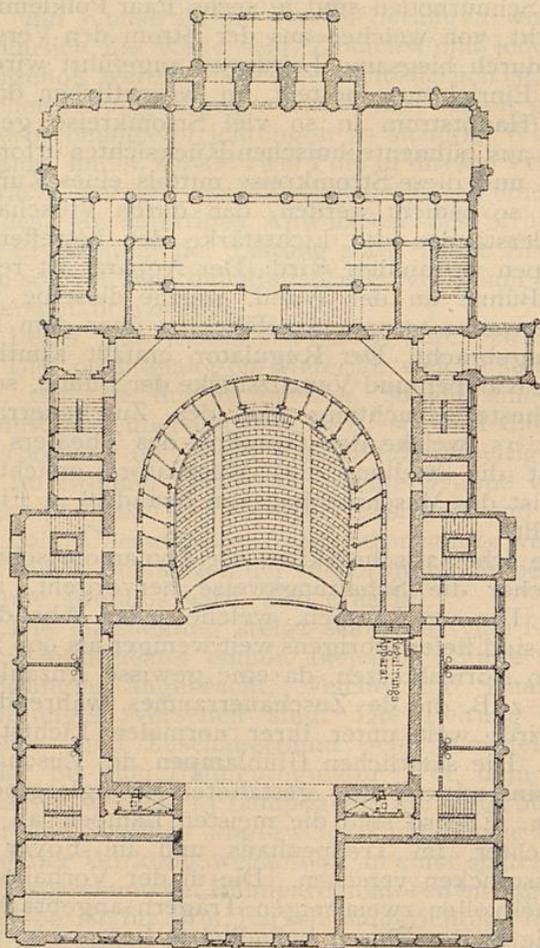


Fig. 15.

Fig. 16.

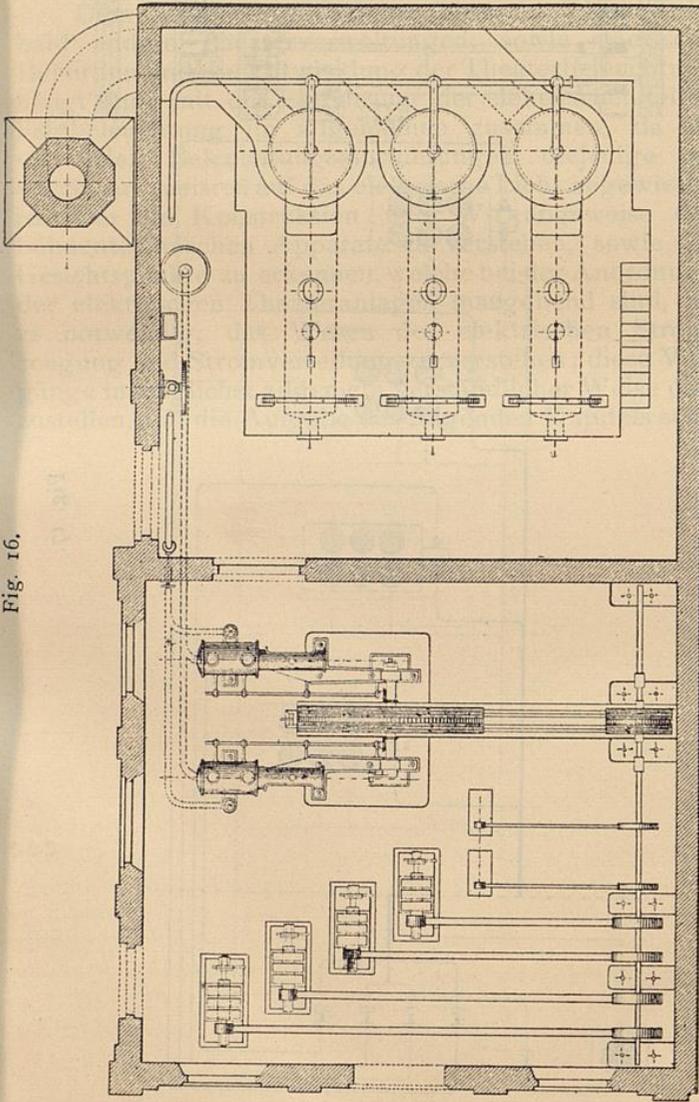


Fig. 16.

Fig. 15.

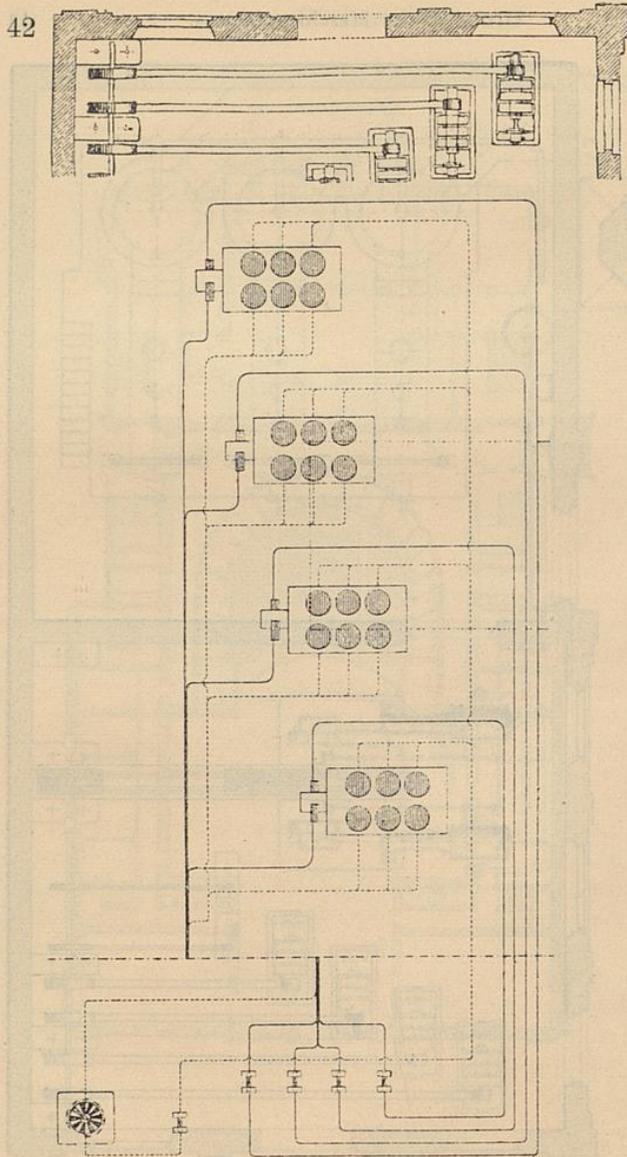


Fig. 17.

bal  
 Be  
 hän  
 lich  
 vor  
 we  
 ist.  
 bü  
 Ge  
 der  
 es  
 zu  
 gä  
 zus

Dem Beispiel des Brünner Theaters folgten sehr bald andere Theaterverwaltungen, sowie städtische Behörden und die Entwicklung der Theaterbeleuchtung hängt innig mit der Einführung der elektrischen Glühlichtbeleuchtung im allgemeinen zusammen, da sie von allen Beleuchtungseinrichtungen diejenige ist, welche am meisten auf das elektrische Licht angewiesen ist. Um die Konstruktion und Wirkungsweise der bühnentechnischen Apparate zu verstehen, sowie die Gesichtspunkte zu erkennen, welche bei der Anordnung der elektrischen Theateranlagen maßgebend sind, ist es notwendig, das Wesen der elektrischen Stromzeugung und Stromverteilung zu verstehen; diese Vorgänge in möglichst allgemein verständlicher Weise darzustellen, soll die Aufgabe des folgenden Kapitels sein.

## IV. Kapitel.

Stromerzeuger. — Elektromagnetische Wechselwirkungen. — Dynamomaschinen und Elektromotore für Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrom. — Transformatoren. — Akkumulatoren. — Zweileiter-, Dreileiter- und Mehrleitersysteme.

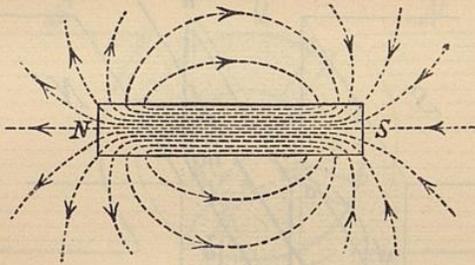
Wie bereits im II. Kapitel erwähnt, besitzt der elektrische Strom die Eigenschaft, Eisenkerne magnetisch zu machen. Umgekehrt entsteht ein elektrischer Strom, wenn sich eine geschlossene Drahtschleife im magnetischen Felde bewegt. Unter einem magnetischen Felde versteht man die Umgebung eines Magneten, soweit dieselbe zum Wirkungskreis desselben gehört.

Der Magnetismus ist am stärksten an den Endpunkten, den sogenannten Polen des Magnets. Wie bei der Elektrizität, so ist auch beim Magnetismus von positivem und negativem oder Nord- und Südmagnetismus die Rede. Die Richtungen, nach welchen sich die Wirkung des magnetischen Feldes zeigt und welche man dadurch konstatieren kann, daß man einen Magneten in Eisenfeilspänelegt, nennt man die magnetischen Kraftlinien (Faraday).

Den Raum, welcher den elektrischen Leiter umgibt, nennt man elektrisches Feld. Die elektrischen Kraftlinien stellen sich als Kreise dar, deren Ebene zur Stromrichtung senkrecht steht, Fig. 18 zeigt den Ver-

lauf der magnetischen Kraftlinien bei einem Stabmagneten. Dieselben gehen vom Nordpol aus und verlaufen außerhalb des Magnets vom Nordpol nach dem Südpol und innerhalb desselben vom Südpol nach dem Nordpol. Die Kraftlinien sind am dichtesten an den Magnetpolen und bei hufeisenförmigen Magneten zwischen den Polen. Die Kraftlinien kann man sich in diesem Falle geradlinig und parallel vom Nordpol nach dem Südpol verlaufend vorstellen. Bewegt sich nun ein in sich geschlossener Leiter in einem solchen

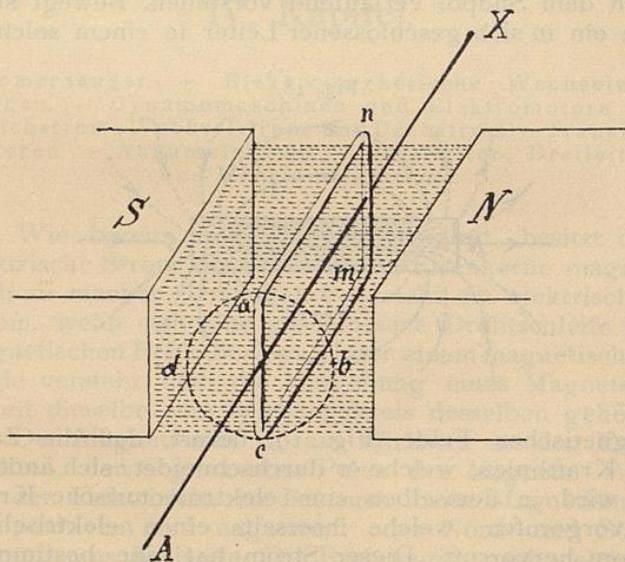
Fig. 18.



magnetischen Felde (Fig. 19) derart, daß die Zahl der Kraftlinien, welche er durchschneidet, sich ändert, so wird in demselben eine elektromotorische Kraft hervorgerufen, welche ihrerseits einen elektrischen Strom hervorruft. Dieser Strom hat eine bestimmte Richtung, wenn die Zahl der geschnittenen Kraftlinien wächst und die entgegengesetzte Richtung, wenn diese Zahl abnimmt. Versetzt man die in Fig. 19 dargestellte Drahtschleife in eine Drehung um die Achse, so entsteht ein Strom, welcher seine Richtung fortwährend wechselt, ein sogenannter Wechselstrom. Wir haben hier den einfachsten Fall einer Wechselstrommaschine. Wenn man den Leiter durchschneidet und die Enden

desselben mit Schleifringen versieht, auf welchen Metallbürsten schleifen, kann man den entstandenen Strom in einen äußeren Stromkreis entsenden. Legt man die Drahtschleifen in größerer Anzahl um einen ringförmigen Eisenkern, so wird durch das Einziehen der Kraftlinien in denselben die Wirkung erheblich

Fig. 19.



verstärkt und man erhält den sogenannten Grammeschen Ring (Fig. 20). Um Ströme von gleicher Richtung, den sogenannten Gleichstrom zu erhalten, muß diese Anordnung mit einem Stromsammler (Kollektor) ausgestattet werden, welcher so beschaffen ist, daß gleichzeitig mit dem Richtungswechsel der Ströme die Kontakte wechseln, derart, daß stets gleichgerichtete

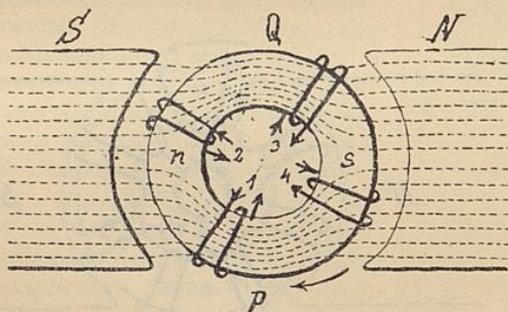
Ströme  
stellen  
mag  
Bezu  
das  
ode  
Lei  
zeig  
und

Zyl  
zue  
Fig  
We  
mag  
mag  
wir

ang  
eine  
Un  
fern

Ströme in den äußeren Stromkreis gelangen. Fig. 21 stellt diese Anordnung schematisch dar. Der im magnetischen Felde drehbar angeordnete Teil führt die Bezeichnung Anker oder Armatur. Die Magnete, welche das magnetische Feld bilden, nennt man Feldmagnete oder auch »das Magnetsystem«. Ordnet man mehr Leiter in der Weise an, daß sie, wie Fig. 19 zeigt, bei ihrer Drehung eine Zylinderfläche beschreiben, und wickelt die Drahtschleifen um einen eisernen

Fig. 20.

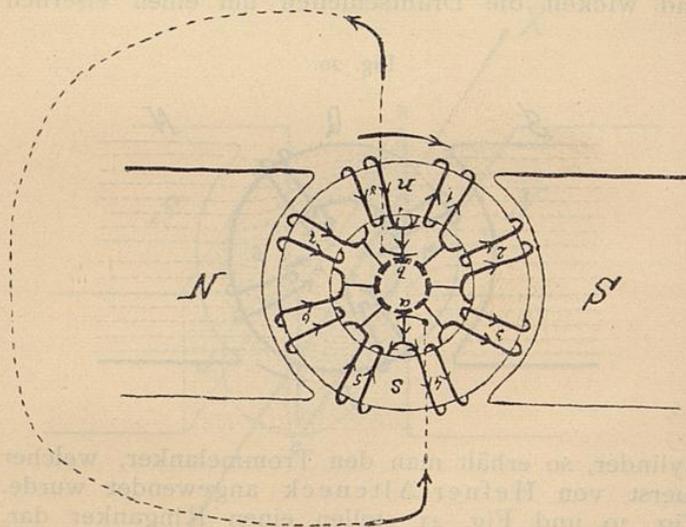


Zylinder, so erhält man den Trommelanker, welcher zuerst von Hefner-Alteneck angewendet wurde. Fig. 20 und Fig. 21 stellen einen Ringanker dar. Werden die durch die Bewegung der Leiter im magnetischen Feld entstandenen Ströme um die Feldmagnete herumgeführt, so verstärken sie die Wechselwirkung zwischen Anker und Feldmagneten.

Dies ist jedoch nur bei Gleichstrommaschinen angängig. Je nachdem eine solche Dynamomaschine eine oder mehrere Magnete besitzt, nennt man sie Unipolar- oder Multipolarmaschine. Man unterscheidet ferner bei Gleichstrommaschinen Hauptschluß-, Neben-

schluß- und Kompoundmaschinen und zwar nennt man eine Maschine Hauptschlußmaschine, wenn, wie in Fig. 22, Feldmagnet und Ankerwicklung hintereinander geschaltet sind. Fig. 23 zeigt die schematische Darstellung einer Nebenschlußmaschine. Bei dieser Maschinengattung sind die Feldmagnete parallel zum Anker geschaltet. Durch eine Kombination beider

Fig. 21.



Schaltungen erhält man die Kompoundmaschine, welche schematisch durch Fig. 24 dargestellt ist. Eine Erregung der Feldmagnete durch den Ankerstrom ist nur bei Gleichstrom möglich. Wechselstrommaschinen können ihre Feldmagnete nicht selbst erregen, sondern müssen durch Gleichstrom erregt werden.

Da bei den Hauptschlußmaschinen die Feldmagnete keinen eigenen Stromkreis besitzen, sondern mit dem

äußer  
die M  
äußer  
Strom  
späte  
lature  
die  
sieren  
schluß

lings  
noch  
ausna  
Kom

W  
Gleich  
und v  
die de  
wenig  
50 Ma  
viele  
Anke  
Dreh  
Strom  
sel de  
so oft  
sind.

bei de  
masch  
mehr  
unter  
Umke  
halbe

D  
lich,  
mache

Weil

äußeren Widerstand hintereinander geschaltet sind, ist die Magneterregung von Änderungen im Stromkreise außerordentlich abhängig. Bei einer Umkehr der Stromrichtung im äußeren Stromkreis, von welcher später bei Besprechung der Akkumulatoren die Rede sein wird, kann sich die Hauptschlußmaschine umpolarisieren, während dies bei der Nebenschlußmaschine nicht der Fall sein kann.

Aus diesen Gründen werden neuerlings Gleichstrommaschinen fast nur noch als Nebenschlußmaschinen und nur ausnahmsweise in Spezialfällen als Kompoundmaschinen verwendet.

Während die Magnetgestelle der Gleichstrommaschinen meist zweipolig und vierpolig gebaut werden, erhalten die der Wechselstrommaschinen selten weniger als 12, häufig jedoch bis zu 50 Magnetpolen. Diesen stehen ebenso viele sternförmig angeordnete Pole des Ankers gegenüber, welche bei der Drehung einen Richtungswechsel des Stromes, beziehungsweise einen Wechsel der Pole zur Folge haben, welcher so oft stattfindet, als Pole vorhanden sind. Die Zahl der Wechsel beträgt bei den gebräuchlichen Wechselstrommaschinen 80 bis 100, oft auch noch mehr in der Sekunde. Hierbei ist unter der Wechselzahl eine einfache Umkehrung des Stromes, also eine halbe Periode zu verstehen.

Derartig hohe Wechselzahlen sind aber erforderlich, um den Wechselstrom praktisch brauchbar zu machen und dies ist auch der Grund, weshalb man

Fig. 22.

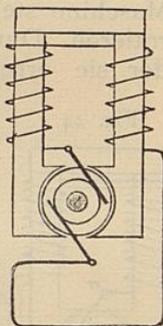
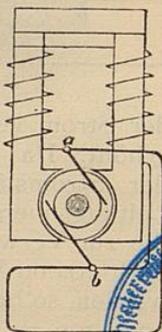


Fig. 23.

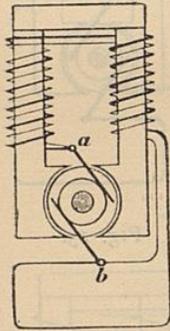


Weil, Elektrische Bühnen- und Effektbeleuchtung.

bei Wechselstrom vielpolige Maschinen verwendet. Andernfalls müßte die Drehungsgeschwindigkeit der Armatur das zulässige Maß überschreiten.

Fig. 25 stellt eine Gleichstrommaschine von Siemens & Halske, Fig. 26 eine Wechselstrommaschine von Ganz & Co. dar. Bei der letzteren Maschine steht der Anker fest und die Feldmagnete rotieren. Durch Schleifringe wird den Feldmagneten der sie erregende Gleichstrom zugeführt, während

Fig. 24.



der induzierte Strom durch feste Klemmen vom Anker entnommen wird. Wechselstrommaschinen lassen sich für bedeutend höhere Spannungen ausführen als Gleichstrommaschinen und werden deshalb bei Übertragungen der elektrischen Energie auf große Entfernungen den Gleichstrommaschinen vorgezogen.

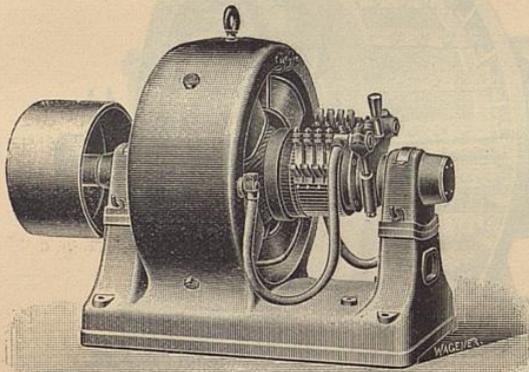
Bei der Übertragung der elektrischen Energie, welche sich als Produkt aus Spannung und Stromstärke darstellt, kann, wie bereits im Kapitel II auseinandergesetzt, bei der Übertragung der gleichen Energiemenge,

der Strom verringert werden, wenn man die Spannung erhöht. Da sich der Leitungsquerschnitt nur nach der Stromstärke richtet, so ergibt sich, daß der Leitungsquerschnitt um so geringer wird, je höher die zur Verwendung gelangende Spannung ist. Sollen z. B. 20.000 Watt bei 100 Volt Spannung übertragen werden, so beträgt die Stromstärke 200 Amperes, denn  $100 \cdot 200 = 20.000$ . Erhöht man die Spannung auf 1000 Volt, so beträgt die Stromstärke nur 20 Amperes, denn  $1000 \cdot 20 = 20.000$ .

Nach den Sicherheitsvorschriften ist im ersten Fall ein Querschnitt von  $130 \text{ mm}^2$  erforderlich, im zweiten

Fall nur ein solcher von  $6 \text{ mm}^2$ . Aus diesem Beispiel ergibt sich schon die Notwendigkeit der Verwendung hoher Spannungen bei großen Leitungsstrecken im Interesse der Ersparnis an Leitungsmaterial. Da die übliche Spannung an den Stromverbrauchsstellen 120 Volt ist und über 220 Volt bereits für Leben und

Fig. 25.

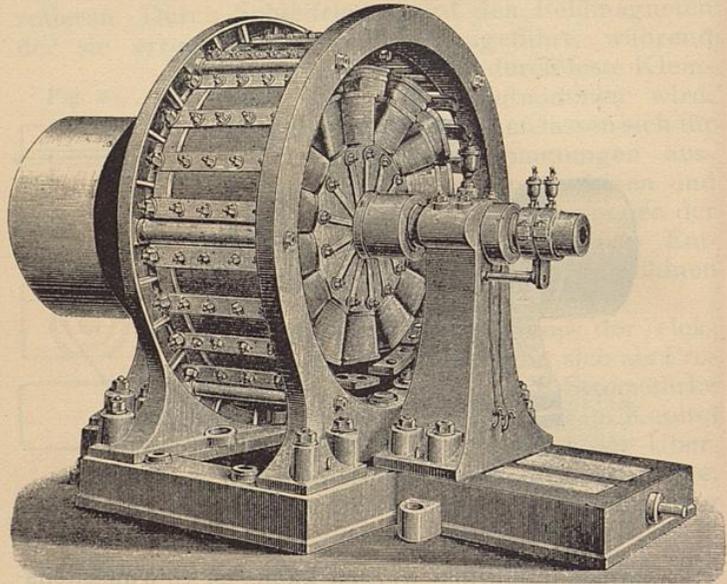


Gesundheit gefährlich werden kann, ist es wünschenswert, die Spannung an den Stromverbrauchsstellen wieder zu erniedrigen. Bei Wechselstrom ist eine solche Umformung der Spannung durch die sogenannten Transformatoren möglich. Wenn es also auch möglich wäre, auf ebenso einfache Art Gleichstrom von hoher Spannung zu erzeugen wie Wechselstrom, so wäre der hochgespannte Gleichstrom dennoch nicht so verwertbar wie Wechselstrom, da sich die Spannung

nicht in der Weise umformen läßt, wie bei Wechselstrom.

Ein Wechselstromtransformator besteht aus zwei Windungssystemen. Das eine bildet den primären

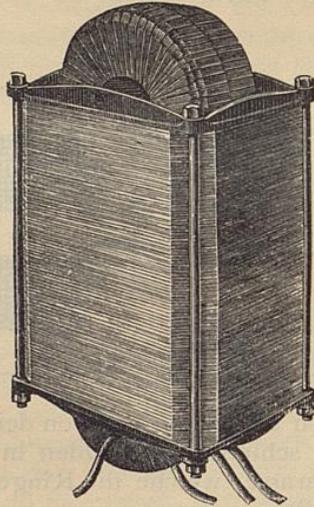
Fig. 26.



Stromkreis, das zweite den sekundären Stromkreis. Die Wirkungsweise eines solchen Systems beruht darauf, daß bei jedem Richtungswechsel in einem Stromkreis ein Strom von entgegengesetzter Richtung in einem benachbarten geschlossenen Leiter hervorgerufen wird. Wenn also der primäre Stromkreis von

einem Wechselstrom durchflossen wird, so entsteht ein zweiter Wechselstrom im sekundären Stromkreis. Je größer nun die Anzahl der Windungen im sekundären Stromkreis im Verhältnis zur Windungszahl im primären Stromkreis gemacht wird, um so höher wird

Fig. 27.



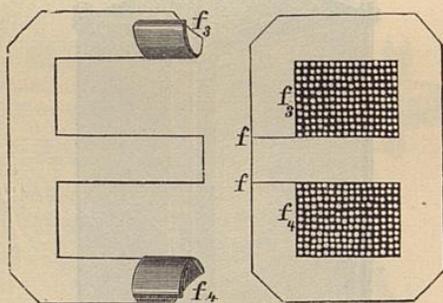
die sekundäre Spannung im Verhältnis zur primären Spannung.

Es können also mit Hilfe solcher Transformatoren Ströme von hoher Spannung und geringer Stromstärke in solche von großer Stromstärke und geringer Spannung verwandelt werden und umgekehrt.

Fig. 27 stellt einen solchen Transformator dar. Derselbe stammt von der Westinghouse Co. und

besteht aus zwei flachgedrückten langgestreckten Ringen, von welchen der eine aus den primären, der andere aus den sekundären Drahtwindungen gebildet ist. Diese Ringe werden von einer Eisenmasse, die von den ersteren durch Papier isoliert ist und deren Konstruktion aus Fig 28 zu ersehen ist, umhüllt. Die Eisenbleche werden so geschnitten, daß sie nach Zurrückschlagen der Teile  $f_3$ ,  $f_4$  die Gestalt eines **E** erhalten; in dieser Form lassen sie sich dann leicht

Fig. 28.



abwechselnd von der einen und von der anderen Seite über die Ringe schieben und bilden in ihrer Gesamtheit eine Eisenmasse, welche die Ringe fast von allen Seiten umschließt.

Eine Kombination von mehreren Wechselströmen ist der Drehstrom, welcher häufig dem einfachen Wechselstrom vorgezogen wird, weil die Elektromotoren für Drehstrom den Wechselstrommotoren gegenüber eine Reihe praktischer Vorzüge haben, deren Besprechung an dieser Stelle jedoch zu weit führen würde.

Unter dem Elektromotor versteht man eine dynamoelektrische Maschine gleicher Art wie die be-

schriebenen Dynamomaschinen, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Dynamomaschine angetrieben wird und dadurch Strom erzeugt, der Elektromotor hingegen den erzeugten Strom empfängt und dadurch in Drehung versetzt, zum Antrieb von Arbeitsmaschinen und dergleichen dient.

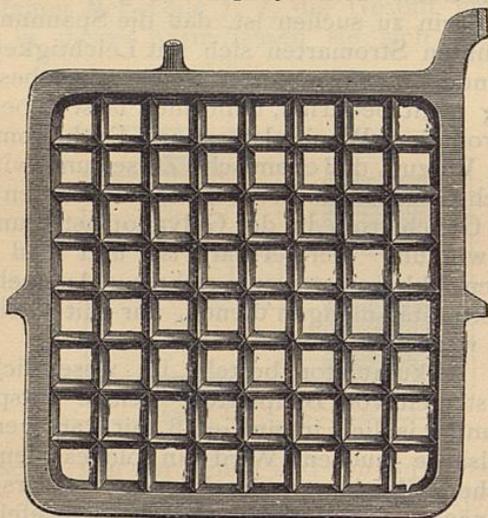
Während nun der Vorteil des Wechselstroms und des Drehstroms dem Gleichstrom gegenüber hauptsächlich darin zu suchen ist, daß die Spannungen der erstgenannten Stromarten sich mit Leichtigkeit durch feststehende Transformatoren, welche einer besonderen Wartung nicht bedürfen, umformen lassen, besitzt der Gleichstrom dem Wechselstrom und Drehstrom gegenüber den Vorzug, daß chemische Zersetzungswirkungen nur durch Gleichstrom hervorgebracht werden können, also nur Gleichstrom in der Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung verwertbar ist und daß die sogenannten Akkumulatoren, welche zur Aufspeicherung von Elektrizitätsmengen dienen, nur mit Gleichstrom geladen werden können.

Der Akkumulator besteht im wesentlichen aus zwei Systemen von Bleiplatten, welche entsprechend von einander isoliert in ein Gefäß mit stark verdünnter Schwefelsäure tauchen. Wird ein solches Element von elektrischem Gleichstrom durchflossen, so zersetzt derselbe zunächst das Wasser und die Schwefelsäure in Wasserstoff und Sauerstoff. Der Sauerstoff tritt an der positiven Bleiplatte, der Wasserstoff an der negativen Bleiplatte auf. Infolgedessen bildet sich auf der positiven Platte eine sauerstoffreiche Bleiverbindung (Bleisuperoxyd), während auf der negativen Platte reines Blei entsteht; der Wasserstoff macht die Oberfläche dieser Platten blank. Schaltet man nun den Strom ab und verbindet die beiden Platten mit einander, so scheidet sich der Sauerstoff an der blanken und der Wasserstoff an der oxydierten Platte ab, es erfolgt eine

chemische Rückbildung, welche ihrerseits einen elektrischen Strom zur Folge hat.

Man nennt den ersten Vorgang das Laden, den zweiten das Entladen des Akkumulators. In der Praxis werden die Bleiplatten nach den verschiedensten Verfahren hergestellt, um dieselben zur Aufnahme

Fig. 29.

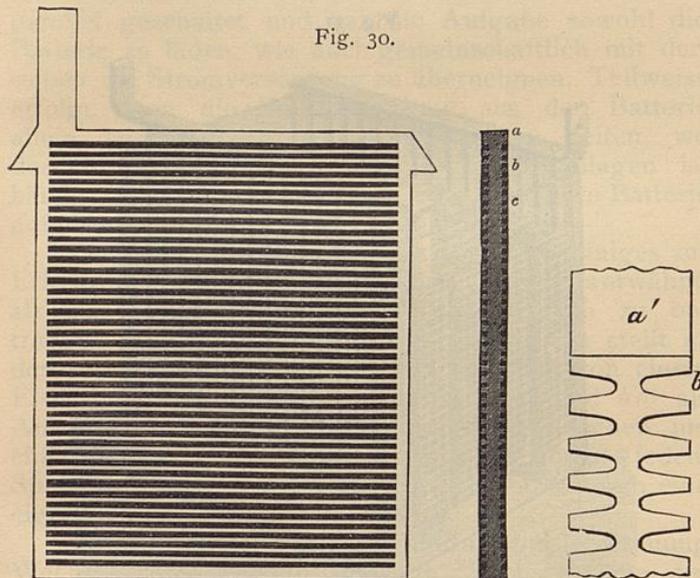


möglichst großer Mengen von Bleioxyd, beziehungsweise reinem Blei geeignet zu machen und hierdurch ihre Wirksamkeit zu erhöhen.

Die Bleiplatten des Faureschen Akkumulators bestehen aus Bleigittern, die des Tudor-Akkumulators besitzen horizontale konische Nuten.

Fig. 29 zeigt eine solche Bleiplatte, Fig. 30 die Platte eines Tudor-Akkumulators mit konischen Nuten.

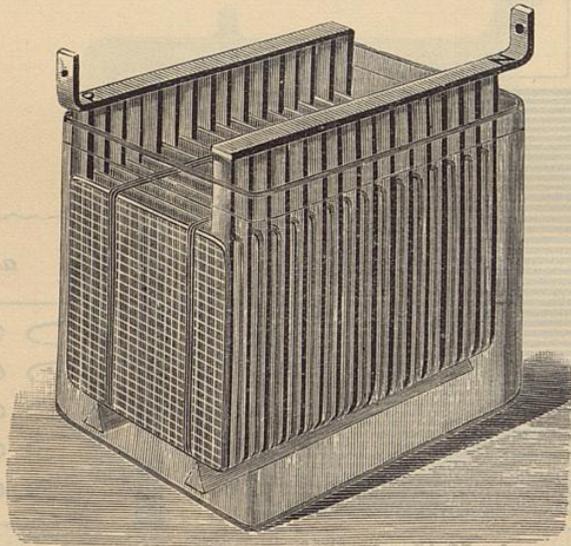
Die positiven sowie die negativen Platten werden für sich mit je einem Bleistab<sup>2</sup> verlötet, welcher gleichzeitig die Stromzuführung bildet und den Platten den nötigen Abstand von einander gibt, der erforderlich ist, um die Platten des zweiten Systems in die Zwischenräume einzuschieben. Um die Platten dauernd



in den nötigen Abständen von einander zu erhalten, steckt man durch einzelne Löcher der negativen Platten Kautschukstücke, welche zu beiden Seiten der Platte vorstehen und gegen die positiven Platten drücken. Die Endplatten sind mit starken Glasplatten bedeckt, welche mit dem ganzen Plattensatz durch umgelegte Gummibänder fest verbunden sind. Der ganze Satz wird dann auf zwei dreiseitigen Glas-

prismen in ein Glasgefäß, hie und da auch in ein mit Blei ausgeschlagenes Holzgefäß gesetzt. Fig. 31 zeigt eine komplette Akkumulatorenzelle. Für je eine Zelle ist zu Anfang der Ladung eine Klemmspannung von 2, später 2·5 und schließlich 2·7 Volt erforderlich. Beim Entladen gibt die Zelle in den ersten Minuten

Fig. 31.

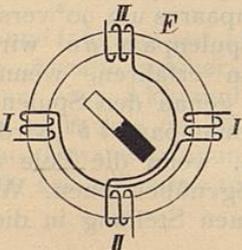
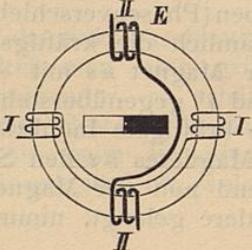
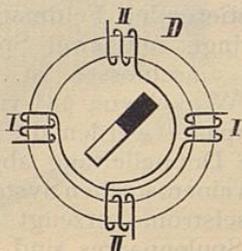
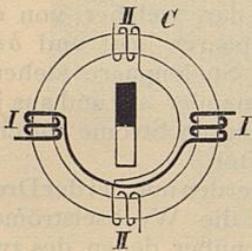
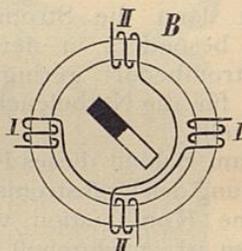
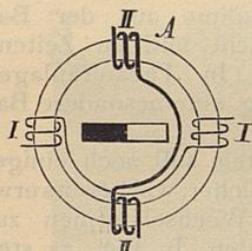
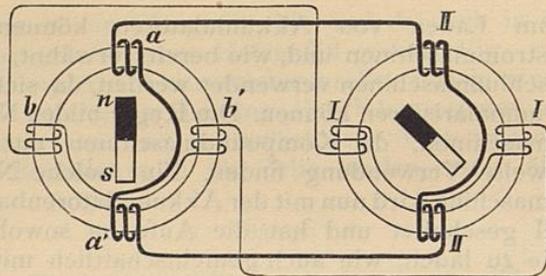


2·3 Volt, sinkt rasch auf 1·9 und langsam auf 1·8 Volt. Schaltet man eine größere Anzahl solcher Zellen hintereinander, so erhält man eine Akkumulatoren-batterie. Besteht die Batterie z. B. aus 60 Zellen, so gibt sie beim Entladen eine Gesamtspannung von  $2·3 \cdot 60 = 138$  Volt, welche bis auf  $1·8 \cdot 60 = 108$  Volt sinkt.

Zum Laden von Akkumulatoren können nur Gleichstrommaschinen und, wie bereits erwähnt, keine Hauptschlußmaschinen verwendet werden, da sich dieselben umpolarisieren können. Die Regel bilden Nebenschlußmaschinen, da Compoundmaschinen nur ausnahmsweise Verwendung finden. Eine solche Nebenschlußmaschine wird nun mit der Akkumulatorenbatterie parallel geschaltet und hat die Aufgabe sowohl die Batterie zu laden, wie auch gemeinschaftlich mit derselben die Stromversorgung zu übernehmen. Teilweise erfolgt dann die Stromentnahme aus der Batterie allein, besonders in der Nacht und zu Zeiten, wo der Strombedarf gering ist. In Theateranlagen ist häufig für die Notbeleuchtung eine besondere Batterie aufgestellt.

Zum Schluß dieses Kapitels soll noch einiges zur Erklärung des Drehstroms, welcher, wie bereits erwähnt, als eine Kombination von Wechselströmen zu betrachten ist, nachgeholt werden. In Fig. 32 stellt *ns* den rotierenden Feldmagnet dar, welcher von einem Eisenringe mit zwei Spulenpaaren  $aa^1$  und  $bb^1$  als Anker umschlossen ist. Die Spulenpaare stehen um einen Winkel von  $90^\circ$  von einander ab und aus jedem Spulenpaare werden die erzeugten Ströme durch eine eigene Doppelleitung abgeleitet.

In einem solchen System werden nun bei der Drehung Wechselströme erzeugt und die Wechselströme des einen Spulenpaares sind gegenüber denen des zweiten Spulenpaares um  $90^\circ$  verschoben (Phasenverschiebung). Das Spulenpaar  $aa^1$  wird nämlich die kräftigste Induktion erfahren, wenn der Magnet *ns* mit seinen Polen genau den Spulen *a* und  $a^1$  gegenübersteht und das Spulenpaar  $bb^1$  wird die kräftigste Induktion erfahren, wenn die Pole des Magnetes *ns* den Spulen  $bb^1$  gegenüberstehen. Während nun der Magnet aus der einen Stellung in die andere gelangt, nimmt der



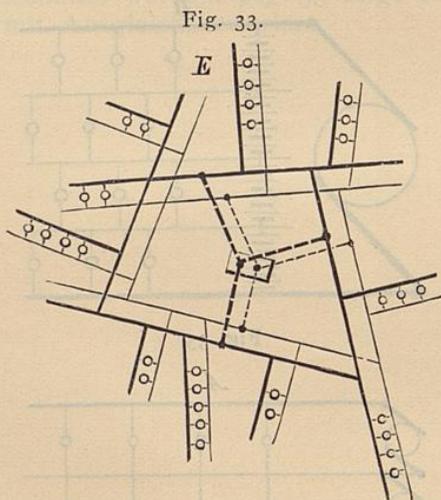
Strom in dem einen Spulenpaar von Null bis zu seinem Maximum zu, in dem andern von seinem Maximum bis Null ab. Die Drehung, die der Feldmagnet zwischen dem Eintritt des Maximums und des Minimums in dem einen Spulenpaare und dem Eintritt des darauffolgenden Maximums oder Minimums im anderen Spulenpaare vollführt, beträgt  $90^{\circ}$ . Man spricht daher von  $90^{\circ}$  Phasenunterschied zwischen den in beiden Spulen induzierten Wechselströmen. Man nennt einen solchen Drehstrom auch Zweiphasenstrom. Leitet man einen derartigen Strom in ein ähnlich angeordnetes Spulensystem, so bringt derselbe umgekehrt ein drehbares Magnetfeld zustande. Die Eigenschaft derartiger Stromkombinationen ein magnetisches Drehfeld zu erzeugen, hat zu der Bezeichnung Drehstrom geführt. Im vorliegenden Fall wurde die Wirkung eines zweiphasigen Drehstroms gezeigt. Es gibt jedoch auch Drei- und Mehrphasenströme, deren Wirkung sich in ähnlicher Weise erklären läßt. Ebenso wie der einfache Wechselstrom läßt sich auch der Drehstrom durch Transformatoren, welche analog den einfachen Wechselstromtransformatoren aus festen Spulen bestehen, von höherer Spannung auf geringere und umgekehrt beliebig umformen. Da sich ferner Drehstrommaschinen ebenso sicher und zuverlässig für hohe Spannungen herstellen lassen, wie einfache Wechselstrommaschinen, eignen sich dieselben ebensowohl zur Übertragung der elektrischen Energie auf große Entfernungen. Bei der Versorgung eines größeren elektrischen Stromnetzes mit Wechselstrom oder Drehstrom, z. B. in einer größeren Stadt, gestaltet sich die Stromverteilung und die Kabelverlegung bedeutend einfacher wie bei Verwendung von Gleichstrom. In der Zentrale wird hochgespannter Strom von 2000—3000, auch 5000 Volt erzeugt. In verhältnismäßig schwach dimensionierten Hauptkabeln wird der hochgespannte Strom den Kabelverteilungskästen zu-

geführt, von welchen einzelne Primärleitungen nach Einzeltransformatoren führen. Hier wird die Hochspannung in die normale Betriebsspannung umgewandelt und durch entsprechend stärker dimensionierte Sekundärkabel dann den Hausanschlüssen zugeführt.

Da man bei Gleichstrom mit der niedrigen Verbrauchsspannung auch in der Zentrale arbeitet und infolge dessen große Stromstärken in das Leitungsnetz entsenden muß, ferner bei langen Leitungen mit großen Spannungsverlusten zu rechnen hat, gestaltet sich das Leitungsnetz bedeutend kostspieliger und schwieriger. Einerseits bereitet die Verlegung von Kabeln mit großem Querschnitte an und für sich erhebliche Schwierigkeiten und andererseits ist auch die Verbindung und Abzweigung solcher Kabel eine langwierige Arbeit. Der allgemeinste Fall der Stromverteilung in einem Gleichstromkabelnetz ist die einfache Parallelschaltung der Stromverbrauchsstellen, auch Zweileitersystem genannt, weil nur zwei Leitungen, eine Hin- und eine Rückleitung erforderlich ist. Von der Zentrale aus wird der Strom durch sogenannte Speiseleitungen nach verschiedenen Punkten des Kabelnetzes geführt. An diesen Punkten (Speisepunkten) befinden sich die Verteilungskästen, von welchen aus die Verteilungsleitungen nach den Verbrauchsstellen führen. Fig. 33 zeigt ein solches Zweileiternetz. Die punktierten Leitungen sind Speiseleitungen. Da bei einem derartigen Netz bereits bei Entfernungen von 5—600 m die Kabelkosten so groß werden, daß die Rentabilität in Frage gestellt wird, ist man bald vom Zweileitersystem zum Mehrleitersystem übergegangen und verwendet Zweileitersysteme bei Gleichstrom nur noch bei geringen Entfernungen. Von Mehrleitersystemen sind bis jetzt hauptsächlich das Dreileitersystem und das Fünfleitersystem in An-

wendung gebracht worden. Beim Dreileitersystem werden, wie Fig. 34 zeigt, zwei Dynamomaschinen hintereinander geschaltet. Die Stromverbrauchsstellen sind gleichfalls in zwei Gruppen hintereinander geschaltet, erhalten jedoch eine gemeinschaftliche Rückleitung, welche an beide Maschinen gleichzeitig angeschlossen wird.

Sind nun beide Leiterhälften gleichmäßig belastet,



so fließt im Mittelleiter kein Strom und die Anlage arbeitet so, als ob die doppelte Maschinenspannung und nur der halbe Strom vorhanden wäre. Dieser Zustand kann zwar nie ganz erreicht werden, da beim Aus- und Einschalten stets Ungleichheiten in der Belastung entstehen, man kommt demselben jedoch sehr nahe, wenn man bei der Installation die Stromverbrauchsstellen gleichmäßig verteilt. Da der Mittelleiter fast keinen Strom führt, bezeichnet man ihn

auch mit Nulleiter. Die beiden Außenleiter können in der Regel den halben Querschnitt halten wie beim Zweileitersystem mit gleicher Netzspannung, während man dem Mittelleiter den halben Querschnitt des Außenleiters gibt. Während also beim Zweileitersystem der gesamte Kabelquerschnitt  $1 + 1 = 2$  ist, wird derselbe

Fig. 34.

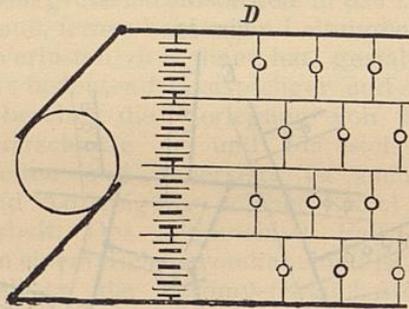
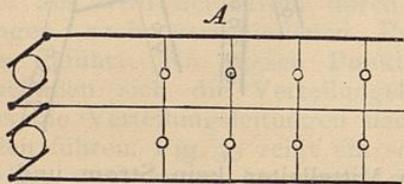


Fig. 35.



beim Dreileitersystem  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$ . Es verhalten sich also die Kabelkosten wie  $2 : \frac{5}{4}$  oder wie  $8 : 5$ . Es werden also beim Dreileitersystem  $37,5\%$  an den Kabelkosten gespart.

Beim Fünfleitersystem können die Außenleiter den vierten Teil des Querschnittes erhalten und somit die Mittelleiter den achten Teil, da die Verbrauchs-

stellen in vier Gruppen zerfallen und so arbeiten, als ob sie hintereinander geschaltet seien. Hier ist das Verhältnis  $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{7}{8} : 2$ . Es werden zirka 56% an den Kabelkosten erspart. An Stelle von vier hintereinandergeschalteten Maschinen kann auch eine einzige verwendet werden, welche die vierfache Spannung besitzt, es müssen jedoch Batterien oder Ausgleichsmaschinen zwischen die einzelnen Gruppen geschaltet werden. Fig. 35 zeigt eine solche Schaltung mit Ausgleichsbatterien.

---

## V. Kapitel.

Bühnenbeleuchtung.—Leitungsverlegung, Installationsmaterialien und Installationsvorschriften. — Sicherungen und Schalter. — Fassungen für Bühnenbeleuchtungskörper.

Die allgemeine Beleuchtung der Bühne setzt sich zusammen aus Fußrampenbeleuchtung, Oberlichtbeleuchtung und Seitenbeleuchtung. Beim Einlampensystem, welches Maschinendirektor Lautenschläger in München einführte, wurden nur normale Glühlampen verwendet, welche durch farbige Glasschirme die entsprechende Färbung erhielten. Das Dreilampensystem der elektrischen Bühnenbeleuchtung wurde zuerst vom Inspektor Brandt im Jahre 1882 im königl. Opernhause vorgeführt. An den größeren Bühnen ist man neuerdings zum Vierlampensystem übergegangen. Die zur Verwendung gelangenden Farben sind beim Dreilampensystem weiß, rot und grün, beim Vierlampensystem weiß, rot, grün und gelb. Die sämtlichen Glühlampenzuleitungen bestehen beim Einlampensystem aus je zwei Leitungsdrähten, während beim Dreilampensystem die drei Lampengruppen eine gemeinschaftliche Rückleitung erhalten, so daß vier Leitungsdrähte im ganzen erforderlich sind.

Dementsprechend erhält man beim Vierlampensystem fünf Leitungsdrähte. Die elektrischen Zuleitungen

zu den Bühnenkörpern zerfallen in feste und bewegliche Zuleitungen. Die fest verlegten Leitungen wurden vom Jahre 1882 an auf Porzellanisolatoren montiert und an gefährdeten Stellen mit einer Holzverschalung umkleidet. Nach den neuesten Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker müssen dauernd fest verlegte Leitungen entweder in Rohren liegen oder flammensicher imprägniert sein oder nach der Verlegung einen flammensicheren Anstrich erhalten. Für vorübergehenden Gebrauch bei rasch auszuführendem Szenenwechsel sind nur Gummiaderdrähte zulässig. Bei Leitungen, welche als Steigleitungen von der untersten Versenkung bis zum Schnürboden führen, ist die Verlegung in Rohre nicht zu empfehlen. Die erwärmte Luft steigt aus den unteren Räumen nach oben, es bildet sich Kondenswasser, welches im Rohre herabläuft, an den Verbindungsstellen sitzen bleibt und eine Zerstörung der Isolation sowie Kurzschluß erzeugen kann.

Alle Verbindungsstellen und Ausschalter müssen mit einer Schutzkappe versehen sein, um Kurzschlüsse zu vermeiden. An Stellen, wo jede Kurzschlußgefahr ausgeschlossen schien, sind Unfälle entstanden. Gefährvoll können z. B. Gewänder werden, welche mit Metall durchwirkt sind oder Fransen enthalten. Es ist vorgekommen, daß solche Fransen durch die Schließen hindurchgefallen sind, die an der Decke in der Versenkung befindlichen Leitungen gestreift und Kurzschluß herbeigeführt haben.

Verbindungen zwischen den Leitungen sind bisher stets durch Verlöten hergestellt worden.

Da im Theater mehr als irgendwo die Befürchtung besteht, daß mangelhafte Lötstellen oder gar sogenannte kalte Lötstellen geschaffen werden, bei welchen die Leitungsdrähte einfach miteinander verdreht und mit Isolierband umwickelt sind, empfiehlt es sich bei Ein-

fachleitungen, welche nicht in Rohre verlegt sind, keine Verbindungen durch Löten, sondern nur durch Verschrauben herzustellen. Diese Maßnahme hat die Konstruktion besonders geformter Abzweigvorrichtungen erforderlich gemacht, welche die isolierende Unterlage, die Metallklemmen, mit welchen die Leitungen verschraubt werden und die Schutzkappe zusammengeschaubt enthalten und an Wänden und Decken befestigt werden. Ferner besteht die Vorschrift, daß sämtliche Anschlußstellen vom Zuge entlastet sein müssen, d. h. wenn an den Leitungen gezogen wird, darf sich der Zug nicht auf die Verbindungsstellen übertragen. Diese Vorschrift wird dadurch befolgt, daß direkt hinter eine solche Abzweigvorrichtung eine Porzellanrolle gesetzt, in welcher der Draht festgebunden wird. Derartige Abzweigvorrichtungen fabrizieren die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Siemens & Halske, Schuckert, Voigt & Häffner, Mix & Genest, Gebrüder Jäger, v. d. Heyde und andere. Eine Abzweigvorrichtung, welche sich besonders für Einfachleitungen eignet und bei welcher die Zugentlastung der Anschlußstellen durch die Bildung einer Schleife im Leitungsdraht erreicht wird, führt die Firma Richter, Dr. Weil & Co. Bei diesem System ist das Setzen von Porzellanrollen hinter den Verbindungsstellen nicht erforderlich.

Die einzelnen Bestandteile dieses Systems sind aus Fig. 36 *a* und *b* zu sehen. Fig. 36 *b* zeigt die Messingklemme mit daran befestigten Drahtenden, welche im Sockel gelagert sind. Die Drahtenden werden am Hals des Deckels abgebunden. Die Sicherungen sind den im II. Kapitel bereits angeführten Stromstärken anzupassen.

Für feste Leitungen innerhalb der Bühnenkörper, sowie bewegliche Leitungen zu denselben gilt die Ausnahmebestimmung, daß die Belastung 50% größer

sein darf, als dieser Tabelle entspricht. Es darf also bei der gleichen Stromstärke ein entsprechend geringerer Querschnitt gewählt werden. Es wäre z. B. bei einer Stromstärke von 30 Ampere nur ein Querschnitt von  $4 \text{ mm}^2$  anstatt eines solchen von  $6 \text{ mm}^2$  erforderlich.

Fig. 36 a.

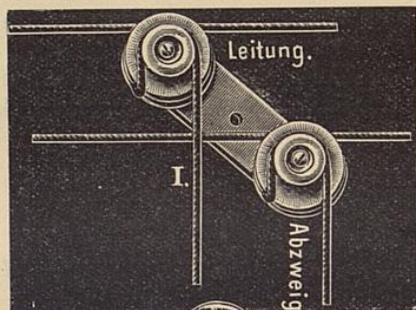
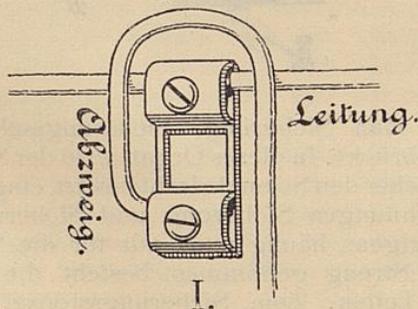


Fig. 36 b.

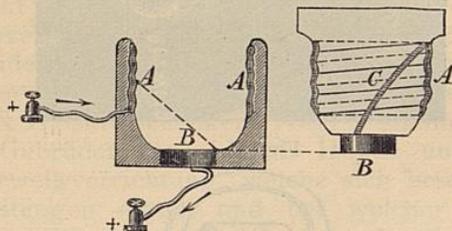


Diese Ausnahmsbestimmung hat den Zweck, für die beweglichen Leitungen, welche oft eine größere Länge besitzen, keine allzugroßen Gewichte zu erhalten und das erforderliche Maß an Biegsamkeit zu wahren, welches bei zu großen Querschnitten verloren geht.

Die gebräuchlichsten Sicherungen sind die sogenannten Edisonsicherungen. Von den Systemen, welche das Edisongewinde nicht zu Grunde legen, sind nur wenige allgemein gebräuchlich. Zu erwähnen wäre das System von Siemens & Halske, von Borg in Leipzig und vielleicht noch einige Systeme von Lamellensicherungen für Steckkontakte. Die Edisonsicherung bildet ebenso wie die Fassung das Zwischenglied zwischen Zuleitung und Stromverbrauchsgruppe.

Denjenigen Teil, welcher das Muttergewinde besitzt, also der Glühlampenfassung analog konstruiert

Fig. 37.



ist, nennt man Sicherung, Sicherungsschalter oder Sicherungsbrücke. In dieses Organ wird der Sicherungsstößel, welcher den Schmelzdraht besitzt, eingeschraubt. Die Bezeichnungen Sicherung und Sicherungsstößel werden übrigens häufig auch nur für die Stößel angewendet. Streng genommen besteht die Sicherung aus zwei Teilen: dem Sicherungsstößel und dem Sicherungsschalter. Fig. 37 veranschaulicht die Sicherungsschaltung. Der Stößel besteht aus einem Porzellankörper, welcher mit einer Messinggewindehülse *A* umgeben ist und einen Mittelkontakt *B* besitzt. Die Hülse ist mit dem Mittelkontakt durch den Schmelzdraht *C* verbunden, welcher im Innern des Stößels sich be-

findet. Der Hohlraum im Stöpsel wird mit Asbest oder Zementstaub ausgefüllt, damit beim Schmelzen des Drahtes der Öffnungsfunke sofort erstickt wird. Das Gewinde *A* paßt in das Muttergewinde *AA* des Sicherungsschalters, so daß beim Einschrauben des Stöpsels die Mittelkontakte *BB* aufeinandersitzen.

Die Zuleitungen werden an die Teile *A*, beziehungsweise *B* des Sicherungsschalters angeschlossen, so daß der Strom von *A* nach *B* den Schmelzdraht *C* passiert und hierdurch geschlossen wird. Bei einer übermäßigen Belastung des Schmelzdrahtes schmilzt derselbe durch und, wie leicht ersichtlich, wird hierdurch die Leitung unterbrochen.

Die Sicherungen müssen sämtlich doppelpolig sein, d. h. Hin- und Rückleitung müssen je eine Sicherung erhalten, so daß zu jeder Leitung zwei Stöpsel gehören. Noch vor wenigen Jahren wurden als Schmelzdrähte allgemein Bleidrähte verwendet. Dieselben haben sich jedoch nicht bewährt, da sie bei Spannungen über 110 Volt mit Feuererscheinung durchbrennen und vielfach bei der entsprechenden Stromstärke nicht mit Sicherheit zum Durchschmelzen gebracht werden. Es dienen jetzt fast nur noch Silberdrähte als Schmelzmaterial für Sicherungen. Bei Stromstärken bis 20 Ampere sind Stöpselsicherungen gebräuchlich, über 20 Ampere werden Schmelzstreifen oder Lamellensicherungen verwendet. Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft fabriziert ein Stöpselmaterial bis 60 Ampere mit größerem Edisongewinde, welches jedoch bis heute noch nicht in allen Städten zugelassen wird. Auch die Stöpsel mit dem kleinen Edisongewinde, die sogenannten Mignonstöpsel für Stromstärken von 0,5—6 Ampere, werden vielfach nicht zugelassen. Sicherungen müssen so beschaffen sein, daß sie bei dem doppelten Betrag derjenigen Stromstärke durchschmelzen, mit welcher sie normal beansprucht werden.

Die Abschmelzstromstärke beträgt also das doppelte der Normalstromstärke. Es besteht ferner die Vorschrift, daß die Sicherungen unverwechselbar sind, d. h. es muß unmöglich sein, mit einer Sicherung Kontakt zu machen, die den Durchgang einer Stromstärke gestattet, welche die zulässige Abschmelzstromstärke überschreitet.

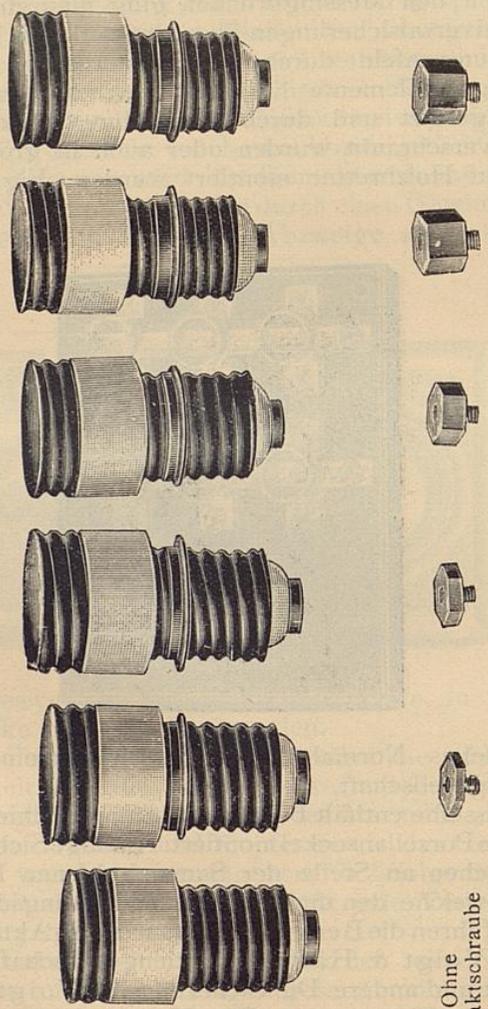
Man verwendet aus diesem Grunde Stöpsel von verschiedener Höhe und entsprechende Kontaktschrauben, so daß jeder Stöpsel nur mit der zugehörigen Kontaktschraube Kontakt bildet oder mit einer solchen, welche einer geringeren Stromstärke entspricht. Als normale Gesamthöhe gilt 31 mm.

Die folgenden Abmessungen sind im Jahre 1894 für normale Edisongewindestöpsel festgesetzt.

Stöpsel	} mm	31	29	27	25	23	21
Kontaktschraube		0	2	4	6	8	10
Ampere		2	4	6	10	15	20

Stöpsel und Kontaktschrauben sind in der Abbildung Fig. 38 veranschaulicht. Die Sicherungen für sämtliche Lampengruppen oder sonstige Anschlüsse werden auf einer gemeinschaftlichen Verteilungsschalttafel angeordnet. Solche Tafeln bestehen aus einer Schiefer- oder Marmorplatte, auf welcher bei einfachen Zweileiterabzweigen, zwei Sammelschienen aus Kupfer oder Messing montiert werden. Die Sammelschienen werden von den Sicherungsbrücken überbrückt, welche zur Aufnahme der Stöpsel dienen. Die Kontaktschrauben werden in die Sammelschienen eingeschraubt. Fig. 39 zeigt eine solche Tafel für drei Abzweige. Die Sicherungsbrücken wurden bis vor wenigen Jahren aus Messing gegossen oder gestanzt. Heute werden fast ausschließlich Porzellansicherungen verwendet, welche auf Marmor montiert werden. Porzellan besitzt einen vorzüglichen Isolationswiderstand, speziell im glasierten Zustande und zieht keine Feuchtigkeit an.

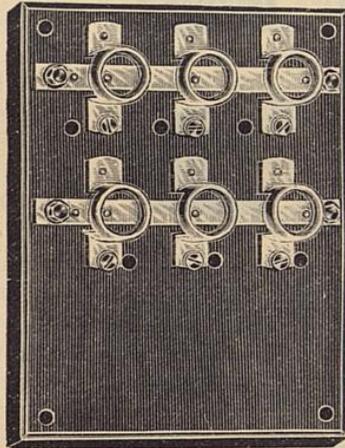
Fig. 38.



Ohne  
Kontaktschraube

Von den Messingbrücken ging man zunächst zu den Universalsicherungen über, bei welchen komplette Verteilungstafeln durch Aneinanderreihen einzelner einpoliger Elemente hergestellt wurden, welche auf Dübel gesetzt und durch Verbindungsstücke miteinander verschraubt wurden oder auch in größerer Anzahl auf Holzbretter montiert wurden. Fig. 40 zeigt

Fig. 39.

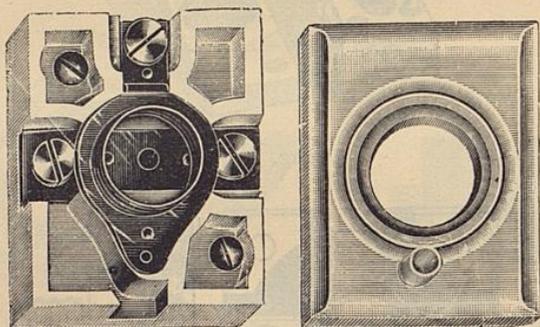


ein solches Normalelement der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft.

Dasselbe enthält Brücke und Sammelschiene, beide in einem Porzellansockel montiert. Analoge Sicherungen, bei welchen an Stelle der Sammelschienen Klemmen treten, welche den durchgezogenen Leitungsdraht festhalten, führen die Bergmann Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Voigt & Häffner Aktiengesellschaft, Mix & Genest und andere. Die Sicherung von Voigt & Häffner stellt Fig. 41 dar. Die Universalsicherung von

Richter, Dr. Weil & Co., welche in Fig. 42 und 43 dargestellt ist, besitzt an Stelle der durchgehenden Leitungsschiene ein Dreiwegstück *b*, welches ermöglicht, daß die Leitung von drei verschiedenen Stellen direkt angeschlossen werden kann. Dieses Dreiwegstück hält die Messingbrücke fest, welche das Abzweigstück *d* überbrückt. In letzteres wird die Kontaktschraube eingesetzt. Der Porzellandeckel wird durch einen Gewindingring festgehalten. Um die freien Abzweige verdecken zu

Fig. 40.



können, besitzt der Porzellansockel Nuten, in welche Isolierstücke eingeschoben werden.

Alle diese Konstruktionen besaßen die große Annehmlichkeit, daß die Marmorplatte und die Sammelschiene wegfielen. Das Bohren des Marmors und das Bohren von Messing und Kupfer sowie das Gewindschneiden war kaum zu umgehen, da infolge der Verschiedenheit der Gruppenzahl nicht jede Verteilungstafel bereitgehalten werden konnte.

Die Universalsicherungen wurden einfach auf Dübel oder auf Holzunterlagen gesetzt und durch Verbindungsstücke in beliebiger Anzahl aneinandergereiht.

In Theatern läßt sich jedoch das Einsetzen von Dübeln nicht ausführen.

In den Bestimmungen des Verbands ist in Theatern Holz weder als Isolier- noch als Konstruktionsmaterial zulässig. Da ferner vielfach als Unterlage Marmor

Fig. 41.

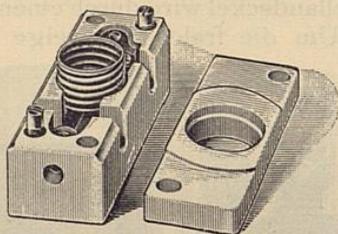
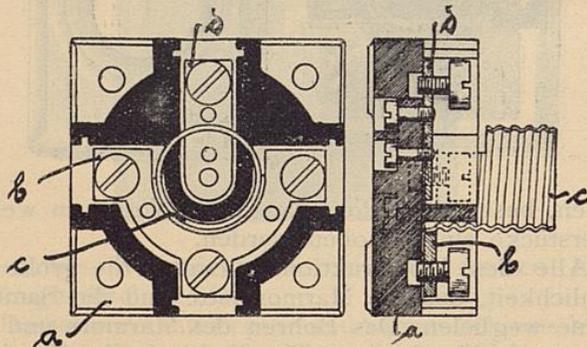


Fig. 42.



direkt vorgeschrieben wurde, kehrte man auch wieder zu den Sammelschienen zurück, welche nunmehr jedoch nicht durch Messingbrücken, sondern durch Porzellanbrücken überbrückt wurden. Eine Porzellanbrücke, welche direkt auf die Sammelschiene geschraubt wird und welche durch zwei seitliche Schrauben an den

Sammelschienen festgehalten wird, ist die Brücke von Richter, Dr. Weil & Co. Fig. 44 stellt diese Brücke dar. Dieselbe wird als einfache, als blinde Brücke zur Verdeckung der Anschlüsse und als Doppelbrücke ausgeführt. Fig. 45 zeigt eine komplette Tafel mit einfachen Brücken, Fig. 46 eine Doppelbrücke.

Um einen Stromkreis einzuschalten oder zu unterbrechen, bedient man sich eines Schalters. Einen Brückenschalter, bei welchem Brücke und Schalter aus einem Stück bestehen, zeigt Fig. 47. Die Schalter für elektrische Leitungen zerfallen einerseits in ein- und doppel-

Fig. 43.

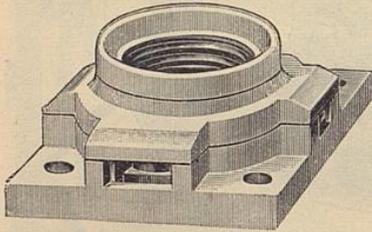
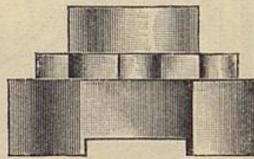


Fig. 44.



polige Drehschalter, andererseits in ein-, doppel- und dreipolige Hebelschalter.

Alle Schalter, welche außerhalb elektrischer Betriebsräume verwendet werden, müssen Momentschalter sein, die so konstruiert sind, daß beim Öffnen unter normalem Betriebsstrom kein dauernder Lichtbogen entstehen kann. Es muß also z. B. beim Abschalten der Öffnungsfunke sofort abreißen.

Dies kann nur durch federnde Kontakte erreicht werden. Bei den Drehschaltern schleifen Federn aus Bronzeblech auf entsprechend geformten Isolierstücken, auf welche Messingbleche montiert sind.

Bei den Drehschaltern kann man zwei Konstruktionsprinzipien verfolgen. Entweder werden die Kon-

taktfedern beim Schalten gedreht und die Stromschlußstücke stehen fest oder es sind die Federn fixiert und die Stromschlußstücke drehen sich. Die Konstruktion eines Voigt & Häffner-Schalters, welcher dem ersten Prinzip entspricht, ist in Fig. 48 dargestellt. Fig. 49 zeigt die Abwicklung des Isolierstückes, sowie das Schaltungsschema eines einfachen Drehschalters der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, welcher nach

Fig. 45.

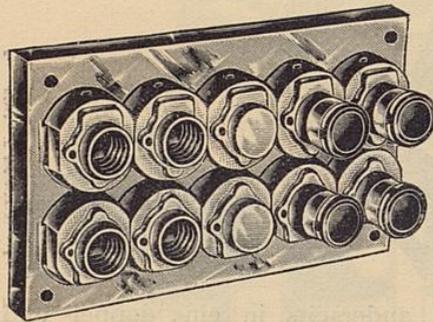
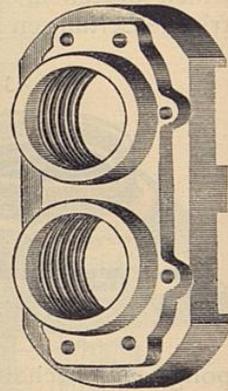


Fig. 46.



dem zweiten Prinzip konstruiert ist. Die Drehschalter finden ihre Verwendung als Schalter für einzelne Lampen, für Lampengruppen als Aus- und Umschalter, Gruppenschalter usw. Die Hebelschalter, auch Schalthebel genannt, dienen bei größeren Stromstärken meist nur zum Aus- und Einschalten, selten zum Umschalten. Sie werden ein-, doppel-, auch dreipolig ausgeführt, während die Drehschalter nur ein- und doppelpolig in Gebrauch sind. Fig. 50 zeigt einen einpoligen, Fig. 51 einen doppelpoligen Moment-Schalthebel. Ein- und doppelpolige Moment-Umschalthebel sind in Fig. 52 und 53 dargestellt. Die Drehschalter werden von 1 bis

100 Ampere gebaut, die Hebelschalter von 20 bis 3000 Ampere und bis 550 Volt.

Bei einer Anlage, welche mit 220 Volt Spannung arbeitet, lassen sich zirka 12.000 16kerzige Glühlampen mit einem einzigen Hebelschalter gleichzeitig abschalten. Wie bereits im zweiten Kapitel erwähnt, wird die

Fig. 47.

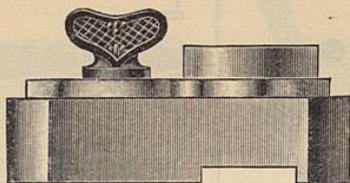
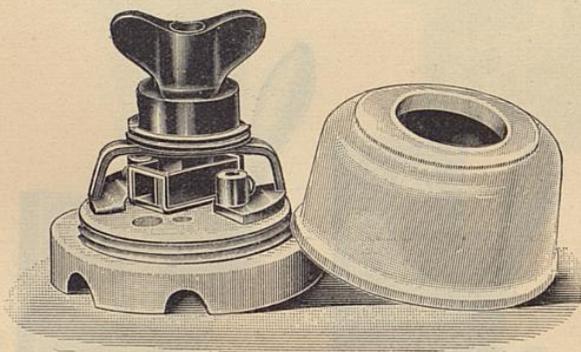


Fig. 48.



Glühlampe an die Zuleitung mittels der Glühlampenfassung angeschlossen. Die gewöhnliche Glühlampenfassung System Edison besteht aus dem Fassungssockel, welcher die Anschlüsse und die Messinggewindehülse enthält, dem FassungsmanTEL, welcher die Gewindehülse gegen Berührung schützt und dem PorzellanfassungsrING, welcher auf die Gewindehülse geschraubt

wird und den Fassungs-mantel festhält. Hahnfassungen sind solche Fassungen, welche mit einem kleinen Drehschalter kombiniert, in der gleichen Weise aufmontiert

Fig. 49.

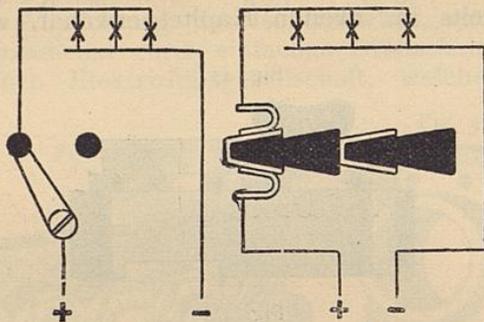
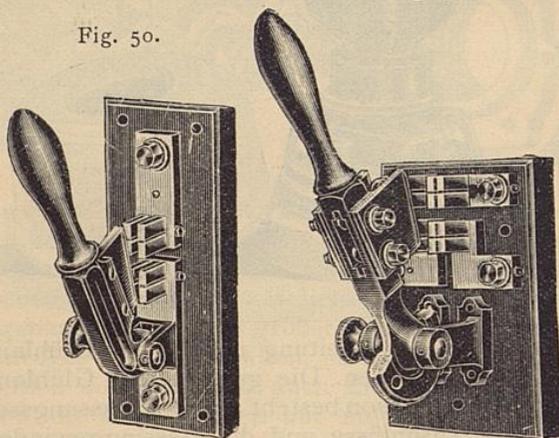


Fig. 51.

Fig. 50.



werden wie eine einfache Fassung. Die Fassungen werden in analoger Weise wie die Brenner bei der Gasbeleuchtung am Wandarm oder Pendel oder Luster

angeschraubt und erhalten zu diesem Zwecke einen Gewindeansatz, den sogenannten Nippel mit Innengewinde. Innerhalb der Fassung werden die Leitungs-

Fig. 52.

Fig. 53.

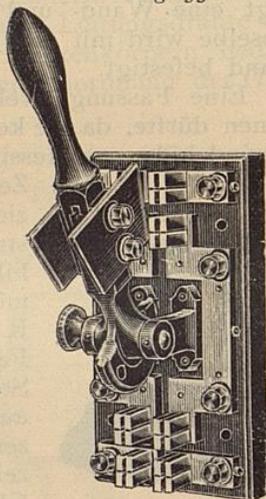
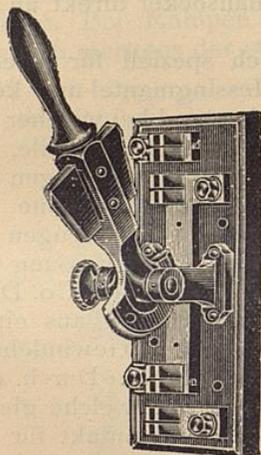
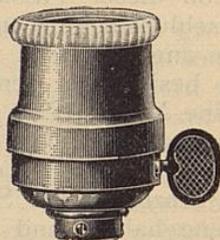


Fig. 54.

Fig. 55.

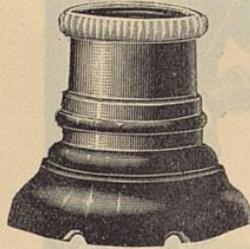


anschlüsse durch Verschrauben hergestellt. Fig. 54 zeigt eine Fassung ohne Hahn, Fig. 55 eine Fassung mit Hahn. Fassungen, welche direkt an die Wand

oder die Decke montiert werden, erhalten kein Nippelgewinde, ebenso die Fassungen für Bühnenbeleuchtungskörper. Die Wand- und Deckenfassungen werden gleichfalls mit und ohne Hahn hergestellt. Fig. 56 zeigt eine Wand- und Deckenfassung ohne Hahn. Dieselbe wird mit dem Porzellansockel direkt an der Wand befestigt.

Eine Fassung, welche sich speziell für Theater eignen dürfte, da sie keinen Messingmantel und keine Gewindehülse aus Messing besitzt und bei welcher ein

Fig. 56.



Zerlegen in einzelne Teile, beziehungsweise ein Freilegen der stromführenden Teile ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen unmöglich ist, ist die Fassung von Richter, Dr. Weil & Co. Diese Fassung besteht nur aus einem Sockel und einer Gewindehülse aus Isoliermaterial. Durch eine zentrale Schraube, welche gleichzeitig den Mittelkontakt für die Glühlampen bildet, werden beide

Teile miteinander verschraubt. Fig. 57 zeigt die Konstruktion dieser Fassung. Der Sockel *P* enthält die Stromschlußstücke *a* und *b*, an welche die Leitungsdrähte angeschlossen werden. Der Ring *R* aus Porzellan besitzt die zentrale Schraube *s*, einen Steg *t* und eine Nut *n*. Wird der Ring über den Sockel geschoben, so greift das Stück *a* in die Nut *n* ein und Schraube *s* sitzt über dem Gewinde *g* des Stückes *b*. Durch Anziehen der Schraube wird die Fassung zusammengehalten und gleichzeitig der Mittelkontakt gebildet. Fig. 58 zeigt die Hahnfassung gleichen Systems.

Die bisher beschriebenen einfachen Fassungen eignen sich nur zum Aufmontieren auf tragbare Lampen, einzelne Pendel, Wandarme und Kronen.

Für die Bühnenbeleuchtungskörper sind Fassungen erforderlich, bei welchen die Leitungen außerhalb der Fassung zu beiden Seiten derselben angeschlossen werden oder welche mit dem Mittelkontakt auf eine durchgehende Kupferschiene gesetzt werden, während die Seitenkontakte durchgehende Leitungsdrähte aufnehmen. Bei Rampen und Soffittenkörpern bedient man sich meistens der stehenden Anordnung der Glüh-

Fig. 57.

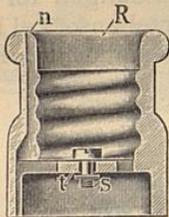
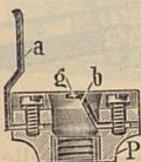
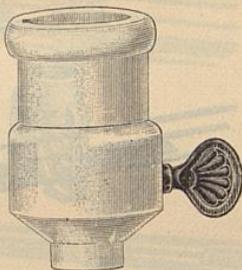


Fig. 58.

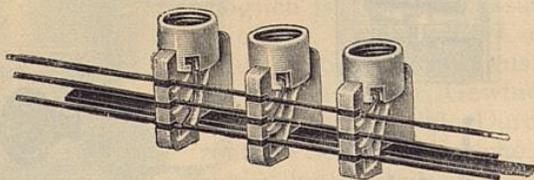


lampen, da die erforderliche Lampenzahl zu groß wird, um dieselben liegend hintereinander anzuordnen.

Bei Kulissenkörpern und Versatzständern wird je nach Bedarf liegende oder stehende Lampenanordnung gewählt. Da innerhalb der Bühnenbeleuchtungskörper blanke Leitungen dann zulässig sind, wenn sie gegen zufällige Berührung geschützt sind, ferner aber den Vorschriften entsprechend sämtliche Bühnenkörper mit einem Drahtschutzgitter versehen sein müssen, so daß eine zufällige Berührung der Leitungen nicht stattfinden kann, hält die Allgemeine Elektrizitätsgesell-

schaft an ihrem früheren Konstruktionsprinzip fest, den Mittelkontakt der Fassungen an eine blanke durchgehende Kupferschiene anzuschließen. Die Seitenkontakte enthalten bei der Fassung für stehende Anordnung entsprechende Abzweigleitungen, welche, je nachdem es sich um Körper für Ein-, Drei- und Vierlampensystem handelt, abwechselnd an die isolierten Leitungsdrähte geschlossen werden. Letztere werden bei der stehenden Lampenanordnung in seitlichen Nuten der Fassungen gelagert, bei den Fassungen für liegende Anordnung durch Löcher im Porzellansockel hindurchgezogen. Sämtliche Fassungen bestehen aus Porzellan-

Fig. 59.



körpern, in welche gedrückte Messinggewindehülsen eingelassen sind. Die Figuren 59—63 stellen die verschiedenen Bühnenfassungen dar.

Fig. 59 zeigt eine Porzellanfassung für Dreilampensystem. Drei Fassungen sind auf einer durchgehenden Schiene aufmontiert und an die drei isolierten Abzweigleitungen, welche seitlich in der Nut des Porzellankörpers liegen, angeschlossen. Dieselbe Fassung findet auch beim Einlampensystem Verwendung. Fig. 60 zeigt vier Porzellanfassungen für Vierlampensystem für Soffitten und Rampenkörper, welche im Prinzip die gleiche Konstruktion wie die in Fig. 59 abgebildeten besitzen, nur mit dem Unterschiede, daß vier Nuten zur Aufnahme der Leitungsdrähte vorhanden

sind, welche abwechselnd an dem Seitenkontakt angeschlossen werden. Der Mittelkontakt ist auf der durchgehenden Kupferschiene angeschlossen.

Eine Fassung für liegende Lampenanordnung und Einlampensystem stellt Fig. 61 dar. Den Mittelkontakt bildet die Kupferschiene. Die isolierten Abzweig-

Fig. 60.

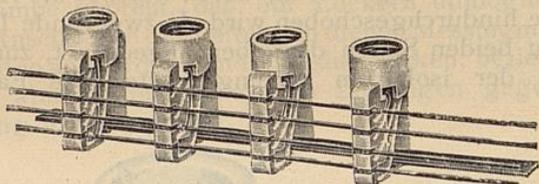


Fig. 61.

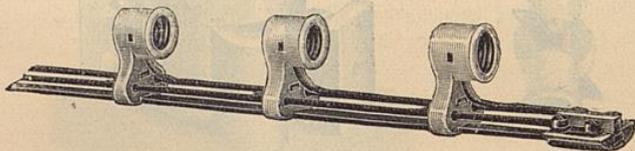
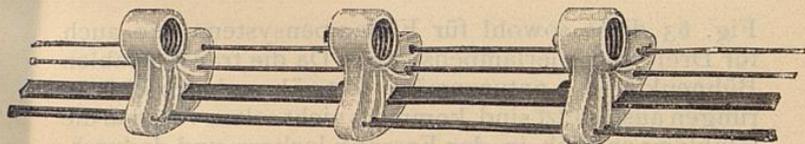


Fig. 62.



leitungen werden durch Löcher des Porzellankörpers zu beiden Seiten der gemeinschaftlichen Rückleitung hindurchgeführt. Die gleiche Konstruktion besitzt die Fassung für Drei- und Vierlampensystem. Durch die Anordnung von je zwei Löchern zu beiden Seiten der Kupferschiene baut sich die Fassung wesentlich breiter,

wie die für Einlampensystem. Die beschriebene Anordnung ist in Fig. 62 dargestellt und dient vorzugsweise für Kulissenkörper. Für die Versatzständer werden häufig Fassungen nach Fig. 59 und 60 verwendet, bisweilen auch Doppelfassungen, deren Mittelkontakte zusammen an die durchlaufende Kupferschiene geschlossen werden. Der zugehörige Porzellankörper besitzt ein vierkantiges Loch, durch welches die Kupferschiene hindurchgeschoben wird. Je zwei runde Löcher sind zu beiden Seiten derselben angeordnet, zur Aufnahme der isolierten Leitungsdrähte. Die Fassung

Fig. 63.



Fig. 64.

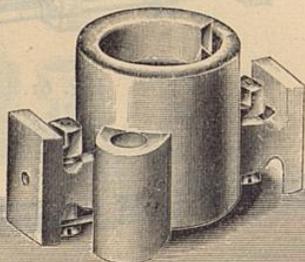


Fig. 63 dient sowohl für Einlampensystem, wie auch für Drei- und Vierlampensystem. Da die transportablen Bühnenkörper naturgemäß fortwährend Erschütterungen ausgesetzt sind, kommt es nicht selten vor, daß die Glühlampen sich in der Fassung lockern und dadurch, daß sie infolgedessen ungenügenden Kontakt bilden, versagen. Ein Festschrauben der Glühlampen während der Vorstellung ist natürlich nicht möglich. Es ist daher wünschenswert, eine Fassung zu besitzen, bei welcher die Glühlampe gegen ein selbsttätiges Lockern gesichert wird. Die nachstehend abgebildete Fassung von Richter, Dr. Weil & Co. erfüllt diese Aufgabe. Die

Fassung besitzt keine Messinggewindehülse, sondern einen Porzellansockel mit Muttergewinde und eingelassenem Preßkontakt. Fig. 64 zeigt diese Fassung für stehende Lampenanordnung. Die Glühlampe drückt sich beim Einschrauben gegen den seitlichen Preßkontakt. Ist die Lampe soweit eingeschraubt, daß der Mittelkontakt aufsitzt, so wird die seitliche Schraube angezogen und hierdurch die Zunge so fest gegen die Glühlampe gepreßt, daß ein Lockern unmöglich ist. Zum Anschließen der Leitungen dienen Messingmutter, welche so angeordnet sind, daß die blanken, beziehungsweise abisolierten Stellen der Leitungen gegen Berührung geschützt sind.

## VI. Kapitel.

Rampen, Soffitten, Kulissen, Versatzkörper. — Aufzug-  
 vorrichtungen für Soffitten. — Orchesterbeleuchtung,  
 Anschlußkontakte und Anschlußklemmen. — Bühnen-  
 kabel.

Den Abschluß der Bühne nach dem Zuschauerraum bildet die Fußrampenbeleuchtung. Dieselbe befindet sich zu beiden Seiten des Souffleurkastens und besteht in der Regel aus zwei Rampenhälften von entsprechender Krümmung. Durch die Fußrampe sollen Personen und Gegenstände so beleuchtet werden, daß unmittelbar vor derselben, also im vordersten Teil der Bühne bis auf eine Höhe von zirka 2 m vom Fußboden aus gerechnet, eine allgemeine Beleuchtung erzielt wird. Von einer übermäßigen Verwendung der Fußrampe ist im Interesse der Darsteller abzuraten. Das Licht, welches von unten in das Auge fällt, ist demselben sehr nachteilig und Augenentzündungen der Künstler sind häufig auf das von den Fußrampen ausgehende Licht zurückzuführen. Ferner treten durch die Beleuchtung mittels Fußrampen Schatten und Streifen auf, welche oft störend, ja sogar komisch wirken. So zeigt z. B. der Schnurrbart des Darstellers anstatt zwei Spitzen vier Spitzen, da die im Gesicht auftretenden Schatten sich als zweiten Schnurrbart markieren.

Beim Lesen in einem Buche oder in einer Zeitung wird das Gesicht des Darstellers oft tief beschattet.

Wenn die Seitenbeleuchtung möglichst soweit nach vorne gelegt wird, wie die Fußbeleuchtung, lassen sich die Wirkungen mildern. Bei der früheren Probeeinrichtung im Dresdner Opernhaus waren etwas über Kopfhöhe kurze aber intensive Seitenbeleuchtungen versteckt im Proszenium angebracht. Dieselben wurden erst nach Aufziehen des Vorhanges in Betrieb gesetzt, um eine fleckige Beleuchtung des Vorhanges zu vermeiden. Von außerordentlichem Wert ist jedoch die Fußrampe zur Beleuchtung der Dekorationsmalerei. Dadurch, daß die von den Fußrampen ausgehenden Lichtstrahlen unter demselben Winkel die Szene treffen, wie das Auge des Zuschauers dieselbe betrachtet, fallen alle Schatten, welche eine Kulisse auf die andere oder eine Soffitte auf die nächste wirft, außerhalb der Sehlinie des Zuschauers. Das Färben des Fußrampenlichtes wurde früher bei der Gasbeleuchtung durch Aufschieben von Schirmen aus farbiger Seide, Glas oder Gelatine bewirkt.

Diese Art der Färbung hatte den Nachteil, daß man zuvor die Flamme einziehen mußte, bevor der farbige Schirm gezogen wurde, andernfalls färbten sich die Darsteller schichtenweise von unten nach oben. Auch kam es vor, daß wenn ein Darsteller zu weit vortrat, der Körper gefärbt wurde, der Kopf dagegen über die Farbenwirkung hinausragte und gespensterhaft weiß aussah. Diese Nachteile haften heute noch teilweise dem Einlampensystem an, wenn die Färbung der Rampe in oben beschriebener Weise vorgenommen wird. Als wesentlicher Fortschritt in der Fußrampenbeleuchtung mit Gaslicht muß die Rampe von H. Bähr in Dresden bezeichnet werden, bei welcher die Färbung seitlich eintrat. Hinter den weißen Zylindern ist ein Blechreflektor angebracht. Ein sehr weiter Gaszylinder, welcher zu einem Drittel grün, zu einem Drittel rot und zu einem Drittel mattweiß gefärbt ist, umgibt den Brenner

und befindet sich auf einem Schnurrad drehbar angeordnet. Eine Schnur ohne Ende greift abwechselnd in das eine Schnurrad von vorne, in das zweite von hinten usw. Durch Ziehen an der Schnur dreht sich der eine Zylinder nach links, der zweite nach rechts usw., alle in der gesamten Bühnenbreite auf einmal, so daß ein unmerklicher Übergang aus einer Farbe in die andere erzielt wurde. Bei der ersten elektrisch beleuchteten Bühne in Deutschland, der Probebühne in der elektrischen Ausstellung zu München im Jahre 1881, wurde diese Art der Färbung zur Anwendung gebracht. Bei der kurz darauf erfolgten elektrischen Beleuchtungseinrichtung des Münchener Hoftheaters verwendete man ebenfalls Zylinder von gefärbter Gelatine, es war jedoch nicht jede einzelne Lampe, wie bei Bährs Gasrampe, mit einem senkrecht stehenden Zylinder versehen, sondern man hatte einen langen wagrecht liegenden Zylinder über sämtliche Lampen geschoben und drehbar angeordnet. Maschinendirektor Lautenschläger wendete zuerst das Einlampensystem für elektrische Glühlichtbeleuchtung an der Münchener Hofbühne an. Die Nachteile, welche bei der Gasbeleuchtung dem Dreilampensystem gegenüber dem Einlampensystem anhafteten, nämlich dreifache Flammenzahl, größerer Gasverbrauch, dementsprechend größere Wärmeausstrahlung waren bei der elektrischen Beleuchtung nicht vorhanden; es wurde deshalb sofort zum Drei-, beziehungsweise Vierlampensystem übergegangen.

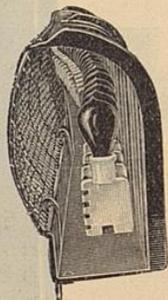
Oberinspektor Brandt, der technische Vorstand der königlichen Theater in Berlin, führte die erste elektrische Bühnenbeleuchtung nach dem Dreilampensystem im königlichen Opernhause in Berlin aus, am 5. Juni 1882. Hierbei wurde wesentlich an Beleuchtungspersonal gespart, da der Farbenwechsel vom Regulator aus von einer Person bewerkstelligt wurde.

Gewöhnlich werden die Lampen der Fußrampe in einer Reihe nebeneinanderstehend angeordnet, wie im vorigen Kapitel beschrieben, und zwar immer in der Reihenfolge weiß, grün, rot. Beim Vierlampensystem finden außerdem noch blaue Lampen Verwendung.

Kommen die Glühlampen durch das Erfordernis einer besonders großen Lampenzahl zu nahe aneinander, so wird das Licht derselben schlecht reflektiert, beziehungsweise die Wirkung des Reflektorschirmes nur schwach ausgenützt. In solchen Fällen empfiehlt Hugo Bähr, Maschinendirektor und herzogl. Kommissionsrat in Dresden, die Lampen übereinander zu stellen und zwar in zwei Reihen, so daß jede Reihe die gleiche Anzahl weiße, rote und grüne Lampen erhält. Hierdurch werden die Schatten, welche die untere Reihe der Lampen wirft, durch die obere Reihe beseitigt, respektive gemildert. Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft sowie Siemens & Halske Akt.-Ges. bauen die Fußrampen mit nur einer Lampenreihe.

Fig. 65 und 66 zeigen Seitenansicht der Fußrampe sowie Vorderansicht mit aufgeklapptem Schutzgitter nach Konstruktion der erstgenannten Firma. Die Rampe besitzt einen flachen, oben abgerundeten Reflektorschirm, an welchem das Drahtschutzgitter nach oben aufklappbar an Scharnieren befestigt ist. Die abgebildete Rampe ist mit den bereits beschriebenen Porzellanfassungen für Dreilampensystem ausgestattet. Rechts befinden sich Anschlußklemmen, welche zur Befestigung der Zuleitungen dienen. Bei dem normalen Rampenkörper, welcher zirka 240 mm Höhe besitzt, werden zirka zehn Glühlampen à 25 Normalkerzen pro laufenden Meter angeordnet.

Fig. 65.



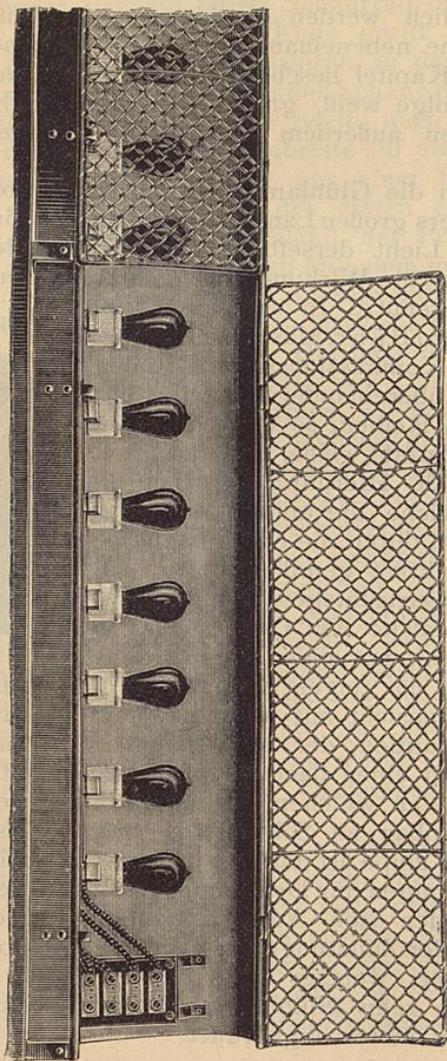
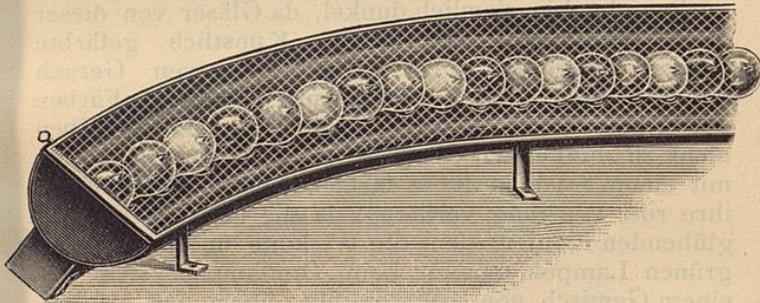


Fig. 66.

Die Fußrampenbeleuchtung von Richter, Dr. Weil & Co., Fig. 67, ist so angeordnet, daß die Glühlampen um einen Winkel von zirka  $45^{\circ}$  gegen den Fußboden geneigt sind und in der Mitte eines halbrunden Reflektorschirmes sitzen, so daß die nach oben sowie die nach unten auf den Reflektor fallenden Lichtstrahlen ausgenützt werden. Das Licht tritt ungefähr unter einen Winkel von  $120^{\circ}$  aus.

Es soll hierdurch die doppelte Lampenreihe einigermaßen ersetzt werden. Den Vorzug einer

Fig. 67.



doppelten Lampenreihe kann man sich leicht vor Augen führen.

Bähr gibt zu diesem Zweck folgenden Versuch an: Vor einen glatten Prospekt stelle man in einiger Entfernung ein Lattengitter und beleuchte dasselbe zunächst mit einer Reihe Lampen der Fußrampe. Die senkrecht stehenden Stäbe des Gitters werfen alsdann gar keinen Schatten auf den Prospekt, weil die nebeneinander stehenden Lampen gegenseitig die Schatten aufheben, die horizontalen Stäbe geben quer über den Prospekt verlaufende tiefe Schatten. Durch Ein-

schalten einer zweiten Lampenreihe werden nun diese Schatten wenn auch nicht aufgehoben, so doch außerordentlich gemildert. Dieser Versuch ist sehr lehrreich, da aus demselben hervorgeht, daß die Schutzgitter nicht aus horizontal und vertikal verlaufenden, sondern stets aus schräg verlaufenden Drähten bestehen müssen.

Da das von der Fußrampe ausgesandte Licht die Darsteller am meisten belästigt, ist es erforderlich, die schädlichen Einflüsse desselben zu mildern. Die weißen Lampen sollten stets mit einem dünnen Mattlack überzogen sein, da gerade das weiße Licht am unerträglichsten wirkt. Die roten und grünen Farben wirken ohnehin ziemlich dunkel, da Gläser von dieser Farbe viel Licht absorbieren. Künstlich gefärbte Gläser verbreiten meist einen intensiven Geruch und sind häufig auch nicht dauerhaft. Beim Färben der Lampen ist darauf zu achten, daß dieselben nicht zu dunkel wirken. Die roten Lampen kann man mit einem Stich in Rosa färben, ohne daß dieselben ihre rote Wirkung verlieren, da die gelbe Farbe des glühenden Kohlenfadens die Wirkung unterstützt. Die grünen Lampen müssen beim Dreilampensystem mit einem Gemisch von grün und blau überzogen werden, um eine mondscheinfarbige Beleuchtung erzielen zu können. Ist die Farbe nicht bläulich, so wirkt dieselbe auf die rote Schminke der Gesichter schmutzgrau. Um einen feinen Übergang aus weiß in rot erzielen zu können sowie zur Herstellung einer sonnenfarbigen Beleuchtung wird häufig noch eine Anzahl gelber Lampen in die Fußrampe eingefügt. Die Zuleitungen zur Fußrampe sind fest verlegt. Meist wird der Strom den beiden Rampenhälften von zwei verschiedenen Seiten zugeführt.

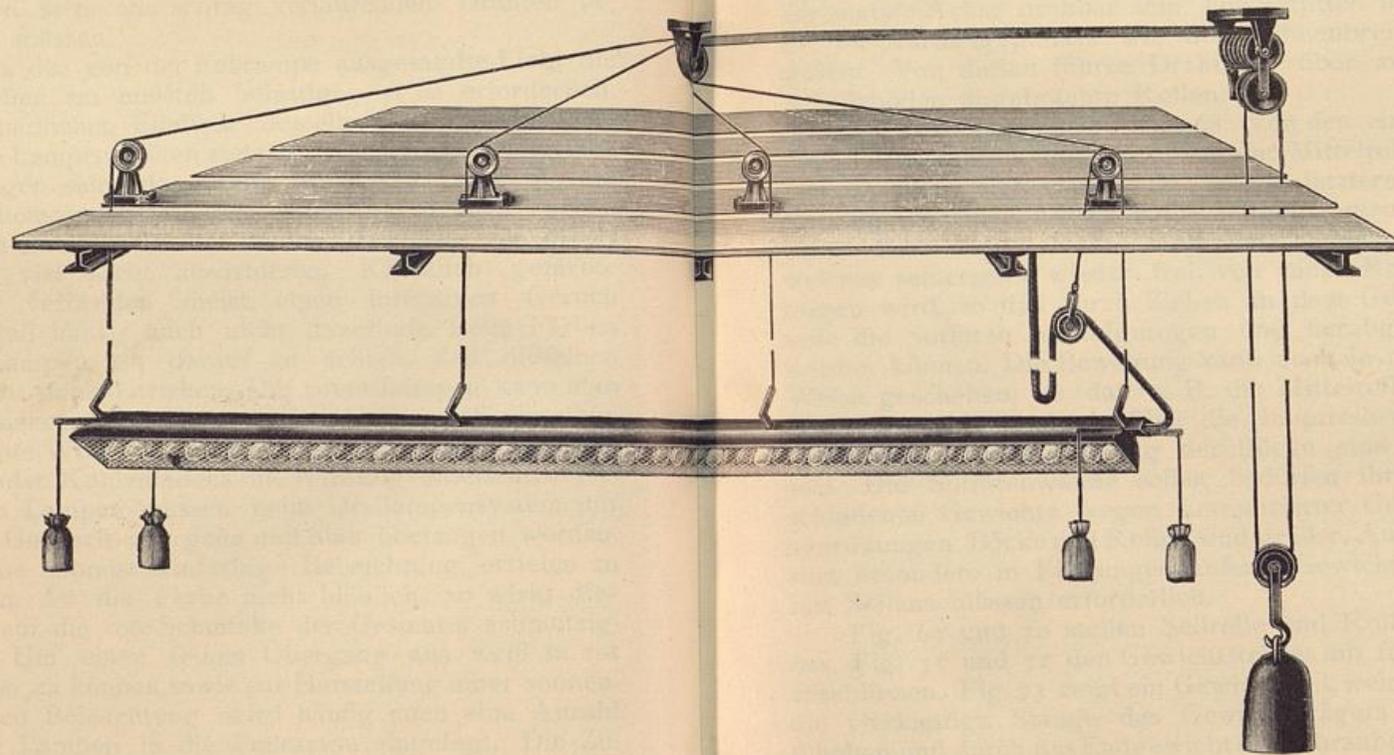
Wie bereits erwähnt ist das Anwendungsgebiet der Fußrampe ein außerordentlich begrenztes, so daß

iese  
Ber-  
ehr-  
utz-  
den,  
be-

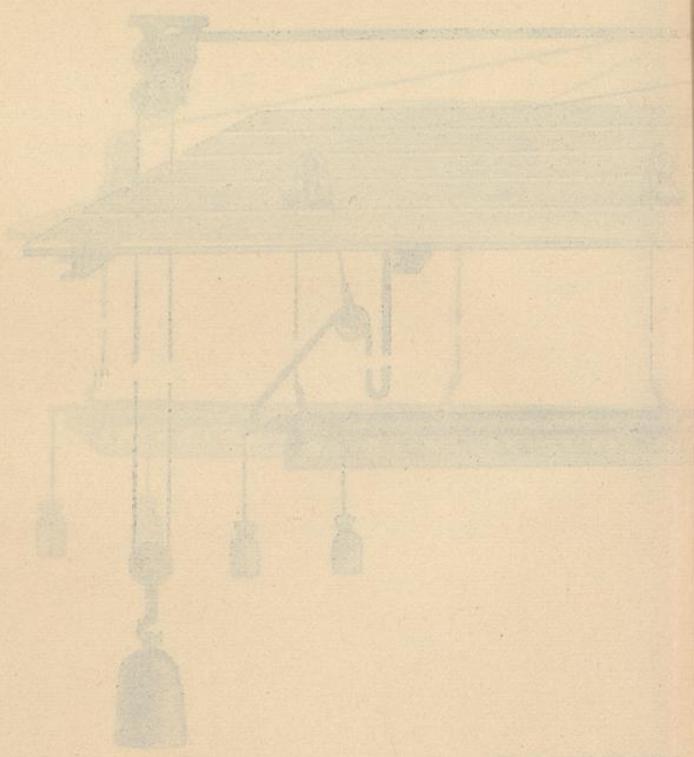
die  
lich,  
Die  
lack  
un-  
ben  
eser  
rkte  
ruch  
ben  
ben  
man  
ben  
des  
Die  
mit  
den,  
n zu  
die-  
zig-  
rot  
nen-  
zahl  
Zu-  
wird  
ver-

biet  
daß





Drehbare Soffitte mit Aufzugvorrichtung.



Dynamitdröge

dies  
selb  
Obe  
so a  
neh  
hori  
so v  
spri  
Sch

Rob  
von  
Rei  
Übe  
wel  
trag  
seil  
wer  
We  
fäll  
Au  
sein  
sch  
and  
sin  
mit

dar  
ans  
die  
sch  
hal  
ver  
sei  
Jed  
dre

dieselbe selten allein verwendet wird. Bedeutend selbständigere Beleuchtungskörper sind die hängenden Oberlichter oder Soffittenkörper. Dieselben müssen so angeordnet werden, daß sie jede Höhenlage einnehmen können und außerdem sollen sie um ihre horizontale Achse drehbar sein. Die Soffitten besitzen so viel Aufhängepunkte wie der Bühnenbreite entspricht. Von diesen führen Drahtseile über auf dem Schnürboden angebrachte Rollen.

Die Anwendung zeigt Fig. 68. Von den einzelnen Rollen aus führen die Seile über eine Mittelrolle und von da über eine Hauptrolle, welche letztere durch Reibung an einer dritten Rolle mitgenommen wird. Über diese dritte Rolle läuft das Gegengewicht, welches seinerseits wieder frei von einer Rolle getragen wird, so daß durch Ziehen an dem Gewichtseile die Soffitten heraufgezogen und herabgelassen werden können. Die Bewegung kann auch in anderer Weise geschehen, so daß z. B. die Mittelrolle wegfällt und die Seile direkt über die Hauptrolle führen. Auch kann die Anwendung der Böcke eine andere sein. Die Soffittenwände selbst bedürfen ihrer verschiedenen Gewichte wegen komplizierter Gewichtsarrangements. Böcke und Rollen sind größer. Außerdem sind besondere in Führungen laufende Gewichtsträger mit Seilanschlüssen erforderlich.

Fig. 69 und 70 stellen Seilrolle und Rollenbock dar, Fig. 71 und 72 den Gewichtsträger mit fünf Seilanschlüssen. Fig. 73 zeigt ein Gewichtsteil, welches auf die vierkantige Stange des Gewichtsträgers aufgeschoben und durch das Endgewicht mit Schraube festgehalten wird. Die Gewichtsteile besitzen gegeneinander versetzte Rippen und Nuten, so daß sie sich gegenseitig auf der Stange des Gewichtsträgers festhalten. Jedes Gewicht wird gegen das untere um  $180^\circ$  verdreht aufgesetzt, so daß stets ein viereckiges Loch für

die Stange bleibt und keines der Gewichte herausgleiten kann.

Die fünf Seile werden durch die fünf Löcher der ausgeschmiedeten Platte des Gewichtsträgers durchgezogen und befestigt. Die Gewichtsträger besitzen unten einen Haken, in welchen eine Fangstange eingreift. Gewöhnlich laufen sie zwischen festen Führungen. Die Soffitten der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft unterscheiden sich ebenso wie die von Siemens & Halske in ihrer Form nicht von den Rampen. Die Aufhängevorrichtungen können feststellbar oder dreh-

Fig. 69.

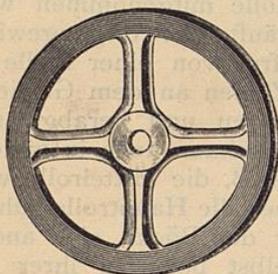
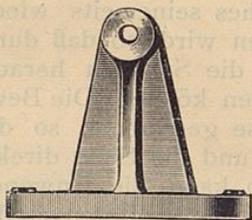


Fig. 70.



bar oder auch drehbar und feststellbar sein. Fig. 74 zeigt die Aufhängevorrichtung der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft. Die Soffitte ist in der Seitenansicht dargestellt.

Der Körper hängt an einer Kette, welche über eine Rolle führt. Letztere besitzt an ihrem Umfange Löcher und dreht sich in einem isoliert aufgehängten Bügel, welcher gleichfalls durchlöchert ist. Indem man durch Bügel und Rolle einen Stift hindurchsteckt, kann man die Soffitte in einem bestimmten Winkel zur horizontalen feststellen. Da die Rolle acht Löcher besitzt, so können acht verschiedene Neigungen gegen die horizontale Achse gebildet werden.

Fig. 71.

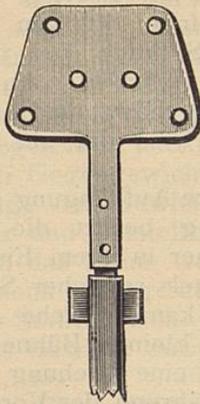
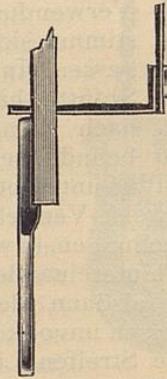
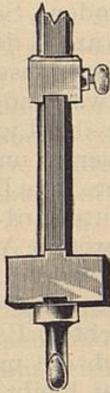
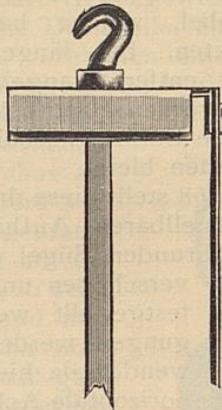


Fig. 72.



Siemens & Halske verwendet durchgehende Stangen, welche für sich aufgehängt werden und an welche wieder die Soffitten mittels Ketten aufgehängt werden.

Um der Soffitte jede beliebige Lage geben zu können, verwendet Richter, Dr. Weil & Co. Gewichtshebel, welche bei kleinen Soffitten an den Endpunkten, bei längeren Soffitten je 3 m von einander entfernt angebracht werden. An diesen Hebeln werden Sandsäcke aufgehängt und auf diese Weise die Soffitte ausbalanciert, so daß sie in jeder Lage stehen bleibt.

Fig. 68 stellt diese drehbare Aufhängung dar. Bei der feststellbaren Aufhängung besitzt die Soffitte einen halbrunden Bügel, welcher in einem Eisenstück

Fig. 73.



verschoben und mittels seitlicher Schraube festgestellt werden kann. Solche Aufhängungen werden an kleinen Bühnen angewendet, da hier auf eine Drehung um die horizontale Achse während der Vorstellung wenig Wert gelegt wird. Die Anzahl der zur Verwendung gelangenden Soffitten bestimmt sich aus der Anzahl der Kulissengassen. In jeder Kulissengasse muß eine Soffitte hängen und zwar möglichst weit nach vorn, so daß sie ihr Licht auf den

hinter ihr befindlichen Prospekt werfen und denselben möglichst bis unten beleuchten kann. Eine Drehung, beziehungsweise Verstellung der Soffitte wird erforderlich bei Vorstellungen, in welchen eine größere Anzahl Dekorationen hintereinander gebraucht werden. Dieselben kommen alsdann der Soffitte zu nahe und werden infolgedessen unvollkommen beleuchtet. Es erhält nur der obere Streifen Licht, während die untere Partie des Prospekts ziemlich unbeleuchtet bleibt. In solchen Fällen muß die Soffitte gedreht werden können und wenn dies erst nach Herablassen der Soffitte geschehen kann, wird der Verkehr auf der Bühne wesentlich gehemmt. Bährs Aufhängevorrichtung für die Soffitten ist so beschaffen, daß das Verstellen

vom Gegengewicht aus geschieht. Dies wird dadurch erreicht, daß zwei verschiebbare Gegengewichte vorhanden sind, an welchen die Drahtseile angreifen. Wenn fünf Aufhängepunkte vorhanden sind, führt das erste, dritte und fünfte direkt nach dem Seilanschluß des Gewichtsträgers, das zweite und vierte Seil dagegen führt nach einem kleinen separaten Gegengewicht, welches auf der Stange des Gewichtsträgers verschiebbar und feststellbar angebracht ist. Wird das kleine Gewicht auf der Stange nach oben geschoben, so neigt sich die Soffitte nach vorn und man kann das Gewicht soweit nach oben schieben, bis die Soffitte sich ganz gelegt hat. Es ist allerdings erforderlich, daß bei dieser Aufhängung die Aufhängepunkte der Seile 1, 3 und 5 so angeordnet werden, daß ein geringes Übergewicht von dem Seile 2 und 4 zu tragen ist und dementsprechend muß der Schwerpunkt verlegt werden.

In vielen Fällen, wie z. B. bei durchbrochenen Soffittendekorationen, ist es erforderlich, die Soffitten sehr hoch zu hängen, so daß eine hinreichende Lichtwirkung nicht erzielt werden kann, außerdem treten bei bloßer Rampen- und Oberlichtbeleuchtung immerhin seitliche Schatten auf, welche beseitigt werden müssen. Eine seitliche Beleuchtung ist daher auf der Bühne unbedingt erforderlich. Zu diesem Zwecke dienen die Kulissenbeleuchtungen und Versatzständer.

Die Kulissenbeleuchtungen auch kurz Kulissen genannt, können je nach der Zahl der in denselben

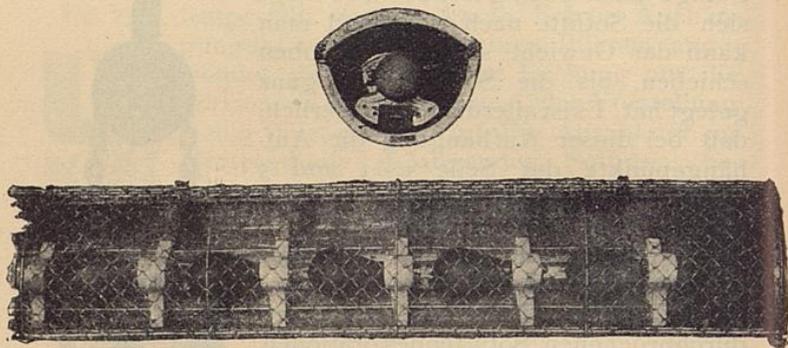
Fig 74.



angebrachten Glühlampen stehende oder liegende Fassungen erhalten.

Die Kulissenprofile sind überall ziemlich dieselben. Ein halbrunder Reflektorkörper dient zur Aufnahme der Leitungen und Fassungen und besitzt an seinem oberen Ende eine Öse zum Anhängen. Die zwei vordersten Kulissen, auch Portalkulissen genannt, werden an die Kulissenpfosten angehängt, die übrigen befinden sich auf den Kulissenwagen. Die Höhe der

Fig. 75.



Kulissen beträgt an größeren Bühnen 3—4 m; vom Bühnenfußboden gerechnet zirka 5 m, da das untere Ende der Kulisse ungefähr 1 m über dem Boden sich befindet. Fig. 75 stellt einen Kulissenkörper der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Fig. 76 und 77 solche von Richter, Dr. Weil & Co. dar, aus welchen die Art und Weise der Aufhängung ersichtlich ist. In jeder Kulissengasse befinden sich zwei Kulissen, da das Licht von beiden Seiten gleichmäßig auf die Bühne fallen muß. Es sind daher doppelt so viel Kulissen als Soffitten erforderlich. In der Regel sind



die  
der  
kul  
hint  
geb  
als  
fahr  
die  
geb  
ihre  
ang

Sei  
reg  
doc  
liss  
wer  
Ku  
zu  
für  
kar

Ku  
Bel  
ger  
sog  
Ve  
stü  
bod  
u.  
tra  
ode  
Sof  
Re  
rec  
füh

die Kulissen mit Ausnahme der zwei vordersten Portal-kulissen in jeder Gasse am hintersten Kulissenwagen angebracht und lassen sich soweit als nötig auf die Bühne hinausfahren. Um den Lichtstrahlen die erforderliche Richtung zu geben, sind die Körper um ihre vertikale Achse drehbar angeordnet.

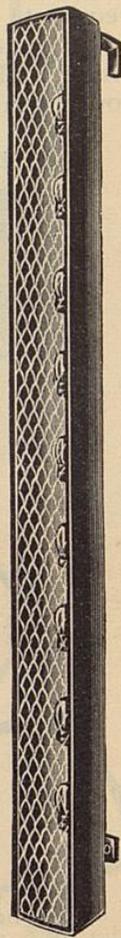
Da die Lichtwirkung der Seitenbeleuchtung nur so reguliert wird, daß alle oder doch eine größere Anzahl Kulissen gleichzeitig verdunkelt werden, empfiehlt es sich, jede Kulisse mit einem Ausschalter zu versehen, damit dieselbe für sich abgeschaltet werden kann.

Zur Unterstützung der Kulissen und zur besonderen Beleuchtung bestimmter Gegenstände, insbesondere der sogenannten Versätze oder Versatzstücke, die mittels Holzstützen und Bohrern am Fußboden befestigt, Mauern, Bäume u. dgl. darstellen, dienen die transportablen Versatzständer oder Versatzbeleuchtungen. Solche Körper bestehen aus Reflektoren von runder oder rechteckiger Form in der verschiedensten Ausführung, enthalten 10—20 Glühlampen und sind auf

Fig. 76.



Fig. 77.



eisernen Ständern verschiebbar und drehbar angeordnet.

Fig. 78—81 zeigen die Versatzständer der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Fig. 82 und 83 die von Richter, Dr. Weil & Co.

Fig. 78.

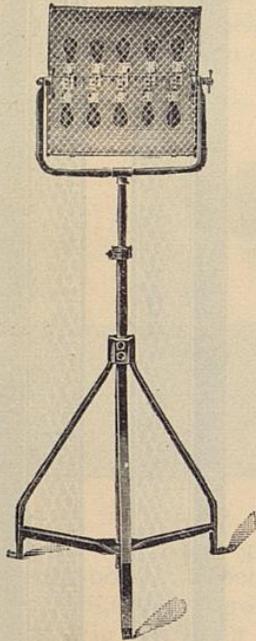
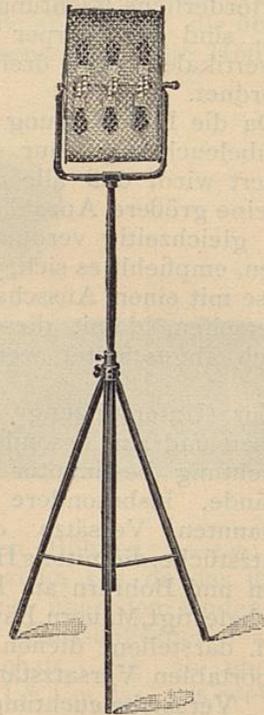


Fig. 79.



Wie bereits erwähnt, werden sämtliche Körper, Rampen, Soffitten, Kulissen und Versatzkörper an den Bühnenregulator angeschlossen und von einem bestimmten Standorte, der sogenannten Beleuchter-

Fig. 80.

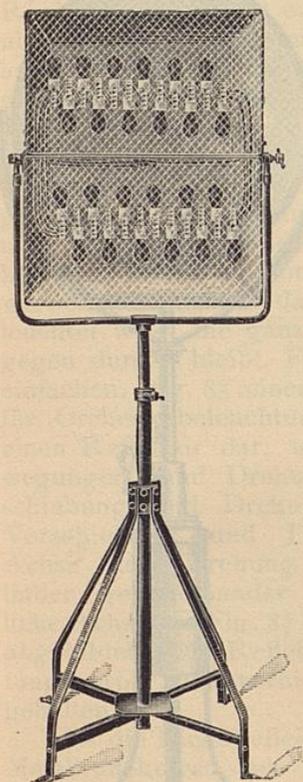
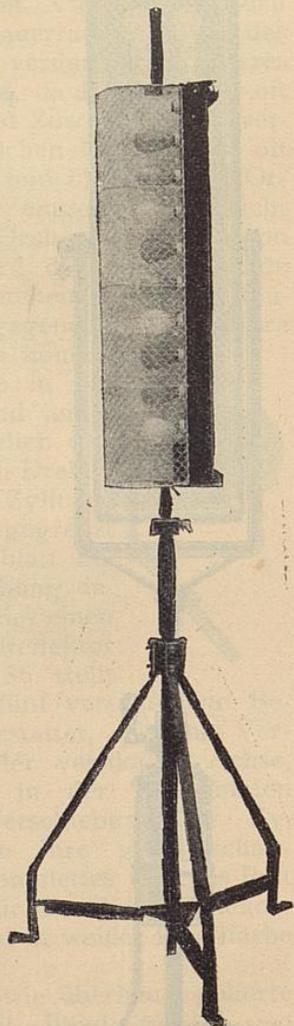


Fig. 81.



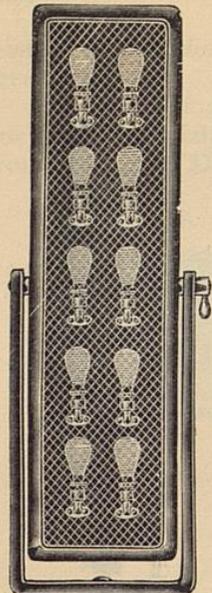
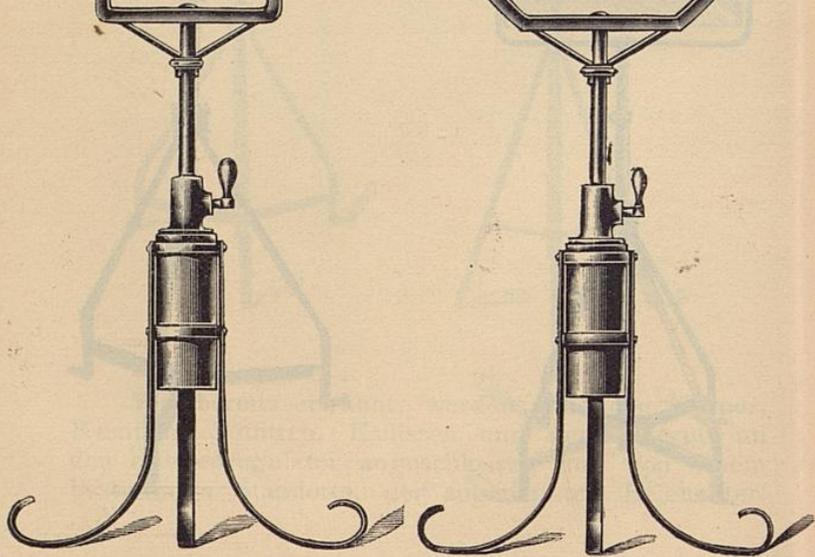
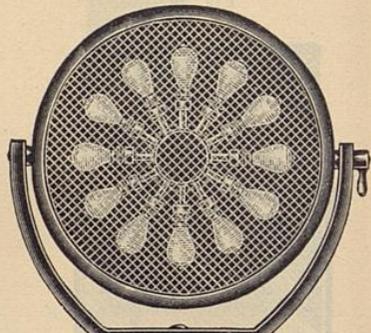


Fig. 82.

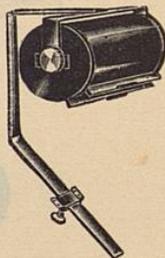
Fig. 83.



lo  
no  
Or  
ist  
Li  
du  
se  
ch  
se  
R  
ab  
ax  
ge  
un  
M  
or  
ge  
un  
ka  
we  
lev  
ge  
ei  
fü  
ei  
we  
sc  
V  
A  
lin  
lic  
ab  
tu  
ge  
M

loge aus, gemeinschaftlich bedient. Vielfach wird auch noch die Beleuchtung des Zuschauerraumes sowie des Orchesters von der Bühne aus verdunkelt. Letzteres ist jedenfalls nicht zu empfehlen, da das Orchester oft Licht braucht, wenn Bühne und Zuschauerraum verdunkelt werden müssen. In solchen Fällen wirkt oft selbst bei vertieft angelegtem und überdecktem Orchesterraum das im Orchester eingeschaltete Licht sehr störend. Durch die Orchesterlampen von Richter, Dr. Weil & Co. wird diesem Übelstande abgeholfen. Diese Lampen bestehen aus zwei konaxialen Zylindern, welche sich gegeneinander um ihre gemeinschaftliche Achse drehen können und bei welchen die Glühlampe in der Mittelachse der Zylinder liegend angeordnet ist, so daß dieselbe gänzlich eingeschlossen werden kann. Durch Drehen und Auseinanderschieben der Zylinder kann das Licht vollkommen abgegrenzt werden, so daß nur das Notenblatt beleuchtet wird, die ganze Umgebung dagegen dunkel bleibt. Fig. 84 zeigt einen einfachen, Fig. 85 einen Doppelreflektor für Orchesterbeleuchtung. Fig. 86 stellt einen Reflektor dar, welcher fünf verschiedene Bewegungen und Drehungen gestattet, nämlich Verschiebung und Drehung in der vertikalen Achse, Verschiebung und Drehung in der horizontalen Achse und Drehung und Verschiebung der Zylinder gegeneinander und um ihre gemeinschaftliche Achse. In Fig. 87 ist ein komplettes eisernes Pult abgebildet. Die Reflektoren für die Bühnenbeleuchtungskörper sind vernickelt oder in weißer Emailfarbe gehalten.

Fig. 84.



Da die Nickelreflektoren sowie überhaupt polierte Metallreflektoren mit der Zeit blind werden, so

sind die weißen Emailkörper zur allgemeinen Verwendung gelangt. Einen besseren Lichteffect kann man allerdings mit Reflektoren aus geripptem Spiegel-

Fig. 85.

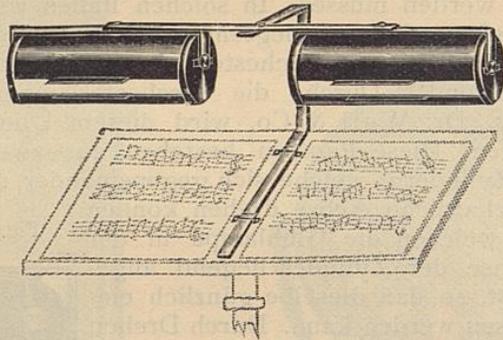
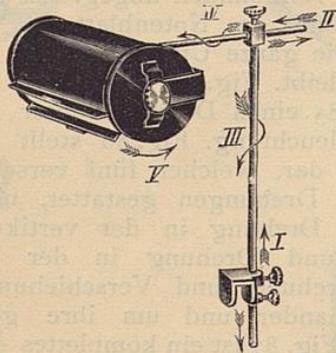


Fig. 86.



glas erzielen, doch kommen solche Reflektoren an größeren Bühnen selten zur Verwendung, da die Zerbrechlichkeit der Spiegel und die Gefahr, daß durch Herausfallen kleiner Splitter die Darsteller gefährdet

werden, dieselben als Soffitten kaum geeignet erscheinen läßt. An kleinen Bühnen und Spezialitätentheatern werden dieselben mit Vorliebe angewandt.

Fig. 87.

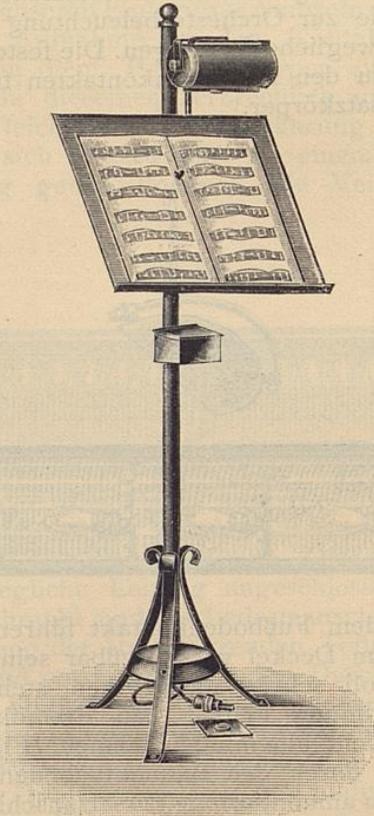
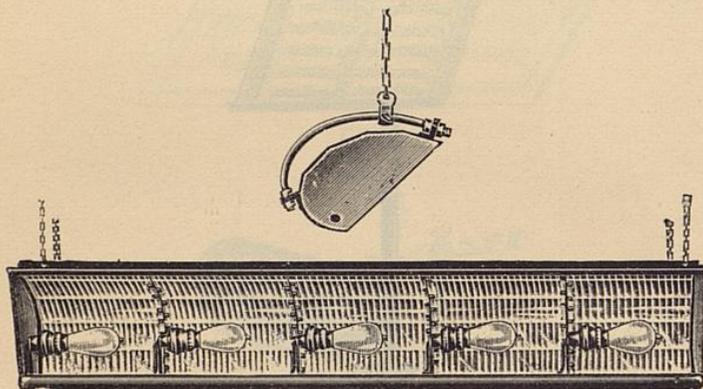


Fig. 88 zeigt einen solchen Körper, welcher einen parabolischen Querschnitt besitzt und bei welchem die Lampen liegend angeordnet sind. Derselbe wird

von Richter, Dr. Weil & Co. hauptsächlich als Probesoffitte sowie als Schaufensterbeleuchtung vorgeschlagen. Fig. 89 zeigt einen Spiegelglasreflektor mit stehend angeordneten Lampen.

Die Zuleitungen zu den Bühnenbeleuchtungskörpern sowie zur Orchesterbeleuchtung zerfallen in feste und bewegliche Leitungen. Die festen Leitungen führen bis zu den Fußbodenkontakten für Orchester und für Versatzkörper.

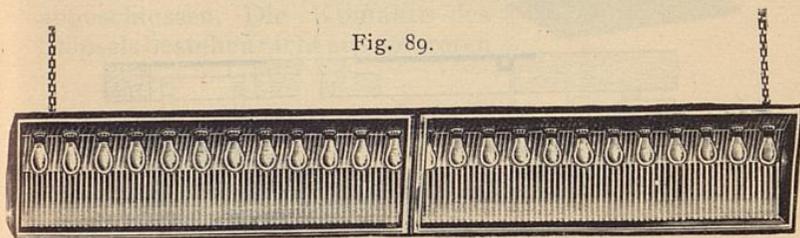
Fig. 88.



Die zu dem Fußbodenkontakt führende Öffnung muß mit einem Deckel verschließbar sein. Der Kontakt selbst soll schräg nach unten stehend soweit hinter der Öffnung liegen, daß Fremdkörper vom Boden aus nicht hineinfallen können. Fig. 90 zeigt einen Schnitt durch den Bühnenfußboden mit unterhalb desselben anmontiertem Versatzanschlußstück für Vierlampensystem. Solche Anschlußkontakte vermitteln die Verbindung zwischen festen und beweglichen Leitungen und bestehen aus zwei Teilen: dem

Anschlußstück, auch Anschlußdose genannt, und dem Anschlußstöpsel. Das Anschlußstück wird fest montiert und an die fest verlegte Leitung angeschlossen. Dasselbe besteht aus einem gußeisernen oder schmiedeeisernen Gehäuse mit Einlage aus Ambroin oder Schiefer, welches zur Aufnahme der den Kontakt bildenden Messingzapfen dient. Porzellankörper sind nicht zu empfehlen, da dieselben zerbrechlich sind und beim Zerbrechen leicht zu einer Berührung der Metallteile unter sich und somit zu einem Kurzschluß Veranlassung geben können. Die Versatzanschluß-

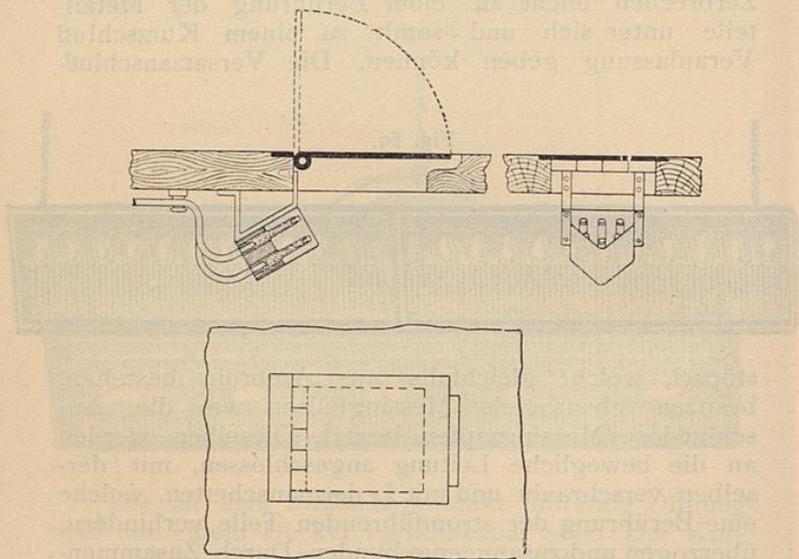
Fig. 89.



stöpsel, welche gleichfalls aus Ambroin bestehen, besitzen ebensoviele Messinghülsen wie die Anschlußdose Messingzapfen besitzt. Dieselben werden an die bewegliche Leitung angeschlossen, mit derselben verschraubt und mit Ledermanschetten, welche eine Berührung der stromführenden Teile verhindern, überzogen und zusammengebunden. Durch Zusammenstecken des Stöpsels und der Dose gelangt der Strom aus der festen in die bewegliche Leitung. Die Anschlußkontakte sind zweipolig für Einlampensystem, vierpolig für Dreilampensystem und fünfpolig für Vierlampensystem. Fig. 91 zeigt einen vierpoligen Anschlußkontakt von Siemens & Halske mit der zugehörigen Vierfachleitung, Fig. 92 einen Versatzständer mit Kabel und Anschlußkontakt für

den Bühnenfußboden. Um von einer Vierfachleitung gleichzeitig nach mehreren Versatzkörpern abzuzweigen, bedient sich Siemens & Halske sogenannter Kupplungsstücke. Dieselben sind in Fig. 93 und 94 dargestellt. Der Blechdeckel ist der Deutlichkeit halber durchsichtig gezeichnet.

Fig. 90.



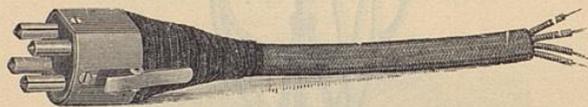
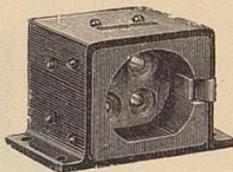
Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft versieht das bewegliche Bühnenkabel mit einer Segeltuchumhüllung und vernäht die Anschlüsse mit einer Ledermanschette.

Fig. 95 zeigt eine solche Anordnung für einen fünfpoligen Versatzanschlußstöpsel. Die zugehörige Versatzanschlußdose ist in Fig. 96 dargestellt. Fig. 97

zeigt die Verbindung einer festen mit einer beweglichen Doppelleitung durch einen zweipoligen Anschlußkontakt.

Um die Isolation der Kabel gegen Herausziehen zu schützen und die Ledermanschetten zu ersparen, bildet Richter, Dr. Weil & Co. einen stopfbüchsenartigen Verschuß und klemmt mit Hilfe desselben die Leitungsumhüllung fest. Damit ein Zug am Kabel sich auf den Kupferleiter nicht übertragen kann, wird letzterer unter Bildung einer Schleife angeschlossen. Die Kontakte des Stöpsels bestehen nicht aus mehreren

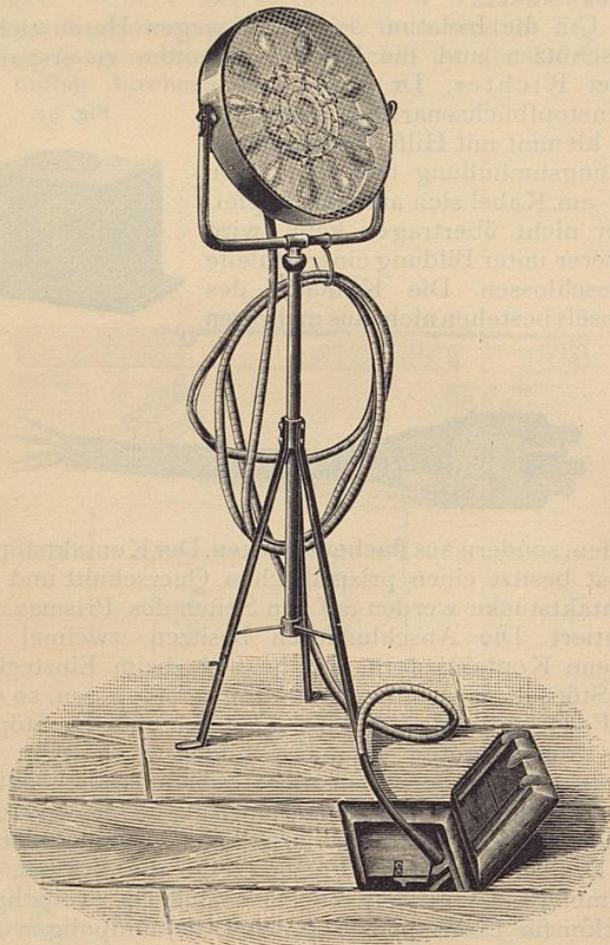
Fig. 91.



Zapfen, sondern aus flachen Stücken. Der Kontaktstöpsel selbst besitzt einen prismatischen Querschnitt und die Kontaktstücke werden auf den Seiten des Prismas aufmontiert. Die Anschlußdosen besitzen zweimal gebogene Kontaktfedern, welche sich beim Einstecken des Stöpsels gegen die Einführungswände legen, so daß die Federung begrenzt wird. Dadurch muß der Stöpsel stets einen guten Kontakt bilden, auch wenn die Kontaktflächen desselben nicht genau parallel laufen.

In Fig. 98 sind die einzelnen Teile des Systems veranschaulicht an einem vierpoligen Anschlußkontakt für Dreilampensystem. Fig. 99 zeigt die Stöpsel, zusammengesetzt mit dem Kabelanschluß. Die zweipoligen Stecker für Einlampensystem und die fünfpoligen für Vierlampensystem sind durch Fig. 100 und 101 dargestellt.

Fig. 92.



lic  
de  
po

die  
im

ma  
Se  
bo  
Le

Die Zuleitungen für die Fußrampe werden sämtlich fest verlegt und durch Anschlußklemmen mit derselben verbunden.

Fig. 102 und 103 stellen zweipolige und vierpolige Anschlußklemmen dar, wie solche direkt in

Fig. 93.

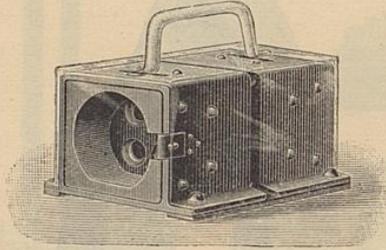
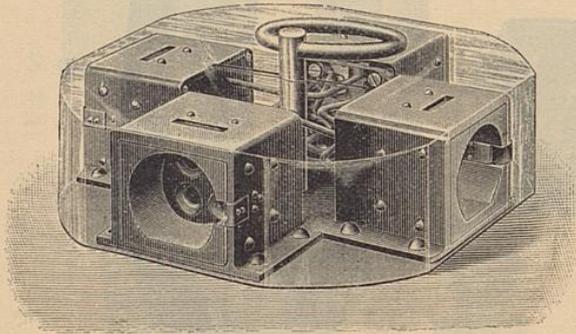


Fig. 94.



die Fußrampe hineingebaut werden und aus Fig. 66 im anmontierten Zustande zu ersehen sind.

Die festen Zuleitungen zu den Soffitten führt man bis zur Galerie, bei Bühnen jedoch, welche mit Seitenpanorama eingerichtet sind, bis zum Schnürboden, wo alsdann der Anschluß der beweglichen Leitungen erfolgt. Die festen Zuleitungen für die

Kulissen verlegt man bis zum äußersten Kulissenstand, die für die Versatzständer in der Versenkung unter dem Bühnenfußboden bis zur Seitendekoration. Die Installation der fest verlegten Leitungen ist im

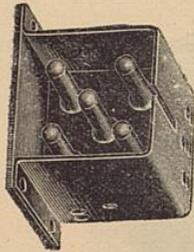


Fig. 96.

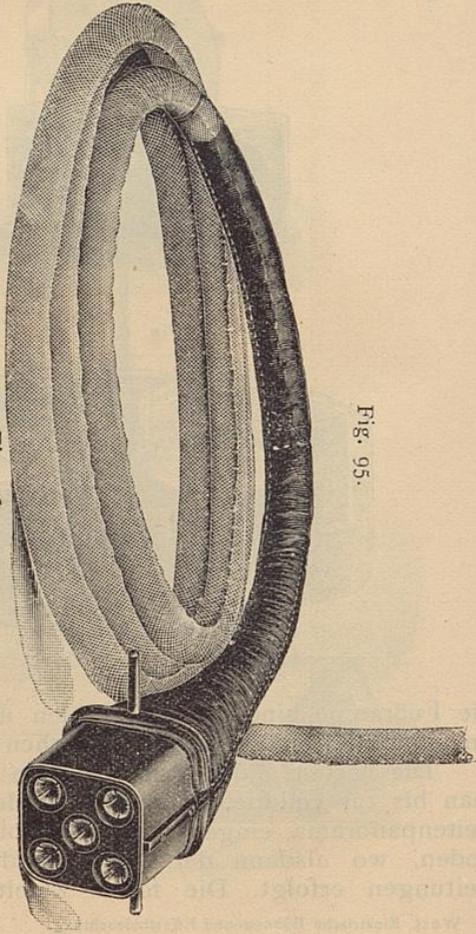


Fig. 95.

Fig. 98.

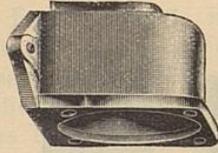


Fig. 97.

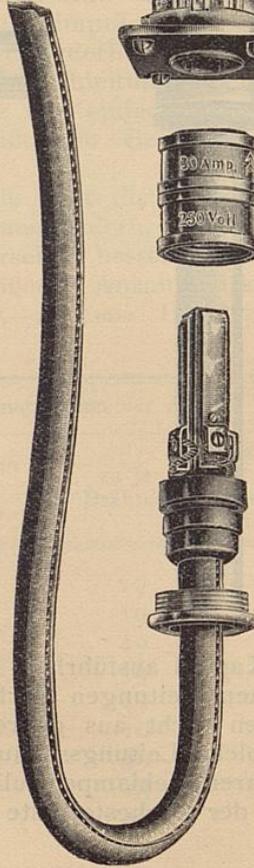
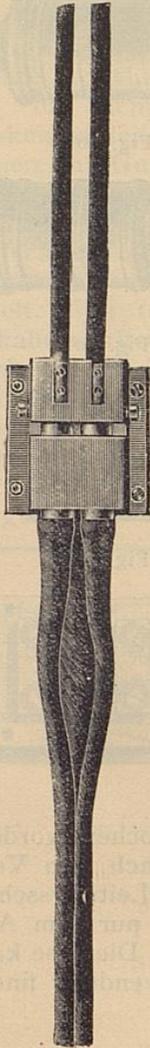


Fig. 99.

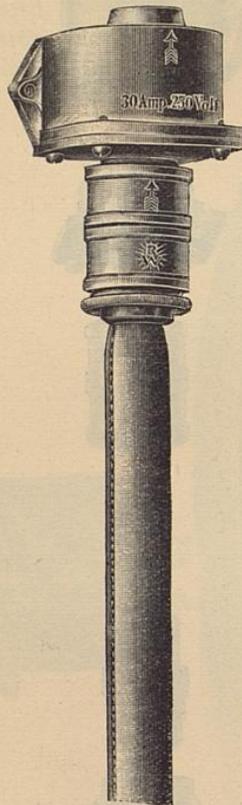


Fig. 100.

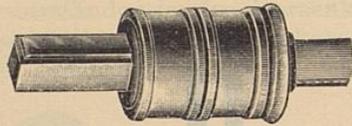


Fig. 101.

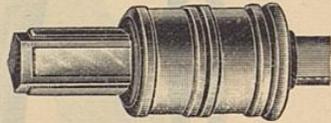


Fig. 102.

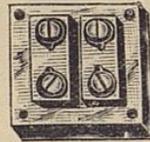
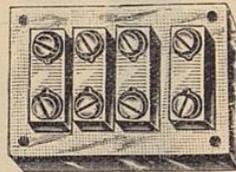


Fig. 103.



vorigen Kapitel ausführlich besprochen worden. Die beweglichen Leitungen dürfen nach den Verbandsvorschriften nicht aus gedrehter Leitungsschnur bestehen; solche Leitungsschnur ist nur zum Anschluß von tragbaren Stehlampen zulässig. Dieselbe kann zum Anschluß der Orchesterpulte Verwendung finden. Da

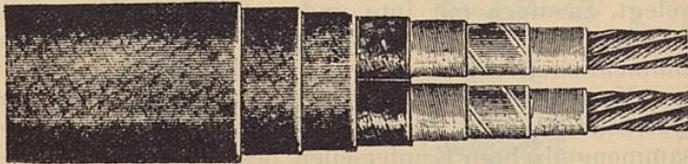
auf der Bühne sehr leicht Tapezierstifte in die Leitung hineingetreten werden, könnte bei Verwendung gedrehter Leitungsschnüre leicht Kurzschluß entstehen. Vorgeschrieben sind die sogenannten Gummibanddrähte, welche jedoch aus Kupferlitze bestehen müssen, die dem Bühnenkabel die erforderliche Biegsamkeit verleiht. Dieselben sind mit Baumwolle umspinnen, mit Gummiband umwickelt, abermals mit Baumwolle umspinnen und imprägniert. Soche Einfachleitungen werden in erforderlicher Zahl als Zweifach, Vierfach- oder Fünffachleitung nebeneinander gelegt, zweifach mit Jute und einfach mit Glanzgarn beklöppelt. Fig. 104 läßt die Beschaffenheit des Bühnenkabels erkennen.

Nachstehende Tabelle gibt die gebräuchlichsten Querschnitte der einzelnen Adern, welche aus zusammengedrehten Kupferseilen bestehen. Die Kupferseile sind aus einer größeren Anzahl, zirka 20—50, dünner Drähte von 0·5—0·65 mm Durchmesser zusammengesetzt.

Anzahl der Adern	Konstruktion der Adern		
	Querschnitt in Quadratmillimetern	zu je Drähten	Durchmesser der einzelnen Drähte in Millimetern
2	4	19	0·518
2	6	19	0·634
2	10	49	0·510
4	6	19	0·634
4	10	49	0·510
4	3 à 6 1 à 10	19	0·634
		49	0·510
4	3 à 10 1 à 16	19	0·510
		49	0·645

Die beweglichen Zuleitungen für die Soffitten müssen so lang sein, daß letztere bis auf Bühnenhöhe herabgelassen werden können. Damit die Leitung nicht in die Szene hineinhängt, befestigt man in der Mitte des Kabels eine Schnur, welche schräg nach dem Schnürboden, über Rollen nach dem Gewichtskanal geführt, mit einem kleinen Gewicht beschwert wird, die Leitung nach der Seite hin rafft und beim

Fig. 104.



Herablassen der Soffitten leicht nachgibt. Die beweglichen Leitungen für die Kulissen laufen über eine an der Decke der Versenkung kurz vor dem Anschluß an die feste Leitung befindliche Holzrolle. Zwischen dieser und dem Anschluß reitet auf der beweglichen Leitung eine zweite Rolle, an welcher ein Gegengewicht hängt. Letzteres zieht beim Vor- und Zurückfahren des Kulissenwagens die Leitung nach unten straff.

## VII. Kapitel.

### Die Bühnenregulatoren und Regulierwiderstände.

Um die gesamte Bühne sowie auch einzelne Partien derselben hell oder dunkel erscheinen zu lassen, um ferner allmählich von Helligkeit zur Dunkelheit und umgekehrt überzugehen, um endlich die Bühne in verschiedenen Farben und Schattierungen erscheinen zu lassen und auch hier einen Übergang von jeder Farbe und Farbmischung in die andere zu ermöglichen, ist es notwendig, in die elektrischen Zuleitungen zu den Bühnenbeleuchtungskörpern regulierbare Widerstände einzuschalten.

Streng genommen ist jeder Körper, welcher elektrischen Strom verbraucht, ein Widerstand. Man versteht jedoch unter einem Widerstand im engeren Sinne einen solchen Apparat, welcher nur die Aufgabe hat, elektrische Energie zu verzehren, ohne eine weitere Arbeit zu leisten. Dieser Fall tritt ein, wenn eine bestimmte Spannung nicht überschritten werden darf, sei es im Interesse einer gleichmäßigen Beleuchtung oder einer gleichmäßigen Kraftabgabe.

In diesem Falle wird eine höhere Spannung erzeugt, als an der Stromentnahmestelle erforderlich ist und die Differenz der Spannung wird durch einen regulierbaren Widerstand ausgeglichen. Ferner ist ein

Widerstand erforderlich, wenn elektrisches Bogenlicht zur Verwendung gelangt. Da die günstigste Lichterzeugung des elektrischen Lichtbogens bei 40 Volt stattfindet, so muß, wenn derselbe in einen Stromkreis von höherer Spannung eingeschaltet werden soll, die überschüssige Spannung von einem Widerstand aufgenommen werden.

Es wären also in einem Stromkreis von 65 Volt  $65 - 40 = 25$  Volt und in einem Stromkreis von 110 Volt  $110 - 40 = 70$  Volt zu vernichten.

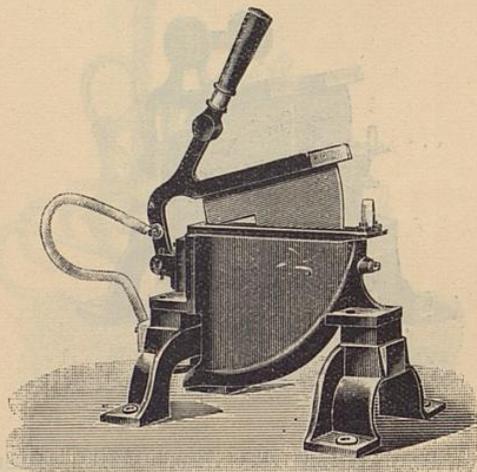
Soll eine starke Stromquelle abgeschaltet werden, so wird man häufig, um Lichtschwankungen zu vermeiden, nicht direkt abschalten, sondern zunächst auf einen Widerstand umschalten und letzteren allmählich stromlos machen. Ferner wird man, um starke Funkenbildungen zu vermeiden, oft zwischen einzelnen Kontaktstellen Widerstände einschalten. In der Galvanoplastik schaltet man Widerstände ein, um die Spannung konstant zu erhalten. Kurz die Verwendung der elektrischen Widerstände ist eine äußerst mannigfaltige.

Wird eine Regulierbarkeit der Widerstände nicht gefordert oder genügt es, wenn dieselben nur in weiten Grenzen verändert werden können, so kann man aus einer Anzahl Glühlampen den erforderlichen Widerstand bilden. Regulierbare Widerstände bildet man entweder durch Einschalten einer Flüssigkeit (in der Regel angesäuertes Wasser) oder einer Anzahl von Drahtwindungen aus besonders geeignetem Material in den Stromkreis. Die Flüssigkeitswiderstände bestehen aus einem Trog oder einer Kombination von Trögen, welche mit dem einen Teil der Zuleitung in Verbindung stehen. Der andere Teil wird an eine, beziehungsweise mehrere Blechscheiben angeschlossen, welche in der Regel aus Kupferblech bestehen und beliebig tief in den Trog eingetaucht werden können.

Fig. 105—107 zeigen einpolige, zweipolige und dreipolige Flüssigkeitswiderstände der Firma Voigt & Häffner, welche zum Anlassen von Elektromotoren dienen.

Die Füllung der Tröge erfolgt mit Soda- oder Salmiaklösung, deren Prozentgehalt in jedem Falle ausprobiert werden muß. Solche Widerstände dürfen

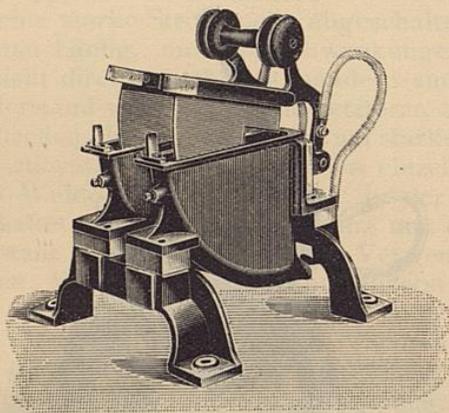
Fig. 105.



nicht dauernd in den Stromkreis eingeschaltet werden. Durch zu starke Inanspruchnahme wird die Flüssigkeit zum Verdampfen gebracht, da die vernichtete elektrische Energie sich in Wärme umsetzt. Im Jahre 1882 konstruierte bereits Hugo Bähr einen Flüssigkeitswiderstand für Bühnenzwecke, welcher in Bayreuth im »Parsifal« zur Regulierung des Lichtes im Gralsbecher diente. Derselbe bestand aus einem zirka 70 cm hohen Gestell, an dessen oberem Deckel

zwei möglichst fein zugespitzte Metallstreifen von zirka 30 cm Länge befestigt waren, an welche die Leitungsenden angeschlossen wurden. Unter diesen Metallstreifen befand sich ein hohes Glas, welches sich durch eine seitlich angebrachte Schraubenspindel in vertikaler Richtung verstellen ließ, so daß die Metallstreifen beliebig tief in das Wasser eintauchen konnten.

Fig. 106.



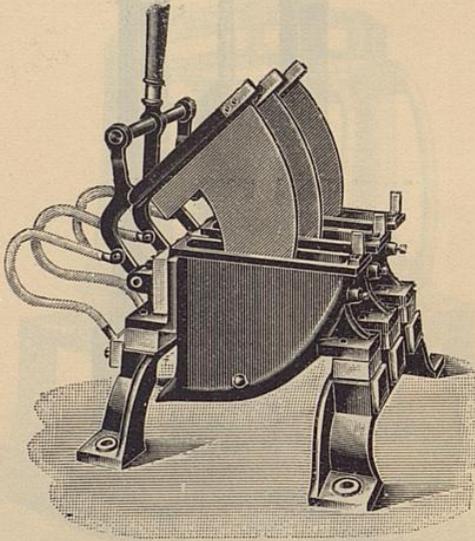
Es ist begreiflich, daß durch Eintauchen in die Flüssigkeit der Widerstand immer mehr verringert, durch Herausheben aus derselben immer mehr vergrößert wird. Ferner kann durch Entfernen der Blechscheiben von einander im Innern der Flüssigkeit der Widerstand reguliert werden. Die Metallstreifen waren bei obiger Vorrichtung gleichfalls durch eine Schraubenspindel in der Weise verbunden, daß man sie einander nähern und von einander entfernen konnte.

Wurden die Metallstreifen bis zur gegenseitigen Berührung einander genähert, so war der Widerstand

auf Null reduziert, beziehungsweise gänzlich aus dem Stromkreis ausgeschaltet.

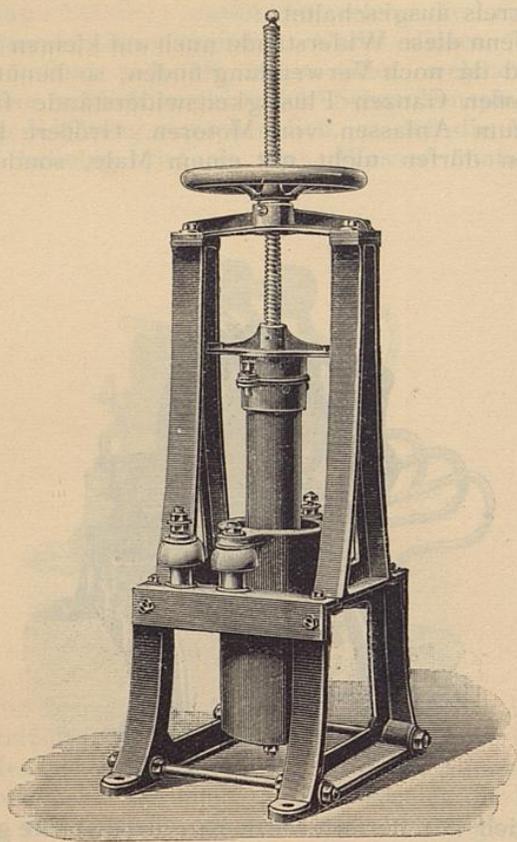
Wenn diese Widerstände auch auf kleinen Bühnen hie und da noch Verwendung finden, so benützt man im großen Ganzen Flüssigkeitswiderstände fast nur noch zum Anlassen von Motoren. Größere Elektromotoren dürfen nicht mit einem Male, sondern nur

Fig. 107.



allmählich mit der erforderlichen Stromstärke gespeist werden. Man nennt dies das Anlassen der Motoren. Hierzu leistet der Flüssigkeitswiderstand gute Dienste. Fig. 108 und 109 zeigen Flüssigkeitsanlasser von Voigt & Häffner, bei welchen ein Metallzylinder mit Hilfe einer Schraubenspindel in einem Flüssigkeitstrog auf- und abbewegt wird. Allgemein ge-

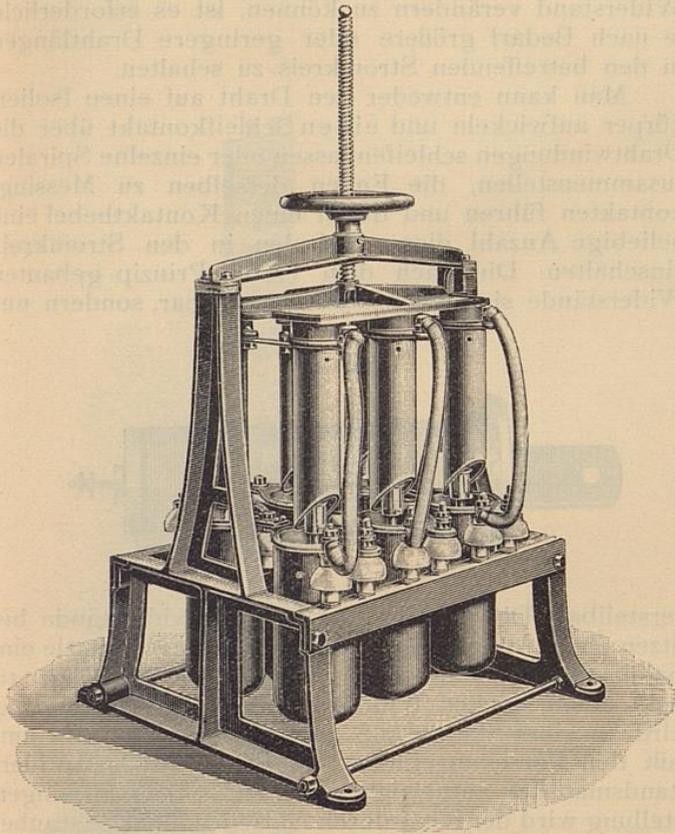
Fig. 108.



bräuchlich sind heute Widerstandsspiralen, welche aus einem Drahtmaterial von geringem elektrischem Leitungsvermögen bestehen, beziehungsweise einen großen spezifischen Leitungswiderstand besitzen. Als das geeignetste Material hat sich Neusilber, Nickelin,

Ar  
ma  
Sa  
spe  
De

Fig. 109.

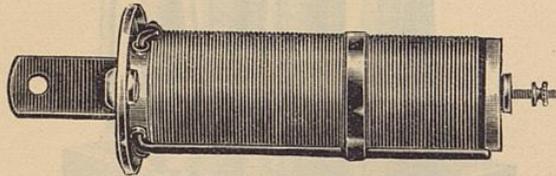


Argentan, Rheotan, Resistan usw. erwiesen. Fleitmann, Witte in Schwerte, Dr. Geitner in Aue in Sachsen und Isabellenhütte in Bonn befassen sich speziell mit der Herstellung solcher Drahtmaterialien. Der Widerstand von Rheotan und Nickelin ist un-

gefähr 30mal so groß wie der des Kupfers. Um den Widerstand verändern zu können, ist es erforderlich, je nach Bedarf größere oder geringere Drahtlängen in den betreffenden Stromkreis zu schalten.

Man kann entweder den Draht auf einen Isolierkörper aufwickeln und einen Schleifkontakt über die Drahtwindungen schleifen lassen oder einzelne Spiralen zusammenstellen, die Enden derselben zu Messingkontakten führen und durch einen Kontakthebel eine beliebige Anzahl dieser Spiralen in den Stromkreis einschalten. Die nach dem ersten Prinzip gebauten Widerstände sind meist nicht regulierbar, sondern nur

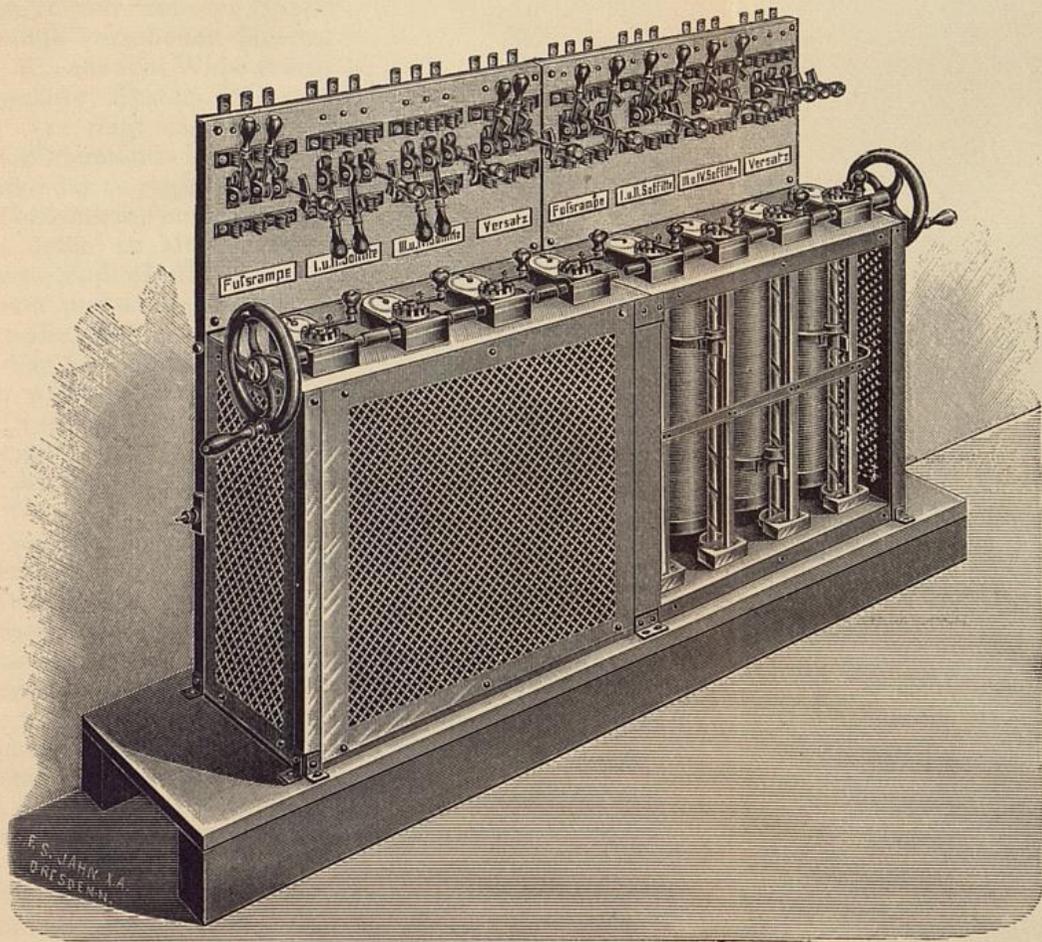
Fig. 110.



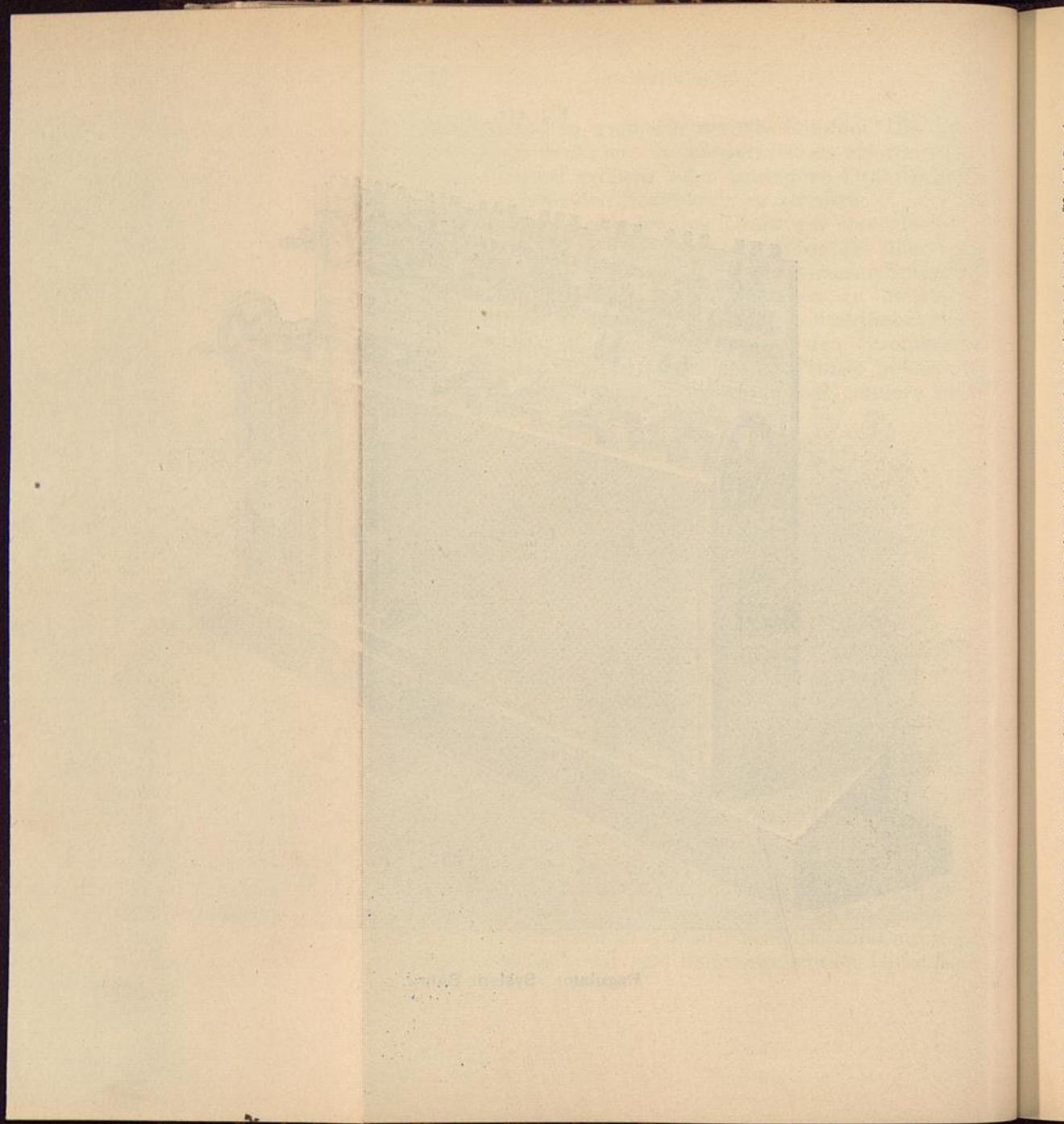
verstellbar. Die meisten Bogenlampenwiderstände besitzen diese Anordnung, da dieselben, nachdem sie einmal installiert sind, selten verändert werden. Fig. 110 stellt einen solchen Widerstand dar. Ein Messingring wird an einer Stange auf- und abgeschoben und umfaßt den Porzellanzyylinder, auf welchem das Widerstandsmaterial aufgewickelt ist. In seiner jeweiligen Stellung wird der Ring durch Anziehen einer Schraube, welche ihn zusammenklemmt, festgehalten.

Bereits im Jahre 1884 konstruierte Hugo Bähr einen Widerstand für Bühnenzwecke, bei welchem die Gewindezylinder aus Serpentinsteine bestanden und ein aus Metallfedern bestehender Schleifkontakt auf den Drahtwindungen auf- und abbewegt wurde. Diese Be-

Fig. III.



Regulator System Bähr.



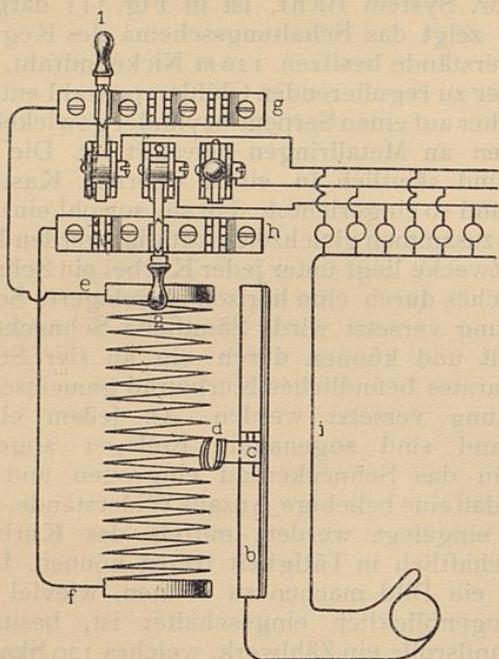
wegung wurde erzielt durch eine Schraubenspindel, an deren oberem Ende eine Kurbel sich befand. Der Schleifkontakt war auf der Spindel an einem mit Muttergewinde versehenen Messingstück befestigt.

Ein aus acht Widerstandsrollen zusammengestellter Regulator, System Bähr, ist in Fig. 111 dargestellt. Fig. 112 zeigt das Schaltungsschema des Regulators. Die Widerstände besitzen 120 m Nickelindraht, dessen Stärke der zu regulierenden Glühlampenzahl entspricht, und welcher auf einen Serpentinzyylinder gewickelt, oben und unten an Metallringen befestigt ist. Die Widerstände sind sämtlich in einen eisernen Kasten eingebaut und so eingerichtet, daß sie sowohl einzeln wie auch alle zusammen gleichzeitig betätigt werden können. Zu dem Zwecke liegt unter jeder Kurbel ein Schneckenrad, welches durch eine horizontal gelagerte Schnecke in Drehung versetzt wird. Sämtliche Schnecken sind gekuppelt und können durch ein an der Stirnseite des Apparates befindliches Kurbelrad gemeinschaftlich in Drehung versetzt werden. An jedem einzelnen Widerstand sind sogenannte Einleger angebracht, welche in das Schneckenrad eingreifen und so gestatten, daß eine beliebige Anzahl Widerstände, welche alsdann eingelegt werden, mittels des Kurbelrades gemeinschaftlich in Tätigkeit treten können. Um sich jederzeit ein Bild machen zu können, wieviel Widerstand augenblicklich eingeschaltet ist, besitzt jede Widerstandsrolle ein Zählwerk, welches 120 Skalenteile besitzt entsprechend dem auf jeder Spule befindlichen 120 m Nickelin. Das Zählwerk zeigt also jedesmal die Länge des vorgeschalteten Nickelindrahtes in Metern an. Steht der Zeiger des Zählwerkes auf 120, so befindet sich der Schleifkontakt am unteren Ende des Widerstandes, d. h. der ganze Widerstand ist vor die betreffende Glühlampengruppe geschaltet, welche infolgedessen dunkel ist. Glühlampen, welche normal



mit 110 Volt brennen, zeigen bei 35—40 Volt nur noch schwache Rotglut, sind also praktisch genommen als dunkel zu betrachten.

Fig. 112.



Um also umgekehrt eine Glühlampengruppe, welche mit 110 Volt normal brennt, verdunkeln zu können, benötigt man einen Widerstand, welcher zirka 75 Volt zu verzehren im Stande ist. Bei dem Bährschen System genügt es nun, da die Länge des Widerstandes stets dieselbe bleibt, den Querschnitt des betreffenden Nickelindrahtes festzustellen. Sollen z. B. 20 Glühlampen

verdu  
Nicke  
lastun  
von  
welch  
würde  
auf 5  
65<sup>0</sup> be  
gewäl  
I  
belast  
bei be  
horizo  
eben  
Werte

Ni
Du
mess
0
0
0
1
1
1
2
3

E  
günst  
nach  
Streif  
der i  
werde

We

verdunkelt werden, so muß der Querschnitt des Nickelindrahtes zirka  $3.5 \text{ mm}^2$  betragen. Bei dieser Belastung findet eine Erwärmung des Nickelindrahtes von  $100^\circ$  statt. Dies ist die höchste Temperatur, welche man bei Regulatoren zuläßt. Derselbe Draht würde bei Regulierung von nur 14 Glühlampen sich auf  $50^\circ$  erwärmen. Soll die Temperatur im Maximum  $65^\circ$  betragen, so müßte ein Querschnitt von zirka  $5 \text{ mm}^2$  gewählt werden.

Dr. Geitners Argentanfabrik stellt die Maximalbelastungen von Nickelindrähten und Nickelinstreifen bei besten Abkühlungsverhältnissen auf, indem einzelne horizontal ausgespannte Drähte und Streifen bis zu eben beginnender Dunkelrotglut belastet werden. Die Werte sind folgende:

Nickelindrähte		Nickelinstreifen $0.3 \text{ mm}$		
Durchmesser $\text{mm}$	Maximale Belastung in Ampere	Breite $\text{mm}$	Widerstand für $1 \text{ m}$ Länge in Ohm	Maximale Belastung in Ampere
0.4	3	10	0.113	40
0.6	7	15	0.0889	60
0.8	11	20	0.0667	80
1.25	20	25	0.0533	90
1.50	28	30	0.0444	120
1.75	35	35	0.0381	150
2.00	40	40	0.0333	160
3.00	60	45	0.0296	170

Bei Regulatoren ist jedoch mit wesentlich ungünstigeren Abkühlungsverhältnissen zu rechnen und je nach der Dauer der Belastung sollen die Drähte und Streifen nur bis zur Hälfte oder höchstens zwei Drittel der in der Tabelle enthaltenen Stromstärke belastet werden. Eine stärkere Belastung kann nur auf Grund

besonderer Versuche mit dem betreffenden Apparate als zulässig betrachtet werden.

Eine Erwärmung von  $100^{\circ}$  kann man bei Bühnenregulatoren zulassen, wenn die Drahtwindungen entsprechend geschützt und in einem Eisengehäuse untergebracht sind. Aus Fig. 112 ist ersichtlich, wie die Schaltungsanordnung zu treffen ist um mit Hilfe eines einzigen Widerstandes drei Farben derart zu regulieren, daß man stets eine beliebige Farbe erhellen und gleichzeitig eine zweite verdunkeln kann und umgekehrt. Man kann also z. B. von rot in grün oder von weiß in rot oder grün, von grün in rot oder weiß allmählich übergehen. Zu diesem Zwecke sind drei Umschlaghebel erforderlich. Der Strom geht von der Dynamomaschine oder den Sammelschienen in die Führungsschiene *b*, nach dem Gewindestück *c* mit Schleifkontakt *d*.

Zwischen der oberen Schiene *g* und der unteren Schiene *h* befinden sich drei getrennte Mittelkontakte, in welchen die Drehpunkte der Umschalthebel sich befinden und welche an die drei Einzelleitungen angeschlossen sind. Der Anfang des Widerstandes wird an die obere, das Ende desselben an die untere Schiene angeschlossen. Man kann also sowohl die obere wie die untere Schiene mit allen drei Farben in Verbindung bringen.

Bei der gezeichneten Stellung der Hebel geht der Strom von *d* aus einerseits nach *e* und *g* durch Hebel 1 in die erste Lampengruppe, andererseits nach *f* und *h* durch Hebel 2 in die dritte Lampengruppe und durch die gemeinschaftliche Rückleitung zurück. Es ist also der obere Teil des Widerstandes vor die erste und der untere Teil vor die dritte Lampengruppe geschaltet. Bewegt man nun den Schleifkontakt *d* aufwärts, so wird der Widerstand vor der ersten Lampengruppe verringert und die be-

tref  
abe  
grö  
Auf  
der  
nach  
3 n  
Fall  
Wir  
ein  
näch  
lasse  
schl  
Kon  
dies  
2 an  
lang  
wird  
brac  
Stel  
nun  
wer  
allm  
rot  
gesc  
in v  
finde  
vert  
Zähl  
ganz  
stric  
dies  
eine

beid  
schic

treffenden Lampen brennen heller, gleichzeitig wird aber der Widerstand vor der dritten Gruppe vergrößert und diese Lampengruppe wird dunkler. Durch Aufwärtsbewegung des Kontaktes geht man also von der dritten in die erste Farbe über. Wenn nun Hebel 1 nach den weißen, Hebel 2 nach den roten und Hebel 3 nach den grünen Lampen führt, so wird in diesem Falle ein Übergang von rot in weiß herbeigeführt. Wird der Kontakt abwärts bewegt, so wird umgekehrt ein Übergang aus weiß in rot erzielt. Will man zunächst nur die weißen Lampen allmählich hell werden lassen, so setzt man Hebel 2 und 3 außer Tätigkeit, schließt Hebel 1 an die Schiene *g* und bewegt den Kontakt langsam von unten nach oben. Will man aus dieser Stellung in Rot übergehen, so legt man Hebel 2 an die untere Schiene *h* und bewegt den Kontakt langsam von oben nach unten. Durch diese Bewegung wird Morgenrot und Abendrot zum Ausdruck gebracht. Schaltet man nun Hebel 1 ab, legt an dessen Stelle Hebel 3 an die obere Schiene *g* und bewegt nun den Kontakt wieder von unten nach oben, so werden die roten Lampen verdunkelt und die grünen allmählich erhellt. Dies ist der Übergang von Abendrot in Mondschein. Die Bewegungen des Kontaktes geschehen mit Hilfe der Kurbel und können sowohl in vertikaler wie auch in horizontaler Richtung stattfinden, je nachdem die Widerstände horizontal oder vertikal gelagert werden. Wenn bei den Bährschen Zählwerken die Zeigerstellung 120 anzeigt, daß der ganze Widerstand vorgeschaltet ist, während bei Teilstrich 1 kein Widerstand vorgeschaltet ist, so gilt dies nur dann, wenn es sich um einfache Verdunklung einer einzigen Glühlampengruppe handelt.

Bei Anordnung nach Schema Fig. 112 sind jedoch beide Enden des Widerstandes an die beiden Sammelschienen geschlossen und während eine Lampengruppe

Vorschaltwiderstand erhält, wird von einer zweiten Vorschaltwiderstand entfernt.

Will man einen Umschlaghebel umschalten, so kann dies nur geschehen, wenn die betreffende Lampengruppe vollkommen abgeschaltet, also wenn der ganze Widerstand vorgeschaltet ist. Nur dann kann ohne direkte Lichtwirkung umgeschaltet werden. Man kann also, wenn der Zeiger auf 120 steht, den Hebel an die obere Schiene, und wenn der Zeiger auf 1 steht, den Hebel an die untere Schiene legen. Es ist begreiflich, daß diese Vorsichtsmaßregel hier und da außeracht gelassen werden kann und so oft dies geschieht, wird, da die zweite Farbe eingeschaltet, ehe die erste vollständig verdunkelt ist, ein sprungweises Übergehen aus einer Farbe in die andere sichtbar.

Man wird es daher vielfach und speziell an größeren Bühnen vorziehen, zwei Widerstände zu verwenden, von welchen jeder zur Verdunklung, beziehungsweise Erleuchtung einer bestimmten Lampengruppe dient, so daß man in der Lage ist, die Farbenwirkungen unabhängig von einander zu schwächen und zu verstärken.

Solche Apparate erfordern allerdings einen großen Raum und eine umsichtige Bedienung. Bähr verwendet für größere Regulatoren Doppelwiderstände, deren Schaltungsanordnung in Fig. 113 dargestellt ist.

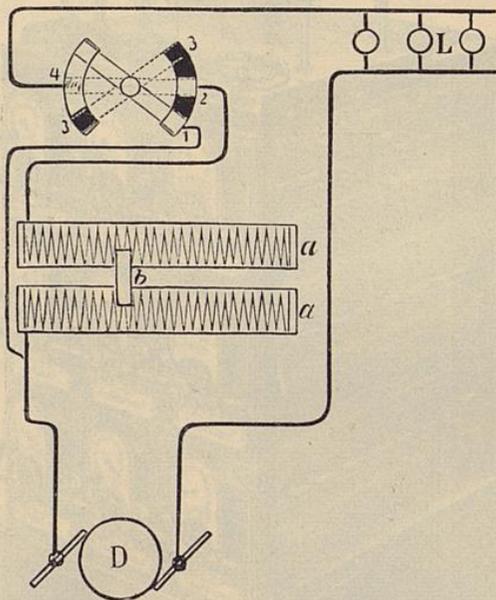
Die Schalthelme sind so angeschlossen, daß man aus jeder Stellung sofort den ganzen Widerstand so wie auch die ganze Lampengruppe abschalten, also sowohl absolute Dunkelheit wie auch volle Helligkeit herstellen kann. In Stellung 2 ist ein Teil des Widerstandes vorgeschaltet, in Stellung 1 brennt die Lampengruppe mit voller Stromstärke in Stellung 3 ist dieselbe gänzlich abgeschaltet. Eine Kombination solcher Widerstände zeigt Fig. 114. Die untersten Widerstände sind gänzlich abgeschaltet, also auf volle Helligkeit

eing  
also  
ges  
Die  
wen

für s  
Es v  
erfor  
ganz  
ben  
gele  
Soff

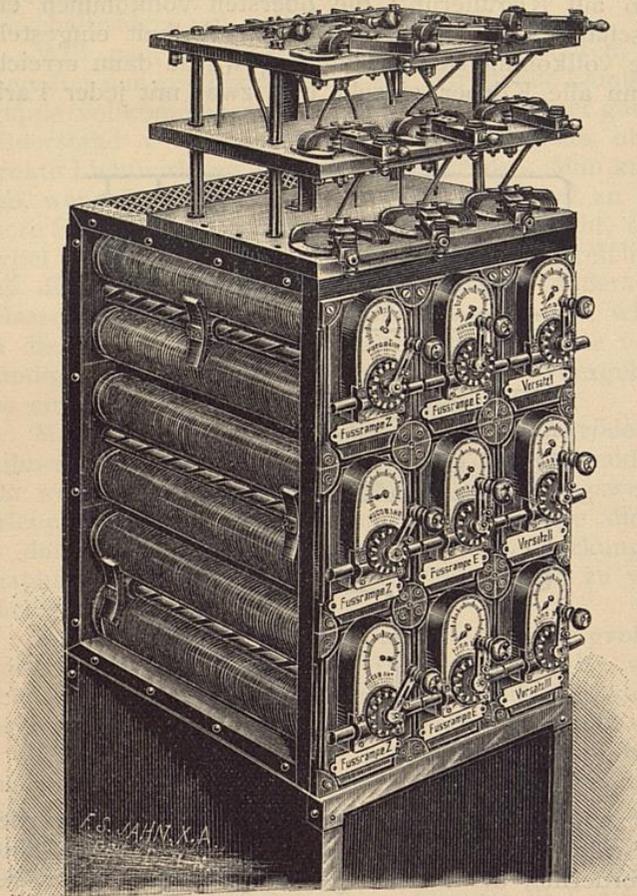
eingestellt. Die mittelsten sind zum Teil eingeschaltet, also auf Regulierung die obersten vollkommen eingeschaltet, also auf gänzliche Dunkelheit eingestellt. Die vollkommenste Regulierung würde dann erreicht, wenn alle Körper einzeln und zwar mit jeder Farbe

Fig. 113.



für sich an den Bühnenregulator angeschlossen würden. Es wären dann zunächst dreimal so viel Widerstände erforderlich als dreifarbige Körper installiert wären, ganz abgesehen von den für die einfarbigen Körper benötigten Widerständen. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß es nur erforderlich ist, die hängenden Soffitten einzeln unabhängig von einander zu regulieren.

Fig. 114.



Die Kulissen rechts und die Kulissen links werden mit je einem Regulierwiderstand versehen. Rechte Fußrampe und rechte Portalkulisse, linke Fußrampe

Aus

und  
Regu  
gleich  
mein  
Bühn  
komm

O

zirka

3 × 8

Lamp

einfar

I

Wid

Wid

bunde

beziel

die V

techn

um sc

und

besch

I

so da

stand

strom

I

schwa

streich

Spira

die K

ein,

Kurb

kein

und linke Portalkulisse erhalten ebenfalls je einen Regulierwiderstand. Die Versatzkörper pflegt man gleichfalls, in größerer Anzahl zusammengefaßt, gemeinschaftlich zu regulieren. Für eine moderne Bühne von zirka 12 *m* Portalweite und 20 *m* Tiefe kommen etwa in Frage:

9 Oberlichter (Soffitten), je 10—15 *m* lang mit zirka  $3 \times 50$  Glühlampen.

10 ( $2 \times 5$ ) Kulissen, 3—4 *m* hoch, mit zirka  $3 \times 8$  Lampen.

2 Rampenhälften, 5—6 *m* lang, mit zirka  $3 \times 20$  Lampen.

10—15 dreifarbig-e Versatzkörper und ebensoviel einfarbig-e Versatzkörper.

Der Umstand, daß man in der Elektrotechnik die Widerstandsregulatoren so konstruierte, daß einzelne Widerstandsspiralen mit Metallkontakten leitend verbunden, durch eine Kurbel nacheinander eingeschaltet, beziehungsweise hintereinander geschaltet werden, gab die Veranlassung, auch in der Bühnenbeleuchtungstechnik zu dieser Kontakthanwendung überzugehen, um so mehr, da durch dieselbe ein bedeutend sicherer und zuverlässiger Kontakt erzielt wird, wie bei der beschriebenen Methode.

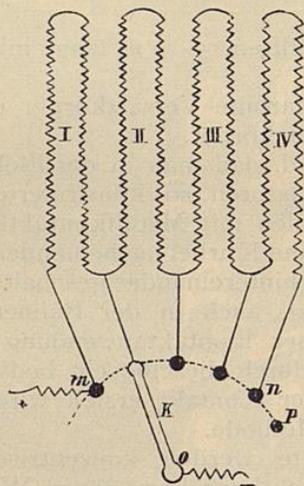
Die Kontakte werden konzentrisch angeordnet, so daß die Kontaktkurbel auf ihrem Wege die Widerstandsspiralen der Reihe nach vor den Glühlampensstromkreis schaltet.

Fig. 115 zeigt die Metallkontaktscheiben als schwarze Punkte, die um *o* drehbare Kurbel *k* bestreicht der Reihe nach alle Metallkontakte. Die Spiralen I—IV sind mit ihren Verbindungsstellen an die Kontakte geschlossen. Der Strom tritt bei *m* ein, durchfließt den Regulator und tritt durch die Kurbel *k* nach *o* aus. Steht der Hebel auf *m*, so ist kein Widerstand eingeschaltet, steht er dagegen auf

$n$ , so muß der Strom sämtliche Widerstände passieren, ehe er durch  $o$  austreten kann.

Die schematische Darstellung von Fig. 115 entspricht der tatsächlichen Ausführung insofern nicht, als zwischen den einzelnen Kontakten eine Stromunterbrechung stattfinden würde. Dies darf nicht ge-

Fig. 115.



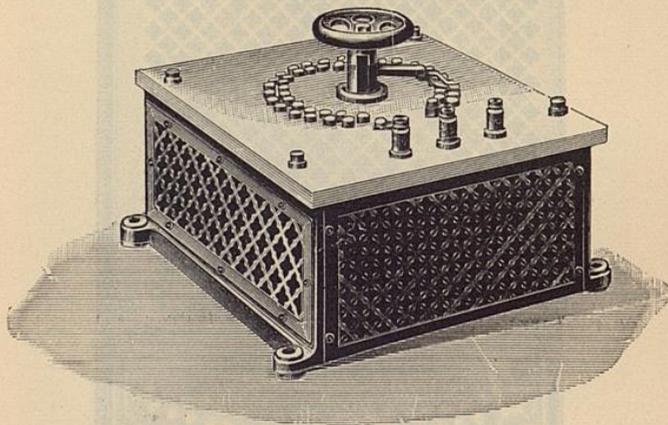
schehen und es müssen deshalb die Kontakte so nahe zusammenliegen, daß die Kurbel niemals eine Mittelstellung einnehmen kann.

Die aus einer Spulenanordnung bestehenden Verdunkelungswiderstände von Voigt & Häffner (Fig. 116) sind so konstruiert, daß die Kontaktebene in der Horizontalen liegt. Sollen mehrere Widerstände kombiniert werden, so verwendet genannte Firma die stehende Anordnung nach Fig. 117, bei welcher die

Kontaktebene in der Vertikalen liegt und die einzelnen Spiralen sich nebeneinander befinden.

Fig. 118 zeigt einen dreifachen Verdunklungswiderstand. Die Widerstände dieser Type besitzen 50 Kontakte und eignen sich hauptsächlich für Stromkreise mit nicht mehr als 2·5—3 Kilowatt Belastung pro Widerstand. Durch den großen Schaltweg des Regulierhebels wird ein langsames und sicheres Regulieren ermöglicht. Fig. 119 stellt einen größeren aus

Fig. 116.

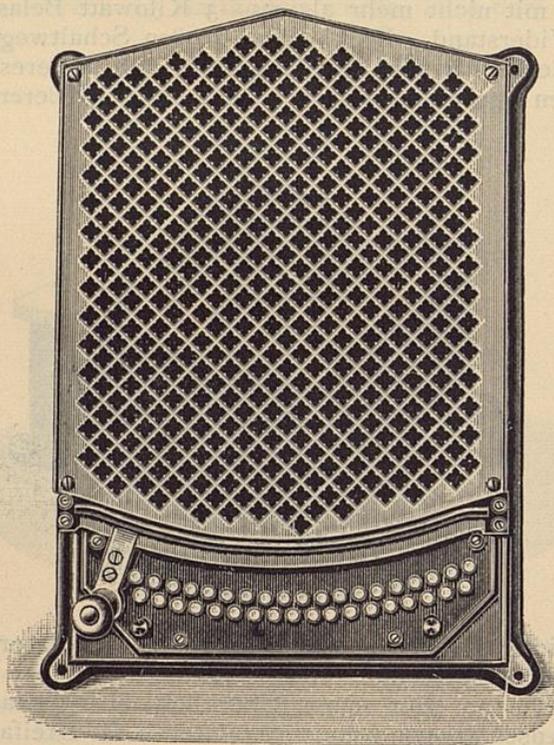


11 Widerständen bestehenden Bühnenregulator dar mit Farbenumschalter und Sicherungen.

Fig. 120 gibt einen Überblick über Schaltung und Anschluß von Bühnenregulatoren für Dreifarbensystem. Es sind drei Doppelrheostate gewählt. Die Farbenschalttafel enthält je eine doppelpolige Sicherung für jede Reguliergruppe. Der Einfachheit halber sind nur eine Rampe und drei Soffitten angenommen. Die Fußrampe und vorderste Soffitte werden getrennt,

die zwei hintersten Soffitten gemeinschaftlich reguliert. Die oberen Enden der ersten Widerstandshälften werden an die untere Kontaktreihe und die unteren

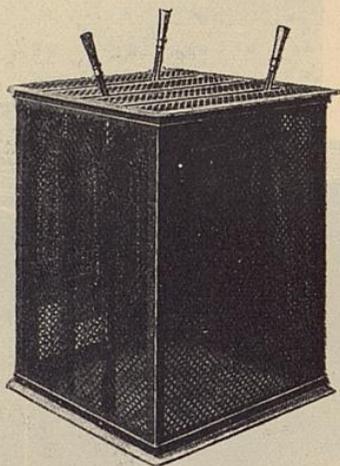
Fig. 117.



Enden der zweiten Widerstandshälften an die obere Kontaktreihe geschlossen. Die Mittelkontakte, welche gleichzeitig die Drehpunkte der Umschalthebel bilden, dienen zum Anschluß der drei Farbengruppen der

Beleuchtungskörper und zwar in der Reihenfolge weiß, rot, grün. Die Regulierung geht, wie bereits durch Fig. 112 erläutert, vor sich. Bei dieser Hebelanordnung, welche übrigens an großen Bühnen nicht anwendbar ist, besteht der Nachteil, daß es nicht möglich ist, ein bestimmtes Mischungsverhältnis zwischen zwei Farben auszuprobieren und diese Mischung beliebig dunkel oder hell werden zu lassen. Es ist

Fig. 118.

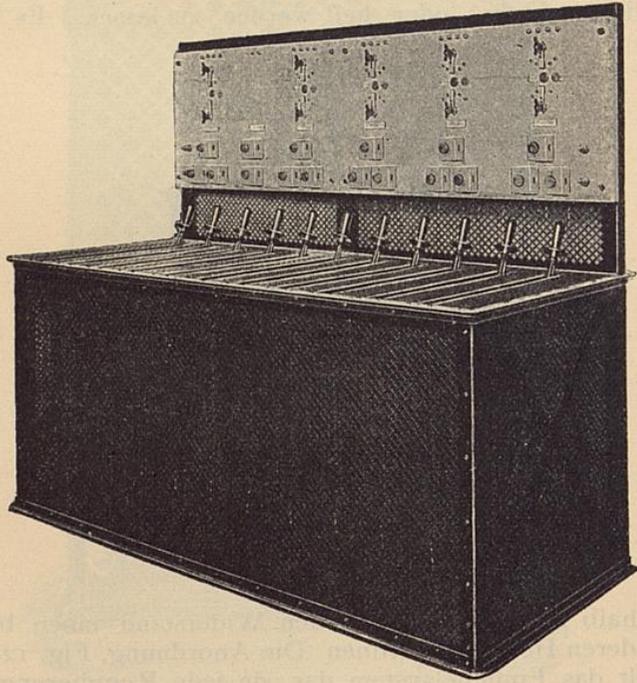


deshalb notwendig, für jeden Widerstand einen besonderen Hebel anzuordnen. Die Anordnung, Fig. 120, stellt das Einhebelsystem dar, da jede Regulierungsgruppe nur einen Hebel besitzt. Wären für jeden Doppelrheostat zwei einfache Rheostaten mit je einem Regulierhebel angeordnet, so entspräche diese Anordnung dem Zweihebelsystem. Hat endlich jede Farbe beim Dreifarbensystem ihren eigenen Wider-

stand und ihren eigenen Hebel, so ist der Regulator nach dem Dreihebelsystem gebaut.

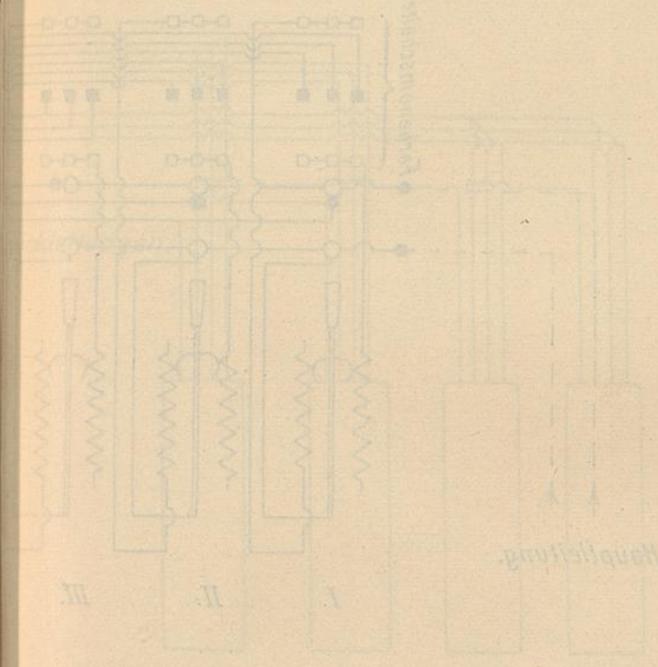
Wird die Vorrichtung getroffen, daß die Hebel in jeder Lage gekuppelt werden können, so läßt sich jedes Mischungsverhältnis gleichmäßig regulieren.

Fig. 119.



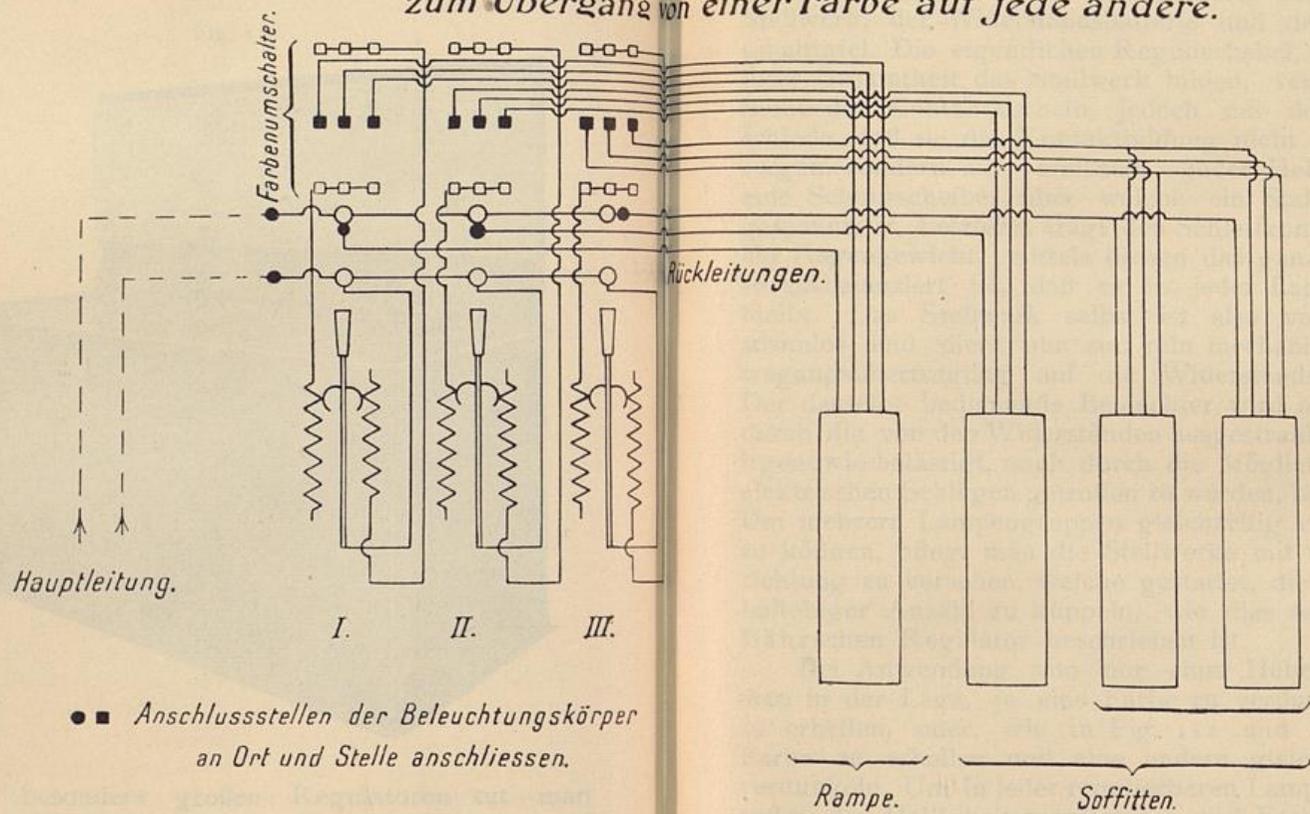
Bei besonders großen Regulatoren tut man gut, die Widerstände in der Versenkung oder auf dem Schnürboden unterzubringen und nur den Regulierungsmechanismus auf der Bühne anzuordnen.

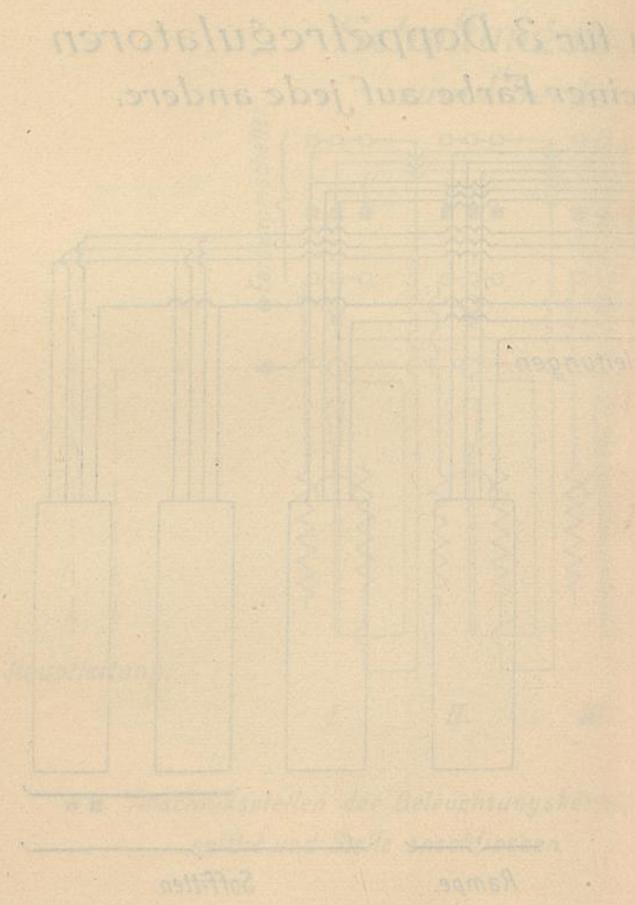
rotatorischer Schaltungsplan  
 wobei jede Lampe für sich



• Anschlüsse der Beleuchtungsstellen  
 an Ort und Stelle anschließen

## Schaltungsschema für 3 Doppelregulatoren zum Übergang von einer Farbe auf jede andere.





Diese  
 enthä  
 runge  
 Farbe  
 Bühn  
 Stellv  
 schalt  
 ihrer  
 Stelle  
 schie  
 sorgen  
 eine  
 gespa  
 ein G  
 so au  
 bleibt  
 strom  
 wegu  
 Der d  
 durch  
 irgen  
 elektr  
 Um n  
 zu kö  
 richtu  
 belie  
 Bühn  
 I  
 man  
 zu er  
 Farbe  
 verdu  
 außer  
 lung  
 gang  
 verwe

Dieser Reguliermechanismus, auch Stellwerk genannt, enthält sämtliche Regulierhebel, während die Sicherungen und Umschalthebel auf einer besonderen Farbenschalttafel untergebracht sind. Ein großer Bühnenregulator besteht also aus drei Teilen: dem Stellwerk, der Widerstandsbatterie und der Farbenschalttafel. Die eigentlichen Regulierhebel, welche in ihrer Gesamtheit das Stellwerk bilden, vertreten die Stelle der Kontaktkurbeln, jedoch mit dem Unterschiede, daß sie die Kontaktbildung nicht direkt besorgen, sondern nur vermitteln. Jeder Hebel besitzt eine Schnurscheibe, über welche ein Stahldrahtseil gespannt ist. Letzteres trägt den Schleifkontakt sowie ein Gegengewicht, mittels dessen das ganze System so ausbalanciert ist, daß es in jeder Lage stehen bleibt. Das Stellwerk selbst ist also vollkommen stromlos und dient nur zur rein mechanischen Bewegungsübertragung auf die Widerstandsbatterien. Der dasselbe bedienende Beleuchter wird also weder durch die von den Widerständen ausgestrahlte Wärme irgendwie belästigt, noch durch die Möglichkeit, von elektrischen Schlägen getroffen zu werden, beunruhigt. Um mehrere Lampengruppen gleichzeitig verdunkeln zu können, pflegt man die Stellwerke mit einer Vorrichtung zu versehen, welche gestattet, die Hebel in beliebiger Anzahl zu kuppeln, wie dies schon beim Bährschen Regulator beschrieben ist.

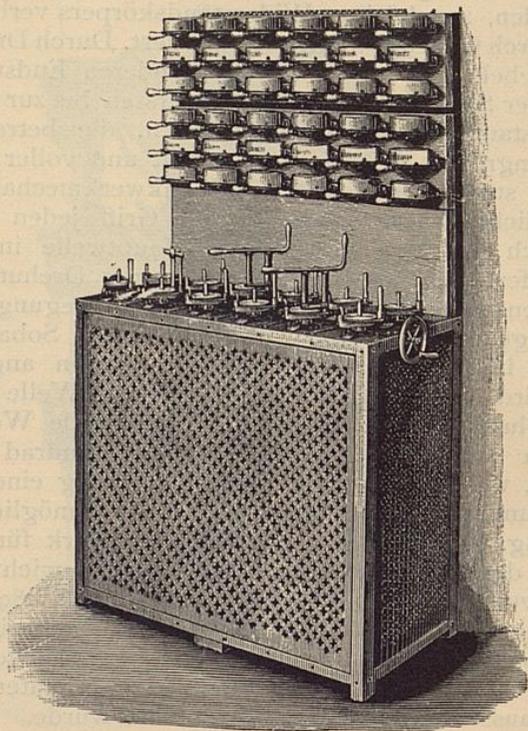
Bei Anwendung von nur einer Hebelreihe ist man in der Lage, je eine Farbe zu verdunkeln und zu erhellen, oder, wie in Fig. 112 und 120, eine Farbe zu erhellen und eine andere gleichzeitig zu verdunkeln. Um in jeder regulierbaren Lampengruppe außer der Helligkeitsregulierung und Farbeneinstellung auch die Möglichkeit des allmählichen Überganges von jeder Farbe auf jede andere zu besitzen, verwendet man zwei Hebelreihen, so daß durch ge-

eignete Farbenumschalter je zwei oder drei Farben so reguliert werden können, daß ein Übergehen von einer Farbe auf eine andere bei den verschiedensten Helligkeitsgraden stattfinden kann. Am bequemsten und übersichtlichsten gestaltet sich die Regulierung bei Verwendung von drei Hebelreihen, von denen je eine Hebelreihe zum Regulieren jeder einzelnen Farbe dient. Das Dreihebelsystem gestaltet sich jedoch wesentlich teurer, wie das Zweihebelsystem, weshalb letzteres an kleinen Bühnen immer noch vielfach Anwendung findet. Man unterscheidet also sowohl bei Einfarbenschaltung wie auch bei Dreifarbenshaltung Bühnenregulatoren nach dem Einhebel-, Zweihebel- und Dreihebelsystem. Alle diese Systeme werden mit und ohne Kuppelung der Regulierhebel ausgeführt.

Der erste von Siemens & Halske gebaute Regulator für Dreifarbensystem war für kleine Bühnen bestimmt und entsprach dem Zweihebelsystem. Wie bei dem Bährschen Regulator war für jede dreifarbigige Lampengruppe nur ein einziger Widerstand vorhanden. Dieser Regulator, Fig. 121, besteht aus einer Anzahl von Regulierwiderständen, welche auf stehenden eisernen Zylindern aufgewickelt und in ihrer Gesamtheit in einen Kasten aus perforiertem Blech eingebaut sind. Die Kontakte, welche durch die Regulierhebel betätigt werden, schleifen jedoch nicht, wie bei dem Bährschen System, direkt auf dem Widerstandsdraht, sondern jeder Widerstand ist in Stufen eingeteilt, von welchen Einzelleitungen nach den kommutatorartig ausgebildeten Kontaktscheiben führen. Die Regulierhebel besitzen Schleifbürsten, welche bei der Drehung die Widerstände stufenweise einschalten. Die Hebel lassen sich mit einer Kettenübertragung kuppeln und gemeinschaftlich durch Drehung eines seitlichen Handrades verstellen. Die

entsprechenden Umschalter sind an einer oberhalb der Widerstände befindlichen Holztafel befestigt. Die vollkommene Trennung des Stellwerks von der

Fig. 121.



Widerstandsbatterie und die Einstellung der Schleifkontakte mittels Seilzügen vom stromlosen Regulator aus wurde im Juni 1890 im Theater an der Wien ausgeführt. Siemens & Halske führt die Stellwerke nach zwei verschiedenen Bauarten aus.

Bei der älteren Konstruktion sitzen in einem gußeisernen Gestell zwei oder drei horizontale Stahlwellen, auf welchen die Regulierhebel einzeln von Hand drehbar aufgereiht sind. Jeder Hebel ist durch einen Drahtzug mit dem Schleifkontakt des entfernt liegenden, zugehörigen Widerstandskörpers verbunden und durch Gegengewicht ausbalanciert. Durch Drehung des Hebels von der einen zur anderen Endstellung wird der Schleifkontakt von der ersten bis zur letzten Widerstandsstufe verschoben, d. h. die betreffende Lampengruppe zwischen Dunkelheit und voller Lichtstärke stetig reguliert. Ein Klinkwerkmechanismus ermöglicht durch einen einzigen Griff jeden Hebel für sich mit der betreffenden Hauptwelle in jeder Lage fest zu kuppeln, so daß durch Drehung der letzteren eine absolut gleichmäßige Bewegung sämtlicher gekuppelter Hebel erreicht wird. Sobald ein Hebel in einer der beiden Endstellungen angelangt ist, wird bei weiterer Drehung der Welle seine Kuppelung selbsttätig ausgelöst. Für jede Welle ist seitlich außerhalb des Gestells ein Handrad angebracht, welches durch Zahnradübersetzung eine langsame und stetige Drehung der Welle ermöglicht.

Fig. 122 stellt ein derartiges Stellwerk für  $3 \times 6$  Hebel dar. Die Seilzüge sowie Gegengewichte sind der Deutlichkeit halber weggelassen. Seit 1892 baut Siemens & Halske an Stelle des beschriebenen Hebelstellwerks ein Schieberstellwerk, welches zum ersten Male auf der internationalen Theater- und Musikausstellung in Wien vorgeführt wurde.

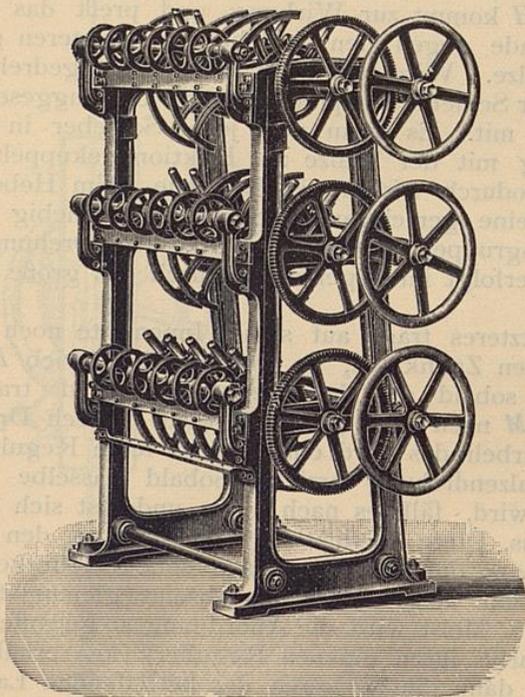
Die Welle *A*, Fig. 123, auf welcher eine Walze *B* sitzt, ist innerhalb eines Gehäuses gelagert, auf dessen einer Seite sie hinausragt und ein großes Handrad *C* besitzt. Vor der Walze ist eine der Zahl der zu regulierenden Lampen entsprechende Anzahl senkrechter Schieber *D* angeordnet, welche durch die Knöpfe *E*,

die  
in  
Jede  
zum

währ  
des S  
Bew  
ober  
tung  
We

die aus dem Gehäuse herausragen, einzeln mit der Hand in vertikaler Richtung verschoben werden können. Jeder Schieber ist an seinem oberen Ende mit dem zum Widerstand führenden Drahtseil verbunden,

Fig. 122.

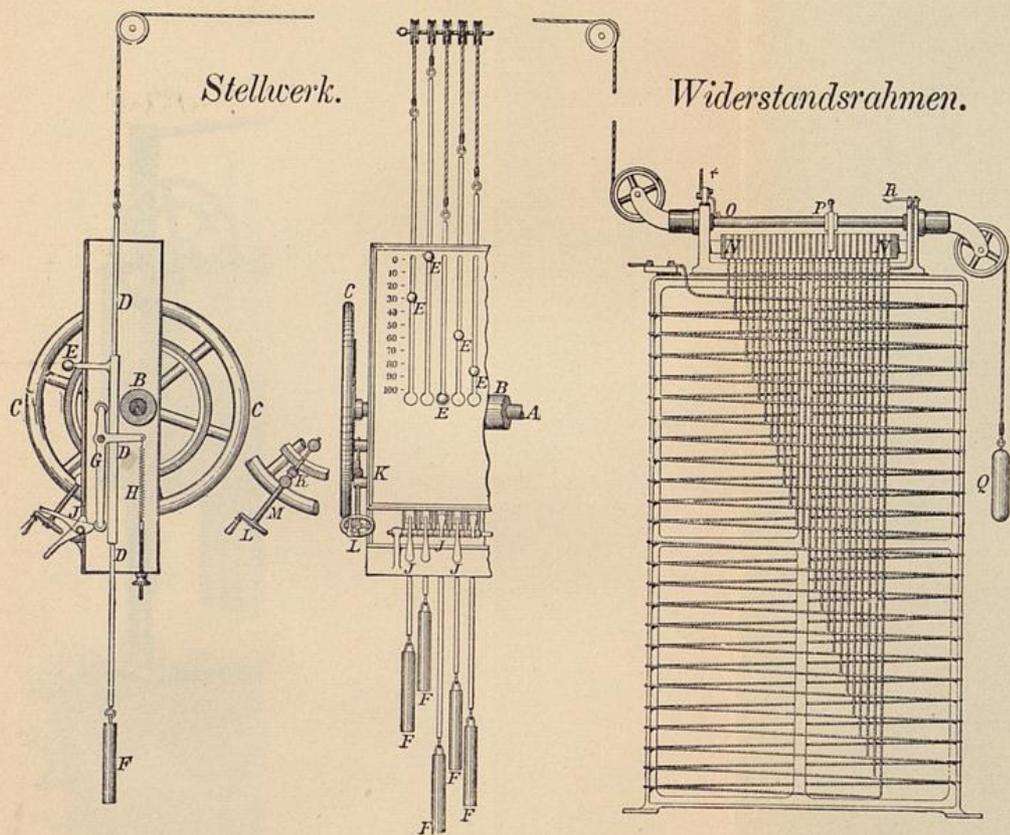


während er am unteren Ende das zur Ausbalanzierung des Systems erforderliche Gegengewicht  $F$  trägt. Der Bewegung eines Schiebers von der untersten zur obersten Stellung entspricht die allmähliche Einschaltung des gesamten zugehörigen Widerstands. Vor

jedem Schieber befindet sich ein dreiarmer Hebel  $G$ , dessen horizontaler Arm durch eine kräftige Zugfeder  $H$  nach unten gezogen wird, während der untere Arm an der Nase einer horizontal gestellten Knagge  $J$  anliegt. Wird letztere nach unten gedrückt, so entfernt sich die Nase vom unteren Hebelarm, die Feder  $H$  kommt zur Wirkung und preßt das obere Hebelende gegen den Schieber und letzteren gegen die Walze. Wird nunmehr die Walze gedreht, so folgt der Schieber entsprechend ihrer Umfangsgeschwindigkeit mit. Es kann also jeder Schieber in jeder Stellung mit der Walze auf Friktion gekuppelt werden, wodurch wieder, ähnlich wie beim Hebelstellwerk, eine gemeinsame Regulierung beliebig vieler Lampengruppen ermöglicht wird. Die Drehung der Walze erfolgt im allgemeinen durch das große Handrad  $C$ .

Letzteres trägt auf seiner Innenseite noch einen konischen Zahnkranz, in welchen der Trieb  $K$  eingreift, sobald die das kleine Kurbelrad tragende Welle  $M$  nach oben gedrückt wird. Durch Drehung des Kurbelrades wird eine äußerst feine Regulierung der Walzendrehung erzielt. Sobald dasselbe losgelassen wird, fällt es nach unten und löst sich selbsttätig aus. Diese Vorrichtung ermöglicht es, den Übergang von dunkler Bühne zur vollen Helligkeit auf einen sehr langen Zeitraum absolut gleichmäßig zu verteilen. Meist wird die Anordnung so getroffen, daß jede Farbe ihren eigenen Regulierkasten erhält. Es werden dann die Knaggen der betreffenden Lampenfarbe entsprechend gefärbt, um so jede Verwechslung auszuschließen. Zwischen den in der Vorderwand des Gehäuses befindlichen Schlitzern, aus denen die mit den Schiebern fest verbundenen Knöpfe  $E$  hervorstehen, sind Skalen angebracht, welche die Ablesung jeder Regulatorkombination gestatten. Es kann also

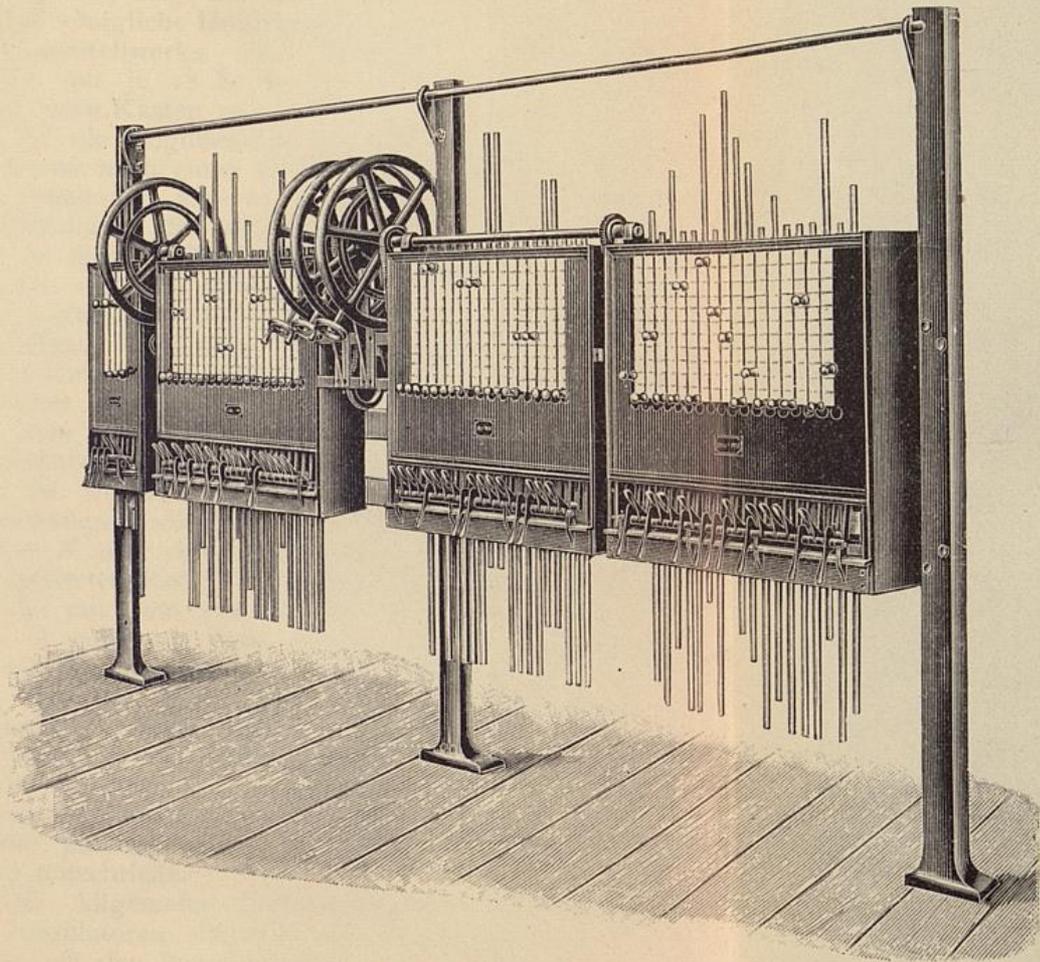
Fig. 123.



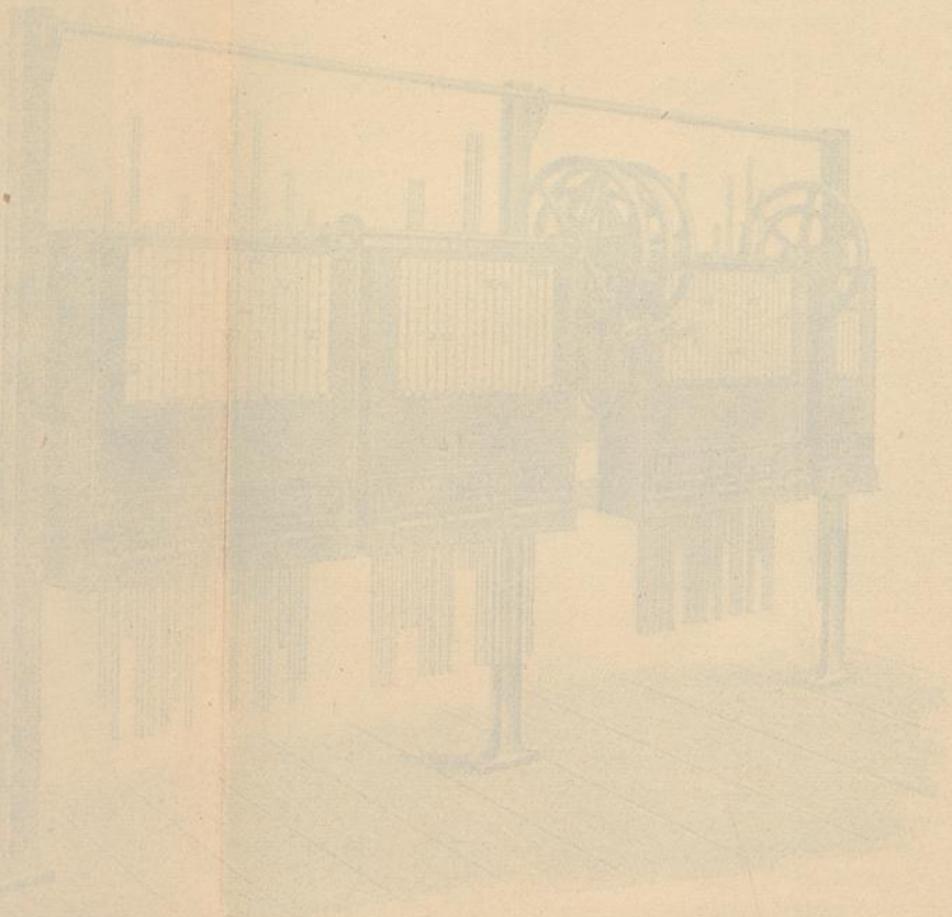
Widerstandsrahmen mit Stellwerkanordnung »Siemens & Halske«.



Fig. 124.



Gesamtansicht des Schieberstellwerkes (Fig. 123).



Querschnitt des Schienenwerkes

jede Beleuchtungseinstellung notiert und nach Be-  
lieben später wieder hergestellt werden.

Fig. 124 zeigt die Abbildung des im Jahre 1895  
für das königliche Hoftheater in Hannover gelieferten  
Regulatorstellwerks. Der Regulator besitzt zwei  
Kästen mit je 18 Schiebern für rotes und grünes  
Licht, einen Kasten mit 20 Schiebern für weißes Licht  
und für die Regulierung des Zuschauerraumes und  
der Krone noch einen kleinen Kasten mit fünf Schie-  
bern, insgesamt also 61 getrennte Reguliersysteme.  
Die Handräder für die drei großen Kästen sitzen  
nicht an diesen selbst, sondern liegen direkt neben-  
einander und die Bewegung auf die Walzen wird  
durch Kettenräder übertragen. Die vierte Farbe (gelb)  
hat keinen besonderen Regulator, kann vielmehr  
mittels Umschalter an Stelle der grünen Lampen ein-  
geschaltet werden. Der Kontaktapparat, Fig. 123,  
wird von einem fest mit dem Widerstandsrahmen  
verschraubten, gußeisernen Gestell getragen und be-  
steht im wesentlichen aus den durch isolierende  
Zwischenlagen von einander getrennten Kontakt-  
stücken  $N$  und dem die letzteren umfassenden, auf  
dem isolierten Rohr  $O$  schleifenden Schlitten  $P$ . Der-  
selbe ist mit dem von dem Stellwerk her durch das  
Rohr  $O$  geführten Seil, welches durch das Gegen-  
gewicht  $Q$  stets gespannt wird, fest verbunden und  
folgt also der Hebel- oder Schieberbewegung des  
Stellwerks. Durch einen als Momentausschalter aus-  
gebildeten Unterbrechungskontakt  $R$  ist dafür gesorgt,  
daß der Schlitten  $P$ , nachdem seine Bürsten den ge-  
samten Widerstand eingeschaltet und die letzte  
Lamelle passiert haben, den Strom in unschädlicher  
Weise unterbricht.

Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft stattet  
ihre Regulatoren ebenfalls mit Kontaktschlitten aus,  
welche mit den Regulierhebeln durch Drahtseile ver-

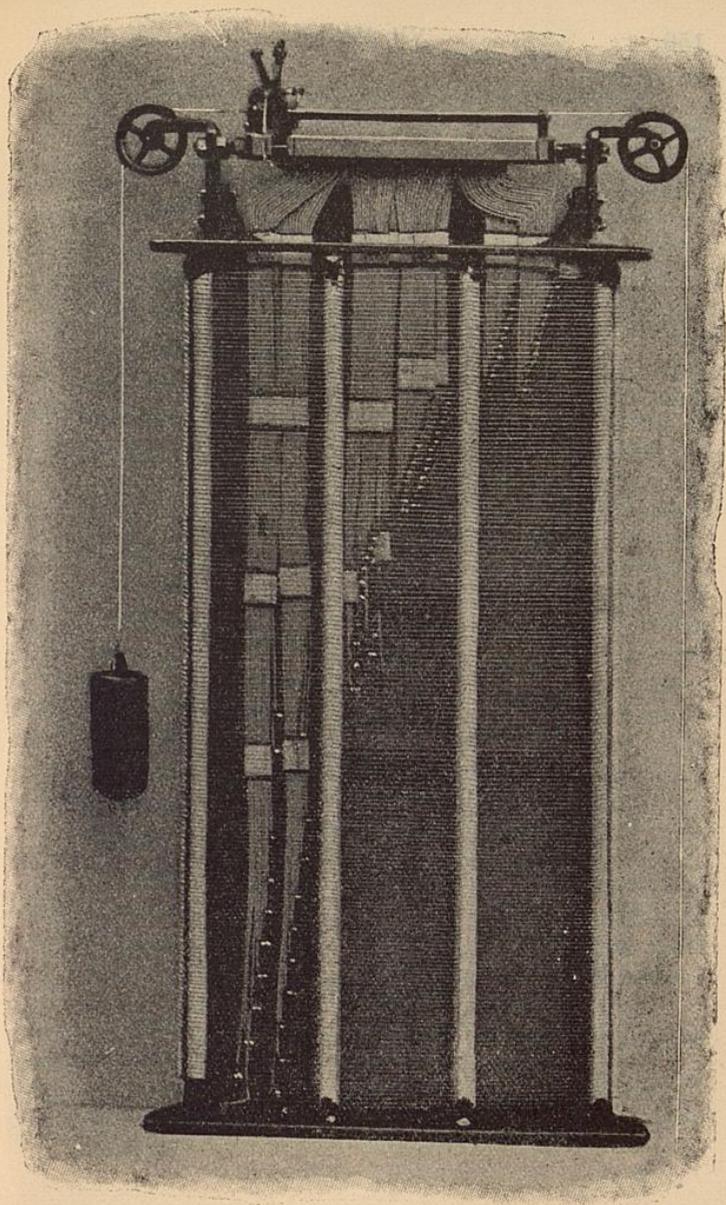
bunden, sich auf der Schleifkontaktfläche bewegen, welche letztere oben auf dem Rahmen angeordnet ist.

Die Widerstände werden auch hier mit Endauschaltern versehen, welche den Strom selbsttätig unterbrechen, sobald der Schleifkontakt sämtliche Widerstandsstufen durchlaufen hat. Beim Zurückgehen des Schleifkontaktes wird der Endauschalter selbsttätig wieder eingeschaltet. Das Widerstandsmaterial (Nickelindraht) wird auf eisernem Rahmen direkt aufgewickelt, nachdem zwischen Rahmen und Draht eine Zwischenlage aus Asbest oder gleichwertigem Isoliermaterial angeordnet ist. Anfang und Ende eines jeden Feldes wird mit dem entsprechenden Kontakt der Schleifkontaktfläche verbunden. Die Konstruktion der Widerstände ist aus Fig. 125 ersichtlich. Ein Bühnenregulator mit direkt angeschlossenem Rehostaten, bei welchem also die Regulierhebel und Widerstandsfelder nicht von einander getrennt sind, ist in Fig. 126 abgebildet. Derselbe ist konstruiert für Einhebelsystem mit Kupplungsvorrichtung und Farbeneinstellung.

Der Regulator besteht aus 12 Widerständen und besitzt dementsprechend 12 Regulierhebel. Die Farbenschalttafel mit ebensovielen Farbenumschaltern, welche letztere mit I—XII bezeichnet sind, ist zwischen dem Widerstandskasten und den Regulierhebeln angeordnet.

Ein Stellwerk mit Seilzügen für Dreihebelsystem (Fig. 127) der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft zeigt einen besonderen Rollenaufsatz für den Fall, daß der Schnurzug nach oben wirkt. Dieses Stellwerk besitzt drei Hebelreihen à 9 Hebel, also im ganzen 27 Hebel. Im Prinzregententheater in München befindet sich ein Stellwerk dieses Systems (Fig. 128) mit im ganzen 69 Hebeln. Die zugehörige Farbenschalttafel ist durch Fig. 129 dargestellt.

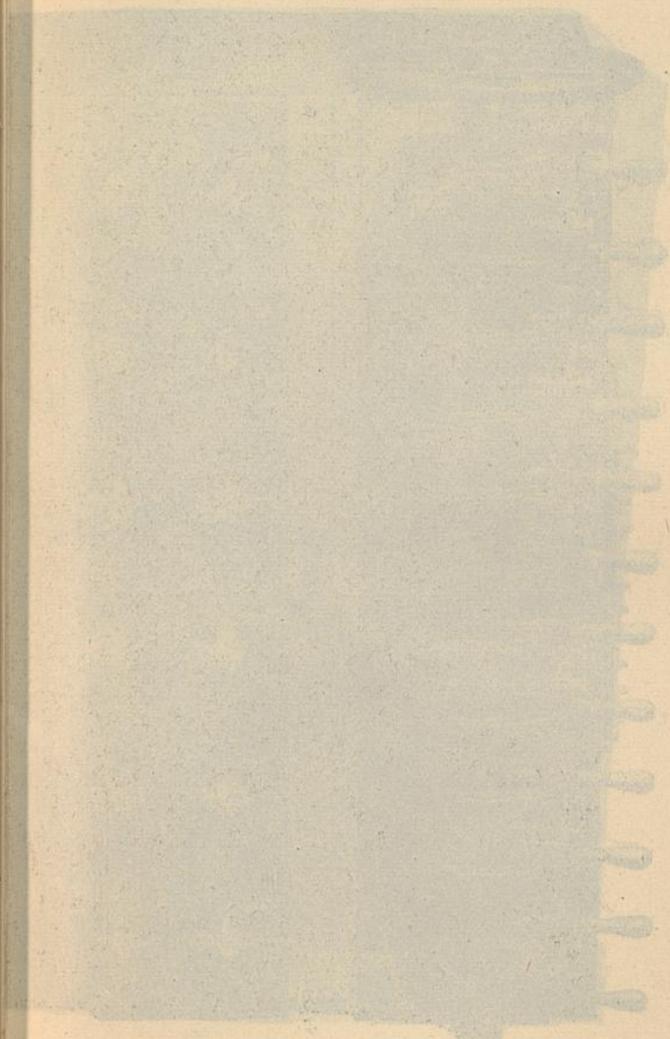
Fig. 125.



Bei Berechnung von Bühnenregulatoren, welche aus einzelnen Widerstandsfeldern zusammengesetzt werden, hat man darauf zu achten, daß die Größe der einzelnen Widerstände so bemessen wird, daß jede dem Auge sichtbare ruckweise Veränderung der Lichtstärke vermieden wird. Dies wird um so besser erreicht, je kleiner die Widerstandsstufen bemessen werden, beziehungsweise je größer die Zahl der Felder gewählt wird, aus welchen die einzelnen Regulierwiderstände bestehen. Siemens & Halske baut die Bühnenregulatoren in der Regel mit 100 Stufen, die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft je nach Bestellung mit 100 oder 54 Abstufungen. Die Maximalstromstärke für einen Rheostaten beträgt 50 Ampere bei 110 Volt und 15 Ampere bei 220 Volt. Für kleine Regulatoren genügt eine Abstufung von 40—50 Widerstandsfeldern. Bei der Bemessung der einzelnen Widerstandsfelder geht man von einer bestimmten Regulierfeinheit aus, welche 1·5—2·5 Volt beträgt und als Spannung an den Enden des zuletzt eingeschalteten Feldes gemessen wird. Diese Spannung muß also bei jedem Felde dieselbe sein. Von dieser Regulierfeinheit ausgehend bestimmt man zunächst die Stromstärke bei normaler Helligkeit der Glühlampen als maximale Stromstärke, die Stromstärke bei Dunkelheit, beziehungsweise schwacher Rotglut der Glühlampen als minimale Stromstärke und berechnet aus diesen drei Größen die Anzahl der erforderlichen Kontaktfelder. Alsdann berechnet man die Stromstärken sowie die Widerstände pro Feld und bestimmt nun Länge und Querschnitt der zu verwendenden Widerstandsspiralen.

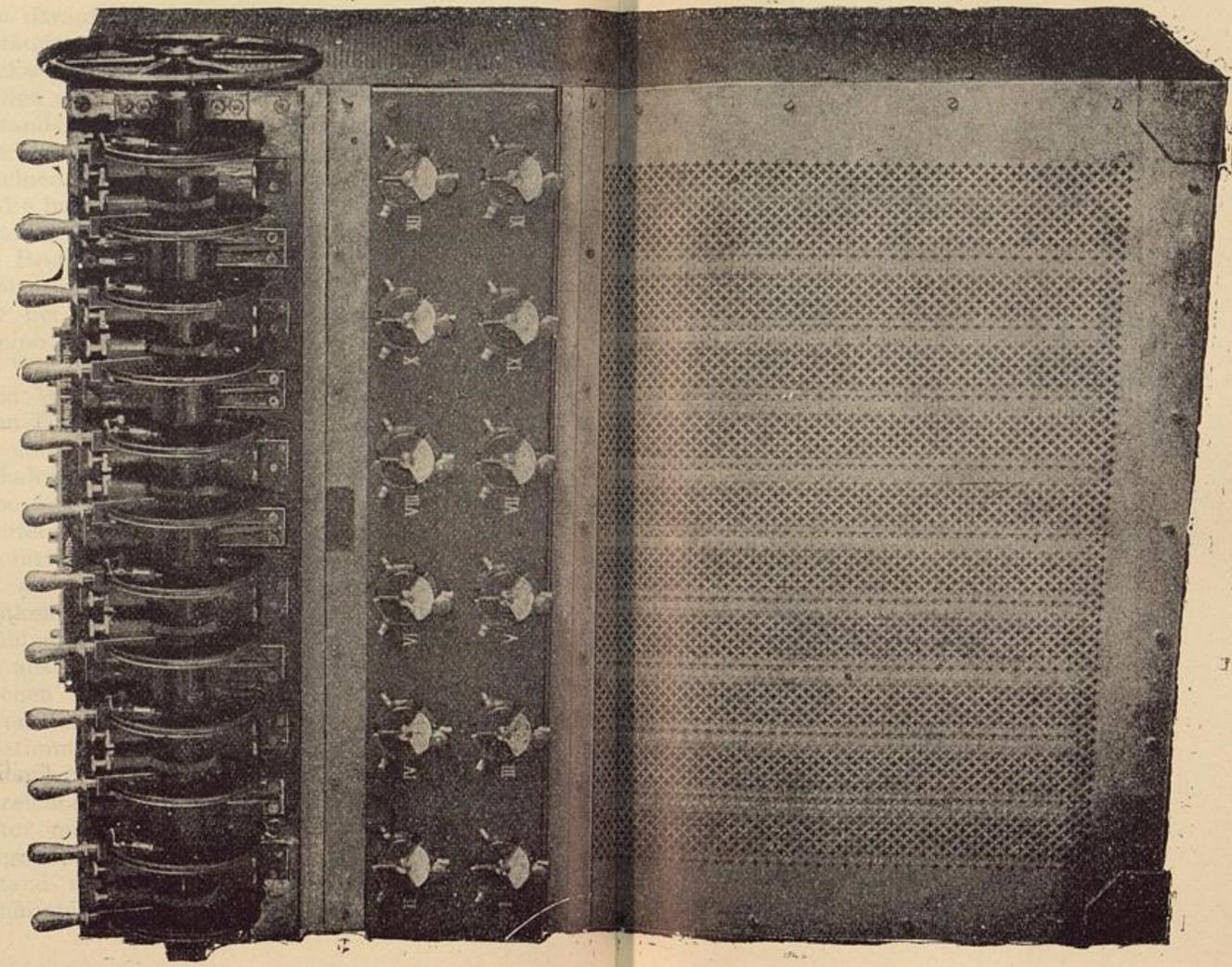
Bezeichnet man in einem aus  $n$  Feldern bestehenden Regulator mit  $J$ , beziehungsweise  $J_0$ , die Stromstärke bei kurzgeschlossenem, beziehungsweise abgeschaltetem Widerstand und mit  $J_n$  die Stromstärke bei gänzlich eingeschaltetem Widerstand, so besteht die Beziehung

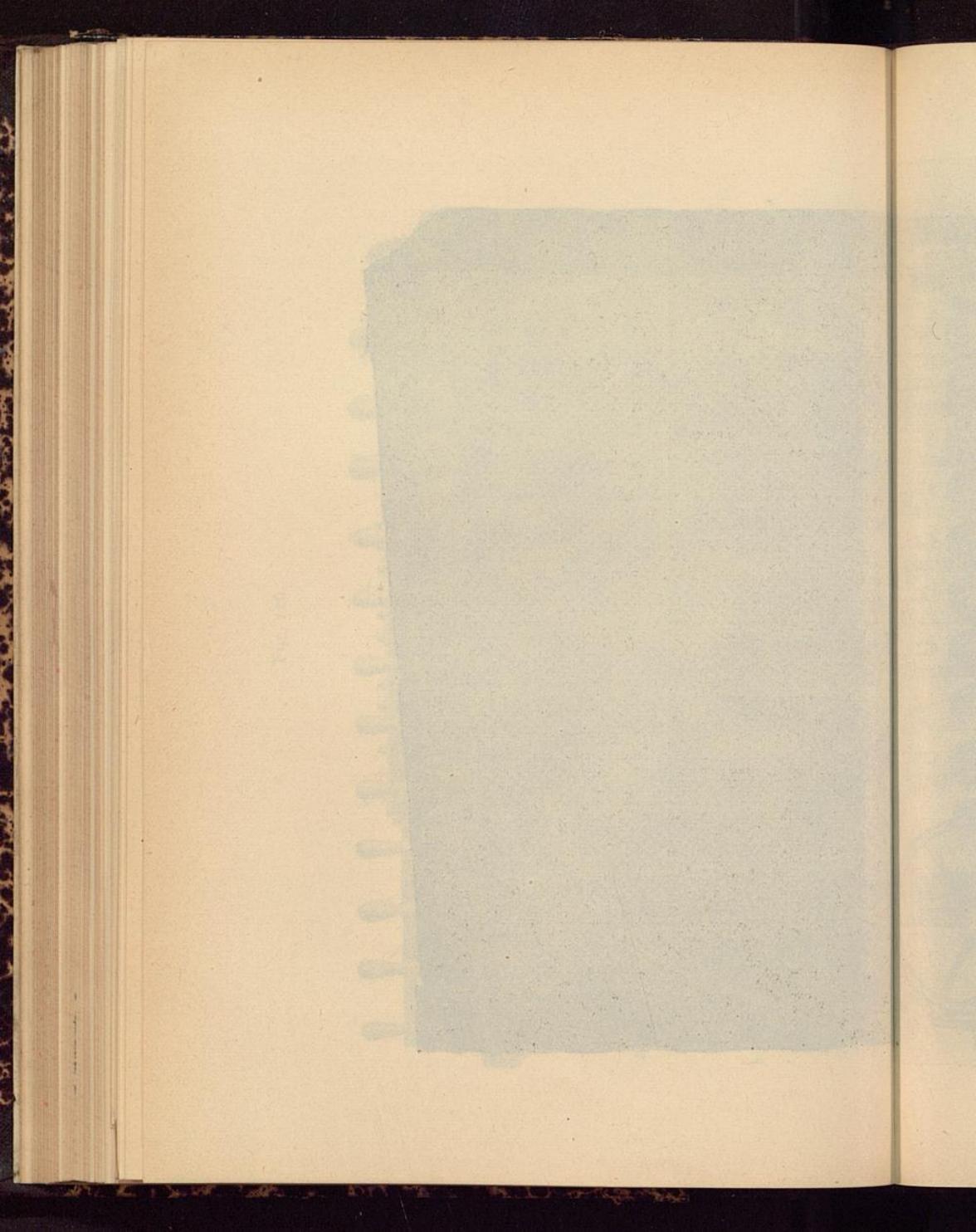
aus  
len,  
nen  
cht-  
den  
die  
eise  
nen  
ens  
mit  
haft  
Die  
50  
olt.  
von  
der  
be-  
olt  
etzt  
ing  
ser  
hst  
üh-  
rke  
lut  
be-  
er-  
nan  
eld  
zu  
  
den  
rke  
em  
ich  
ung



186-116

Fig. 126.





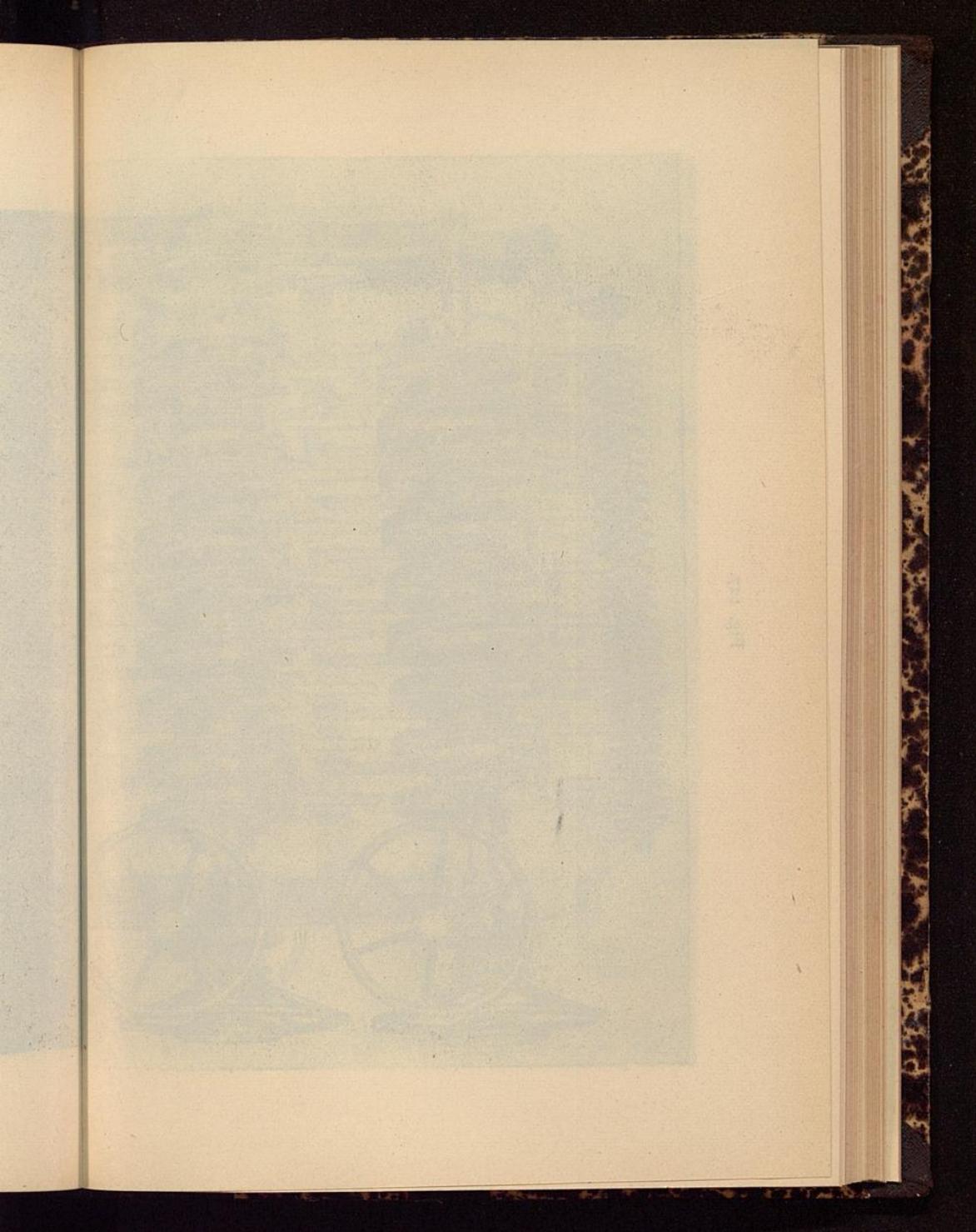
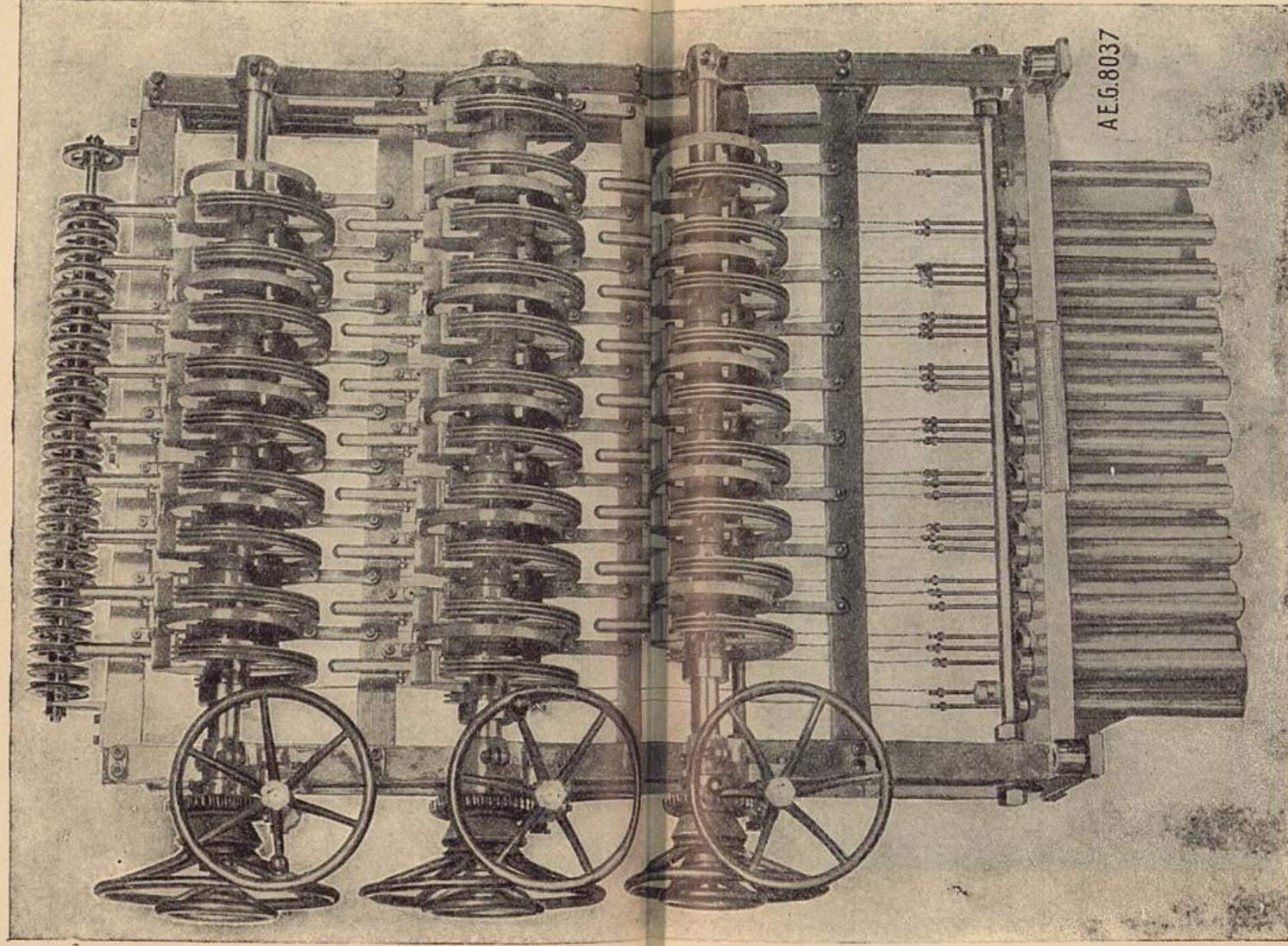


Fig. 127.



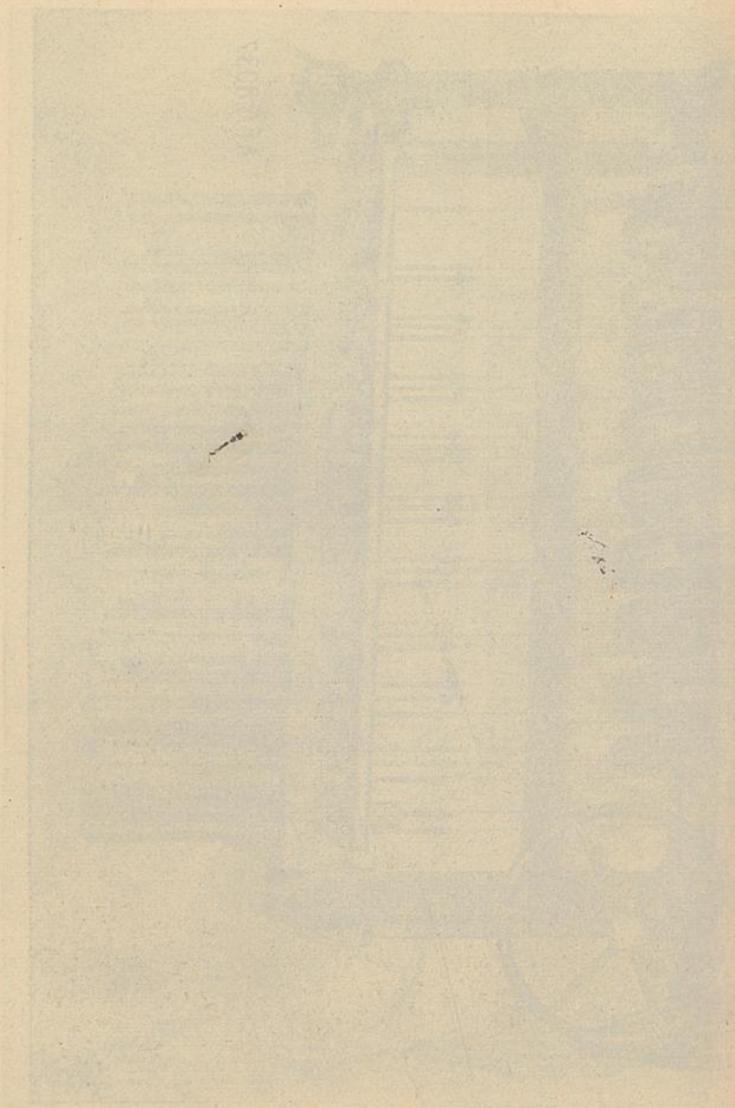


Fig. 128.

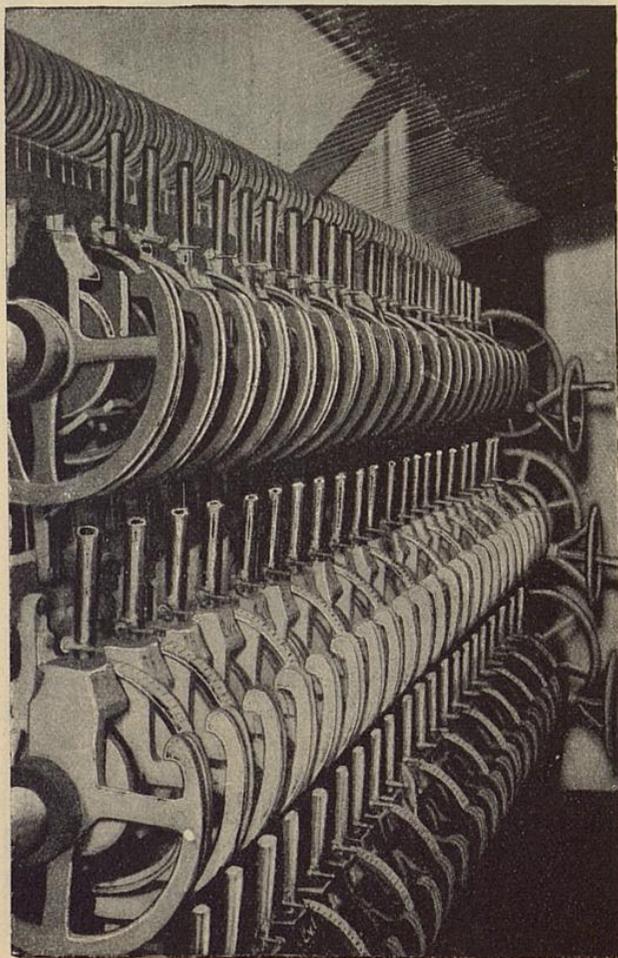
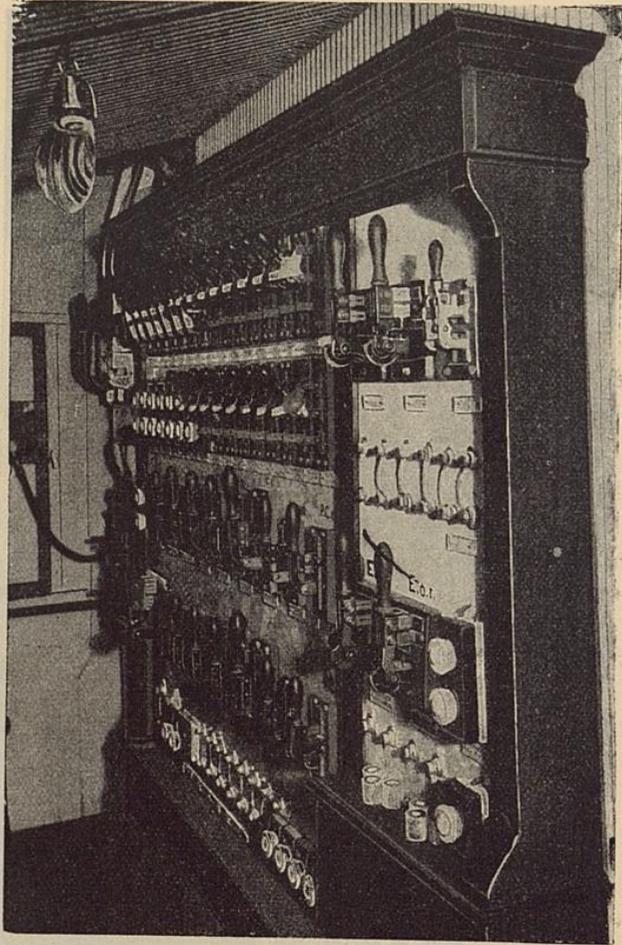


Fig. 129.

J<sub>n</sub>nic  
heifolg  
den  
die  
nic  
R<sub>n</sub>  
den  
ma  
näc  
ma  
vor

e d

R<sub>n</sub>

= J

c

Hie

J<sub>n</sub>-

aus

$$J_n = \frac{J}{\left(1 + \frac{1}{q}\right)^n}, \text{ wobei } q \text{ der Quotient ist aus der zu ver-}$$

nichtenden Gesamtspannung  $E$  und der Regulierfeinheit  $e$  an den Enden der einzelnen Widerstandsfelder.

Die Gültigkeit dieser Beziehung ergibt sich aus folgender Betrachtung: Es sei  $e_{R_n}$  = Spannung, welche der Regulator vernichtet und  $e_{L_n}$  = Spannung, welche die Zuleitung verzehrt. Dann ist die insgesamt vernichtete Spannung  $E = e_{R_n} + e_{L_n}$ . Wenn ferner  $R_n$  = Widerstand des Regulators und  $L$  = Widerstand der Leitung, dann ist auch:  $E = J_n \cdot R_n + J_n \cdot L$ . Nimmt man nun an, daß bei unveränderter Hebelstellung die nächst höhere Stromstärke eintreten würde, so erhält man  $J_{n-1} \cdot R_n + J_{n-1} \cdot L = E + e$  und wenn man hiervon die vorgehende Gleichung subtrahiert, nachdem

$e$  durch  $\frac{E}{q}$  ersetzt worden ist.

$$\begin{aligned} R_n \cdot (J_{n-1} - J_n) + L (J_{n-1} - J_n) &= \frac{E}{q} \text{ oder auch } J_{n-1} = \\ &= J_n + \frac{E}{q(R_n + L)}, \text{ da aber } J_n = \frac{E}{R_n + L}, \text{ so wird} \\ q \cdot J_{n-1} &= \frac{q \cdot E + E}{R_n + L} = \frac{E}{R_n + L} \cdot q + 1 = J_n \cdot (q + 1). \end{aligned}$$

$$\text{Hieraus folgt } J_n = \frac{J_{n-1}}{1 + \frac{1}{q}} \text{ ebenso ist } J_{n-1} = \frac{J_{n-2}}{1 + \frac{1}{q}}$$

$$J_{n-2} = \frac{J_{n-3}}{1 + \frac{1}{q}} \text{ usw.}$$

Wenn man nun  $J_n$  nach  $J_{n-1}$ ,  $J_{n-2}$ ,  $J_{n-3}$  usw. ausdrückt, so wird

$$I_n = \frac{J_{n-1}}{1 + \frac{1}{q}} = \frac{J_{n-2}}{\left(1 + \frac{1}{q}\right)^2} = \frac{J_{n-3}}{\left(1 + \frac{1}{q}\right)^3} = \frac{J_0}{\left(1 + \frac{1}{q}\right)^n}$$

Da  $n$  die Anzahl der Widerstandsfelder darstellt, so ist die vorliegende Betrachtung um so zulässiger, je größer  $n$  wird. Vorstehende Beziehung dient als Grundlage für die Dimensionierung der Widerstände der einzelnen Felder.

Das Einlampensystem wird in neuerer Zeit nur noch vereinzelt angewendet; man verzichtet hierbei jedoch fast stets auf die komplizierte Einrichtung mit Drehschirmen an den Körpern, sondern erzielt etwaige Farbeneffekte durch die Bogenlichteffektlampen mit farbigen Gläsern oder dadurch, daß man einzelne Versatzkörper je nach Bedarf mit roten oder grünen Lampen an Stelle der weißen versieht. Das Mehrlampensystem ermöglicht mit Hilfe eines vollkommenen Bühnenregulators in einfachster Weise die Erzielung aller Farbtönungen, wie sie beim Übergang vom Tageslicht zur Abenddämmerung, zum Mondschein, zur Morgendämmerung und wieder zum Tageslicht vorkommen. Beim Vierlampensystem dient die vierte gelbe Farbe zur Darstellung des hellsten Sonnenscheins. Bei zweckentsprechender Anordnung des Regulators vermag ein Mann alle auf der Bühne vorkommenden Licht- und Farbenwechsel auszuführen und dieselben genau der betreffenden Szene anzupassen. Der Aufstellungsort für den Bühnenregulator ist so zu wählen, daß der Beleuchter nicht nur die Bühne bequem übersehen und erreichen kann, sondern daß auch der zur schnellen und leichten Handhabung des Apparates nötige Raum zur Verfügung steht. Der geeignetste Ort für die Aufstellung ist an der Proszeniumswand, eventuell aber auch unterhalb des Bühnenfußbodens neben dem Souffleurkasten. Zweckmäßig ist es, bei Anordnung des Regulators an der Proszeniumswand

ist  
ern  
die  
er.  
aur  
oei  
mit  
ge  
mit  
ne  
en  
hr-  
en  
ng  
om  
in,  
cht  
rte  
ns.  
ors  
en  
en  
uf-  
en,  
er-  
ur  
es  
ste  
ad,  
ns  
oei  
nd

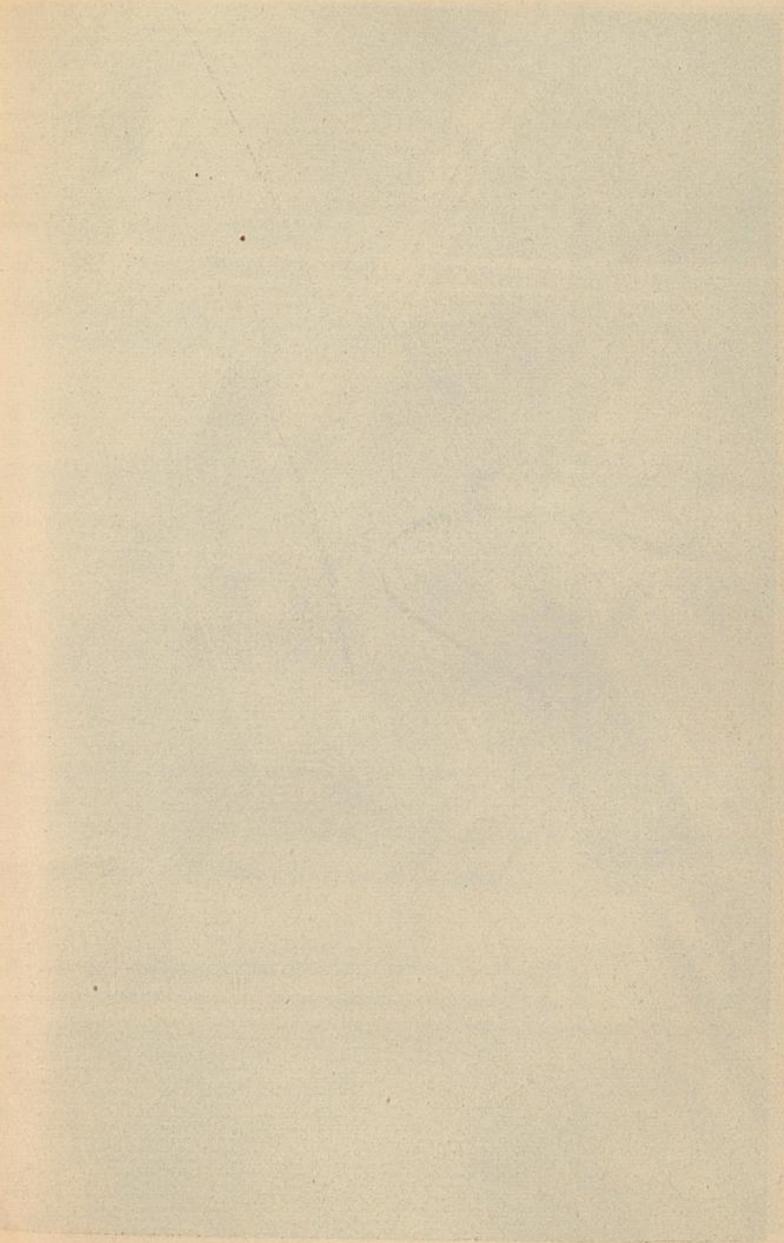
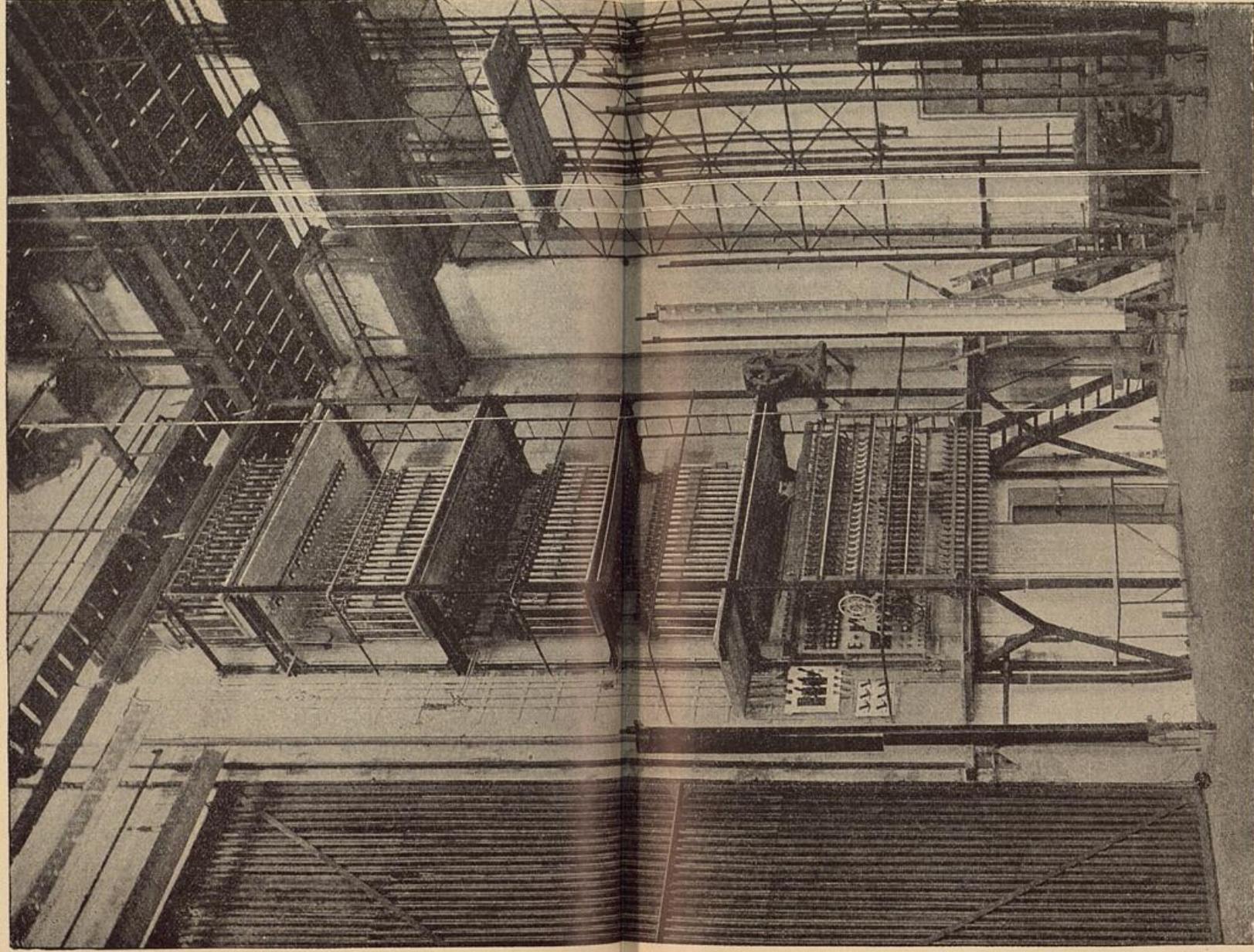
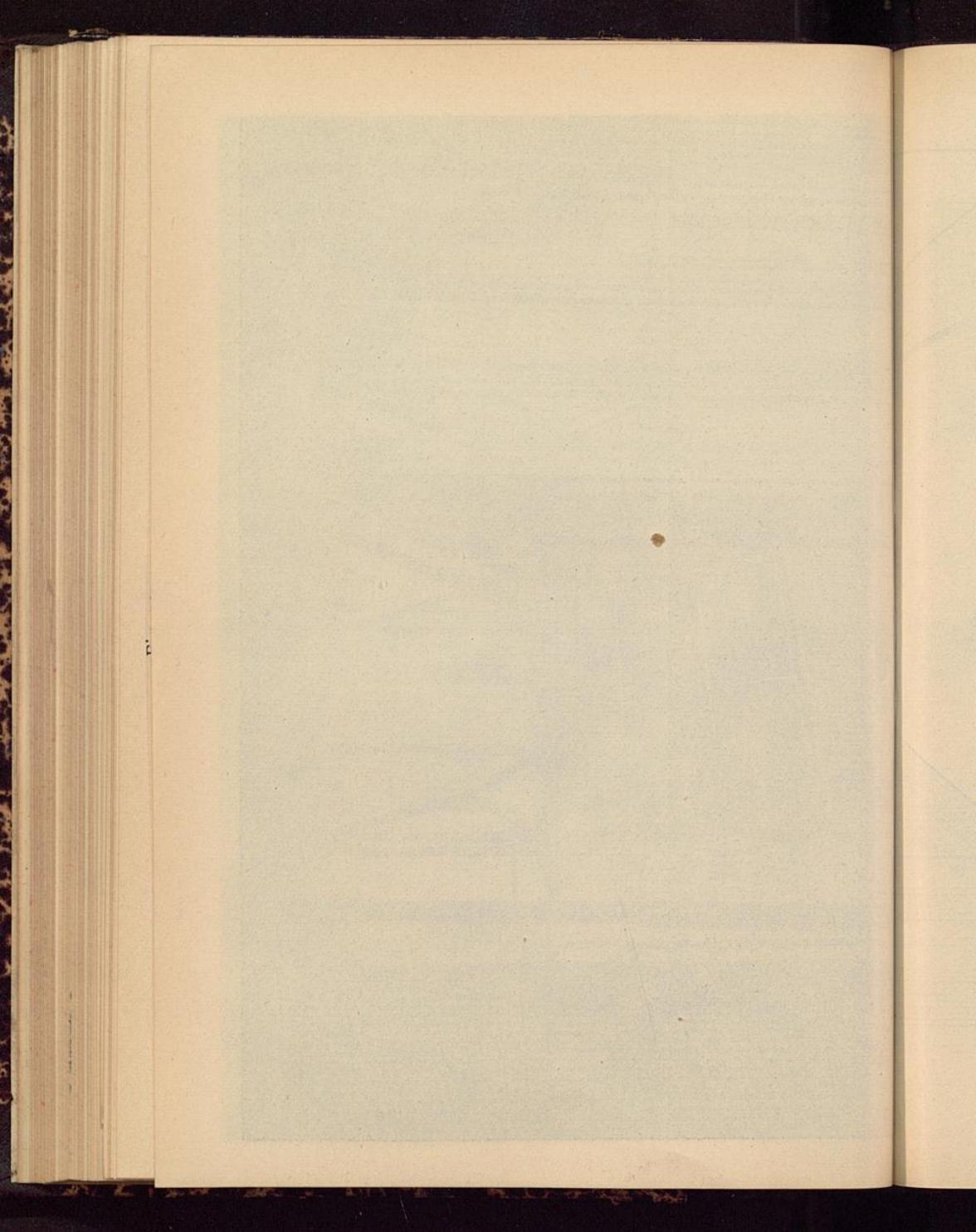
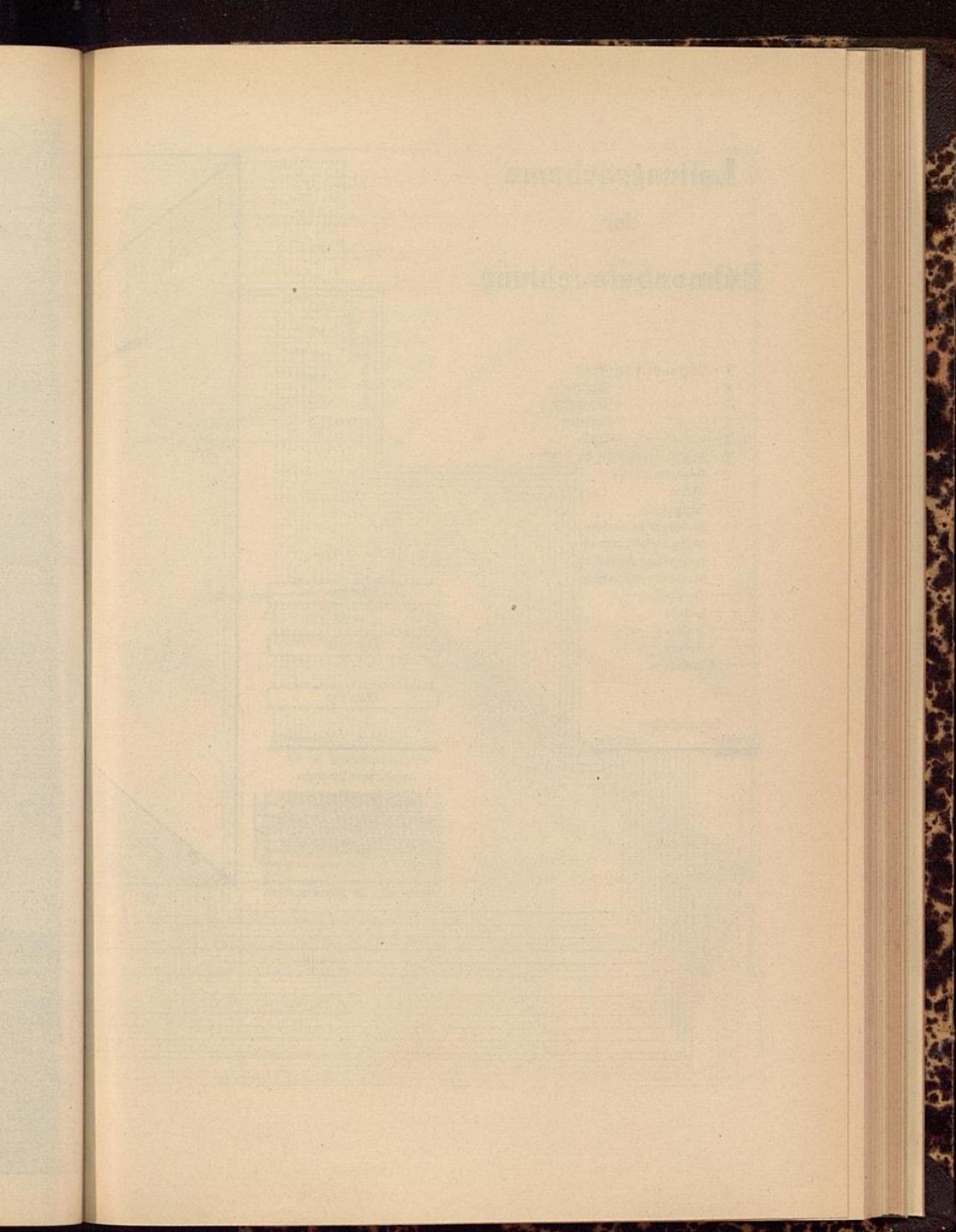


Fig. 130.

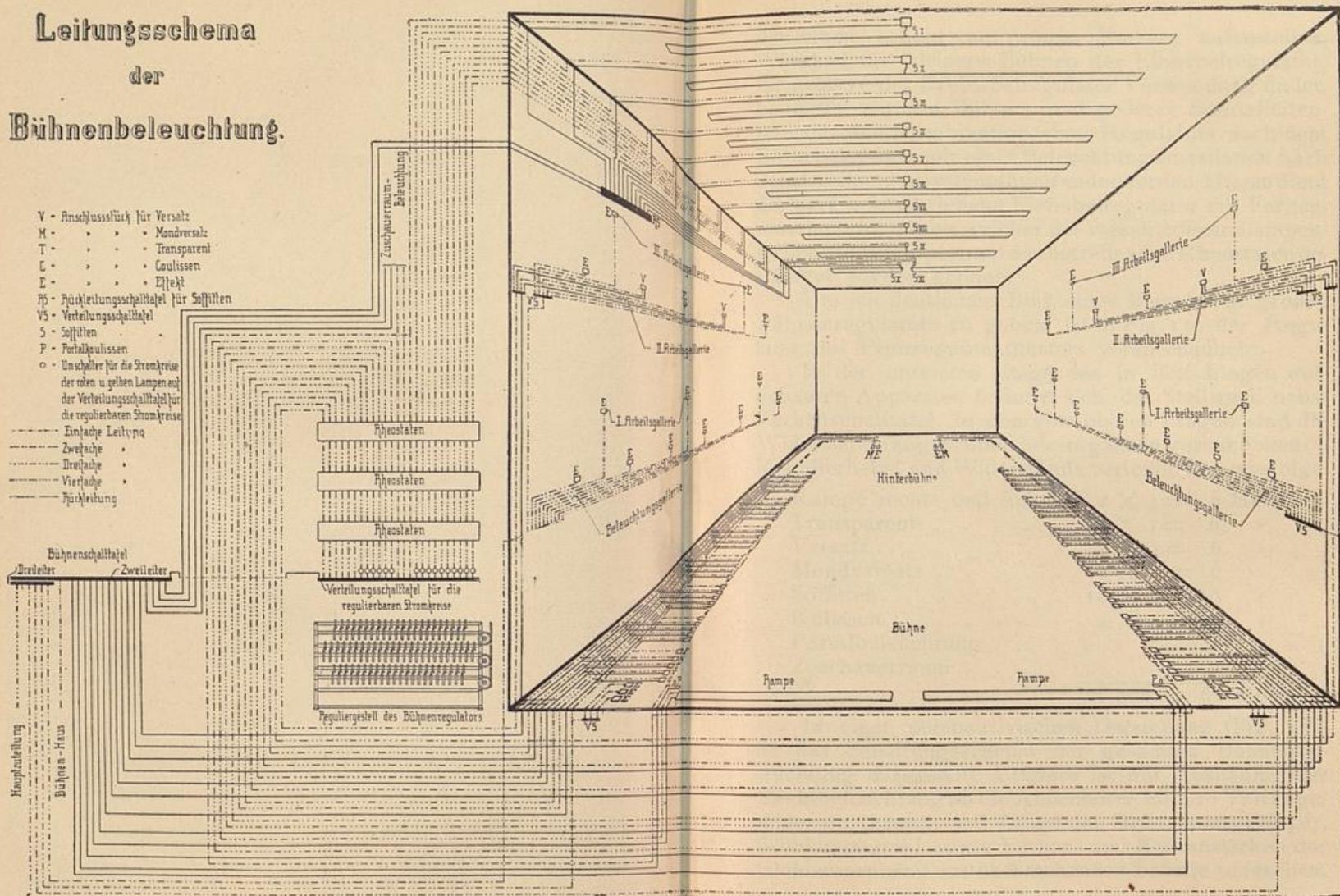






# Leitungsschema der Bühnenbeleuchtung.

- V - Anschlussstück für Versatz
- M - " " " Mondversatz
- T - " " " Transparent
- L - " " " Lautissen
- E - " " " Effekt
- H<sub>5</sub> - Hückelungsschalttafel für Soffitten
- V<sub>5</sub> - Verteilungsschalttafel
- S - Soffitten
- P - Potialkapseln
- o - Umschalter für die Stromkreise der roten u. gelben Lampen auf der Verteilungsschalttafel für die regulierbaren Stromkreise
- Einfache Leitung
- Zweifache " " "
- Dreifache " " "
- Vierfache " " "
- Hückelung



den  
Wä  
für  
kan  
büh  
Ein  
den  
der  
um  
farl  
sch

Bü  
lat

geb  
Far  
Wi  
Re

ist  
leu  
Eff  
sch  
Glü  
Glü

denselben erhöht auf einem Podium aufzustellen. Während für kleinere Bühnen der Einhebelregulator, für größere der Dreihebelregulator Verwendung findet, kann für mittlere Bühnen und größere Spezialitätenbühnen eine Kombination eines Regulators nach dem Einhebelsystem mit einer Beleuchtungsinstallation nach dem Dreilampensystem angewendet werden. Hierzu dient der bereits beschriebene Einhebelregulator mit Farbenschaltern, mittels welcher die verschiedenen Lampenfarben in den Körpern auf den betreffenden Rheostaten geschaltet werden können.

Um ein deutliches Bild eines kompletten großen Bühnenregulators zu geben, ist in Fig. 130 der Regulator des Prinzregententheaters veranschaulicht.

In der untersten Etage des in fünf Etagen aufgebauten Apparates befindet sich das Stellwerk nebst Farbenschaltable. In den vier oberen Etagen sind die Widerstände angeordnet. Die im ganzen vorhandenen 69 Regulierhebel und Widerstände verteilen sich wie folgt:

Rampe rechts und links . . . . .	$2 \times 3 = 6$	Hebel
Transparent . . . . .	$2 \times 3 = 6$	»
Versatz . . . . .	$2 \times 3 = 6$	»
Mondversatz . . . . .	$2 \times 3 = 6$	»
Soffitten . . . . .	$10 \times 3 = 30$	»
Kulissen . . . . .	$4 \times 3 = 12$	»
Portalbeleuchtung . . . . .	$= 1$	»
Zuschauerraum . . . . .	$= 2$	»
	<hr/>	
	im ganzen 69 Hebel.	

In einer perspektivischen Darstellung (Fig. 131) ist das Schaltungsschema der gesamten Bühnenbeleuchtung dargestellt. Letztere ist mit Ausnahme der Effektbeleuchtung an die Außenleiter mit 220 Volt angeschlossen. Anzahl und Länge der Beleuchtungskörper, Glühlampenzahl, sowie Farben- und Kerzenstärken der Glühlampen sind aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

Die  
Eb-  
sch  
  
gen  
unt  
Str  
von  
Eff  
die  
Kö  
wer  
gor  
  
Bül  
sch  
Eff  
Bog  
die  
lung  
stra  
vor  
Lic  
als

Anzahl	Beleuchtungs- körper	Länge <i>m</i>	Anzahl der Lampen					
			50 Normal- kerzen weiß	32 Normal- kerzen weiß	32 Normal- kerzen grün	32 Normal- kerzen rot	32 Normal- kerzen gelb	
2	Rampen . . .	je 5,5	je 16 = 32					
9	Soffitten . . .	» 14	» 40 = 360		je 12 = 24	je 10 = 20	je 16 = 20	
14	Kuissen . . .	» 5	» 5 = 70		» 30 = 270	» 25 = 225	» 25 = 225	
1	Portalsoffitten	» 14	40		» 6 = 84	» 5 = 70	» 5 = 70	
2	Portalkuissen	» 5	» 16 = 32					
4	Versatzänder			je 6 = 24	je 6 = 24	je 6 = 24	je 6 = 24	je 6 = 24
4	»			» 5 = 20	» 5 = 20	» 4 = 16	» 4 = 16	» 4 = 16
6	»			» 3 = 18	» 3 = 18	» 3 = 18	» 3 = 18	» 3 = 18
4	»			» 4 = 16				
4	»			» 2 = 8				
4	Versatzlatten	je 5						
6	»	» 3		je 14 = 56	je 10 = 40	je 8 = 32	je 8 = 32	je 8 = 32
4	»	» 3		» 10 = 60	» 7 = 42	» 6 = 36	» 6 = 36	» 6 = 36
4	»	» 3		» 35 = 140				
4	»	» 1		» 8 = 32				
12	Effektlampen zu je 20 Amp.	Sa.	534	374	522	441	441	441

## VIII. Kapitel.

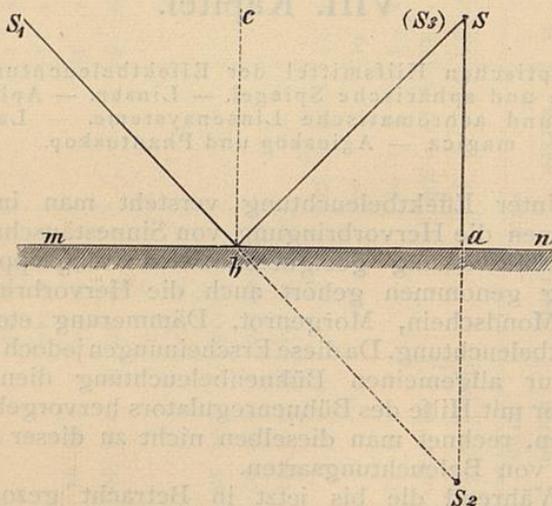
Die optischen Hilfsmittel der Effektbeleuchtung. — Ebene und sphärische Spiegel. — Linsen. — Aplanatische und achromatische Linsensysteme. — Laterna magica. — Agioskop und Phantoskop.

Unter Effektbeleuchtung versteht man im allgemeinen die Hervorbringung von Sinnestäuschungen unter Mitwirkung geeigneter Beleuchtungsapparate. Streng genommen gehört auch die Hervorbringung von Mondschein, Morgenrot, Dämmerung etc. zur Effektbeleuchtung. Da diese Erscheinungen jedoch durch die zur allgemeinen Bühnenbeleuchtung dienenden Körper mit Hilfe des Bühnenregulators hervorgebracht werden, rechnet man dieselben nicht zu dieser Kategorie von Beleuchtungsarten.

Während die bis jetzt in Betracht gezogenen Bühnenwirkungen durchgehends mit Hilfe von elektrischem Glühlicht hervorgebracht wurden, spielt bei der Effektbeleuchtung im engeren Sinne das elektrische Bogenlicht die Hauptrolle. Hervorgebracht werden die meisten Bühnenlichteffekte durch Reflexion, Spiegelung, Brechung und Dispersion der direkten Lichtstrahlen. Die Effektbeleuchtung bedient sich mithin vorzugsweise des zurückgeworfenen und gebrochenen Lichtes, zu dessen Hervorbringung Spiegel und Linsen als Hilfsmittel dienen. Unter einem Spiegel verstehen

wir, allgemein betrachtet, jede glatte Fläche. Eine solche Fläche besitzt die Eigenschaft, die Lichtstrahlen unter dem gleichen Winkel, unter welchem sie einfallen, zurückzuwerfen. Ferner erscheint ein Bild des Gegenstandes, von welchem die Lichtstrahlen ausgehen, hinter der Fläche und zwar ebensoweit wie der Gegen-

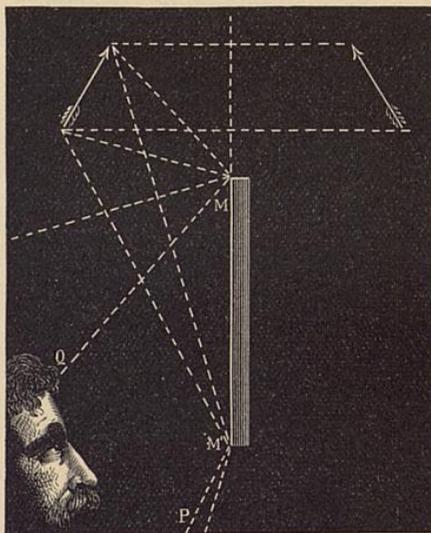
Fig. 132.



stand sich vor der Fläche befindet. In  $S$  (Fig. 132) befinde sich ein leuchtender Punkt und  $mn$  stelle eine spiegelnde Fläche dar. Von  $S$  aus gehen Strahlen nach allen möglichen Richtungen und treffen daher den Spiegel unter verschiedenen Winkeln. Um das Spiegelbild von  $S$  zu finden, genügt es, den Verlauf zweier Strahlen zu verfolgen. Es sei dies Strahl  $Sa$ , senkrecht zu  $mn$ , und Strahl  $Sb$ , welcher unter einem Winkel von zirka  $45^\circ$  die Spiegelebene trifft. Beide Strahlen

werden unter dem gleichen Winkel reflektiert, unter welchem sie die Spiegelebene treffen, folglich  $Sa$  in sich selbst und  $Sb$  in der Richtung  $bS_1$ . Da das Auge alle Eindrücke als in gerader Richtung ankommend empfindet, so wird das Bild des leuchtenden Punktes in der Richtung der reflektierten Strahlen dem Auge erscheinen.

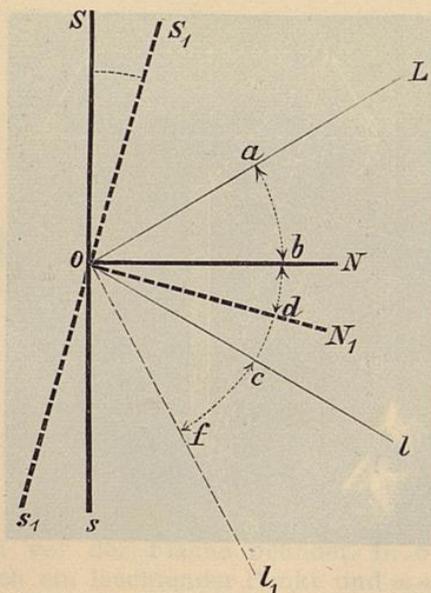
Fig. 133.



Verlängert man also die reflektierten Strahlen  $aS$  und  $bS_1$  so gibt der Schnittpunkt  $S_2$  die Lage des Spiegelbildes an. Ein Gegenstand kann auch außerhalb des Spiegels sich befinden und dennoch ein Spiegelbild geben, wenn nur das Auge von den reflektierten Strahlen getroffen wird. Dies zeigt Fig. 133, aus welcher gleichzeitig ersichtlich ist, daß rechts und

links verwechselt wird. So lange das Auge von den Strahlen getroffen wird, welche durch die Linien  $MQ$  und  $M^1P$  begrenzt werden, wird das Spiegelbild wahrgenommen. Daß bei einer Drehung des reflektierenden Spiegels das Bild immer um den doppelten Winkel verschoben wird, geht aus Fig. 134 hervor. Fällt von  $L$

Fig. 134.

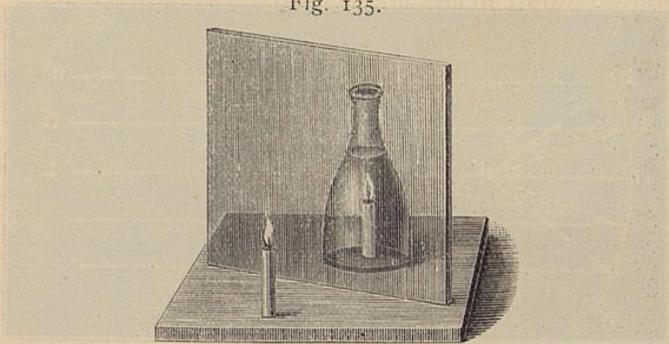


auf einen Spiegel  $Ss$  in der Richtung  $LO$  ein Lichtstrahl und stellt  $ON$  das Einfallslot dar, so fällt der reflektierte Strahl in die Richtung  $Ol$ . Wird nun der Spiegel um den Winkel  $SO S_1$  gedreht, so muß sich auch das Lot um den gleichen Winkel drehen. Der Einfallswinkel ist somit um den Drehungswinkel

vergrößert. Damit nun der Reflexionswinkel wieder gleich dem Einfallswinkel wird, muß sich derselbe ebenfalls um den Drehungswinkel vergrößern. Der reflektierte Lichtstrahl entfernt sich daher von dem einfallenden Lichtstrahl nicht um  $bd$ , sondern um  $2bd = cf$ . Der Drehungswinkel  $NON_1$  des Spiegels ist also gleich dem halben Drehungswinkel  $\angle O\ell_1$  des reflektierten Strahles.

Durch mehrfache Spiegelung werden die mannigfaltigsten Illusionen hervorgebracht: das Verschwinden

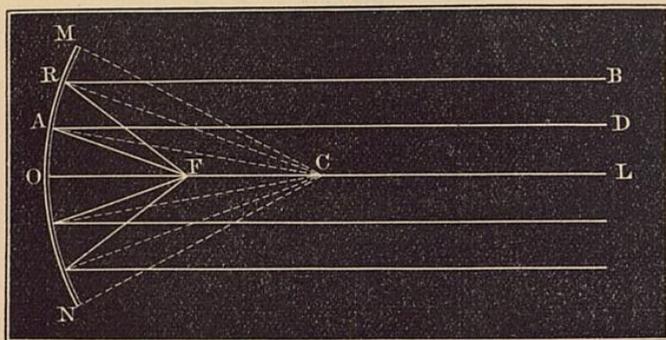
Fig. 135.



einer Person vor den Augen des Publikums, der sprechende Kopf, die Dame ohne Unterkörper usw. Eine polierte Glasplatte ohne Belegung kann gleichzeitig als Spiegel dienen und auch die dahinter befindlichen Gegenstände wahrzunehmen gestatten. Stellt man z. B. eine Kerze vor einer solchen Glasplatte (Fig. 135) auf, so nimmt ein gleichfalls vor der Platte befindliches Auge das Spiegelbild der brennenden Kerze wahr und stellt man nun hinter der Platte, an jener Stelle, an welcher uns das Spiegelbild erscheint, eine mit Wasser gefüllte Flasche auf, so erhalten wir den Eindruck, als ob das Licht in der Flasche unter

Wasser brennen würde. Die Täuschung wird noch vollkommener, wenn uns der Anblick des Lichtes gleichzeitig entzogen wird. Dieses Prinzip findet bei der Hervorbringung von Geister- und Gespenstererscheinungen auf der Bühne Anwendung. Die Geisterdarsteller müssen, um als scharfe Spiegelbilder zu erscheinen, intensiv beleuchtet werden. Um einen intensiven Lichtstrahl hervorzubringen, bedient man sich der sphärisch gekrümmten Spiegel, auch Kugel-

Fig. 136.



spiegel oder Hohlspiegel genannt. Solche Hohlspiegel bilden Abschnitte einer Kugelfläche, deren Zentrum der Krümmungsmittelpunkt des Spiegels ist.

Der Hohlspiegel  $M N$  (Fig. 136) hat seinen Krümmungsmittelpunkt in  $C$ . Der genau in der Mitte der sphärischen Spiegelfläche liegende Punkt  $O$  heißt der optische Mittelpunkt und die gerade  $O C$ , welche den letzteren mit dem Krümmungsmittelpunkte  $C$  des Spiegels verbindet, nennt man die Achse des Hohlspiegels.

Die Einfallslote sind hier die vom Krümmungsmittelpunkte zu den Auftreffpunkten der Lichtstrahlen

gez  
usw  
 $B H$   
ein  
Ach  
d. i  
um

Pur  
pun  
nen

Kö  
par  
sie  
Da  
refl  
gro  
pun  
von  
die  
Bre  
das  
Mit  
nach  
zwa  
opti  
auft  
dem  
Eig  
die  
dies  
den

Str  
wer

gezogenen Krümmungshalbmesser  $CM$ ,  $CR$ ,  $CA$ ,  $CO$  usw. Die der Achse parallel einfallenden Lichtstrahlen  $BR$ ,  $DA$ ,  $LO$  usw. werden sämtlich nach einem einzigen Punkte  $F$  hin, welcher gleichfalls auf der Achse liegt, reflektiert, vorausgesetzt, daß die Weite, d. i. der Bogen des Hohlspiegels, nicht mehr als  $5^\circ$  umfaßt.

Den Winkel, welchen die von zwei diametralen Punkten der Peripherie nach dem Krümmungsmittelpunkte gezogenen Verbindungslinien einschließen, nennt man die Öffnung des Spiegels.

Gehen die Lichtstrahlen von einem weitentfernten Körper oder gar von der Sonne aus, so daß sie als parallele Strahlen betrachtet werden können, so werden sie hauptsächlich nach einem Punkte hin reflektiert. Da mit den Lichtstrahlen auch die Wärmestrahlen reflektiert werden, entsteht in diesem Punkte eine große Hitze, welcher Umstand zur Bezeichnung »Brennpunkt« für diesen Punkt geführt hat. Sein Abstand vom optischen Mittelpunkt des Spiegels beträgt genau die Hälfte des Krümmungshalbmessers und heißt Brennweite des Spiegels. Nur die zentralen Strahlen, das sind solche, welche in der Nähe des optischen Mittelpunktes auf den Spiegel auftreffen, werden genau nach dem Brennpunkt hin reflektiert. Strahlen, welche zwar parallel zur optischen Achse einfallen, aber vom optischen Mittelpunkt entfernt am Rande des Spiegels auftreffen, werden nach Punkten reflektiert, welche dem Spiegel näher liegen als der Brennpunkt. Diese Eigenschaft der äußeren oder Randstrahlen nennt man die sphärische Abweichung oder Aberration. Um diese Abweichung möglichst zu vermeiden, wählt man den Bogen des Spiegels nicht über  $5^\circ$ .

In der gleichen Weise wie parallel einfallende Strahlen nach dem Brennpunkt hin reflektiert werden, werden umgekehrt Strahlen, welche von einem im

Brennpunkt befindlichen Lichtpunkt ausgehen, parallel zur optischen Achse reflektiert, so daß das reflektierte Licht als ein einziger Lichtstrahl auszutreten scheint. Auf diesem Prinzip beruhen die Scheinwerfer, welche bei der Marine auf Schiffen und Leuchttürmen Verwendung finden und auf der Bühne zur intensiven Beleuchtung von Gegenständen und Personen dienen.

Werden die Geistdarsteller mit Hilfe von solchen Scheinwerfern intensiv beleuchtet, so erscheinen dieselben als leuchtende Figuren und liefern somit hinreichend scharfe Spiegelbilder. In den sogenannten Linsenscheinwerfern werden die austretenden Lichtstrahlen mit Hilfe von Sammellinsen zusammengefaßt.

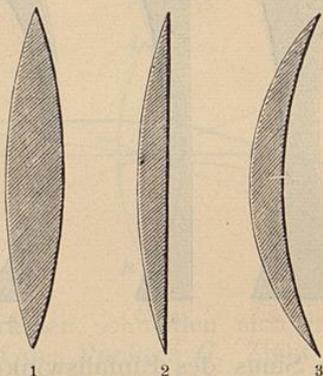
Unter den Linsen versteht man in der Optik Körper aus durchsichtigem Stoff (Glas), welche von zwei Kugelflächenstücken, oder von einem Kugelflächenstück und einer Ebene begrenzt werden. Man unterscheidet zwei Arten von Linsen: 1. Sammellinsen, die in der Mitte dicker sind als am Rande und 2. Zerstreuungslinsen, die in der Mitte dünner sind als am Rande.

Die Sammellinsen, Fig. 137 *a*, zerfallen in 1. bikonvexe, 2. plankonvexe, 3. konkav-konvexe. Die Zerstreuungslinsen, Fig. 137 *b*, in 4. bikonkave, 5. plankonkave, 6. konvex-konkave. Die Gerade, welche durch die Krümmungsmittelpunkte beider Begrenzungsflächen geht oder, wenn eine Fläche eben ist, auf derselben senkrecht steht und zugleich den Krümmungsmittelpunkt der anderen in sich enthält, heißt Achse der Linse. Die Scheitel einer Linse sind die Durchschnittpunkte ihrer Flächen mit der Achse.

Der optische Mittelpunkt einer Linse ist ein auf ihrer Achse gelegener Punkt, welcher die Eigenschaft hat, daß die durch ihn gezogenen Geraden an beiden Linsenflächen gleiche Winkel mit dem Ein-

fallslote bilden; er befindet sich in der Mitte zwischen beiden Begrenzungsflächen, wenn diese gleich stark gekrümmt sind. Er ist dann dadurch ausgezeichnet, daß alle durch ihn gehenden Lichtstrahlen ungebrochen die Linse durchsetzen, weil sie bei ihren Eintritts- und Austrittsstellen gleiche Brechung erleiden. Solche Strahlen nennt man Hauptstrahlen. Alle anderen Strahlen werden gebrochen und zwar stark, wenn der Einfallswinkel groß ist, wenig, wenn

Fig. 137 a.



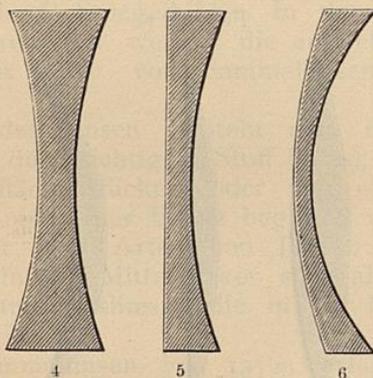
dieser Winkel klein ist. Die Brennpunkte der sphärischen Linsen liegen ebenso wie die der Hohlspiegel auf der Achse und zwar näher an der Linse, wenn die Begrenzungsflächen schärfer, weiter von der Linse, wenn sie schwächer gekrümmt sind. Parallel der Achse auf die Linse auffallende Lichtstrahlen (Sonnenstrahlen) vereinigen sich jenseits derselben im Brennpunkte.

Dieselben erleiden bei ihrem Durchgang durch eine bikonvexe Linse eine zweifache Brechung,

einmal bei dem Übergange von Luft in Glas und einmal bei dem Übergang von Glas in Luft. Bei der plankonvexen Linse treffen die Strahlen zunächst senkrecht zu einer Begrenzungsfläche auf und werden nur einmal gebrochen.

Mit Hilfe des Brechungsgesetzes:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$  oder  
in Worten: »der Brechungskoeffizient ( $n$ ) wird erhalten,

Fig. 137 b.



wenn man den Sinus des Einfallswinkels durch den Sinus des Brechungswinkels dividiert«, findet man für bekannte Brechungskoeffizienten die Richtung des gebrochenen Strahles für jeden Einfallswinkel.

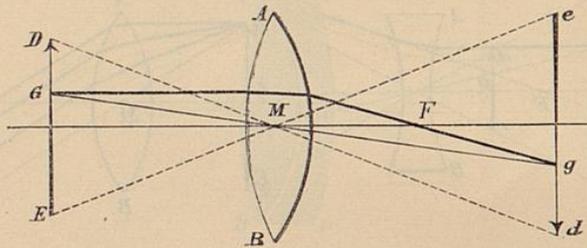
Die Lage und Größe eines Bildes, welches eine Linse von einem Objekt erzeugt, findet man auf konstruktivem Wege mit Hilfe zweier Strahlen und zwar eines von einem beliebigen Punkt des Objekts ausgehenden und eines durch den Mittelpunkt der Linse gehenden Hauptstrahles.

Es sei in Fig. 138  $AB$  eine Konvexlinse,  $DE$  ein vor derselben befindlicher senkrecht zur Achse

stehender Pfeil. Irgend ein Punkt desselben in der Nähe der Achse, z. B.  $G$ , sende einen Lichtstrahl parallel zur Achse durch die Linse; dieser Strahl wird bei seinem Eintritt aus der Luft in die Linse, deren Brechungskoeffizient bekannt ist, gebrochen. Eine zweite Brechung erleidet derselbe bei seinem Austritt aus der Linse in die Luft und zwar direkt nach dem Brennpunkt hin.

Ein zweiter von  $G$  aus durch den Mittelpunkt  $M$  hindurchgehender Lichtstrahl (Hauptstrahl) bleibt ungebrochen.

Fig. 138.



Beide Strahlen schneiden sich in  $g$  und geben dort das Bild des Punktes  $G$ . Zieht man nun durch  $G$  eine Senkrechte zur Achse und außerdem die Hauptstrahlen  $DM$  und  $EM$ , so schneiden dieselben diese Senkrechte in  $e$  und  $d$  und bestimmen somit die Größe des Bildes  $ed$ . Dasselbe ist ein reelles Bild und läßt sich auf einem Schirm auffangen und sichtbar machen.

Es sei in Fig. 139  $AB$  eine Konkavlinse und  $DE$  das Objekt. Der von  $G$  ausgehende parallele Lichtstrahl geht rückwärts verlängert durch den Brennpunkt  $F$ . Der von  $G$  aus durch den Mittelpunkt gehende Strahl bleibt ungebrochen und schneidet

erstere in  $g$ . Fällt man von  $g$  aus eine Senkrechte auf die Achse und zieht die Hauptstrahlen  $DM$  und  $EM$ , so findet man ebenso wie vorher die Punkte  $d$  und  $e$  als Schnittpunkte und somit Lage und Größe des Bildes  $de$ . Das Bild liegt hier auf der gleichen Seite zwischen Linse und Objekt und erscheint als eingebildetes (subjektives, virtuelles) Bild.

Denkt man sich ein Objekt  $DE$  (Fig. 140) im Brennpunkt  $F$  einer Linse  $AB$  befindlich und durch diese Linse betrachtet, so treten die von diesem Gegen-

Fig. 139.

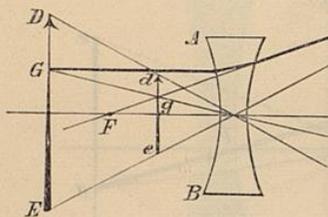
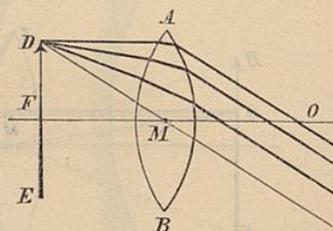


Fig. 140.

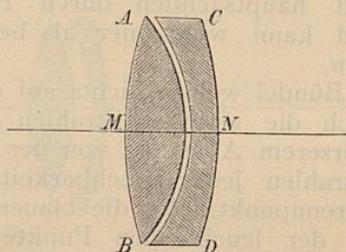


stande kommenden Strahlen parallel in das Auge und dieses erblickt  $DE$  von  $O$  aus unter demselben Winkel, unter welchem es ohne Linse das Objekt von  $M$  aus sehen würde den  $\sphericalangle AOM = \sphericalangle DMF$ . Da das Auge die Größe des Bildes nur als scheinbare Größe durch den Winkel mißt, welchen die äußersten Strahlen im Auge bilden, erscheint ein entsprechend vergrößertes Bild des Objektes.

Da die Linsen von kugelförmigen Flächen begrenzt sind, die keine parallele Lage zu einander haben, so leiden die durch dieselben erzeugten Bilder an einem doppelten Fehler und zwar an einer Gestaltsverzerrung und an einer farbigen, das Sehen störenden Umsäumung ihrer Konturen. Wie schon oben angedeutet, werden

nur die zentralen Lichtstrahlen nach dem Brennpunkt hin gebrochen, während die Randstrahlen sich in einem Punkt schneiden, welcher zwischen Brennpunkt und Linse liegt. Die Randstrahlen bilden daher einen Lichtring. Diese Eigenschaft, welche durch die Kugelgestalt der Linse hervorgerufen wird, nennt man sphärische Abweichung oder Aberration. Wie oben erwähnt, kommt dieselbe auch bei Hohlspiegeln vor und wählt man aus diesem Grunde die Weite des Bogens nicht über fünf Grad.

Fig. 141.



Bei Linsen hält man die sphärische Abweichung dadurch gering, daß man die Randstrahlen durch einen Schirm mit kreisförmiger Öffnung (Diaphragma) abblendet. Die Abweichung läßt sich fast ganz vermeiden durch eine Verbindung von Linsen, welche wenigstens aus einer Sammellinse und einer Zerstreuungslinse bestehen muß.

Ein solches Linsensystem, Fig. 141, heißt ein aplanatisches. Annähernd erreicht man denselben Zweck dadurch, daß man eine Linse geringerer Brennweite durch zwei oder drei Linsen größerer Brennweite ersetzt, welche in einiger Entfernung von einander stehen. Hierbei treffen die Lichtstrahlen nach dem Durchgange durch die erste Linse auf die zweite

(und eventuell auf die dritte) so nahe der Achse auf, daß die Aberration nahezu verschwindet. Dadurch daß man nun nicht mehr nötig hat einen großen Teil der Linse durch Blenden zu verdecken, gewinnt man an Lichtstärke.

Die durch die farbige Umsäumung der Bilder entstehende Undeutlichkeit nennt man die chromatische Abweichung oder Aberration. Dieselbe entsteht durch Zerlegung der weißen Lichtstrahlen in ihre Komplementärfarben (Dispersion).

Diese Eigenschaft des weißen Lichtstrahls, durch Brechung in seine Komplementärfarben zerlegt zu werden, wird hauptsächlich durch Prismen nachgewiesen und kann wohl hier als bekannt vorausgesetzt werden.

Fällt ein Bündel weißen Lichts auf eine Linse, so vereinigen sich die violetten Strahlen als die brechbarsten in kürzerem Abstände von der Linse als die roten; die Strahlen jeder Brechbarkeit haben ihren besonderen Brennpunkt. Wo die blauen Strahlen ein scharfes Bild der leuchtenden Punkte geben, wird dies durch die roten verschleiert.

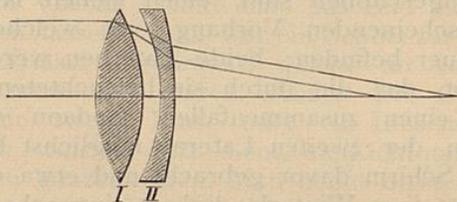
Um diesen Fehler aufzuheben, kombiniert man Linsen aus Materialien von verschiedener Brechbarkeit und zwar muß hierbei die durch die erste Linse hervorgerufene Zerstreuung durch die dahinter stehende Linse aufgehoben werden. Angenommen Linse *I*, Fig. 142, sei eine Konvexlinse aus Crownglas und Linse *II* eine Konkavlinse aus dem das Licht stärker brechenden Flintglas, so müssen die Krümmungshalbmesser der konkaven Flintglaslinse um so größer sein, je geringer der Unterschied des Brechungsvermögens dieser Gläser ist, wenn der weiße Lichtstrahl ungefärbt hinter der Linse die Achse schneiden soll. Eine aus Crown- und Flintglas zusammengesetzte Doppellinse ist achromatisch, wenn die Brennweiten

beider Linsen sich so verhalten wie ihr Zerstreungsvermögen.

Die Entdeckung des Achromatismus wird gewöhnlich Dollond (1758) zugeschrieben, obwohl Hell schon 1733 achromatische Linsen konstruiert hat.

Eine Konvexlinse, welche dazu dient, von einem leuchtenden oder stark beleuchteten Gegenstande, welcher sich außerhalb der einfachen Brennweite befindet, ein verkehrtes reelles Bild auf einem Schirme zu entwerfen oder, wie man sich wissenschaftlich aus-

Fig. 142.



drückt, zu projizieren, kann als einfacher Projektionsapparat aufgefaßt werden.

Die allgemein bekannte Laterna magica besteht aus einem Hohlspiegel und zwei Linsen. Das laternenähnliche Gehäuse ist aus Blech gearbeitet, ringsum verschlossen und nur oben mit einer Abzugsöffnung für den Rauch versehen. Auf der einen Seite ist eine Röhre angelötet, welche zur Aufnahme der die Linsen enthaltenden Röhre dient und auf einer der daranstößenden Seiten befindet sich eine gut anschließende Tür, durch welche eine brennende Lampe gebracht wird. Die Lampe steht im Brennpunkte eines kleinen metallenen Hohlspiegels, der als Beleuchtungsspiegel dient und ihr Licht wird von demselben auf die abzubildenden Gegenstände geworfen. Diese sind mit

durchscheinenden Farben auf Glas gemalt und werden durch eine Öffnung zwischen der Lampe und den Linsen eingeschoben. Diese beisammen stehenden Linsen wirken wie eine einzige stärker gewölbte und haben den Vorzug, daß sie dem Bilde eine größere Helligkeit geben. Damit die Bilder in aufrechter Stellung erscheinen, müssen die bemalten Glasstreifen verkehrt eingeschoben werden.

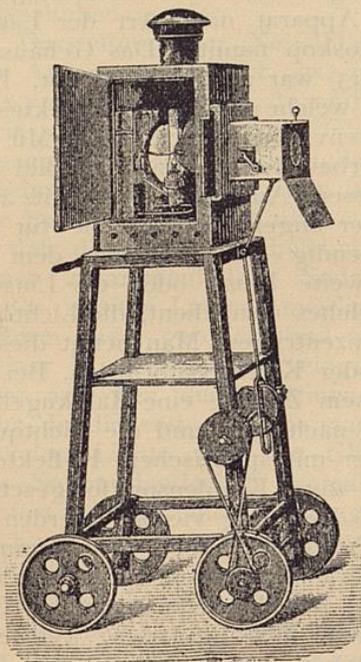
Der zur Darstellung der Nebelbilder dienende Apparat, das Agioskop, besteht aus zwei gleichen Apparaten wie vorbeschriebene Laterna magica. Jeder derselben wirft, so lange noch keine Glasstreifen mit Bildern eingeschoben sind, einen hellen Kreis auf den durchscheinenden Vorhang, vor welchem sich die Zuschauer befinden; beide Laternen werden nun so gerichtet, daß die durch sie beleuchteten Kreise genau in einen zusammenfallen. Sodann wird die Flamme in der zweiten Laterne möglichst klein erhalten, ein Schirm davor gebracht und etwa ein Glasstreifen mit einer Winterlandschaft eingeschoben, die sich jetzt nicht auf dem durchscheinenden Vorhang darstellen kann. In die erste Laterna magica dagegen mit hellglänzendem Lichte wird ein Glasstreifen mit derselben, als Sommerlandschaft gemalten Gegend, eingesetzt. Sofort erscheint diese Sommerlandschaft in voller Deutlichkeit auf dem Vorhange. Indem man aber das helle Licht der ersten Laterne allmählich schwächt, verliert die Landschaft ihre deutlichen Umrisse und erscheint unklar und verschwommen. Gleichzeitig entfernt man den Schirm von der zweiten Laterna magica mit der Winterlandschaft und vermehrt ihre leuchtende Kraft; sobald sie hinreichend hell brennt und vor die erste Lampe der Schirm gebracht ist, tritt an die Stelle der Sommerlandschaft, aus dem Nebel sich herausarbeitend, die hell beleuchtete Winterlandschaft. Unterdessen wird in die erste Laterne

ein neues Bild geschoben, das nachher an die Stelle der zuletzt in Nebel verschwimmenden Winterlandschaft tritt und später wieder durch ein anderes Bild der zweiten Laterne verdrängt wird.

Robertson verwendete zuerst die achromatischen Linsen und verbesserte dadurch wesentlich die *Laterna magica*; er begründete die Geistererscheinungen und schuf einen Apparat nach Art der *Laterna magica*, den er Phantoskop nannte. Das Gehäuse des Apparates (Fig. 143) war aus Holz gebaut. Das Objektiv, d. i. die Linse, welche das Bild des Objektes entwirft, war in einem Kastenvorbau verschiebbar. Mit einer Klappe vorne am Vorbau konnte man das Bild plötzlich verschwinden lassen. Auch war ein Schlitz zur Aufnahme farbiger Gläser angebracht, welche für verschiedene Effekte notwendig waren. Außer dem Objektiv ist noch eine zweite Linse oder ein Linsensystem erforderlich, welches dazu dient, die Lichtquelle auf das Objekt zu konzentrieren. Man nennt diese Linsen die Kondensor- oder Kondensatorlinsen. Bei Robertson diente zu diesem Zwecke eine Halbkugellinse mit der flachen Seite nach vorn und die Lichtquelle war ein Argandbrenner mit sphärischem Reflektor, der nach vorn hin bis zum Kondensator fortgesetzt war. Die Nebelbilder, »*dissolving views*«, werden beim Agioskop durch Niederschrauben der Flamme zum Verschwinden gebracht. Bei dem vorliegenden Phantoskop war zu diesem Zweck ein sogenannter Dissolver, bestehend aus zwei Messingplatten, welche sich gegeneinander bewegen, angeordnet, dessen Mechanismus mit dem Objektiv durch eine Schnur verbunden war: beim Vorschieben des Objektives, also wenn der Apparat der Wand genähert wurde, schloß sich der Dissolver. Das Bild wurde kleiner und gleichzeitig schwächer, als wenn die Erscheinung in die Ferne ging; beim Zurückschieben des Objektives, also bei

Entfernung des Apparates, wurde der Dissolver geöffnet, das Bild wurde größer und schärfer, die Figur kam scheinbar näher. Später hat man auch einen Mechanismus angebracht, der bei der Bewegung des Apparates das Objektiv automatisch einstellte. Die

Fig. 143.



Konstruktion ist in der Abbildung angedeutet. Es ist eine Hebelübertragung von einer exzentrischen, entsprechend ausgeschnittenen Scheibe. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß es am besten ist, das Objektiv und den Dissolver mit der Hand zu regulieren, beziehungsweise mit beiden Händen.

dec  
par  
nah  
gek  
Bei  
and  
zur  
Leb  
weg  
ist  
füh  
mun  
und  
Zus  
die  
jekt  
im  
wir  
run  
sam  
Ein  
wir  
der  
ist  
wo  
ist  
den  
ist.  
Bal  
nah  
dur  
Mu  
der  
der  
ges

Der Dissolver bestand aus fünf oder sechs Klappdeckeln mit rundem Ausschnitt, welche mit halbtransparenter Seide überzogen waren. Wenn der Apparat nahe an der Wand stand, wurden alle Deckel vorgeklappt: das Bild erschien bedeutend abgeschwächt. Beim Zurückschieben wurde ein Deckel nach dem andern zurückgeklappt; jeder Deckel hatte einen Griff zur Handhabung. Wenn die Figur etwa in Dreiviertel-Lebensgröße erschien, nahm man den letzten Deckel weg. Um eine möglichst gute Wirkung zu erzielen, ist es erforderlich, daß der Raum für diese Vorführungen besonders eingerichtet ist. Hinter der Wand muß viel Platz sein, so daß man sich frei bewegen und mit dem Apparate weit zurückgehen kann. Der Zuschauerraum muß ganz dunkel gehalten sein, auch die Decke. Sehr viel kommt darauf an, die Projektionswand zu verdecken. Man bringt sie am besten im Hintergrunde einer kleinen Bühne an; zunächst wird sie durch einen dunklen Vorhang und Drapierungen verhüllt. Wenn das Publikum vollzählig versammelt ist, wird das düster brennende Licht gelöscht. Ein paar Sekunden herrscht Dunkelheit. Der Apparat wirft indes bereits das Bild auf die Wand. Nun wird der Vorhang ganz geräuschlos gehoben. Die Wirkung ist vollkommen: das Publikum hat gar keine Ahnung, wo die Erscheinung sich befindet. Das leichte Gewebe ist nicht sichtbar, da auch hinter der Wand (außer dem Lichte des Apparates) alles stockfinster gehalten ist. Die Figur scheint frei in der Luft zu schweben. Bald ist sie in weiter Ferne, dann wieder rückt sie nahe an den Zuschauer heran. Der Eindruck kann durch Donner und Sturm oder auch durch passende Musik verstärkt werden. Jedes auffällige Geräusch bei der Handhabung des Apparates ist zu vermeiden. Die Räder des Phantoscops müssen Gummireifen haben und gut geschmiert sein, der Darsteller muß sich lautlos bewegen.

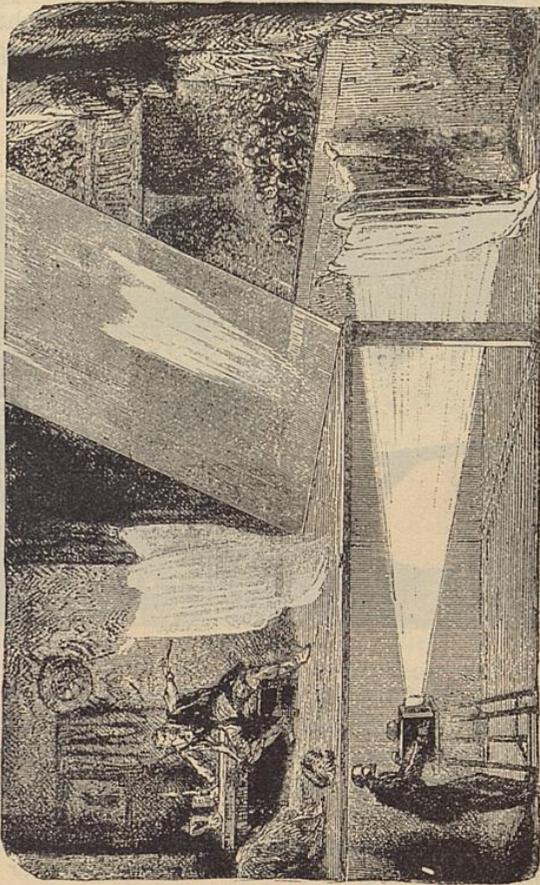
## IX. Kapitel.

Geistererscheinungen und Spiegelwirkungen auf der Bühne. — Scheinwerfer. — Skioptikon- und Projektionsapparate. — Elektrische Bogenlampen zu Projektionszwecken.

Die Geistererscheinungen auf der Bühne beruhen fast durchweg auf Spiegelwirkung. Das Wesentlichste der dazu erforderlichen Einrichtung besteht aus großen, möglichst reinen Spiegelglasplatten, welche gegen den Zuschauerraum hin geneigt sind. Die Person, welche den Geist darstellen soll, wird unterhalb der Bühne mit einem Scheinwerfer beleuchtet. Das Publikum sieht durch die Reflexwirkung ein Phantom auf der Bühne, das von nichts gehindert dahinschwebt. Gleichzeitig erblickt man durch die Scheibe hindurch den entsetzten Schauspieler, der erfolglos auf den Geist sticht und schießt (Fig. 144). Die Darstellung dieser Geistererscheinungen ist im übrigen ziemlich schwierig, da weder der Schauspieler den Geist, noch auch der Geist den Schauspieler sieht. Ferner ist zu beachten, daß der Geist dem Publikum seitlich verkehrt erscheint. Die markierende Person muß mit der linken Hand das machen, was in Wirklichkeit die rechte tun soll. Wenn das Phantom aufrecht erscheinen soll, muß der Darsteller eine schiefe,

gegen das Publikum geneigte Haltung annehmen. Da die Bewegungen des Darstellers in der geneigten

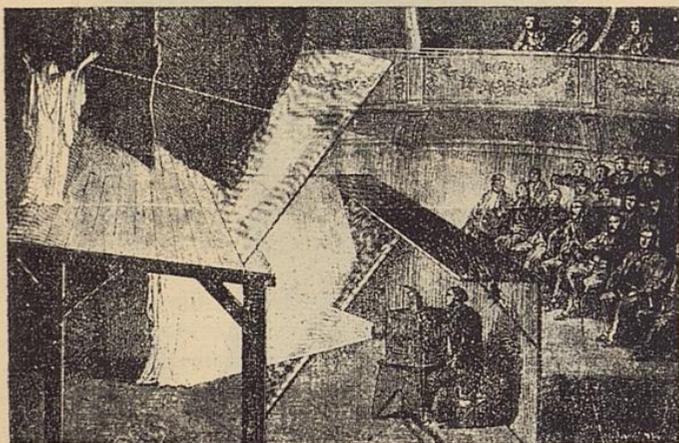
Fig. 144.



Stellung sehr erschwert sind, hat man denselben auch auf einem Wagen weiter befördert. Der Beleuchtungs-

apparat wurde mitgeföhren. Diese Unzutraglichkeiten können vermieden werden, wenn man mit zwei Spiegelplatten arbeitet; die Person geht aufrecht und kann sich frei bewegen, auch fällt die sonst leicht mögliche Verwechslung von links und rechts weg. Dagegen ist der Lichtverlust hier wesentlich größer.

Fig. 145.



Deshalb muß die Bühne ganz dunkel gehalten sein. Die Anwendung ist aus Fig. 145 ersichtlich.

Einfacher kann man arbeiten, wenn bei den Geistervorstellungen nur ein Teil der Bühne von den Schauspielern benützt wird. Man stellt dann die Scheibe vertikal, diagonal über die Bühne hin auf. Der Geistspieler befindet sich seitlich von der Bühne hinter einer Kulisse und wird dort von der Laterne grell beleuchtet. Dieses Prinzip wird auch vielfach bei Verwandlungen angewendet.

Die lebende Statue, eine bekannte Illusion, erfordert folgende Anordnung: Fig. 146. Ein großer Kasten, der zwei Fenster,  $A$  und  $B$ , sowie eine größere Öffnung  $P$  hat, ist innen völlig schwarz ausgekleidet. Diagonal zu den Wänden steht eine unbelegte Spiegelscheibe  $SS$ . Die Statue wird vor dem Fenster  $A$  aufgestellt; vor dem Fenster  $B$  stellt sich die zu verwandelnde Person auf.  $L_1$  und  $L_2$  sind Laternen, deren Licht durch einen Dissolver ab-

Fig. 146.

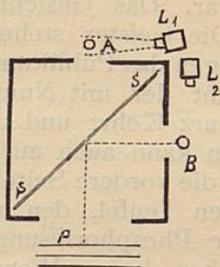


Fig. 9.

wechselnd geschwächt und verstärkt werden kann. Bei elektrischem Glühlicht kann dies durch Umschalten von Widerstand bewerkstelligt werden. Zunächst tritt Laterne  $L_1$  in Tätigkeit. Das Publikum  $P$  sieht durch die Scheibe hindurch die hell beleuchtete Statue bei  $A$ . Nun wird das Licht der Laterne  $L_1$  allmählich geschwächt und das Licht der Laterne  $L_2$  in gleichem Maße verstärkt.  $L_2$  erleuchtet nun immer stärker die Person  $B$ , während die Statue bei  $A$  immer matter erscheint und schließlich ganz verschwindet. Der Zuschauer erblickt im Spiegel das Bild der Person  $B$ ; die tote Statue gewinnt Farbe und Leben. Schließlich steht an Stelle derselben eine lebende

Person vor dem Beschauer sobald das Licht bei  $L_1$  ganz abgesperrt ist und bei  $L_2$  voll erstrahlt.

Um eine möglichst vollkommene Täuschung hervorzurufen, muß sich die Person mit der Statue genau decken, so daß die Konturen ineinander übergehen. Bezüglich der Geistererscheinungen sei noch erwähnt, daß dieselben nicht immer auf Spiegelwirkung beruhen. Bei den sogenannten amerikanischen Geistererscheinungen wurden dieselben dadurch hervorgebracht, daß die Darsteller Anzüge aus dunklem Stoff trugen, auf deren Rückseite der Geist mit Leuchtfarbe aufgemalt war. Das Gesicht war durch eine Kapuze verhüllt. Die Geister stehen auf der Bühne mit dem Rücken gegen das Publikum. Auf Kommando des Direktors macht der mit Nummer oder Namen angerufene Geist kurz Kehrt und das Geistergerippe wird sichtbar. Man kann auch auf eine Person zwei Geister malen, auf die vordere Seite das Totengerippe, auf die hintere einen Teufel, den man durch Zusatz von Pigmenten zur Phosphorlösung, etwa Strontium usw., feuerrot machen kann. Wenn dann der eine Geist verschwindet, erscheint sogleich an dessen Stelle ein anderer usw.

Ein Verfahren, welches gestattet, von Personen mit Hilfe eines Objektivs ein aufrechtes Bild auf der Projektionswand zu entwerfen, hat E. Sandow in England aufgebracht. Das Umkehren des durch den Apparat zunächst verkehrt entworfenen Bildes kann auf drei verschiedene Arten bewirkt werden: durch eine zweite Linse, durch einen Spiegel oder durch ein Prisma.

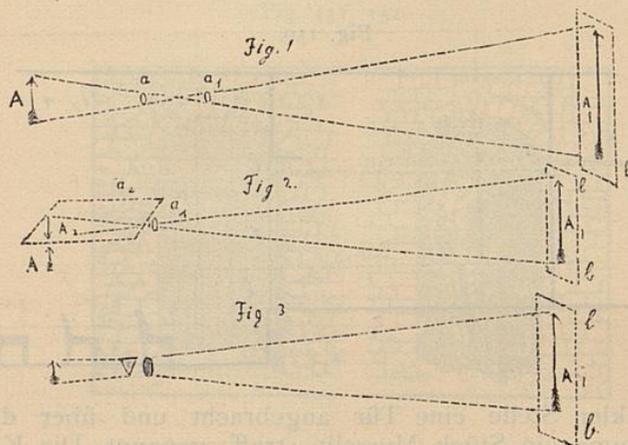
Fig. 147 zeigt bei  $A$  das Objekt oder die Person, welche projiziert werden soll, bei  $bb$  die Projektionswand und bei  $A_1$  das Bild. Die Umkehrung ist bewirkt durch eine zweite Linse  $a_1$ .

Fig. 148 zeigt die Anwendung eines Spiegels  $a_2$ . Derselbe ist direkt über der Person, etwas schräg, anzu-

bringen. Das Objektiv  $a_1$  projiziert alsdann das Spiegelbild auf die Wand  $bb$ .

Fig. 149 stellt die Umkehrung mit Hilfe eines Prismas dar. Da zu diesem Zwecke ein sehr großes Prisma zur Verwendung kommen müßte, schlägt Sandow ein aus Glasplatten zusammengesetztes, mit Flüssigkeit gefülltes Glasprisma vor. Wie sich San-

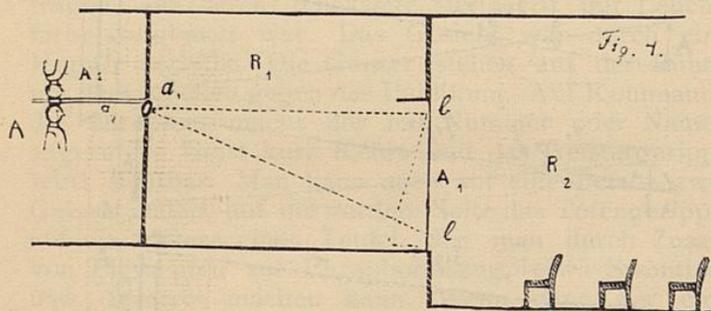
Fig. 147—49.



dow ein solches Verfahren in der Praxis vorstellt, ist aus Fig. 150 zu ersehen. Die Person  $A$  befindet sich in einem Raume  $R$ . Ein Spiegel  $a_2$  reicht bis zur Zwischenwand, in welcher das Objektiv  $a_1$  angebracht ist. Die Zuschauer in  $R_2$  sehen das aufrecht projizierte Bild der Person auf der transparenten Wand  $bb$ . Die Person selbst wird intensiv beleuchtet, der übrige Raum jedoch dunkel gehalten. Der Lichtverlust ist bei diesen Versuchen ziemlich beträchtlich. Um ein sichtbares Bild zu erhalten, muß die betref-

fende Person außerordentlich hell beleuchtet und der Zuschauerraum gänzlich verdunkelt werden. Eine ergänzende Szenerie auf der Bühne ist hierbei kaum anzubringen; die Darstellung erfordert ein großes Objektiv. Eine Geistererscheinung, beziehungsweise die Erscheinung einer lebenden Person im Rahmen eines Gemäldes oder einer Tür wird meist ohne Anwendung von Spiegelwirkungen nur durch Beleuchtungseffekte bewerkstelligt. In der Kulisse, Fig. 151, wird an einer

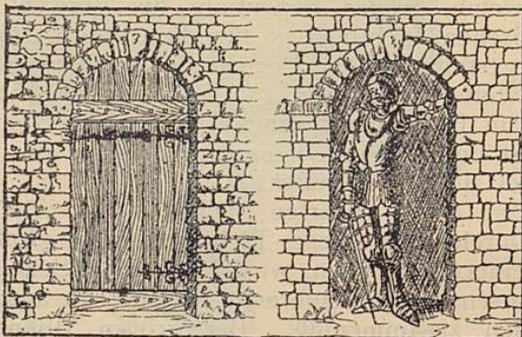
Fig. 150.



dunklen Stelle eine Tür angebracht und über der Öffnung ein Stück Musselin straff gespannt. Die Kulisse ist wie gewöhnlich bemalt; die Tür selbst auf dem Musselin ist indes ganz leicht angelegt, so daß der Stoff völlig transparent bleibt. Hinter der Tür steht die Person, welche als Geist erscheinen soll; zunächst herrscht dort vollständige Finsternis. Das Publikum erblickt die Tür, welche fest erscheint, da der bemalte Stoff von vorne nur schwach beleuchtet ist. Wenn nun der Geist erscheinen soll, wird die Person von der Seite her allmählich immer stärker beleuchtet. Die Türe verschwindet und der Geist steht da (Fig. 152).

Auf dem gleichen Prinzip beruht das Heraus-treten gemalter Personen aus den Bildern usw., sowie auch das Diorama, dessen Erfinder Daguerre war. Es handelt sich hierbei um zwei aufeinanderfolgende oder einander ergänzende Bilder, wie beim Nebel-bilderapparat. Eine große transparente Seidenfläche wird auf beiden Seiten verschiedenartig bemalt; das vordere Bild wird durch einen großen weißen Schirm

Fig. 151, 152.



erleuchtet, der von der oberen Etage sein Licht emp-fängt und beweglich angeordnet ist. Wenn er her-untergelassen wurde, war das Licht abgeschnitten. Das Bild auf der Rückseite erhält das Licht durch ein gegenüberliegendes Fenster, welches sich durch zwei Flügel verschließen läßt. Wenn das vordere Bild allein sichtbar werden sollte, wurde das Fenster geschlossen und der Schirm gehoben. Wollte man nun das rückwärtige Bild erscheinen lassen, so wurde der Schirm langsam gesenkt, während die Blenden des Fensters allmählich geöffnet wurden. Auf diese

Weise erhielt man einen schönen Übergang. Für bestimmte Effekte war es erforderlich, daß beide Seiten gleichzeitig beleuchtet wurden, ebenso wie beim Doppelapparat die Laternen sowohl abwechselnd wirken, wie auch zuweilen gleichzeitig in Tätigkeit treten.

Die Deutlichkeit, mit welcher Bilder von Personen oder Gegenständen dem Zuschauer erscheinen, hängt natürlich in hohem Maße von der Intensität der Beleuchtung, also von der Güte und Brauchbarkeit der Scheinwerfer ab. Es ist daher begreiflich, von welcher großen Bedeutung die Verwendung des elektrischen Lichtbogens für derartige Vorführungen sich gestaltete. Das Prinzip der Scheinwerfer geht ohne weiteres aus Fig. 136 hervor. Der Lichtbogen wird im Brennpunkt eines sphärischen Hohlspiegels erzeugt und die von demselben ausgehenden Strahlen parallel zur Achse reflektiert.

Um einen scharfen Lichtkreis zu erhalten und den Durchmesser dieses Lichtkreises vergrößern und verkleinern zu können, wird bei starken Scheinwerfern ein Linsensystem angebracht, welches die austretenden Strahlen zusammenfaßt. Bei großen Bühnenscheinwerfern ist man genötigt, die beiden kreisrunden Linsenscheiben aus Streifen zusammensetzen, da das Schleifen von Linsen mit großem Durchmesser erhebliche Schwierigkeiten bietet.

Außer den Linsenscheinwerfern finden auch hier und da Prismenscheinwerfer Verwendung zur gleichmäßigen Beleuchtung größerer Flächen auf kurze Entfernung.

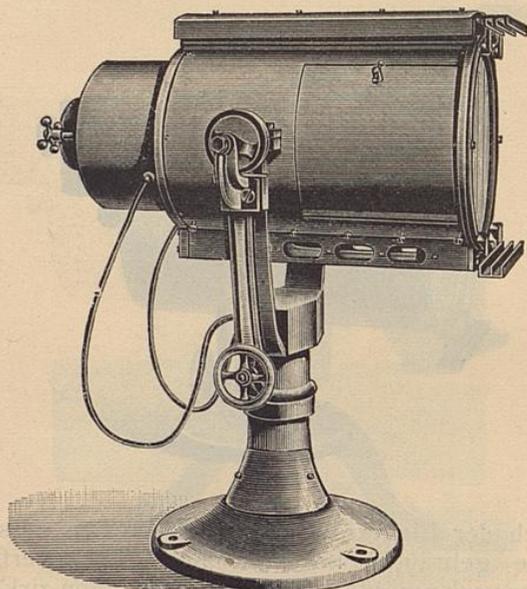
Bei den Scheinwerfern läßt man den elektrischen Lichtbogen am vorteilhaftesten so entstehen, daß die Bogenlichtkohlen in horizontaler Lage sich befinden. Die Bühnenscheinwerfer erhalten vorn einen Rahmen zum Einschieben farbiger Glasscheiben. Fig. 153

stel  
Ma  
mat  
läng  
sow  
fert

Har  
wer  
Öff  
auß  
Sch  
nur

stellt einen Scheinwerfer der Firma Körting und Mathiesen (Leipzig) dar. Derselbe besitzt eine automatische Reguliervorrichtung für die Lichtbogenlänge. Die Apparate werden für Handlichtbogenbildung sowie auch für selbsttätige Lichtbogenbildung angefertigt. Im ersten Falle wird die Kohle mittels eines

Fig. 153.

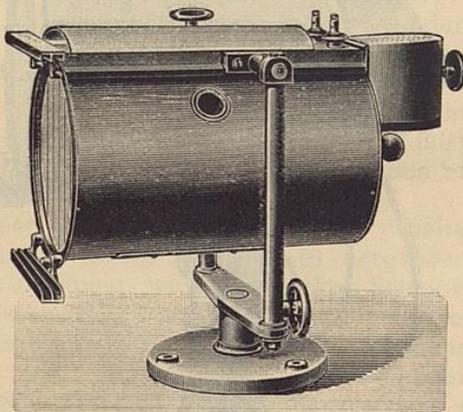


Handrädchens so weit zurückgeschoben, bis das Regelwerk in Tätigkeit tritt. Die Kohlenhalter sind nach Öffnen der Seitentüre zugänglich, der Spiegel von außen verstellbar. Bei dem durch Fig. 154 dargestellten Scheinwerfer der gleichen Firma, welcher jedoch meist nur bei der Marine Verwendung findet, ist der ge-

samte Oberbau um eine vertikale Achse ohne Einschränkung drehbar und durch eine mit Handrad versehene Schraube festzustellen.

Fig. 155 und 156 zeigen Prismen- und Linsenscheinwerfer der Firma K. Weinert, Berlin; letzterer findet speziell beim Ballet und Serpentintanz Verwendung. Bei demselben kann der Lichtbogen der Linse genähert, beziehungsweise von derselben entfernt werden,

Fig. 154.



wodurch der Lichtkreis in weiten Kreisen verstellbar ist. Die gebräuchlichen normalen Scheinwerfer für Bühnenzwecke werden auf einem Stativ von zirka 1,5 m Höhe drehbar angeordnet. Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft liefert solche Scheinwerfer. Wie Fig. 157 zeigt, sind dieselben auch horizontal verstellbar.

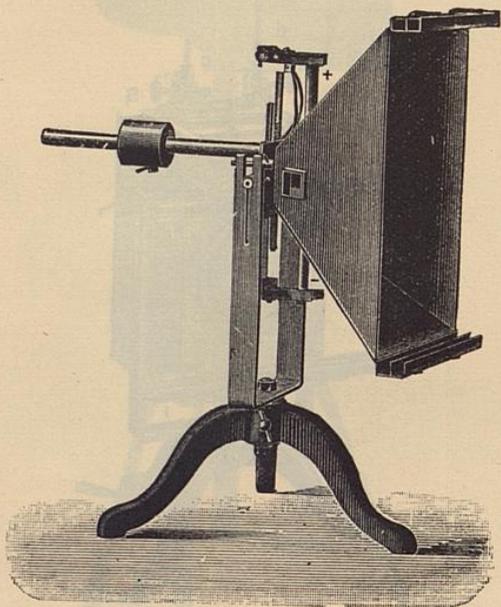
Im Prinzip stellen die Scheinwerfer nur Teile von Projektionslampen dar, denn wie wir gesehen haben, besitzt auch die Laterna magica einen Scheinwerfer mit sphärischem Spiegel und Linsensystem. Die heute ge-

brä  
dentik  
St  
Fostat  
stel  
den  
Die  
eine  
Dec

bräuchlichen Projektionsapparate sind Verbesserungen der *Laterna magica*.

Die erste Einrichtung der unter dem Namen »Skioptikon« bekannt gewordenen Apparate zeigt Fig. 158. Stöhrer in Leipzig hat das Skioptikon zuerst in dieser Form konstruiert und mit einer Petroleumlampe ausge-

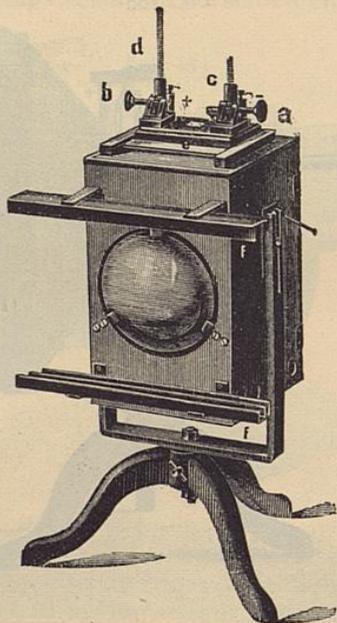
Fig. 155.



stattet. Letztere besitzt zwei schief gegeneinander gestellte Dochte, welche durch Schrauben *q* reguliert werden und aus dem Behälter *B* ihren Brennstoff aufsaugen. Diese Lampe befindet sich in einem Gehäuse, das mit einem Schornsteine *F* versehen ist. Der aufklappbare Deckel des Gehäuses trägt an seiner Innenfläche einen

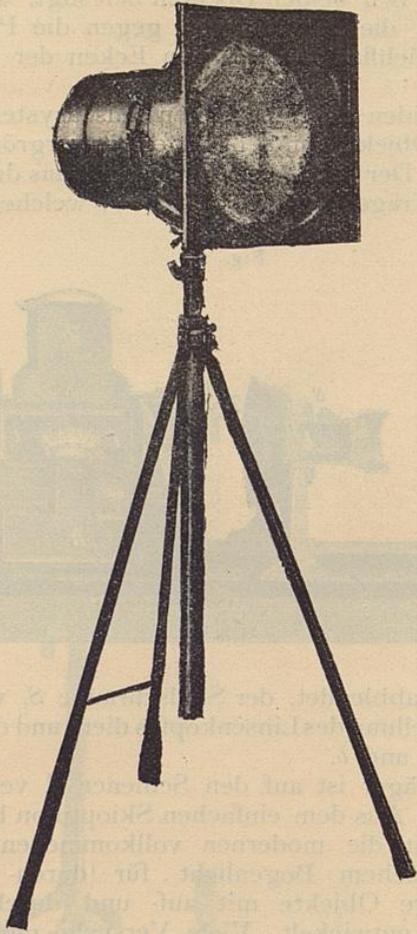
Hohlspiegel  $G$ , während gegenüber in einem zylindrischen Ansatzrohre die Kondensorlinsen  $o o$  angebracht sind. Es sind dies zwei plankonvexe Linsen, welche die Aufgabe haben, die von der Lichtquelle ausgesandten und vom Hohlspiegel reflektierten Strahlen auf dem

Fig. 156.



Objekt zu konzentrieren, welches letzteres unmittelbar vor den Linsen eingeschoben und durch die Drahtfeder  $p$  festgehalten wird.  $i i$  sind Glasplatten, welche gemeinschaftlich mit einer unterhalb der Flamme quer durch die Kammer gelegten Blechwand die Flamme von den übrigen Teilen des Apparates abschließen.

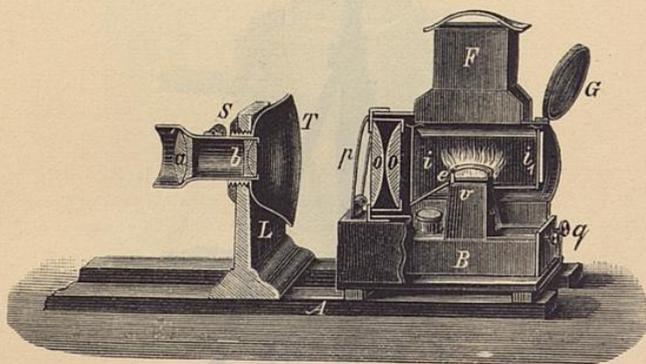
Fig. 157.



Bei *e* ist überdies noch eine Glasplatte in senkrechter Stellung zu den beiden Dochten befestigt, welche den Zweck hat, die Bildung von gegen die Platte *i* gerichteten Stichflammen an den Ecken der Dochte zu verhindern.

Die beiden achromatischen Linsensysteme *a* und *b* dienen als Objektiv und entwerfen ein vergrößertes Bild des Objekts. Der Objektivträger besteht aus dem Linsenkopf, dem Träger *L*, dem Schirm *T*, welcher das seit-

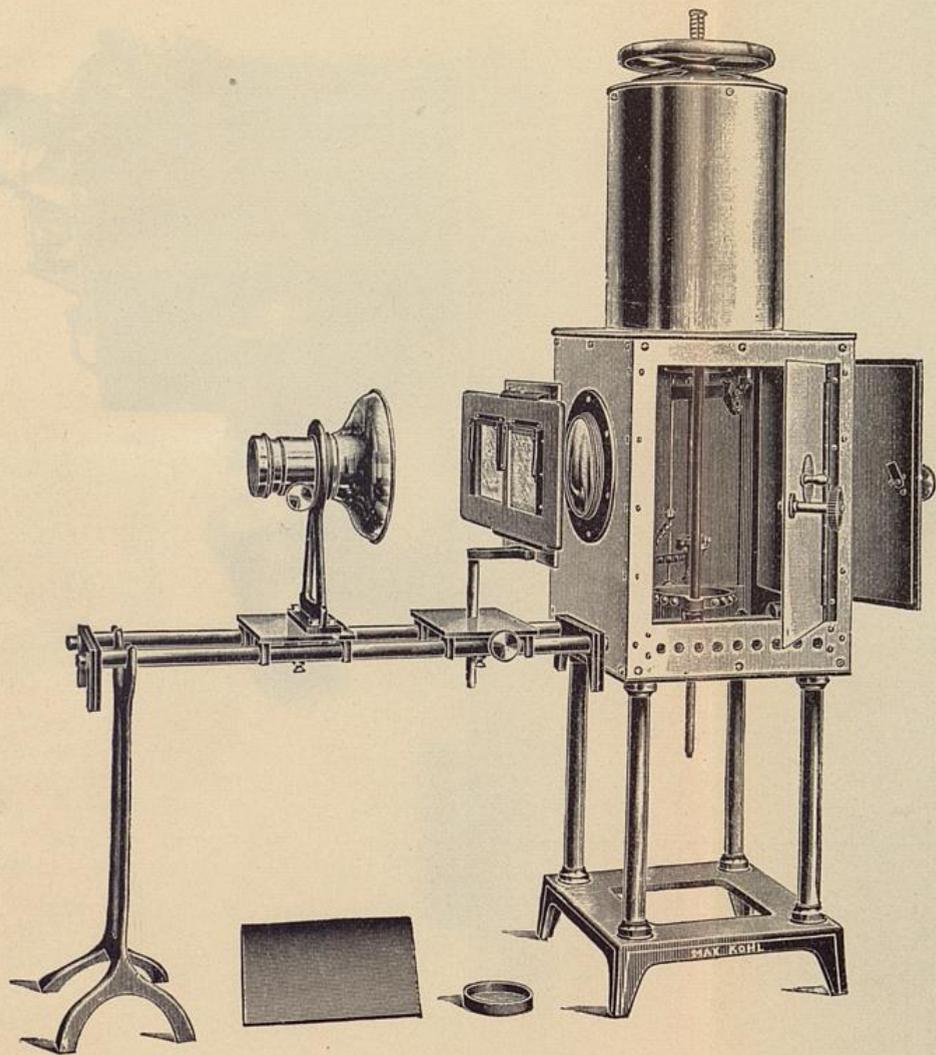
Fig. 158.



liche Licht abblendet, der Stellschraube *S*, welche zur feinen Einstellung des Linsenkopfes dient und den Linsensystemen *a* und *b*.

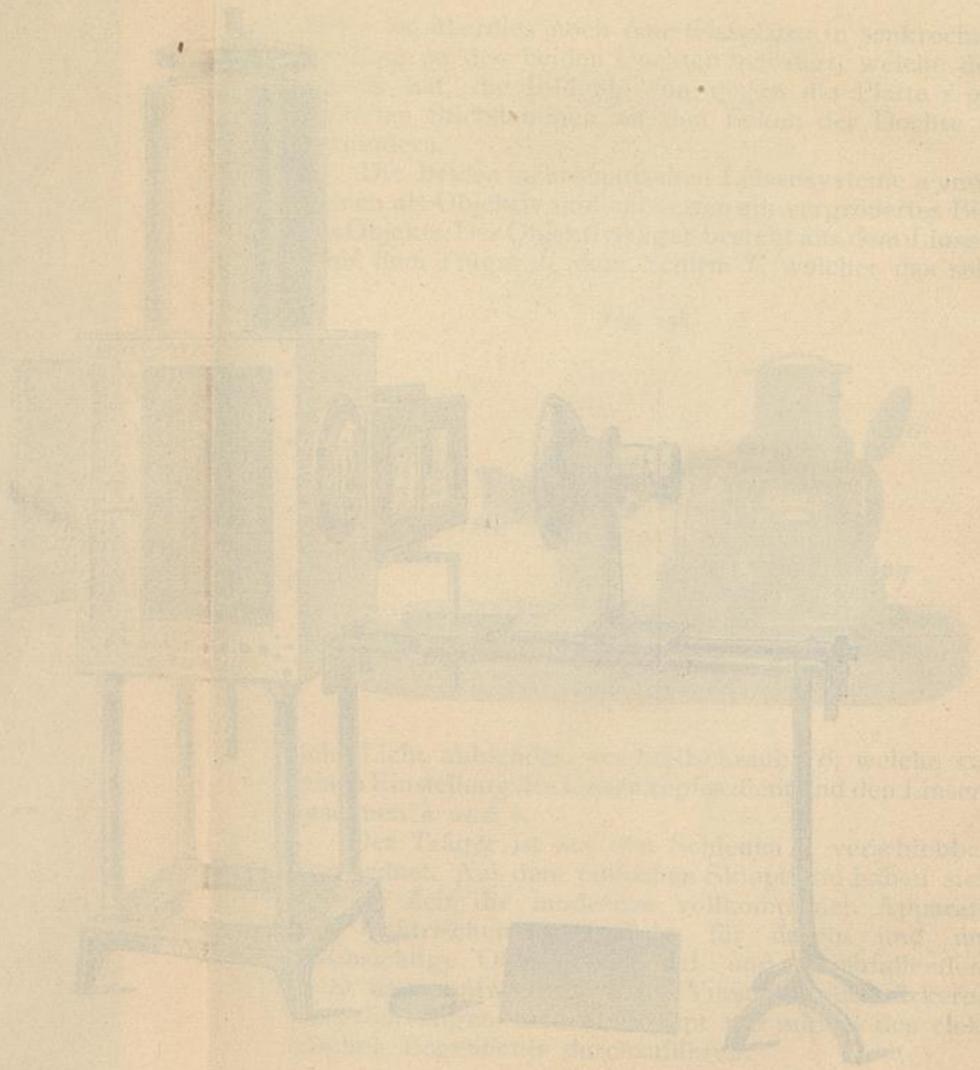
Der Träger ist auf den Schienen *A* verschiebbar angeordnet. Aus dem einfachen Skioptikon haben sich mit der Zeit die modernen vollkommenen Apparate mit elektrischem Bogenlicht für durch- und undurchsichtige Objekte mit auf- und durchfallendem Licht usw. entwickelt. Viele Versuche mit stärkeren Vergrößerungen sind überhaupt nur mittels des elektrischen Bogenlichts durchzuführen.

Fig. 159.



Das Mikroskop ist ein Instrument, welches zur Vergrößerung kleiner Gegenstände dient. Es besteht aus einem Objektiv und einem Okular, die durch ein gemeinsames Brennpunkt verbunden sind. Die Vergrößerung wird durch die Kombination dieser Linsen erreicht.

Die Vergrößerung des Mikroskops wird durch die Kombination der Brennweiten des Objektivs und des Okulars bestimmt. Eine größere Brennweite des Objektivs führt zu einer höheren Vergrößerung.



Die Vergrößerung des Mikroskops wird durch die Kombination der Brennweiten des Objektivs und des Okulars bestimmt. Eine größere Brennweite des Objektivs führt zu einer höheren Vergrößerung.

Die Vergrößerung des Mikroskops wird durch die Kombination der Brennweiten des Objektivs und des Okulars bestimmt. Eine größere Brennweite des Objektivs führt zu einer höheren Vergrößerung.

Die Vergrößerung des Mikroskops wird durch die Kombination der Brennweiten des Objektivs und des Okulars bestimmt. Eine größere Brennweite des Objektivs führt zu einer höheren Vergrößerung.

Die Vergrößerung des Mikroskops wird durch die Kombination der Brennweiten des Objektivs und des Okulars bestimmt. Eine größere Brennweite des Objektivs führt zu einer höheren Vergrößerung.

Fig. 160.

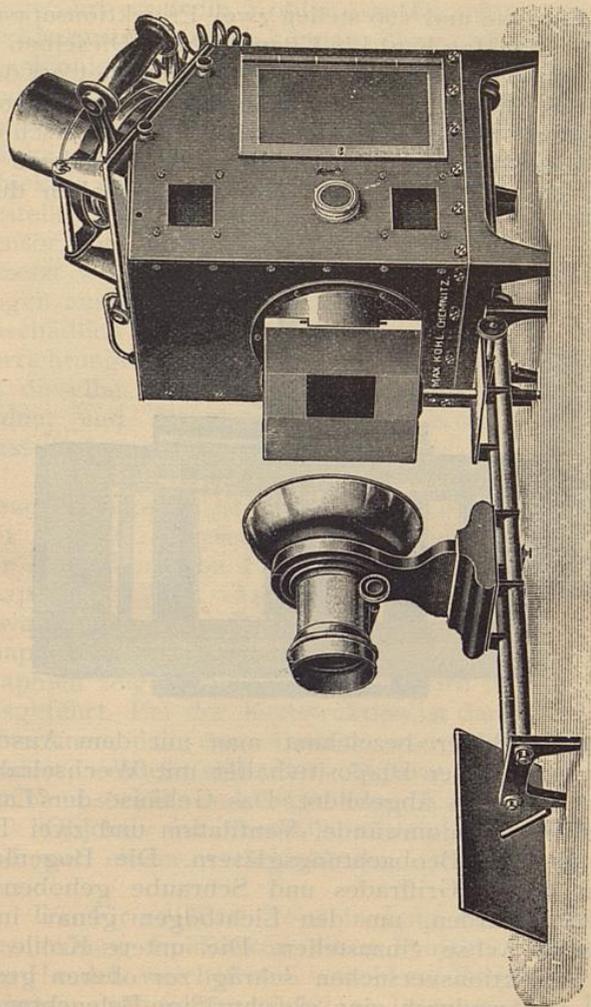
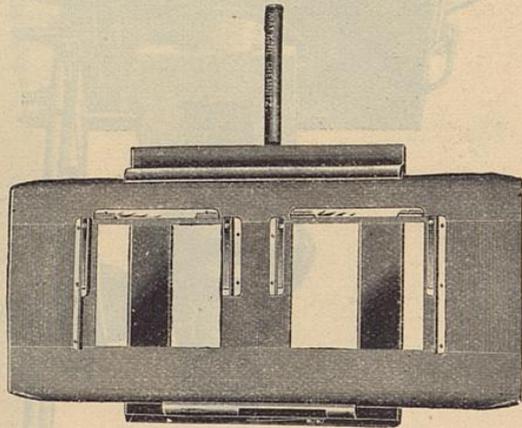


Fig. 159 und 160 stellen zwei Projektionsapparate der Firma Max Kohl in Chemnitz dar. Dieselben sind mit angesetzten optischen Bänken ausgestattet, auf denen sich das Ojektiv und ein verstellbares Tischchen zur Aufnahme der zu projizierenden Objekte verschieben und feststellen läßt. In das Stativ des Tischchens paßt auch der Bildhalter. Die auf Glas gemalten durch-

Fig. 161.



sichtigen Bilder bezeichnet man mit dem Ausdruck Diapositive. Der Diapositivhalter mit Wechselrahmen ist in Fig. 161 abgebildet. Das Gehäuse der Laterne besitzt Aluminiumwände, Ventilation und zwei Türen mit dunklen Beobachtungsgläsern. Die Bogenlampe kann mittels Griffrades und Schraube gehoben und gesenkt werden, um den Lichtbogen genau in die optische Achse einzustellen. Die untere Kohle wird bei Projektionsversuchen schräg zur oberen gestellt, Fig. 162, wodurch eine gleichmäßige Beleuchtung erzielt wird, läßt sich jedoch bei anderen Versuchen

wieder gerade stellen. Die Laterne Fig. 160 ist so ausgeführt, daß die Kohlen sowohl schräg, wie auch gerade gestellt werden können. Durch schräge Stellung der Kohlen wird eine wesentlich größere Anzahl von Lichtstrahlen in die Projektionsrichtung entsandt. Bei Laternen mit großen Kondensoren werden die optischen Bänke so ausgeführt, daß sie nur Kondensator und Objektiv enthalten, während die Laterne für sich aufgestellt wird. Fig. 163 zeigt eine Bank mit einem Kondensator von 228 mm Durchmesser, die vor die Laterne gesetzt wird. Um die große Wärme, welche der Lichtbogen ausstrahlt (zirka 3000 bis 4000<sup>o</sup> C), unschädlich zu machen, werden Kühlvorrichtungen angebracht. In Fig. 163 ist dieselbe vor dem Kondensator angeordnet und für durchfließendes Kühlwasser eingerichtet.

Eine im Auslande hie und da verwendete Laterne ist die nach Dubosc mit direkt angesetztem Objektivkopf zur Projektion von Photogrammen und Diapositiven (Fig. 164). Eine Laterne in etwas anderer Ausführung, sowohl für Diapositive, wie auch zur Vergrößerung von Photographien zeigt Fig. 165. Dieselbe wird in zwei Größen ausgeführt. Bei der Konstruktion ist darauf Rücksicht genommen, daß der Austritt von Seitenlicht verhindert werden soll. Der Apparat ruht auf einem Nußbaumsockel und trägt eine Kamera mit Trieb. Das Objektiv ist ebenfalls mittels Trieb verstellbar und auf einem verschiebbaren Objektivbrett montiert.

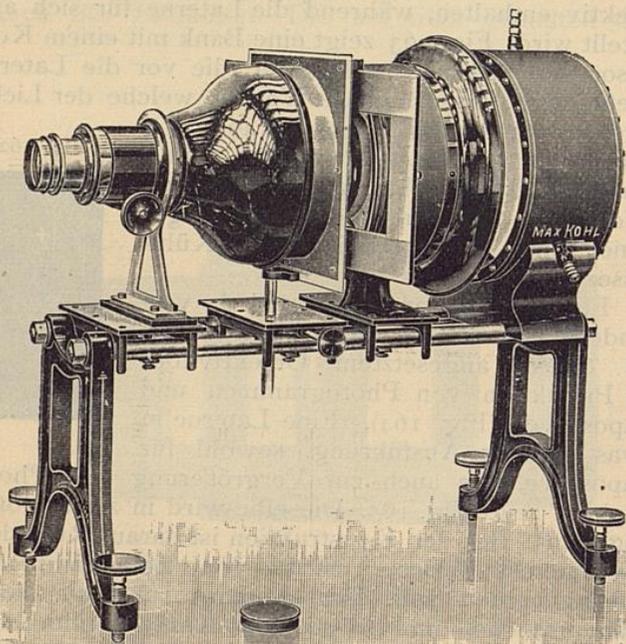
Die Firma Karl Zeiß in Jena bringt unter der Bezeichnung Epidiaskop einen Projektionsapparat in den Handel, welcher sich sowohl zur Projektion durchsichtiger, wie undurchsichtiger Bilder eignet. Da der

Fig. 162.



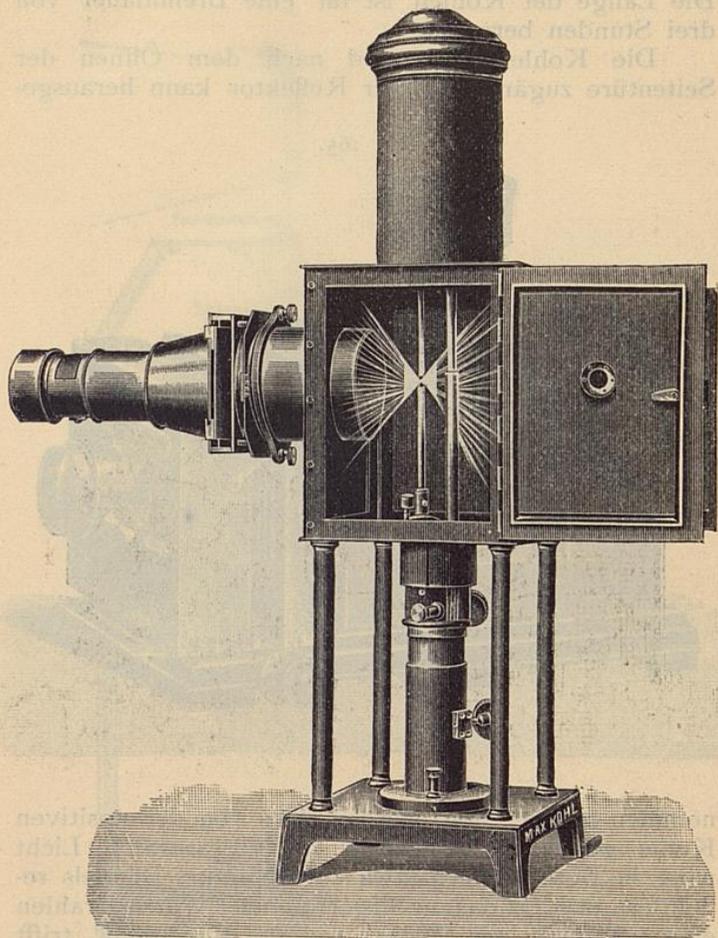
Apparat sowohl für durchfallendes Licht (diaskopische Projektion), wie auch für auffallendes Licht (episkopische Projektion) verwendbar ist, hat derselbe die Bezeichnung Epi-diaskop erhalten.

Fig. 163.



Die Anordnung desselben bei auffallendem Licht und undurchsichtigen Objekten zeigt Fig. 166. Zur Beleuchtung dient ein Scheinwerfer von Körting & Mathiesen mit selbsttätiger Regulierung und Lichtbogenbildung für Gleichstrom. Die Kohlen liegen hori-

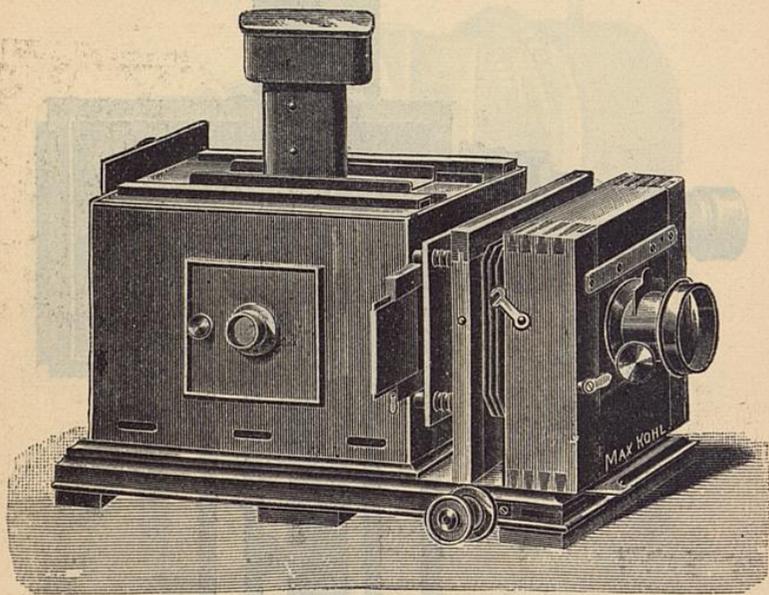
Fig. 164.



zontal und sind so angeordnet, daß die dicke positive Kohle ihren Krater einem Neusilberreflektor zukehrt. Die Länge der Kohlen ist für eine Brenndauer von drei Stunden berechnet.

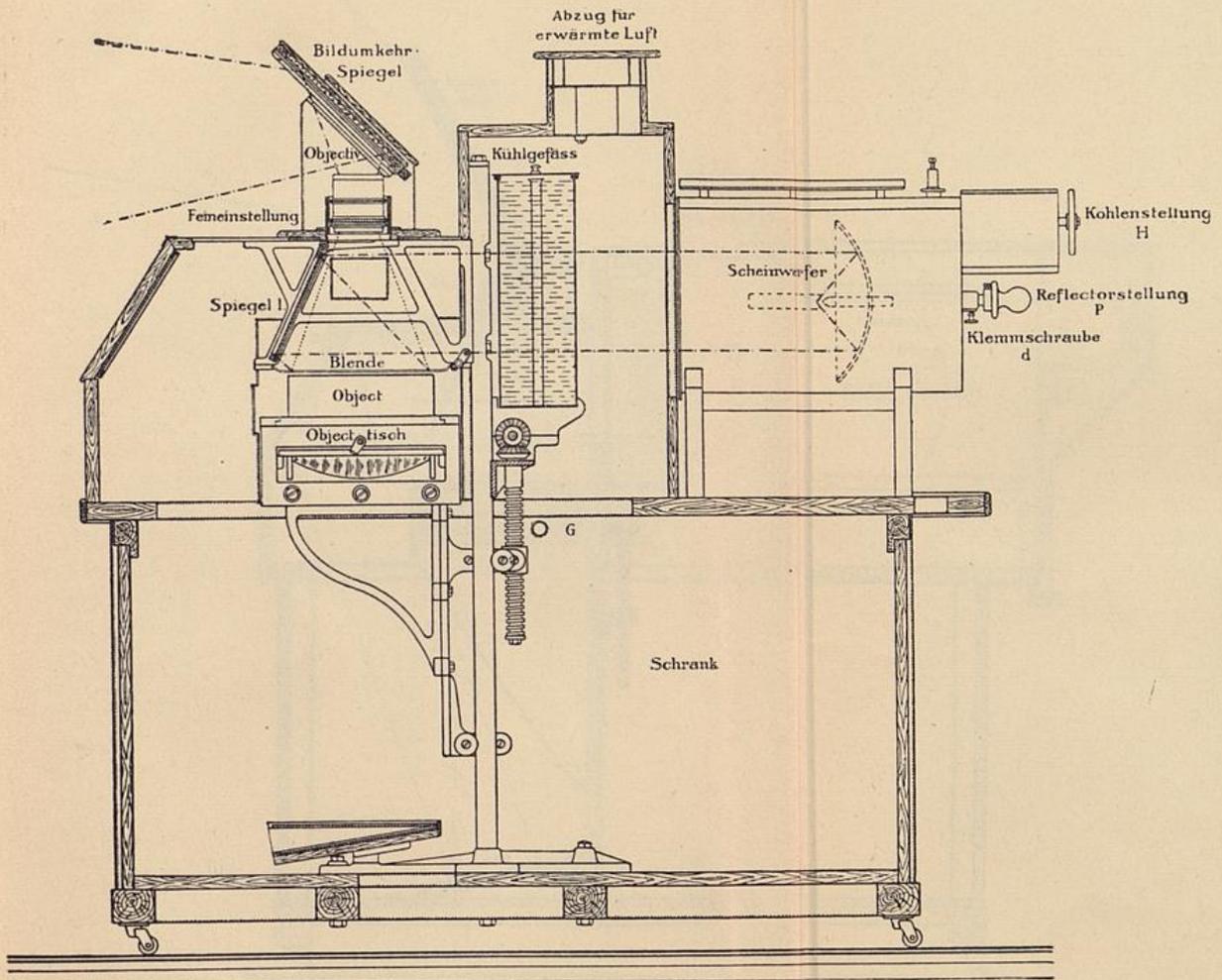
Die Kohlenhalter sind nach dem Öffnen der Seitentüre zugänglich. Der Reflektor kann herausge-

Fig. 165.



nommen und gereinigt werden. Das von der positiven Kohle gegen den Reflektor hin ausgestrahlte Licht wird in Gestalt eines etwa zylindrischen Bündels reflektiert, passiert das zur Absorption der Wärmestrahlen eingeschaltete, mit Wasser gefüllte Kühlgefäß, trifft auf den Spiegel *I* und wird von diesem schräg von

Fig. 166.



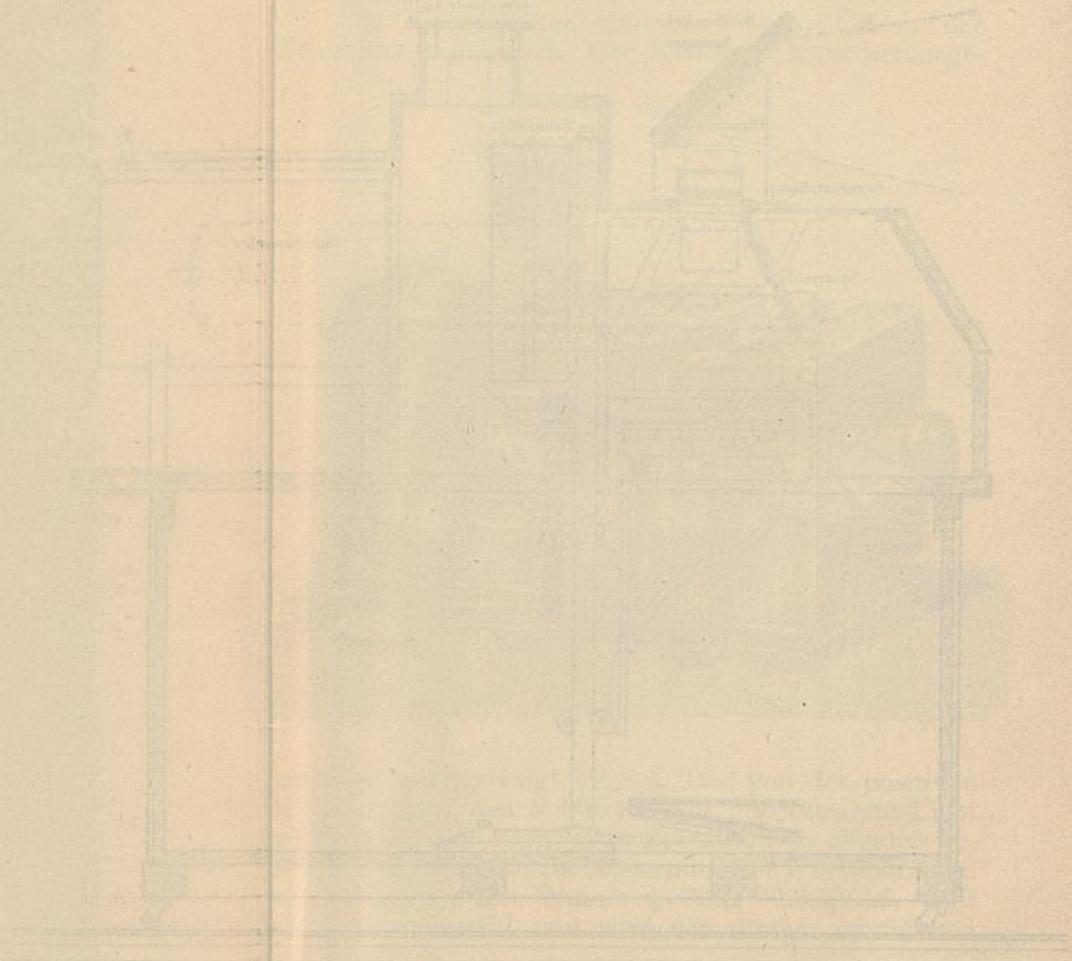
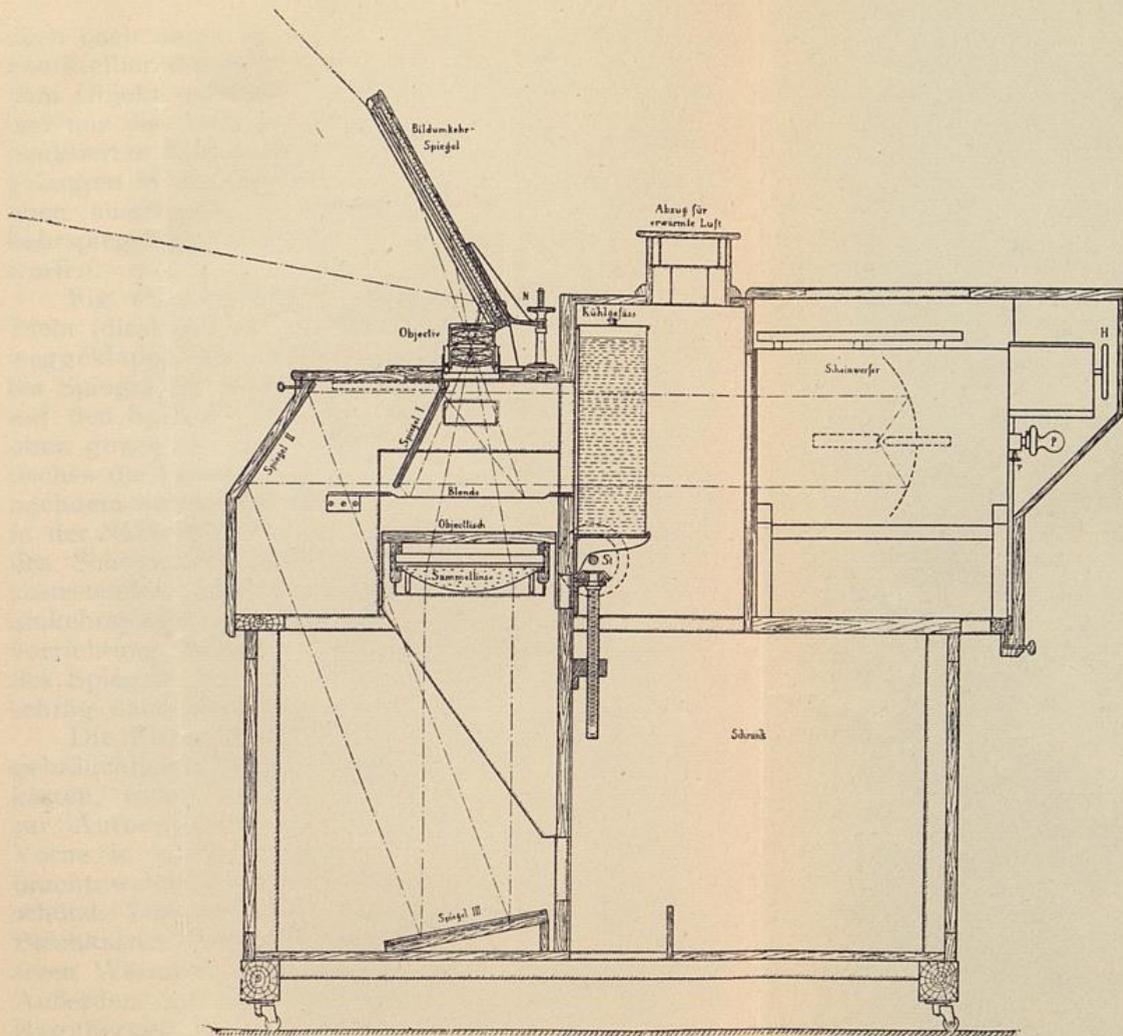
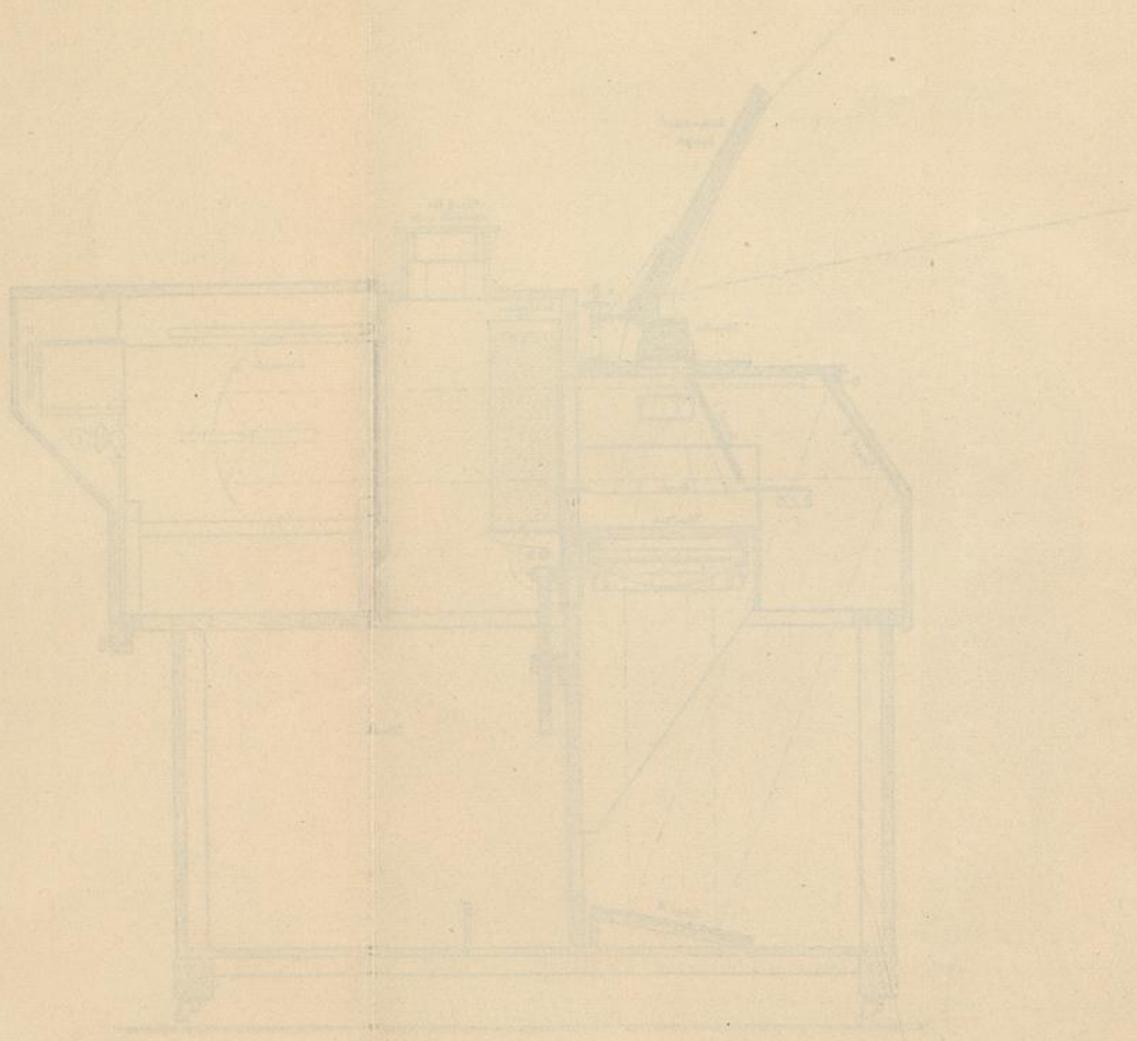


Fig 167.



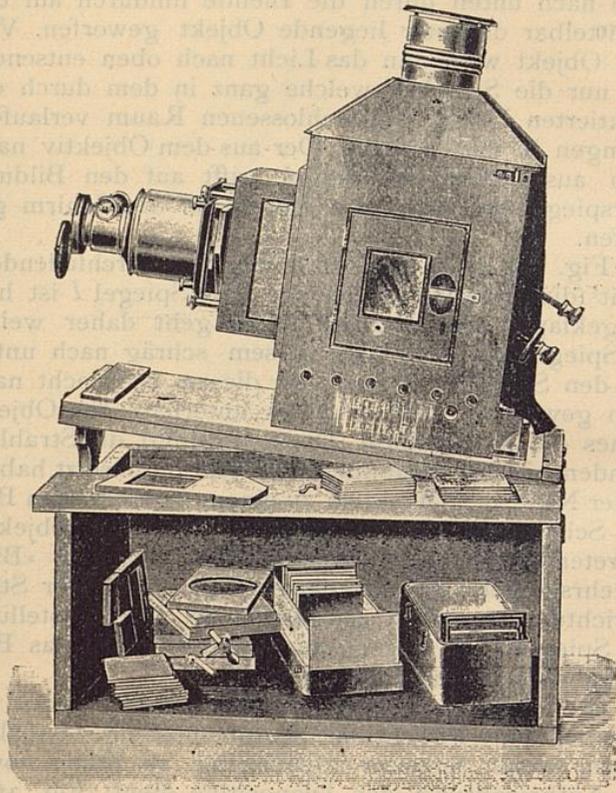


oben nach unten durch die Blende hindurch auf das unmittelbar darunter liegende Objekt geworfen. Von dem Objekt wird nun das Licht nach oben entsendet und nur die Strahlen, welche ganz in dem durch die punktierten Linien eingeschlossenen Raum verlaufen, gelangen in das Objektiv. Der aus dem Objektiv nach oben austretende Lichtkegel trifft auf den Bildumkehrspiegel und wird von diesem auf den Schirm geworfen.

Fig. 167 zeigt die Anordnung bei durchfallendem Licht (diaskopische Projektion). Der Spiegel *I* ist hier weggeklappt, das Strahlenbündel geht daher weiter bis Spiegel *II*, wird von diesem schräg nach unten auf den Spiegel *III* und von diesem senkrecht nach oben geworfen. Dort trifft es unterhalb des Objektives die Sammellinse. Diese vereinigt die Strahlen, nachdem sie das abzubildende Objekt durchsetzt haben, in der Nähe des Objektives zu einem verkleinerten Bild des Scheinwerfer-Reflektors. Die aus dem Objektiv austretenden Strahlen treffen dann auf den »Bildumkehrspiegel«, der auf dieser Figur mit einer Stellvorrichtung versehen dargestellt ist. Die Einstellung des Spiegels ist hier so angenommen, daß das Bild schräg nach oben projiziert wird.

Die Firma E. Liesegang in Düsseldorf baut die gebräuchlichen Projektionsapparate mit Neigeverschlüssen, welche letzterer gleichzeitig als Stativ sowie zur Aufbewahrung der Diapositive dient (Fig. 168). Vorne in einem Vorbau ist eine Alaunkuvette angebracht, welche die Laternbilder vor den Wärmestrahlen schützt. Das geräumige Holzgehäuse ist durch einen Blechkasten und durch eine Asbestlage vor der intensiven Wärmeausstrahlung der Bogenlampe geschützt. Außerdem ist für Ventilation Sorge getragen. Die Regulierung der Bogenlampe geschieht von der Rückseite her, an den dort sichtbaren Schrauben.

Fig. 168.



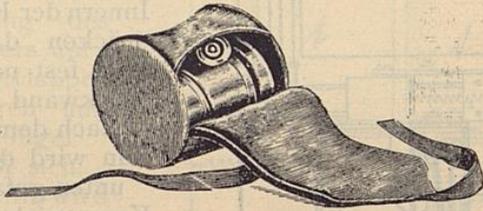
Das Objektiv wird in einem Beutel verpackt (Fig. 169) und in den Tubus gesteckt. Die Apparate werden auch mit Momentwechsellvorrichtung für den Bildhalter ausgeführt.

Die Vorrichtung besteht hier aus einem Gummischlauch mit Gummiball, auf welchem letzteren der Dar-

steller einen Druck ausübt und im richtigen Moment den Wechsel vornimmt. Die Firma Liesegang hat diesem Apparat die Bezeichnung Velotrop beigelegt.

Die erste Anforderung, welche an einen solchen Wechselapparat gestellt werden muß, ist bequemes Einsetzen und Herausnehmen der Laternenbilder, wozu möglichst an derselben Seite des Apparates. Bilder verschiedener Dicke und eventuell auch verschiedenen Formates müssen gleich gut eingesetzt werden können. Der Effekt des Wechselsvorganges auf der Wand soll derart sein, daß weder die weiße leere Fläche sichtbar wird, noch ein Verdunkeln derselben eintritt.

Fig. 169.



Bei Vorträgen oder bei Darstellung von Bildern mit Begleitworten ist es wichtig, daß der Vortragende selbst die Wechselvorrichtung in Tätigkeit setzen kann.

In einem senkrechten Führungsrahmen *rr* (Fig. 172) werden die Bilder von oben her eingesetzt. Zwei Bilder stehen übereinander. Das untere Bild befindet sich genau vor dem Kondensator und stützt sich auf einen Daumen *d*, welcher als Arretiervorrichtung dient. Wird der Daumen zurückgezogen, so fallen beide Bilder momentan herunter. Gleichzeitig werden zwei Verschlussklappen in Tätigkeit gesetzt, welche während des Wechsels das Bildfeld verdunkeln. Beide Latern-

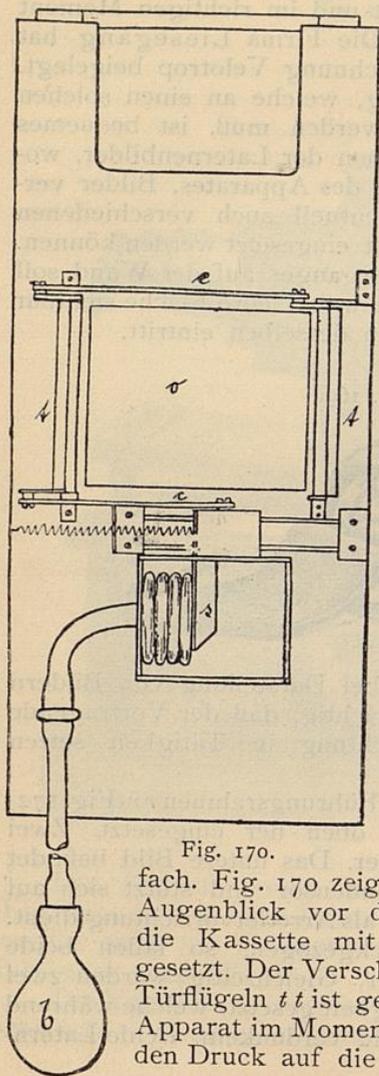


Fig. 170.

Fig. 170 zeigt die Vorrichtung in dem Augenblick vor dem Wechseln. Oben ist die Kassette mit dem neuen Bilde eingesetzt. Der Verschluss, bestehend aus zwei Türflügeln *tt* ist geöffnet. Fig. 171 zeigt den Apparat im Moment des Wechsels. Durch den Druck auf die Gummibirne *b* wird der

bilder sitzen in Metallkassetten, welche in den Führungsrahmen gleiten.

Die Verwendung von Kassetten ist sehr wesentlich, da es hierdurch ermöglicht wird, Bilder von verschiedener Dicke ohne Störung durcheinander zu projizieren; zwei Federn im Innern der Kassette drücken das Bild stets fest nach der Rückwand hin.

Nach dem Wechseln wird die nach unten gefallene Kassette herausgezogen, das Bild herausgenommen, ein neues eingesetzt und die Kassette wieder oben in den Apparat gebracht. Die Handhabung ist sehr einfach.

Schieber *s* vorge-  
schoben. Der An-  
schlag des Schie-  
bers wirkt auf  
den Arm des  
Daumens *d* und  
dieser gibt die  
Kassetten frei.  
Der Schieber *s*  
ist durch eine  
Stange *c* mit der  
Klappe *t* (links)  
verbunden; da-  
durch wird die  
Bewegung des  
Schiebers auf  
diese Klappe  
übertragen und  
der Flügel  
schließt sich.

Gleichzeitig wird  
aber auch die  
andere Klappe *t*  
(rechts) geschlos-  
sen, da sie mit  
der ersteren

durch eine  
Stange *e* so  
verbunden ist, daß  
sie sich entge-  
gengesetzt be-  
wegt. Sowie der  
Druck auf die  
Birne nachläßt,

wird der Schieber *s* durch die Feder zurückgezogen;  
der Verschluss öffnet sich und der Daumen *d* wird

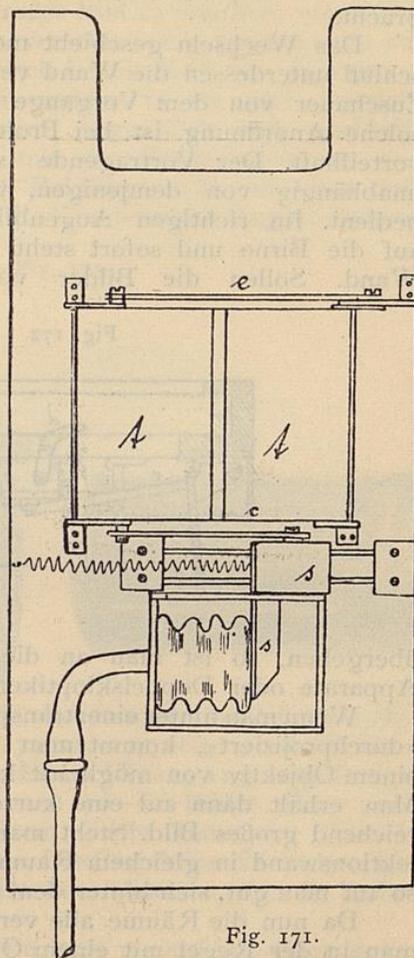
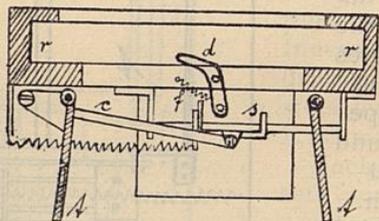


Fig. 171.

durch die Feder  $f$  wieder in seine frühere Lage gebracht.

Das Wechseln geschieht momentan; da der Verschuß unterdessen die Wand verdunkelt, so wird der Zuschauer von dem Vorgange nichts gewahr. Eine solche Anordnung ist bei Projektionsvorträgen sehr vorteilhaft. Der Vortragende ist hierdurch ziemlich unabhängig von demjenigen, welcher den Apparat bedient. Im richtigen Augenblick drückt er selbst auf die Birne und sofort steht das neue Bild an der Wand. Sollen die Bilder vollkommen ineinander

Fig. 172.



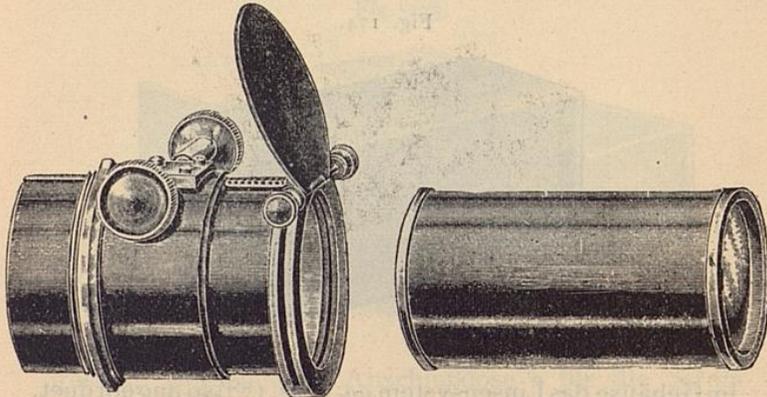
übergehen, so ist man an die Verwendung zweier Apparate oder Doppelskiptiken gebunden.

Wenn man hinter einer transparenten Wand stehend »durchprojiziert«, kommt man in der Regel mit nur einem Objektiv von möglichst kurzer Brennweite aus. Man erhält dann auf eine kurze Entfernung ein hinreichend großes Bild. Steht man jedoch vor der Projektionswand in gleichem Raume mit dem Publikum, so tut man gut, sich hinter dem Publikum aufzustellen.

Da nun die Räume alle verschieden sind, kommt man in der Regel mit einem Objektiv nicht aus, da verlangt werden muß, daß die Bilder nahezu gleiche Größe behalten.

Um bei verschiedenen Entfernungen stets ein einigermaßen gleich großes Bild zu erhalten, empfiehlt es sich Objektive von verschiedenen Brennweiten zu verwenden. Sehr praktisch ist ein Satz von mehreren, etwa vier Linsentuben, welche in ein und dieselbe Fassung passen und im Augenblick ausgewechselt werden können; etwa mit den Brennweiten: 10, 15, 20 und 25 *cm* (Fig. 173). Bei längeren Brennweiten der Objektive müssen auch die Kondensoren längere Brenn-

Fig. 173.

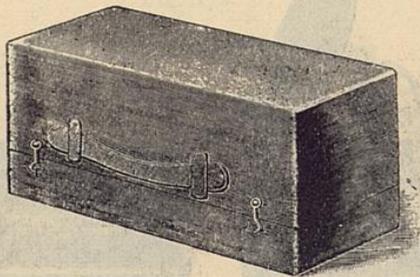


weiten besitzen, damit alle Strahlen auf das Objekt dirigiert werden. Fig. 174 und 175 zeigt einen Bilderkasten, wie er von der Firma Liesegang angefertigt wird. In demselben können 70—80 Bilder sicher verpackt werden. An einem Griffe kann der Kasten bequem getragen werden. Die Projektionsfläche beträgt in der Regel 3—5 *m*<sup>2</sup>. Darüber hinauszugehen ist kaum zu empfehlen.

Siemens & Halske baut neuerdings einen kombinierten Apparat, welcher sowohl als Scheinwerfer, wie auch als Projektionslampe zu benutzen ist.

Dieser Apparat (Fig. 176 und 177) besitzt ein Gehäuse  $g$ , welches in bekannter Weise in einem gegabelten Gestell  $b$  nach allen Richtungen drehbar ist. Seitlich am Gehäuse  $g$  ist die Lampeneinrichtung angedeutet. Die Achse der Kohlen  $k_1$   $k_2$  fällt mit der Achse des Gehäuses und der optischen Achse des Spiegels  $s$  zusammen, die Spitze der positiven Kohle  $k_1$  ist der Spiegelöffnung zugewendet. Senkrecht zur optischen Achse des Spiegels ist vor einer Durchbrechung

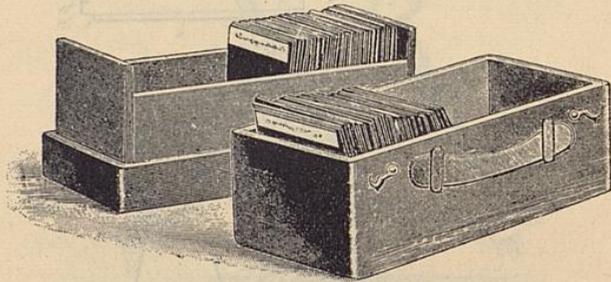
Fig. 174.



im Gehäuse das Linsensystem  $oo_1$  (Fig. 177) so angeordnet, daß die Achse des Systems die Achse des Spiegels im Lichtbogen schneidet. Soll der Apparat als Scheinwerfer benützt werden, so wird das Linsensystem abgenommen und die Durchbrechung durch ein Rauchdach  $r$  abgedeckt (Fig. 176). Das Gehäuse  $g$  ist durch eine Tür  $t$  verschließbar und besitzt einen Kasten  $l$  zur Aufnahme der Lampe. Zum Umwechseln der Farbenscheiben sind zwei parallele Führungen  $f_1$  und  $f_2$  vorgesehen, so daß zwei Scheiben vor einander geschoben werden können. Der Apparat ist sowohl für automatische, wie auch für Handregulierung des Lichtbogens geeignet.

Die negative Kohle wird vermittlems der an einem runden Aluminiumkopf  $e$  exzentrisch befestigten Kohlenzange  $z$  in den Arm  $h_2$ , die positive direkt in dem Arm  $h_1$  befestigt. Beide Arme laufen auf einer Spindel  $p$  mit Handkurbel  $n$ . Zwischen letzterer und dem Gehäuse befindet sich noch eine Kordelmutter  $m$ , durch deren Drehung das ganze Kohlenhalter-system gegen den Spiegel verschiebbar ist. Das bei  $w$  angedeutete automatische Schaltwerk kann auf die Spindel aufgesetzt und nach Belieben ab-

Fig. 175.



gestellt werden. Die Anschlußdose  $a$  für die Stromzuführung ragt aus dem Lampenkasten heraus. Die Gabel  $b$ , in welcher das Gehäuse gelagert ist, ist um die vertikale Achse in einem Flansch  $q$  drehbar und letzterer mit zwei Halterschrauben auf dem Stativkopf  $x$  befestigt. Zur Verwendung als Projektionsapparat ist vorgesehen: der Kondensorkopf  $u$  mit Kondensator, der Objektivkopf  $o$  mit Stellschraube  $y$  und Objektiv  $o$  und der Bilderrahmen. Auch eine Wolkenscheibe nebst Trommel ist angeordnet; der Kondensorkopf besitzt zur Anbringung der Wolkenscheibe einen breiten Flansch  $a$ . Damit der Kondensator möglichst gut ausgenützt wird,

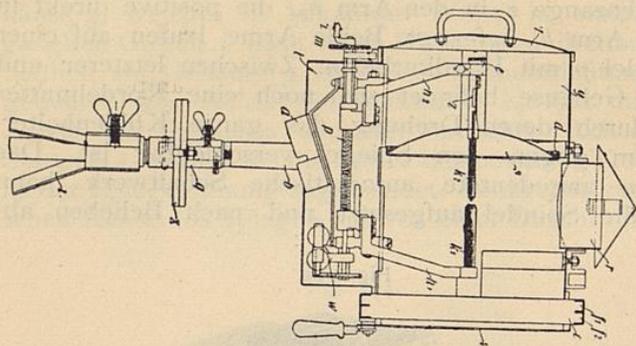


Fig. 176.

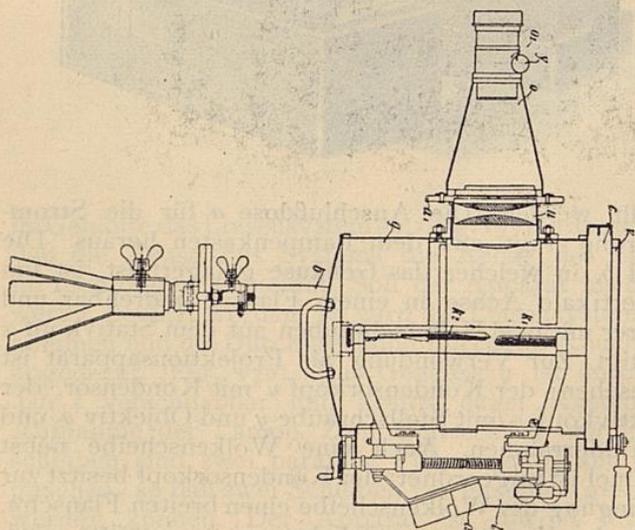
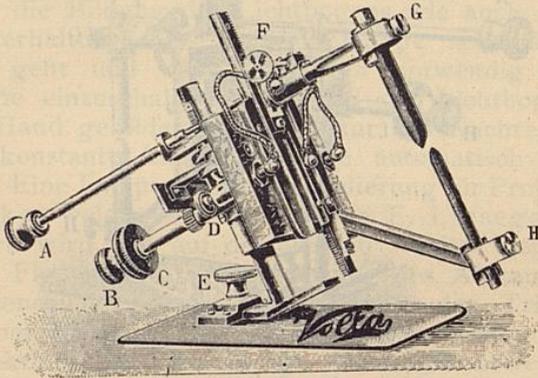


Fig. 177.

ist der Schlitz für den Bilderrahmen dicht vor der Kondensorlinse im Tubus *c* angebracht. Beim Drehen des Scheinwerfergehäuses um  $90^\circ$  kommt der Kulissenrahmen *C* mit dem Scherenverschluß *v* nach oben zu liegen und dient zur Ventilation des Lampenraumes.

Was das elektrische Bogenlicht als Lichtquelle für Projektionszwecke besonders geeignet erscheinen läßt, ist der Umstand, daß die größten Lichtstärken in überraschend einfacher Weise erzeugt werden können.

Fig. 178.

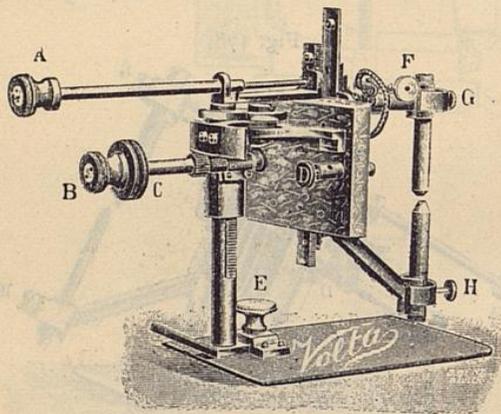


Bei Steigerung der Stromstärke wächst die Intensität des Lichtbogens nicht im einfachen Verhältnis, sondern erreicht bei hohen Stromstärken wesentlich höhere Werte. Während die maximale Lichtintensität einer 10-Amperelampe 1200 Normalkerzen beträgt, erreicht die einer 50-Amperelampe nicht 6000 Normalkerzen, sondern etwa 20.400 Normalkerzen. Bei Projektionslampen verwendet man eine Stromstärke von zirka 25 Ampere.

Die Lichtausstrahlung der Bogenlampen bei Gleich- und Wechselstrom wurde bereits im II. Ka-

pitel ausführlich behandelt und auch bereits erwähnt, daß sich nur Gleichstrom für den vorliegenden Fall eignet. Aus der Kurve der Lichtausstrahlung, Fig. 10, ersieht man sofort, daß bei horizontaler Stellung der Kohlen, wie in Fig. 166 und 167, und Erzeugung des Lichtbogens im Brennpunkte eines Parabolspiegels die günstigste Lichtausstrahlung in horizontaler Richtung erfolgt. Eine vertikale Stellung der Bogenlicht-

Fig. 179.



kohlen ist jedenfalls für Scheinwerfer nicht günstig. Eine schräge Stellung der Kohlen ist für Projektionszwecke sehr günstig, da hierbei die Lichtstrahlen zum größten Teil gegen den Kondensor geworfen werden. Da bei Gleichstrom fast das ganze ausgestrahlte Licht vom Krater der positiven Kohle ausgesandt wird, schiebt man die untere Kohle gegen die obere etwas vor, damit sich der Krater nach vorne hin bildet (Fig. 162). Ein solcher Krater erzeugt einen gleichmäßig beleuchteten hellen Lichtkreis, der um zirka 30% heller wirkt, wie bei gerader Kohlenstellung.

Die Bogenlampen für Projektionszwecke sind zum Teil mit Handregulierung, zum Teil mit automatischer Regulierung eingerichtet. Im ersteren Fall müssen die Kohlen zunächst zur Berührung gebracht, dann auseinandergeschraubt werden, damit sich der Lichtbogen bilden kann und schließlich während des Betriebes immer soweit zusammengeschraubt werden, daß der Lichtbogen nicht abreißen kann. Am Dunkelwerden des Projektionsfeldes merkt man, daß es Zeit ist, die Kohlen wieder ein Stück nachzustellen. Die automatische Regulierung kann derart sein, daß sowohl die Bildung des Lichtbogens wie auch die Aufrechterhaltung der Lichtbogenlänge selbsttätig vor sich geht und man somit nur notwendig hat die Lampe einzuschalten; oder daß der Lichtbogen mit der Hand gebildet wird und nur das Nachregulieren auf konstante Lichtbogenlänge automatisch besorgt wird. Eine Lampe mit Handregulierung für Projektionszwecke, welche von der Firma E. Liesegang geliefert wird und auf den Namen »Volta« getauft ist, zeigt Fig. 178. Die Regulierung des Abstandes der Kohlenspitzen geschieht mit Hilfe des Triebes *A*, welcher soweit verlängert ist, daß er hinten aus der Projektionslampe herausragt. Derselbe bewegt zwei Zahnstangen in entgegengesetzter Richtung; an diesen sind zwei Arme mit den Kohlenhaltern angebracht. Da die Kohlenstifte bei Gleichstrom ungleich abbrennen und zwar die obere Kohle zirka doppelt so schnell als die untere, wird dieselbe entsprechend stärker dimensioniert, damit der Lichtbogen stets in gleicher Höhe bleibt. Die Zentrierung des Lichtpunktes in der Höhenrichtung erfolgt mittels des Triebes *B*, in der Seitenrichtung mit Hilfe des Triebes *C*. Die nähere Anordnung ergibt sich aus den Abbildungen. Die beiden Knöpfe *B* und *C* sind direkt hintereinander auf einer gemeinsamen Achse

angebracht und dadurch ist die Handhabung sehr erleichtert. Wenn sich z. B. an der Projektionswand oben links eine Schattensichel zeigt, so dreht man den Lichtpunkt nach unten, dann nach rechts. Sieht man, daß die erste Regulierung nicht genützt oder zu stark war, reguliert man etwas herunter oder hinauf usw. Die beiden Triebe werden gleichzeitig durcheinander gebraucht, müssen deshalb auch nahe beisammen sitzen und in Größe und Form so verschieden sein, daß sie nicht leicht verwechselt werden können.

Die Regulierung nach vorwärts und rückwärts kann durch Verschieben des Winkels (Spornes) unten in der Führung geschehen; die beiden Winkelansätze müssen dazu etwas länger sein, als sie in der Figur dargestellt sind. Die Arretierung geschieht durch Anziehen der Schraube *E*.

Während bei Gleichstrom die positive, dicke Kohle gegen die negative etwas zurückstehen muß, stehen bei Wechselstrom beide Kohlen genau übereinander. Mittels des seitlichen Triebes *F* läßt sich die obere Kohle vor- und zurückbewegen. Die Kohlenhalter bestehen aus Klammern, welche mit Hilfe der Schrauben *G* und *H* an die Kohlen angepreßt werden. Es können Kohlen von verschiedener Stärke eingesetzt werden. Die Klemmschraube *D* (rechts), welche den Strom der oberen Kohle zuführt, wird mit dem positiven Zuleitungsdraht verbunden, die andere (links) mit dem negativen. An der Lichtausstrahlung bemerkt man mit Leichtigkeit, ob die Verbindung richtig hergestellt ist.

Bemerkt man, daß die untere dünne Kohle das Hauptlicht ausstrahlt und den Krater bildet, so braucht man nur die Pole zu vertauschen.

Die Anwendung der gleichen Lampe für Wechselstrom zeigt Fig. 179. In diesem Falle ist es gleich-

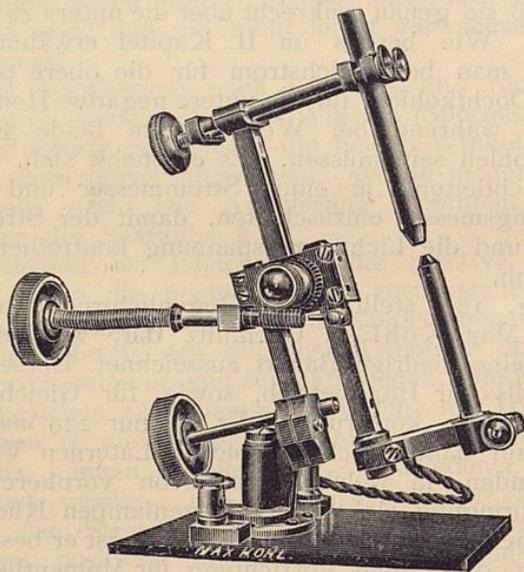
gültig, wie die Leitungen angeschlossen werden; die Kohlen brennen gleichmäßig ab. Um die Lampe für Wechselstrom zu verwenden, benötigt man einen zweiten Winkelansatz unten an dem massiven Stabe, welcher an Stelle des rückwärtigen Ansatzes in die Führung  $E$  eingeschoben wird. Oben und unten werden gleich starke Kohlen eingesetzt. Die obere Kohle bewegt man mit Hilfe des Triebes  $F$  so weit vor, daß sie genau senkrecht über die untere zu stehen kommt. Wie bereits im II. Kapitel erwähnt, verwendet man bei Gleichstrom für die obere positive Kohle Dochtkohlen, für die untere negative Homogenkohlen, während bei Wechselstrom beide Kohlen Dochtkohlen sein müssen. Es empfiehlt sich, in die Bogenlichtleitung je einen Strommesser und einen Spannungsmesser einzuschalten, damit der Stromverbrauch und die Lichtbogenspannung kontrolliert werden kann.

Fig. 180 stellt einen Bogenlichtregulator der Firma Max Kohl in Chemnitz dar, welcher sich durch seine niedrige Bauart auszeichnet. Derselbe ist gleichfalls für Handbetrieb, sowie für Gleich- und Wechselstrom konstruiert. Er ist nur 229 mm hoch und kann daher auch in solchen Laternen Verwendung finden, in welchen nicht von vornherein auf die Anbringung elektrischer Bogenlampen Rücksicht genommen wurde. Für Bühnenzwecke ist er besonders geeignet, da er eine Vorrichtung für Momentbeleuchtung besitzt. Auch die Firma K. Weinert in Berlin baut Handregulatoren für Projektionsapparate. Die Konstruktion derselben ist aus Fig. 181 zu ersehen.

Bei den automatischen Bogenlichtregulatoren handelt es sich ebenso wie bei den gebräuchlichen Bogenlampen um eine Regulierung auf konstante Lichtbogenlänge mit Hilfe von Magnetspulen. Dieselben können mit dem Lichtbogen hintereinander in

einen Stromkreis geschaltet sein, führen alsdann den gleichen Strom, den der Lichtbogen führt und erhalten entsprechend starke Windungen. Da sie im Hauptstrom liegen, führen sie die Bezeichnung Hauptstromspulen. Liegen die Magnetspulen dem Lichtbogen parallel, also im Nebenschluß, so nennt man

Fig. 180.

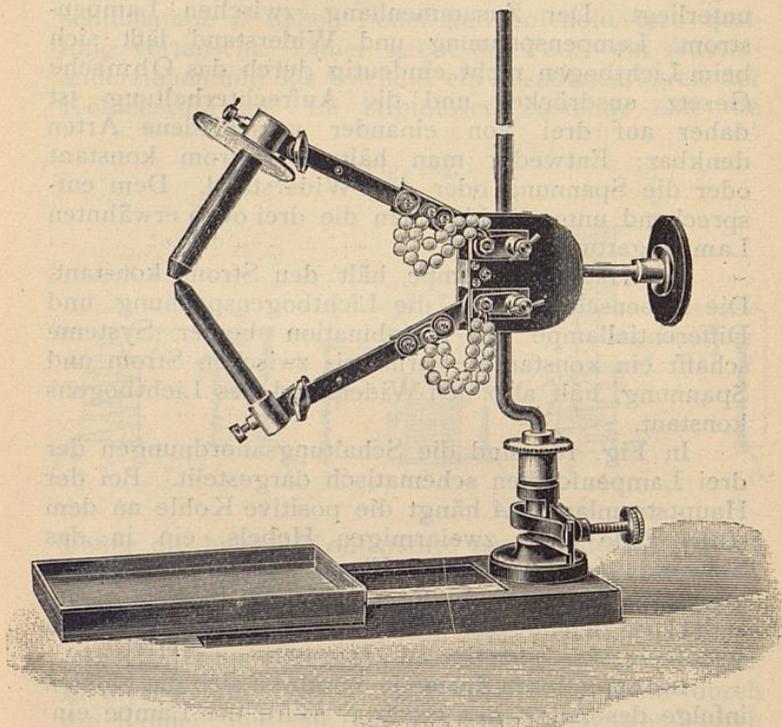


sie Nebenschlußspulen. Dieselben werden nur von einem Teilstrom geringer Stärke durchflossen und besitzen eine große Anzahl Drahtwindungen von geringem Querschnitt.

Je nachdem Hauptstromspulen oder Nebenschlußspulen die Regulierung vornehmen, unterscheidet man Hauptstromlampen oder Nebenschlußlampen. Sind

sowohl Hauptstromspulen als auch Nebenschlußspulen an der Regulierung beteiligt, so nennt man die Lampen Differentiallampen.

Fig. 181.



Bei den in der Praxis gebräuchlichen festen Leitern, welche keine nennenswerten Temperaturänderungen erfahren, ist, da dieselben nahezu konstanten Widerstand besitzen, der durchfließende Strom stets von gleicher Stärke, sobald eine konstante Spannung

an den Enden herrscht. Der Widerstand von elektrischen Glühlampen bleibt während des Glühens ziemlich konstant, während der Lichtbogen der Bogenlampe fortwährend seine Gestalt ändert und auch bezüglich seiner Temperatur großen Schwankungen unterliegt. Der Zusammenhang zwischen Lampenstrom, Lampenspannung und Widerstand läßt sich beim Lichtbogen nicht eindeutig durch das Ohmsche Gesetz ausdrücken und die Aufrechterhaltung ist daher auf drei von einander verschiedene Arten denkbar: Entweder man hält den Strom konstant oder die Spannung oder den Widerstand. Dem entsprechend unterscheidet man die drei oben erwähnten Lampengattungen.

Die Hauptstromlampe hält den Strom konstant. Die Nebenschlußlampe, die Lichtbogenspannung und Differentiallampe als Kombination beider Systeme schafft ein konstantes Verhältnis zwischen Strom und Spannung, hält also den Widerstand des Lichtbogens konstant.

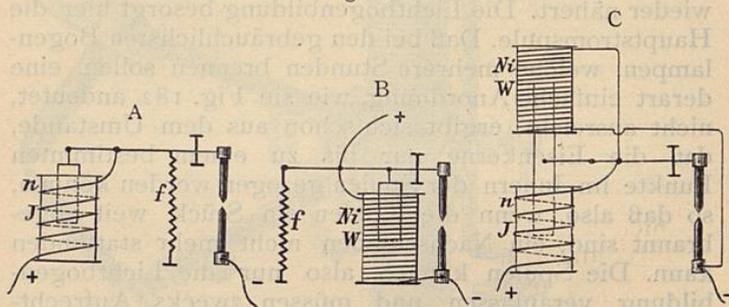
In Fig. 182 sind die Schaltungsanordnungen der drei Lampenformen schematisch dargestellt. Bei der Hauptstromlampe  $A$  hängt die positive Kohle an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels, ein in das Solenoid  $Jn$  tauchender Eisenkern am entgegengesetzten Ende. Die Feder  $f$  sucht die Kohlen aneinander zu ziehen, das Solenoid mit seinem Eisenkern strebt sie von einander zu entfernen.

Im stromlosen Zustande berühren sich die Kohlen infolge des Zuges der Feder  $f$ . Wird die Lampe eingeschaltet, so zieht das Solenoid den Eisenkern an, entfernt hierdurch die obere Kohle von der unteren und bildet den Lichtbogen.

Beim Abbrennen der Kohlen vergrößert sich die Entfernung der beiden Kohlen von einander und folglich auch der Widerstand im Stromkreise, wodurch

eine Stromschwächung erfolgt. Da dieser eine verminderte Anziehungskraft des Solenoids entspricht, so überwiegt der Zug der Feder  $f$ , die Kohlen nähern sich einander, der Lichtbogen wird wieder und auf seine normale Länge reduziert. Bei der Nebenschlußlampe  $B$  haben Feder und Solenoid ihre Stellung vertauscht. Daher strebt die Feder ein Auseinanderziehen und das Solenoid ein Zusammenführen der Kohlenstifte an. Im stromlosen Zustande hält die

Fig. 182.



Feder die beiden Kohlenstifte auseinander. Wird die Lampe eingeschaltet, so bleibt der Hauptstrom unterbrochen und nur das Nebenschlußsolenoid wird vom Strom durchflossen. Dasselbe zieht den Eisenkern an und verursacht hierdurch die Berührung der Kohlen. In diesem Augenblicke fließt der Hauptstrom durch die Kohlen und nur ein geringer Zweigstrom durch das Nebenschlußsolenoid. Die Feder überwindet infolgedessen den Zug des Solenoids, zieht die obere Kohle von der unteren hinweg und bildet so den Lichtbogen.

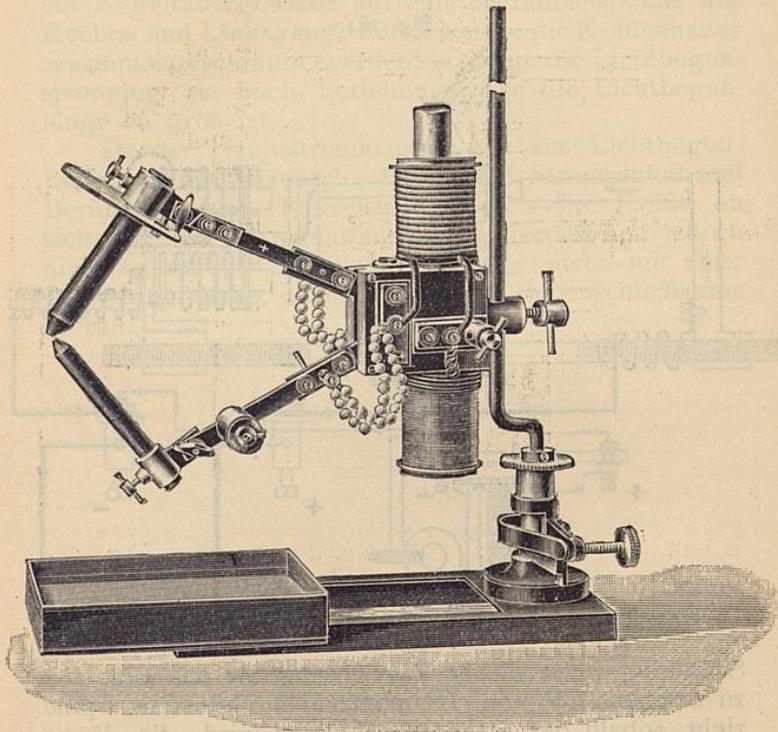
Beim Abbrennen der Kohle wächst die Lichtbogenspannung und in demselben Verhältnis der Strom

in der Nebenschlußspule, welche letztere dem Lichtbogen parallel geschaltet ist. Sobald der Zug des Solenoids so stark geworden ist, daß er die Kraft der Feder überwindet, wird die obere Kohle der unteren wieder genähert und auf diese Weise die Lichtbogenlänge konstant erhalten. Während die Kraft des Hauptstroms nur von dem Lampenstrom abhängig ist, wird die Nebenschlußspule nur von der Lichtbogen-Spannung beeinflusst. Bei der Differentiallampe *C* strebt die Hauptstromspule eine Entfernung der Kohlen von einander an, während die Nebenschlußspule dieselben wieder nähert. Die Lichtbogenbildung besorgt hier die Hauptstromspule. Daß bei den gebräuchlichsten Bogenlampen, welche mehrere Stunden brennen sollen, eine derart einfache Anordnung, wie sie Fig. 182 andeutet, nicht ausreicht, ergibt sich schon aus dem Umstande, daß die Eisenkerne nur bis zu einem bestimmten Punkte im Innern der Spulen gezogen werden können, so daß also, wenn die Kohlen ein Stück weit abgebrannt sind, ein Nachschieben nicht mehr stattfinden kann. Die Spulen können also nur die Lichtbogenbildung veranlassen und müssen zwecks Aufrechterhaltung der Lichtbogenlänge einen Mechanismus auslösen, welcher seinerseits so lange die Kohlen zusammenschiebt bis er durch den Einfluß der Magnete wieder außer Tätigkeit gesetzt wird.

Eine Projektionsbogenlampe von K. Weinert mit automatischer Regulierung ohne Zwischenmechanismus stellt Fig. 183 dar. Dieselbe entspricht im Prinzip der in Fig. 182 *C* dargestellten Differentiallampe. Die Stellung der Kohlen ist eine andere wie bei den Lampen Fig. 161, und zwar werden beide Kohlen schräg gestellt. Hierbei wird zwar der Krater der oberen Kohle etwas größer, der Lichtbogen dafür unruhiger. Bei den übrigen Projektionslampen mit automatischer Regulierung wird ein Uhrwerk aus-

gelöst, welches durch die Schwere des oberen Kohlenhalters getrieben wird. Der Apparat Fig. 160 ist z. B. mit einer solchen Bogenlampe versehen. An

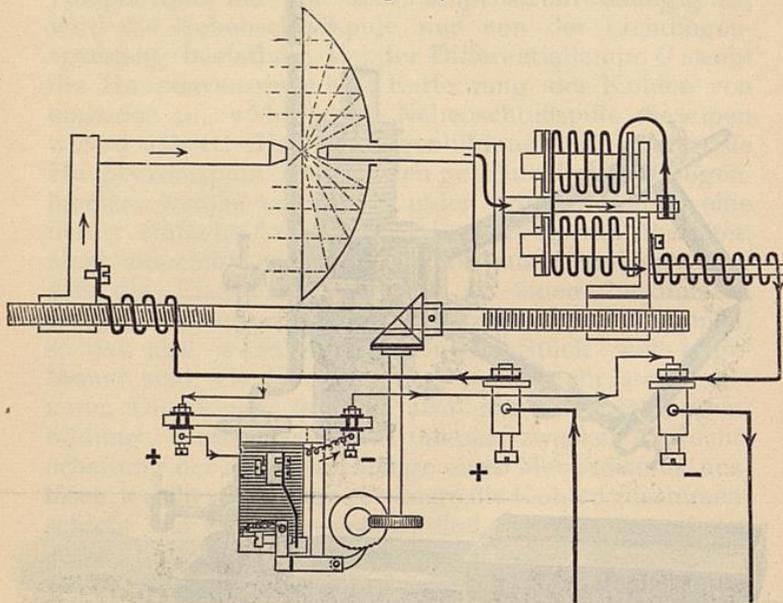
Fig. 183.



Stelle des Uhrwerks kann auch ein elektromagnetisches Schaltwerk treten oder eine Rotationsvorrichtung nach Art eines kleinen Motors. Der Scheinwerfer von Körting & Mathiesen, welcher in die Apparate

Fig. 166 und 167 eingebaut ist, besitzt ein solches Schaltwerk mit Selbstunterbrechung, welches ähnlich arbeitet, wie der durch seine Verwendung bei elektrischen Klingeln und Induktionsapparaten so bekannte »Wagnersche Hammer«. Der Mechanismus und die

Fig. 184.



Schaltungsweise dieser Vorrichtung ist aus Fig. 184 zu ersehen. Die vom Hauptstrom durchflossene Spule zieht, sobald der Strom geschlossen wird, die dünne Kohle an und bewirkt die Lichtbogenbildung. Die Nebenschlußspule versetzt, sobald der Lichtbogen die normale Länge zu überschreiten droht, einen Anker in hin- und hergehende Bewegung, genau wie dies beim Wagnerschen Hammer der Fall ist. Der Anker ist

mit einem Sperrzahn ausgestattet, welcher bei jeder hin- und hergehenden Bewegung ein Zahnrad um einen Zahn vorschiebt und so dasselbe in rotierende Bewegung versetzt.

Diese rotierende Bewegung überträgt sich durch ein Kegelrädernetz auf eine Schraubenspindel mit Rechts- und Linksgang, durch welche die Kohlenhalter zusammengeschaubt werden, so lange die Lichtbogen- spannung zu hoch, beziehungsweise die Lichtbogen- länge zu groß ist.

Da der Hauptstrommagnet nur zur Lichtbogen- bildung dient, dadurch daß er bei Stromschluß und Berührung der Kohlen spitzen die eine Kohle an sich reißt, an der eigentlichen Reguliertätigkeit jedoch nicht teilnimmt, haben wir es hier nicht mit einer Differentiallampe, sondern mit einer Nebenschlußlampe zu tun.

## X. Kapitel.

Effektbogenlampen und Blitzapparate. — Panorama-  
projektion. — Allgemeines über Bühneneffekte. —  
Sonnenaufgang und Sonnenuntergang.

Eine Abart der Scheinwerfer sind die Effektbogenlampen. Dieselben sind nach dem gleichen Prinzip wie die ersteren konstruiert, besitzen an Stelle der Hohlspiegel Neusilberreflektoren oder auch hie und da weiß emaillierte Blechschirme und sind in der Regel mit kleinen Bogenlampen ausgestattet. Die Stromstärken gehen selten über 20 Ampere. Die Bogenlichtkohlen werden in vertikaler Richtung nachgeschoben und die Regulierung des Lichtbogens geht in der gleichen Weise wie bei normalen Bogenlampen vor sich; meistens sind Handregulatoren hierfür in Gebrauch. Die Effektlampen dienen sowohl zur Erzielung einer besonders starken Beleuchtung einzelner Teile der Bühne, von Gegenständen und Personen, wie auch zur objektiven Darstellung besonderer Erscheinungen, wie Regenbogen, Blitzstrahl, Wasserspiegel, Wolken, Regen, Schnee usw. Sie setzen sich zusammen aus der eigentlichen Lampe, dem Gehäuse (mit oder ohne Stativ) und den Linsensystemen. Das Gehäuse ist derart eingerichtet, daß sich die Lampe innerhalb desselben verschieben läßt und ist mit ab-

nehmbarem Reflektor versehen. Bei den einfachen Apparaten sind besondere Vorrichtungen für Neigung und Drehung der Lampen nicht vorhanden, vielmehr ist das Gehäuse dem Bedürfnis entsprechend aufzustellen oder von Hand zu richten, was mittels der beiderseitigen Handgriffe leicht zu erreichen ist.

Fig. 185.

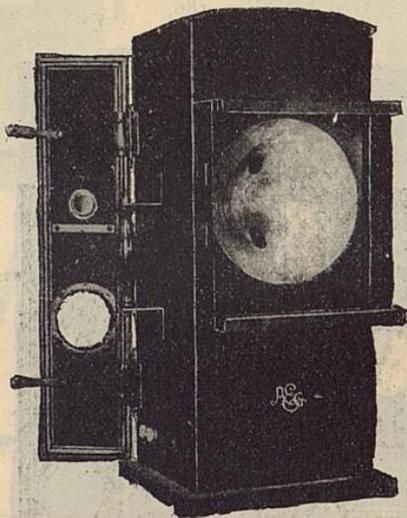


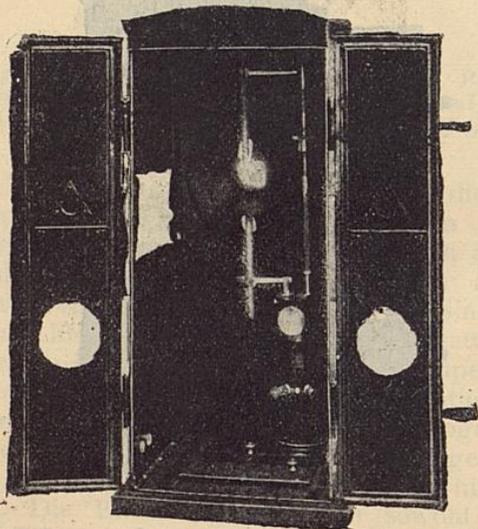
Fig. 185 und 186 zeigen die einfachen Effektlampen der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft mit Gehäuse und eingestellter Bogenlampe, welche letztere mit Handregulierung eingerichtet ist.

Die Konstruktion ist ähnlich der von Siemens & Halske. Zweckmäßiger sind die Apparate Fig. 187 und 188 mit Stativ, bei welchen das Gehäuse sowohl, als auch die Lampe mittels Spindeln und Kurbeln verschiebbar, respektive zu neigen sind und das Ge-

häuse außerdem in vertikaler Richtung verstellt und gedreht werden kann.

Am Gehäuse ist ein Rahmen zum Einschieben farbiger Gläser angebracht. In diesen Rahmen können auch verschiedene Linsensysteme eingeschoben werden. Während der Reflektor das Licht auf eine größere Fläche verteilt, dient das Linsensystem dazu, einen

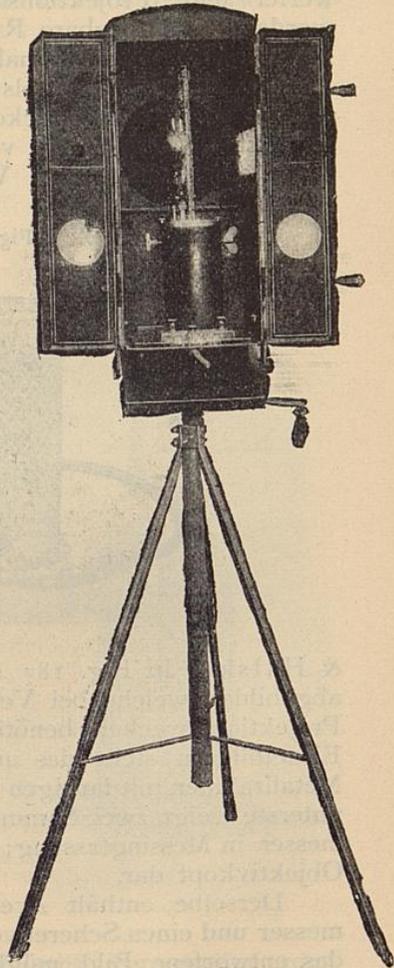
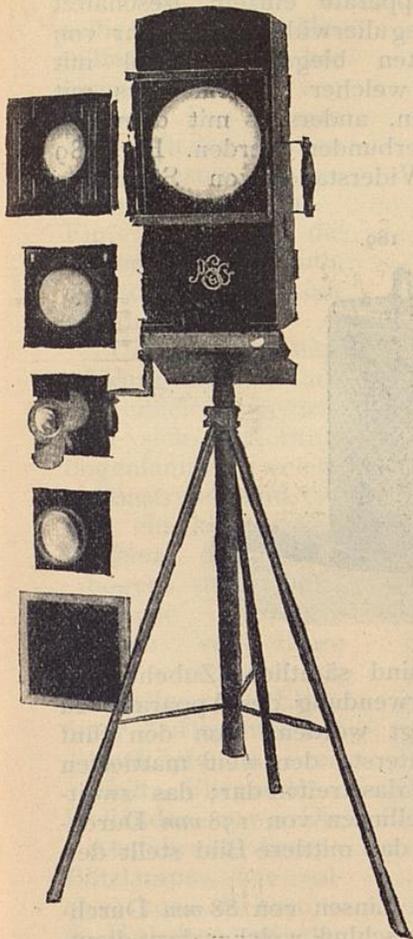
Fig. 186.



scharf abgegrenzten Lichtkreis hervorzubringen. Zur Verwendung der Effektapparate zu Projektionszwecken, z. B. zur Hervorbringung von Wasserwellen, Blitzstrahlen, Schnee und Wolkenerscheinungen etc. wird ein Objektivkopf nebst Sammellinsenpaar und Bildkasten eingesetzt. Der Anschluß der Effektbogenlampen erfolgt wie derjenige der Versatzkörper mittels biegsamer, mit Stöpsel versehener Kabel und An-

Fig. 187.

Fig. 188.



schlußstücke. Da die Effektlampen ebenso wie Scheinwerfer und Projektionsapparate einzeln geschaltet werden, sind tragbare Regulierwiderstände sehr von Vorteil. Dieselben erhalten biegsame Kabel mit Anschlußstöpseln, mittels welcher sie einerseits mit den festen Anschlußstücken, anderseits mit dem Anschlußstück der Lampe verbunden werden. Fig. 189 zeigt einen tragbaren Widerstand von Siemens

Fig. 189.



& Halske. In Fig. 187 sind sämtliche Zubehörteile abgebildet, welche bei Verwendung des Apparates zu Projektionszwecken benötigt werden. Von den fünf Einzelbildern stellt das unterste den weiß matten Metallrahmen mit farbigen Glasstreifen dar; das zweitunterste zeigt zwei Sammellinsen von  $138\text{ mm}$  Durchmesser in Messingfassung; das mittlere Bild stellt den Objektivkopf dar.

Derselbe enthält zwei Linsen von  $88\text{ mm}$  Durchmesser und einen Scherenverschluß, welcher dazu dient, das entworfene Bild möglichst schnell verschwinden und erscheinen zu lassen. Er vertritt also die Stelle

des Velotrops und des Dissolvers. Das zweite Bild von oben gesehen zeigt die Beleuchtungslinse. Dieselbe besitzt eine Metallfassung und hat einen Durchmesser von 170 mm. Das oberste Bild stellt den eisernen Einsatzkasten mit den Sammellinsen dar.

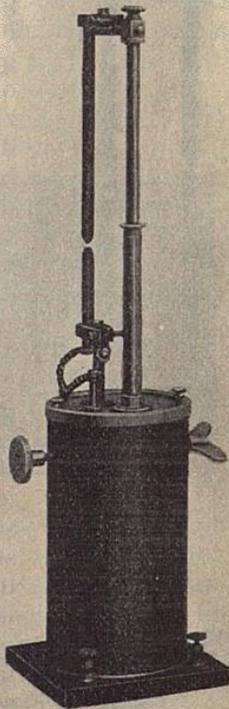
Fig. 190 zeigt die Bogenlampe mit automatischer, Fig. 191 mit Handregulierung.

Um eine gute Blitzwirkung auf der Bühne zu erzielen, bedient man sich der Blitzbogenlampen, welche so konstruiert sind, daß nur ein kurzes Aufleuchten des Lichtbogens stattfindet.

Ähnliche Apparate wurden von Hugo Bähr verwendet, zur Darstellung der Elmsfeuer, Aufleuchten der Totenköpfe im Freischütz, Fliegenden Holländer, usw. Die

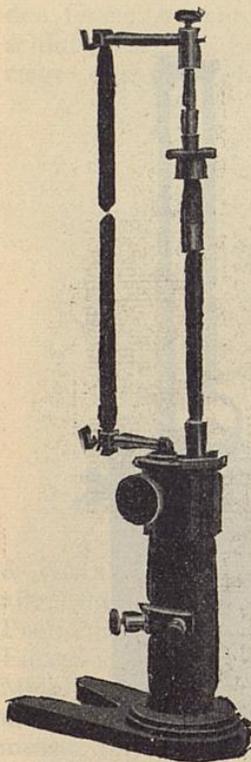
Ausführung dieser Blitzlampen, wie solche von Siemens & Halske und der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft hergestellt werden, zeigt Fig. 192. Die obere Kohle ist in einem kleinen

Fig. 190.



hohlen Eisenstab befestigt, welcher in einer Magnetspule frei beweglich ist. Sie ruht mit ihrem Eigengewicht auf der unteren Kohle, welche fest angeschraubt ist. Wird der Strom geschlossen, so wird die obere Kohle von der Magnetspule eingezogen und so ein kurzes Aufleuchten des Lichtbogens hervorgerufen. Da die Bewegung der oberen Kohle unbegrenzt ist, zieht natürlich die Magnetspule dieselbe so weit, daß der Lichtbogen sofort abreißt, wodurch der Eindruck des Blitzes hervorgerufen wird. Solche Blitzlampen verteilt man nun derart, daß in jede Kulissengasse eine, bisweilen auch zwei Lampen aufgehängt werden. Dieselben werden nun nacheinander eingeschaltet und dies geschieht am besten mit Hilfe von zwei Kurbelumschaltern, an welche je eine Seite der Bühne angeschlossen wird. Es sind also für sechs Kulissengassen zwei Kurbelumschalter und zwölf Blitzlampen erforderlich.

Fig. 191.



Aus Fig. 194 ist zu ersehen, in welcher Weise je eine Bühnenseite à 6 Blitzlampen an den Kurbelschalter angeschlossen wird.

Wie aus Fig 193 zu ersehen ist, besitzt der Kurbelumschalter einen langen und sechs kurze Metallkontakte, so daß, wenn die Kurbel über die Kontakte mit mäßiger Geschwindigkeit hinweggeführt wird,

die Lampen nacheinander zum Aufleuchten gebracht werden. Der erforderliche Vorschaltwiderstand ist in der gemeinschaftlichen Rückleitung untergebracht.

Hugo Bähr verwendet zur Hervorbringung der Blitze, welche er als Zickzackblitze mittels Projektionslampe auf dem Prospekt erscheinen läßt, die sogenannte Blitzscheibe. Dieselbe besteht aus einer runden Kapsel, welche sich in jeder Lage vor die Beleuchtungslinsen

Fig. 192.

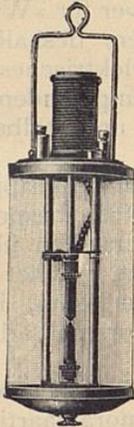
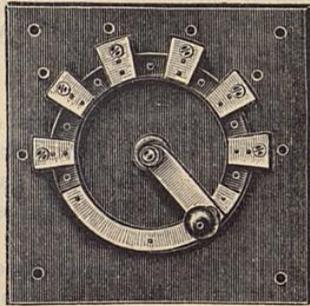


Fig. 193.



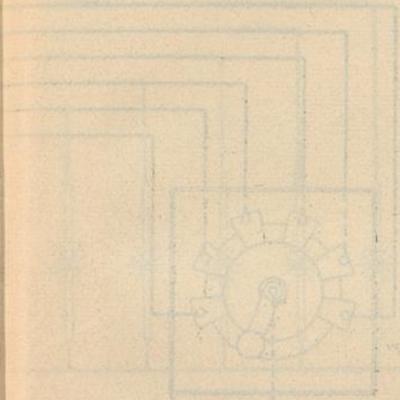
hängen läßt. In der Kapsel befinden sich, in einer runden drehbaren Blechscheibe eingesetzt, verschiedene schwarze Glasscheiben, in welche die Blitze in der mannigfachsten Gestalt eingegraben sind. In der Mitte der Kapsel ist eine Öffnung, durch welche die Kurbel der Blechscheibe hindurchragt und welche sich federnd in einen Ring einlegt. Durch Drehung der Scheibe mittels Kurbel werden die Glasbilder vor den Linsen vorbeigeführt, so daß das jeweils vor den Linsen befindliche Blitzbild durch die Federung festgehalten

wird. An dem Objektivkopf befindet sich eine lange Schraube, auf welche eine runde Blechscheibe drehbar aufgesteckt wird. Diese Scheibe hat auf der einen Hälfte schlitzzartige Ausschnitte von verschiedener Breite. Diese Schlitze verursachen beim Drehen vor den Objektivlinsen, daß das Bild zitternd auf dem Prospekt erscheint, um sofort wieder durch den geschlossenen Teil der Blechscheibe verdeckt zu werden. Man dreht alsdann ein anderes Bild vor, um in der gleichen Weise wie beschrieben zu verfahren. Diese Methode, welche zuerst von H. Bähr in Hannover für »Wilhelm Tell« konstruiert wurde, ist besonders deshalb von Wichtigkeit, weil sie überall da, wo elektrisches Licht nicht zur Verfügung steht, Anwendung finden muß und weil sie die Gestalt der Blitze unmittelbar vor Augen führt.

Nachdem nun die hauptsächlichsten Hilfsapparate zur Hervorbringung von Bühneneffekten besprochen sind, kann zur Verwendungsweise derselben übergegangen werden. Der großartigste Effekt, welcher durch die Projektionslampe erreicht werden kann, ist die Darstellung eines vollständigen Panoramas, die sogenannte Panorama-Projektion.

Dieselbe bedient sich mehrerer Skioptiken, welche nebeneinander aufgestellt, mehrere panoramaartig aufgenommene Photographien nebeneinander projizieren und zu einem großen Panoramabilde vereinigen.

Der Amerikaner Charles A. Chase war der Vater dieses Gedankens und die Anwendung, wie sie Chase sich ausgedacht hat, ist in den Fig. 195—197 dargestellt. Fig. 195 gibt die Gesamtansicht, Fig. 196 zeigt den Apparat und in Fig. 197 sind die Maße angegeben. Der Apparat besteht aus einer Batterie von Skioptiken, welche eine ganze Kollektion von Bildern nebeneinander projizieren und so ein vollständiges Panorama herstellen. Derselbe hängt wie

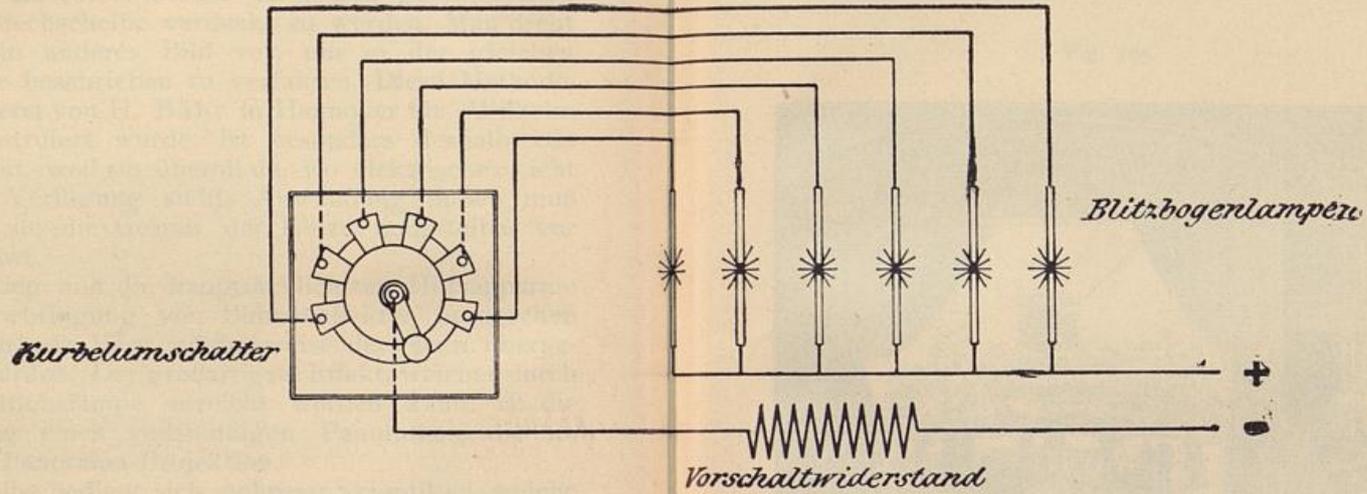


*Handgezeichnet*

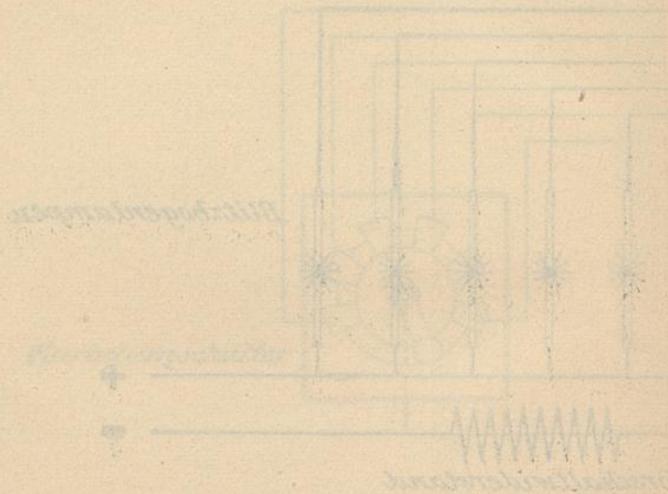
*Handgezeichnet*

*Handgezeichnet*

Fig. 194.



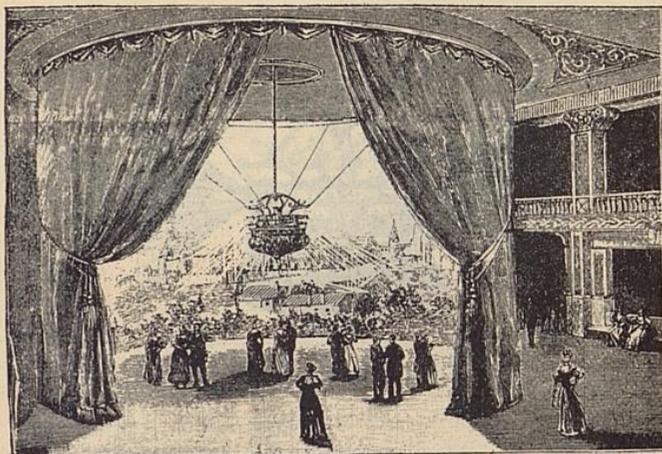
ein  
ein  
Skio  
förm  
ange  
Zahl



sein  
regu  
lamp  
zeln  
gena  
Reg  
wer  
Übe

ein Kronleuchter unter der Decke und wird durch ein Stahlrohr sowie mehrere Drähte gehalten. Die Skioptiken (Doppelapparate, Fig. 198) sind auf dem ringförmigen Tisch des kreisrunden, hängenden Balkons angebracht. Jeder Apparat — es sind acht an der Zahl — steht auf einem besonderen Schlitten und

Fig. 195.

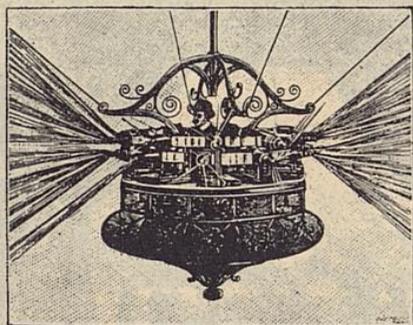


seine Stellung kann mit Hilfe von Schrauben genau reguliert werden. Die Zuleitungsdrähte zu den Bogenlampen werden durch das Stahlrohr geführt. Die einzelnen Projektionsbilder auf der Wand schließen sich genau aneinander an; natürlich ist eine äußerst genaue Regulierung erforderlich. Da Doppelapparate verwendet werden, kann man die schönsten Effekte erzielen: Übergang von Tag in Nacht, Sommer in Winter usw.

Mit Hilfe von Kinematographen kann man sogar lebende Panoramen herstellen. Das Publikum wandelt im Panorama einher; Sitzplätze sind nicht vorhanden. Das Panorama mißt im Durchmesser  $30\text{ m}$ , die Bilder sind  $10\cdot5\text{ m}$  hoch. Der Balkon, worauf die Apparate montiert sind, besitzt  $2\cdot5\text{ m}$  Durchmesser und  $3\text{ m}$  Höhe.

Einer der schönsten Bühneneffekte ist der der aufgehenden Sonne und der des Sonnenunterganges.

Fig. 196.

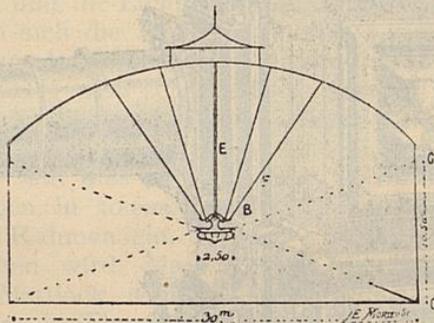


Wie bereits erwähnt, wurde die aufgehende Sonne bereits im Jahre 1841 in der Pariser Oper, und zwar im »Prophet« mit Hilfe von Bogenlicht zur Darstellung gebracht. Der Lichtbogen wurde damals bereits automatisch reguliert. Die Kohlenspitzen horizontal gelagert, befanden sich auf zwei einander gegenüberstehenden Wagen, welche auf eisernen Schienen durch ein Uhrwerk einander genähert wurden.

Die automatischen Regulatoren sind jedoch für Bühnenzwecke nicht so beliebt wie die Handregulatoren. Die Handregulatoren können stabiler und kompändiöser

gebaut werden, besitzen dadurch mehr Festigkeit und funktionieren in jeder Lage gleich gut, während bei automatischen Regulatoren auf eine leichte Bewegbarkeit der Kohlen Wert gelegt werden muß, damit die Elektromagnetspulen im stande sind, dieselben einander zu nähern. Die meisten derartigen Lampen funktionieren nur in bestimmten Stellungen. Stellt man die Kohlenspitzen bei Handregulatoren, wie in Fig. 161 dargestellt, so daß mit dem ruhigen Brennen des Lichtbogens die

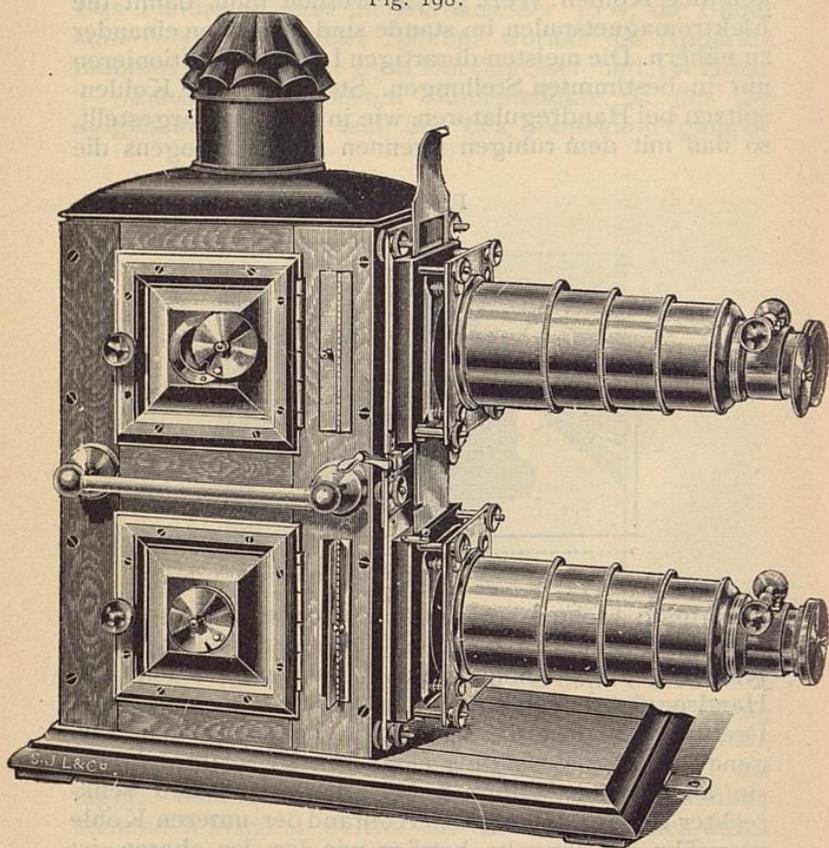
Fig. 197.



günstigste Lichtausstrahlung verbunden ist, so wird es schwer sein, ein genaues Nachregulieren in dieser Richtung auf automatischem Wege zu erreichen. Der Handregulator muß so konstruiert sein, daß beim Drehen der Regulierschrauben beide Spitzen sich genau in dem Verhältnis einander nähern, in welchem sie abbrennen. Während bei Gleichstrom und senkrechter Kohlenstellung der Abbrand der unteren Kohle ungefähr das doppelte beträgt wie der der oberen, ist derselbe hier dreimal so groß, es muß sich also beim Drehen der Regulierschraube die untere Kohle dreimal soviel bewegen wie die obere.

Zumeist wird Bogenlicht zur Darstellung von schattenwerfendem Sonnenschein, Mondschein und

Fig. 198.



Morgenrot verwendet. Man bedient sich hierzu eines Parabolschirmes oder Reflektors, in welchen der Bogenlichtregulator eingesetzt wird. Dieselben bestehen meist

aus Neusilber, bisweilen auch aus Nickelblech. Da derartige gedrückte Schirme selten gleichmäßige Lichtflächen ergeben, sondern helle und dunkle Ringe erkennen lassen, versieht man die vorgesetzten farbigen Glasscheiben mit einem matten Überzug, wodurch dieser Übelstand behoben wird. Um das Licht allmählich hell oder dunkel werden zu lassen, verdeckt man die Glasscheibe mit Pappe oder einem anderen undurchsichtigen Gegenstand, welchen man langsam wegzieht. Sobald nur ein kleiner Lichtstreifen aus dem Schirm hervorquillt, wird die Fläche vollständig beleuchtet und die Lichtintensität nimmt in dem Maße zu, in dem sich die Reflektoröffnung vergrößert. Die zur Färbung des Bogenlichtes dienenden Glasscheiben werden naturgemäß sehr heiß, und zwar die dunkel gefärbten, welche mehr Licht absorbieren, heißer als die helleren und zerspringen alsdann bei längerem Gebrauch. Um dies zu verhindern, zerschneidet man die Scheiben in 30 mm breite Streifen und setzt sie so in den Rahmen ein, welcher vor die Effektlampe eingeschoben wird. Man versieht die Streifen auch nicht mit Mattlack, sondern setzt Streifen von mattem Glas davor. In Theatern, welche keine Bühnenregulatoren und kein elektrisches Glühlicht besitzen, kann man die Übergänge von Morgenrot in Sonnenschein und Abendrot usw. auch mittels Bogenlicht bewerkstelligen.

Man setzt in einen längeren Rahmen, welcher mit matten Glasstreifen vollständig ausgelegt ist, in das unterste Drittel rote Streifen, in das nächste gelbe und läßt das oberste Drittel weiß, so wird man vom Morgenrot langsam in Sonnenschein übergehen können, selbstverständlich auch umgekehrt aus Sonnenschein in Abendrot, indem man die entsprechenden Farben allmählich eintreten läßt. Bei starken Lichteffekten, wie Beleuchtung von Balletgruppen u. dgl., verwendet

man mit Vorteil geripptes Spiegelglas, welches zerstreutes Licht erzeugt, so daß die beleuchtete Fläche gleichmäßig erscheint, ohne daß es erforderlich wird, matte Glasscheiben zu verwenden.

Dagegen treten Färbung und das Kommen und Verschwinden des Lichtes nicht so unmerklich auf wie bei Verwendung matter Glasscheiben. Um diesen Übelstand zu beseitigen, verwendet man Schieber von doppelter Länge, bei welchen die eine Hälfte blankes, die andere mattes Glas von entsprechender Farbe enthält. Beim Kommen des Lichtes hat man die matte Farbe vorgeschoben und sobald es vollständig eingetreten, schiebt man den blanken Schieber langsam vor und verfährt ebenso beim Verschwindenlassen desselben. Das zum Färben des Lichtes dienende Glas darf nicht durch und durch gefärbt sein, sondern es ist hierzu möglichst sogenanntes Überfangglas zu verwenden.

Am besten ist weißes Glas, welches mit einer dünnen Schicht farbigen Glases überzogen ist. Da jedoch farbige Naturgläser meist nicht immer in den Farben, welche benötigt werden, erhältlich sind, wird man dieselben häufig mit Lack färben müssen, jedoch sollte man stets hitzebeständige Lasurlacke hierzu verwenden.

Die Effektlampen finden zum größten Teil auf der Beleuchtungsgalerie und den Arbeitsgalerien Aufstellung. Fig. 199 zeigt die Beleuchtungsgalerie des Prinzregententheaters in München. Im ganzen sind 50 Effektlampen in Betrieb; davon sind im Bühnenfußboden je drei zu beiden Seiten des Proszeniums, je sieben zu beiden Seiten in den Gassen, zwei auf der Hinterbühne, ferner je sechs auf der Beleuchtungsgalerie rechts und links und je acht zu beiden Seiten auf der Arbeitsgalerie angeordnet. Von diesen Anschlüssen kann eine beliebige Anzahl gleichzeitig benützt

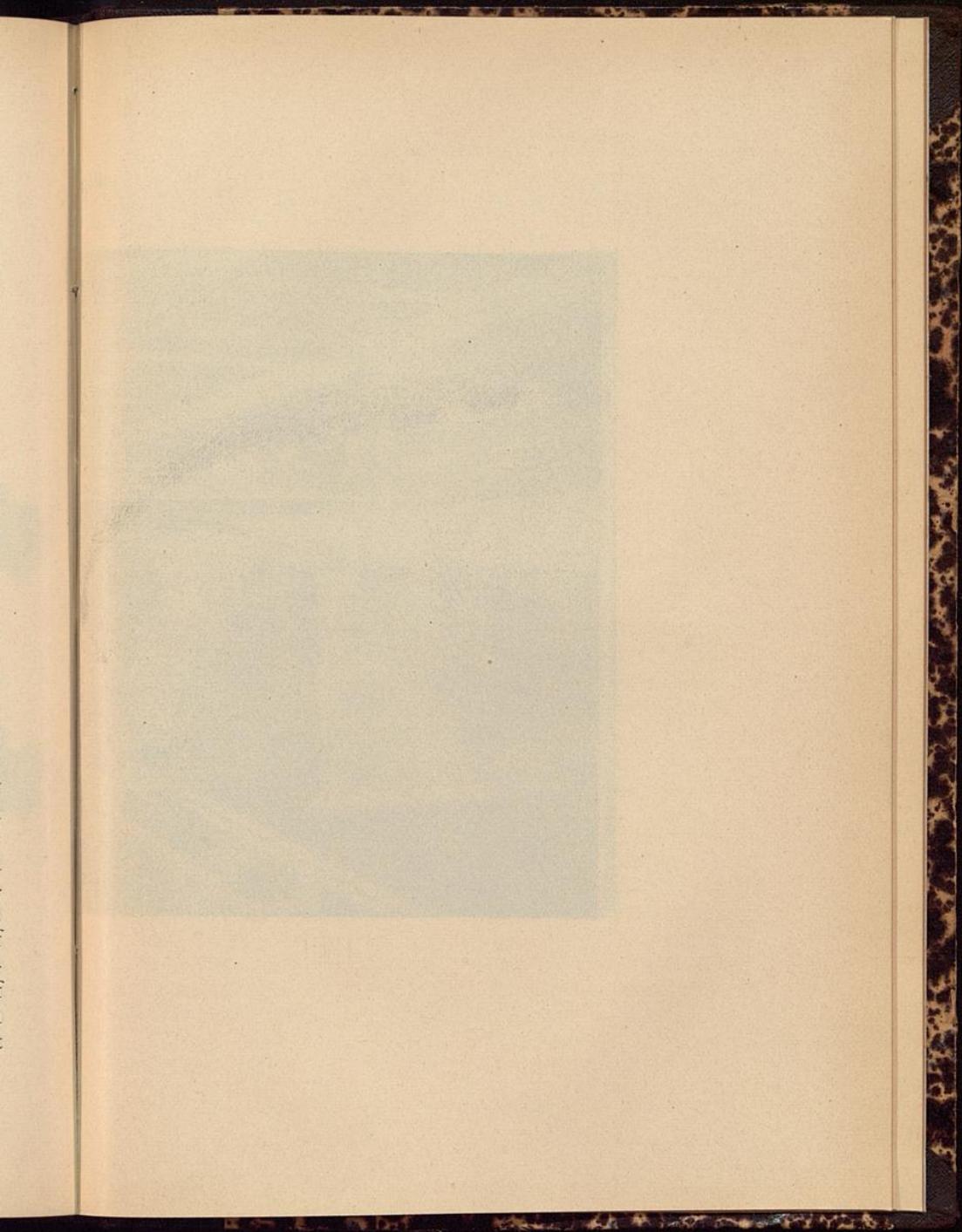
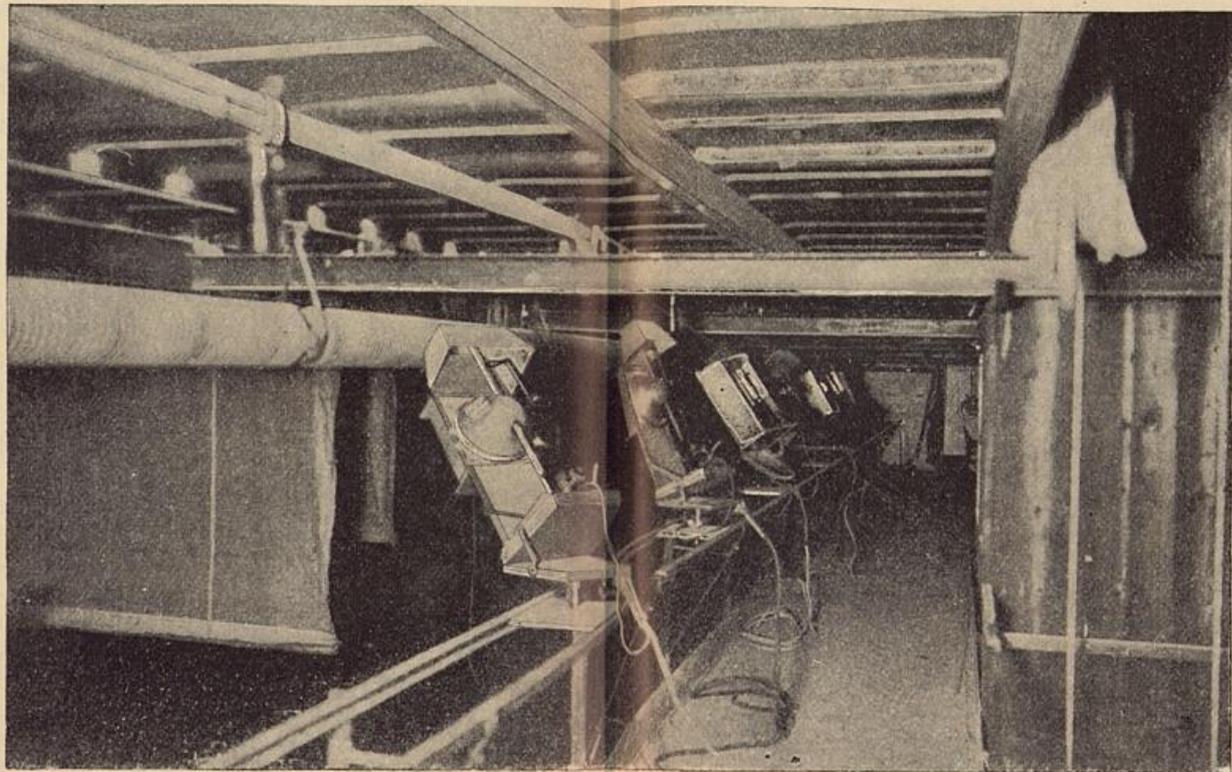


Fig 199.



wer  
star  
von  
pun  
teil  
so  
hier  
läng  
geg  
da  
lam  
gen  
gle  
obe  
lam  
sch  
ber  
aus  
Sei  
grö  
Ab  
bog  
stel  
sine  
dur  
zer  
in

wa  
sie  
wü  
leic

ma  
der  
ein

werden, da für jeden ein besonderer Vorschaltwiderstand vorgesehen ist. Bei der Effektlampe, welche von den Galerien oder sonstwie erhöhtem Standpunkte aus zur Wirkung gebracht wird, ist es vorteilhaft, die Kohlen umgekehrt abbrennen zu lassen, so daß der Krater auf der unteren Kohle sich bildet; hierdurch sind die helleren Strahlen gezwungen, den längeren Weg zu machen, beziehungsweise den entgegengesetzten Teil der Bühne mit Licht zu versehen und da der andere Teil der Bühne, auf welchem die Bogenlampe steht, ohnehin infolge der Nähe des Lichtbogens genügend Licht empfängt, wird auf diese Art eine gleichmäßigere Beleuchtung erzielt, als wenn der Krater oben gebildet würde. Bei Verwendung der Effektlampen in Kombination mit Linsensystemen zur Erzielung scharf abgegrenzter Lichtkreise verwendet man die bereits beschriebene Kondensor-Einrichtung, bestehend aus zwei plankonvexen Linsen, welche die konvexen Seiten einander zukehren. Um den Lichtkreis zu vergrößern oder zu verkleinern, ohne die Schärfe der Abgrenzung zu verlieren, ist man genötigt, den Lichtbogen den Linsen zu nähern. Dies läßt sich leicht bewerkstelligen, da die Lampen meist verschiebbar angeordnet sind, man muß jedoch vorsichtig zu Werke gehen, da durch allzugroße Wärmeausstrahlung die Linsen leicht zerspringen. Vorteilhaft ist es stets, wenn die Linsen in ihrer Fassung Spielraum erhalten.

Die Linsenapparate sollten möglichst in einem warmen, trockenen Raum aufbewahrt werden, damit sie keine Feuchtigkeit ansetzen. Im letzteren Falle würden sie bei plötzlicher Erwärmung dem Zerspringen leichter ausgesetzt sein.

Ein genaues Begrenzen des Lichtkreises erzielt man durch den Scherenverschluß. Der Apparat, welcher den Sonnenaufgang darstellt, bestand früher nur aus einem Neusilberschirme, in welchen der Bogenlicht-

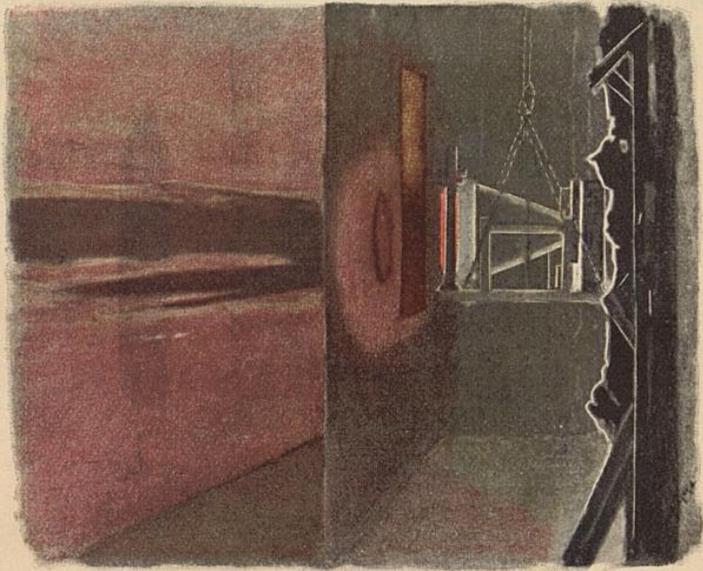
regulator eingesetzt war und wurde hinter dem Prospekt, welcher eine runde Öffnung besaß, aufgehängt, so daß derselbe beim Aufsteigen in den Zuschauerraum leuchtete. Boschek in Prag verbesserte diesen Apparat wesentlich, indem er vor den Parabolschirm eine matte gewölbte Glasscheibe brachte und hinter dieser einen Seidenschirm, welcher unten rot, dann gelb und oben weiß war, vorüber zog, so daß die Sonnenscheibe, von allen Seiten gesehen, als eine runde rote Kugel, welche allmählich gelb und dann weiß wurde, zu sehen war. Bei der Bährschen Sonne ist der Neusilberschirm mit geripptem Spiegelglas ausgelegt und der Färbungsschirm entsprechend gefärbte Glasgaze, welche auf einen langen Rahmen aufgespannt, zwischen Schirm und gewölbtem Glas herabgelassen wird. Die gewölbte matte Scheibe hat auch noch den Vorzug, daß dieselbe die durchgehenden Lichtstrahlen derart bricht, daß der Prospekt um die Sonnenöffnung ebenfalls getroffen wird und die Sonne sich nicht zu scharf vom Prospekt abhebt. Letzterer liegt mit dem unteren Ende auf dem Bühnenfußboden zusammengerollt etwas mehr nach hinten, so daß er beim Hochziehen und Aufrollen immer glatt an dem Apparat anliegt.

Eine überraschend schöne Wirkung erzielt Brandt mit einer flachen kreisrunden Glasflasche, welche mit gefärbtem Wasser gefüllt ist. Dieselbe befindet sich vor dem Parabolspiegel und ist ungefähr 100 mm stark (Fig. 201). Beim Passieren des Wasserkörpers werden sowohl die direkten Lichtstrahlen der Kohlenspitzen sowie auch die vom Parabolspiegel reflektierten aufgefangen, zerstreut und gebrochen. Hierdurch wird eine gleichmäßig strahlende Sonnenscheibe dem Auge des Beschauers geboten. An dem runden Rande der Flasche stehen die gebrochenen Strahlen dichter und hierdurch erscheint der Rand der Sonnenscheibe heller

leuchtend wie die Mitte, wie dies auch in Wirklichkeit der Fall ist.

Um den Sonnenaufgang, beziehungsweise den Sonnenuntergang zur Erscheinung zu bringen, hat man

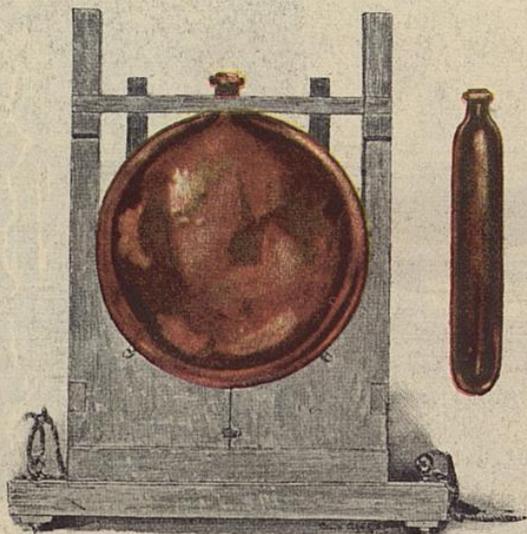
Fig. 200.



von völliger Dunkelheit zur Dämmerung zum Morgenrot und schließlich zum Tageslicht überzugehen. Beim Sonnenaufgang ist die Bühne zunächst vollkommen verdunkelt. Durch allmähliches Einschalten blauer und grüner Lampen in den Soffitten wird die Dämmerung

dargestellt, allmählich werden in den Soffitten und Kulissen gelbe Lampen zugeschaltet, wodurch die Morgendämmerung entsteht. Durch Zuschalten weißer Lampen wird die Helligkeit bis zum Morgengrau gesteigert.

Fig. 201.



An dem Prospekt, welcher den Hintergrund abschließt und den Horizont darstellt, erscheint der eigentümlich fahlgelbe Streifen der Morgendämmerung, der sich auch in der Natur, wie hier durch das Schalten der Lampen zu immer intensiverem Gelb erhellt, das dann in Orange und endlich in Rot übergeht. Der Punkt des Horizontes, an dem die Sonne

aufgehen soll, wird bei dem Sonnenaufgang auf der Bühne ganz besonders sorgfältig mit gelben, roten und weißen Lampen belichtet. In den Soffitten- und in den Kulissenlampen wird nun Gelb, Rot und Weiß verstärkt, Blau und Grün geschwächt, bis die ganze Bühne in Rot und Gelb erstrahlt. Dieser Augenblick ist durch Fig. 200 im Bilde festgehalten. Nun wird das weiße Licht plötzlich eingerückt und die Sonnenscheibe emporgezogen. Es ist nicht nötig, dieselbe besonders hoch steigen zu lassen, da dieser Effekt durch Vergrößern und Verkleinern der Scheibe ersetzt werden kann.

Beim Sonnenuntergang wird der umgekehrte Weg durchlaufen.

## XI. Kapitel.

Besondere Bühneneffekte. — Serpentintanz. — Regenbogenapparat. — Ziehende Wolken bei Tageslicht, Dämmerung, Morgenrot und Mondschein. — Walkürenritt. — Feuer und Rauchwolken, Samum, Regen und Schnee. — Nordlicht. — Wasserwellen usw.

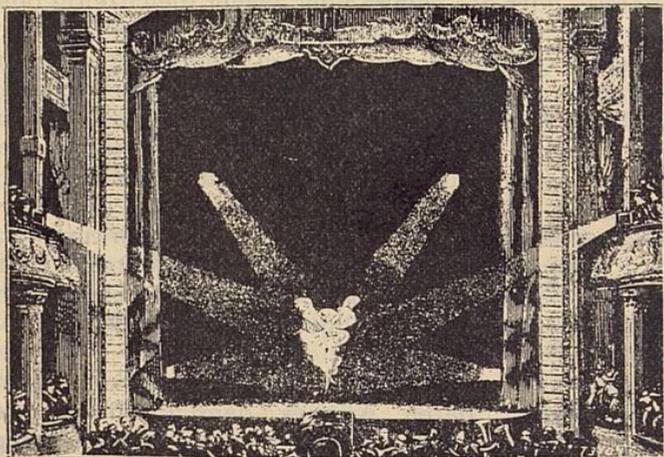
Zu den überraschendsten Bühneneffekten gehört der Serpentintanz. Derselbe hat gerade deshalb besonderes Interesse, weil er nur mit Hilfe der modernen Beleuchtungstechnik so wirkungsvoll gestaltet werden konnte, daß er allenthalben durchschlagenden Erfolg erzielte. Es sind hierzu sechs Projektionslampen erforderlich. Zwei sind in den Lógen untergebracht und beleuchten die Tänzerin von vorne, zwei befinden sich auf der Bühne, zwischen den Kulissen, und zwei auf der Beleuchtungsgalerie. Der Serpentintanz selbst, erfunden von der Amerikanerin Loie Fuller, besteht darin, daß die Tänzerin ihr Gewand, bestehend aus einer langen Tunika aus durchscheinendem Seidentüll, in Schlangenwindungen, sogenannten Serpentin, kreisen und wirbeln läßt. Die Bühne ist dunkel; Kulissen und Hintergrund mit schwarzem Samt verhängt. Hinter verhängten Fenstern finden die Projektionslampen Aufstellung. Alle sechs werden mit einem Male eingeschaltet. Vor

dem Objektiv einer jeden Laterne ist eine drehbare Scheibe mit farbigen Glasplatten angebracht, so daß jeder Apparat sechs verschiedene Farben ausstrahlen kann. Weiß, blau, rot, grün, gelb, violett. Wenn die Tänzerin sich auf der Bühne bewegt und mit dem Gewand ihre Serpentinaen schlägt, fängt letzteres die verschiedensten Farben auf, die Falten des Kleides schimmern in allen Farben, je nachdem die Tänzerin in den Strahlenbereich des einen Projektionsapparates oder des andern oder zweier gleichzeitig oder schließlich aller zusammen gelangt. Auch Figuren, züngelnde Flammen etc. werden neuerdings zur Erscheinung gebracht. Fängt die Tänzerin die Strahlen sämtlicher Apparate auf, so schillern alle Farben durcheinander. In Fig. 202 ist die Anordnung der Projektionsapparate, sowie die Stellung der Tänzerin dargestellt. Der Serpentinaenz erfordert von allen Bühneneffekten wohl die stärkste Lichtwirkung auf die Flächeneinheit des beleuchteten Objektes. Doch sind gerade diejenigen Lichtwirkungen, welche nicht zu den sogenannten knalligen Effekten gehören, oft bedeutend schwieriger.

Handelt es sich um die Nachahmung von Naturerscheinungen, deren Anblick dem Publikum geläufig ist, so kann der geringste Fehler die Unmöglichkeit der Erscheinung in der Natur vor Augen führen: Viele von diesen Bühneneffekten erfordern spezielle Einrichtungen, deren eine große Anzahl aus dem Atelier von H. Bähr, Dresden, hervorgegangen, nunmehr auch von größeren Elektrizitätsfirmen hergestellt werden. Der Bährsche Regenbogenapparat besteht aus einer Metallscheibe, welche einen flachen, schmalen Kreisausschnitt besitzt. Derselbe wird vor die großen Beleuchtungslinsen geschoben. In entsprechender Entfernung von dem Kreisausschnitt befinden sich die ebenfalls verstellbaren Objektivlinsen

und wiederum vor diesen ein Flintglas-Prisma. Der Apparat muß hinter ein Versatzstück gestellt werden, und zwar derart, daß die Kohlenspitzen unter den Beleuchtungslinsen sich befinden. Der durch die Objektivlinsen vergrößerte gebogene Lichtstreifen wird alsdann von dem Prisma unter einem Winkel von

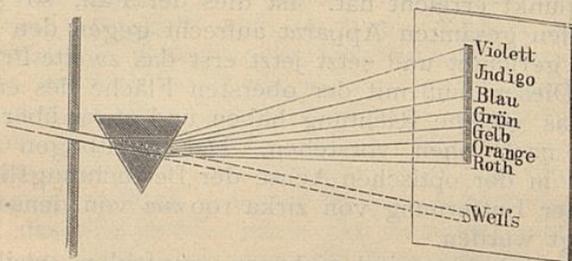
Fig. 202.



$45^{\circ}$  in seine Farben zerlegt und als Spektrum auf dem Prospekt entworfen. Die Zerlegung des Lichtes in seine Spektralfarben, Fig. 203, muß so stattfinden, daß das entworfenen Spektrum nicht größer wird, als die Breite des vom Kreisabschnitt entworfenen Bildes. Die durch ein Prisma entworfenen Farben sind denjenigen, welche durch ein mittels Projektionsapparat von einem Diapositiv entworfenen Regenbogenbild erzeugt werden, unbedingt vorzuziehen, da

sie selbst auf einem dunklen Prospekt intensiv zur Wirkung gelangen, während bei gemalten Regenbogen Mischfarben entstehen. Gemaltes Gelb wirkt z. B. auf einem bläulichen Prospekt schmutzig grün, rot erscheint braun usw. Um dem Apparat nicht eine schiefe Stellung geben zu müssen, verwendet Bähr ein zweites Prisma, welches die Lichtstrahlen nochmals bricht, und zwar so, daß der Apparat direkt auf den Prospekt gerichtet werden kann. Dies hat außerdem den Vorteil, daß die Beleuchtungslinsen

Fig. 203.



nicht oberhalb des Lichtbogens stehen, wodurch sie leicht zerspringen können.

Durch Zwischenschieben eines stufenweise geschwärtzten Glasstreifens zwischen Prisma und Objektivlinsen erzielt man ein allmähliches Entstehen und Verschwinden des Regenbogens.

Um auch den zweiten Regenbogen, wie solcher in »Wilhelm Tell« erforderlich ist, erscheinen zu lassen, wird in der Metallscheibe ein zweiter Schlitz angebracht und mit einem grünlich gefärbten Glasstreifen überdeckt, damit er, der Naturerscheinung entsprechend, matter erscheint, als der Hauptregenbogen. Das Einstellen des Regenbogens erfordert einige Erfahrung,

da eine geringe Verschiebung des Prismas eine Entstehung des Spektrums unmöglich macht. Beim ersten Einstellen entfernt man zunächst das oberste Prisma, legt das Gehäuse mit dem Regenbogenapparat in einiger Entfernung vom Prospekt auf einen Tisch, und zwar so, daß das Kopfende dem Prospekt zugekehrt ist. Nun schaltet man die Bogenlampe ein und rückt das erste Prisma den Objektivlinsen ziemlich nahe, und zwar so, daß die Schneide ziemlich auf der Mitte von den Lichtstrahlen getroffen wird. Man dreht alsdann das Prisma so lange, bis der Regenbogen in Form und Farbe seinen Höhepunkt erreicht hat. Ist dies der Fall, so stellt man den gesamten Apparat aufrecht gegen den Prospekt gerichtet und setzt jetzt erst das zweite Prisma ein. Dieses muß mit der obersten Fläche des ersten Prismas gleiche Richtung haben und etwas über dasselbe nach oben vorstehen. Der Lichtbogen muß genau in der optischen Achse der Beleuchtungslinsen in einer Entfernung von zirka 100 *mm* von denselben erzeugt werden.

Dochtkohlen sind nicht zu empfehlen, weil sie die Spektralfarben beeinträchtigen. Häufig wird der Regenbogen in Kombination mit ziehenden Wolken zur Darstellung gebracht. Letztere sind als Diapositiv mit durchsichtigen Farben auf eine entsprechend starke kreisrunde Glastafel gemalt, jedoch nur mit dem äußersten Rande in einer Breite von zirka 140 *mm*. Die Scheibe ist in der Mitte durchbohrt und mit einer Messingverschraubung versehen, welche ebenfalls durchbohrt ist und sich auf einen Stahldorn leicht drehbar aufstecken läßt. Dieser Dorn wird in der Mitte einer runden Holzkapsel aufgeschraubt, welche am äußeren Rand eine runde Öffnung von 140 *mm* Durchmesser hat, so daß an dieser Stelle die gemalten Wolken sichtbar sind. Am Rande der Kapsel ist

ein kleines Räderwerk angebracht, welches eine kleine mit Gummi überzogene Walze besitzt, welche, an die Peripherie der Scheibe angedrückt, dieselbe durch Reibung mitnimmt und so in Drehung versetzt. Die Kapsel besitzt einen Metallrahmen, mittels dessen sie vor die Beleuchtungslinse des Gehäuses gehängt wird. Die Vorderseite der Kapsel besitzt eine Vorrichtung zum Einschieben des Objektivkopfes.

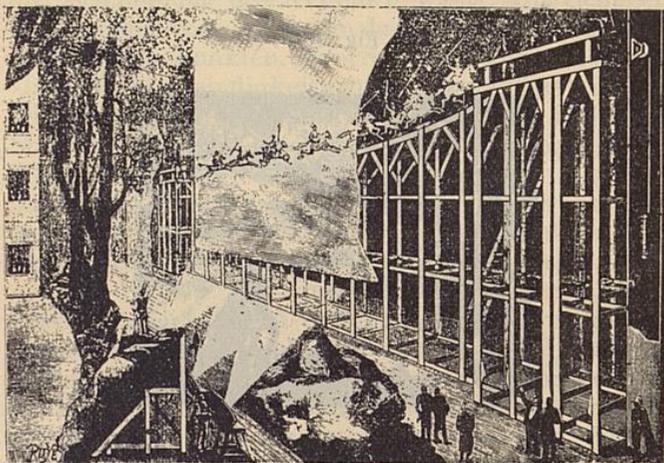
Der Durchmesser der Scheibe muß mindestens 600 *mm* betragen, damit bei der Drehung derselben der Eindruck einer geradlinigen Bewegung der ziehenden Wolken gewahrt bleibt.

Der Apparat wird möglichst weit vom Prospekt entfernt aufgestellt und durch eine Kulisse oder ein Versatzstück gedeckt. Die Scheibe muß langsam gedreht werden, damit sie nicht einseitig warm wird und springt. Der Objektivkopf muß ausziehbar sein, damit man den Wolken eine verschwommene Form geben kann. Ist ein Schleier über den Prospekt gezogen, so kann man die Wolken scharf einstellen, weil das Bild bereits durch den Schleier verschwommen erscheint. Auf dem Prospekt gemalte Gegenstände, welche von den Wolken nicht mehr getroffen werden sollen, deckt man durch schwache Blechausschnitte, welche man zwischen Kapsel und Objektivkopf einschiebt, ab. Auf diese Art kann man die Wolken zwischen Häusern, Bäumen, Felsen etc., die nur auf dem Prospekt gemalt sind, hindurchziehen lassen. Durch Verstellen der Kapsel kann man den Wolken eine steigende oder sinkende Richtung geben. Der geeignetste Hintergrund ist ein bläulicher Prospekt. Am intensivsten wirken die Wolkenerscheinungen bei geringer allgemeiner Beleuchtung. Bei Gewitterwolken soll eine dämmerige bläuliche Beleuchtung die beste Wirkung geben. Die weißen Lampen geben einen rötlichen Schein, welcher die

Gewitterstimmung beeinträchtigt. Die Aufstellung des Apparates muß unter allen Umständen derart sein, daß er für den Zuschauer unsichtbar gemacht wird. Ist in der vordersten Gasse ein Wolkenschleier vorhanden, so kann man auch die Wolken von hinten auf den Schleier werfen und dadurch die Wirkung erhöhen. Mit Hilfe eines Uhrwerkes wird die Scheibe automatisch gedreht; diese Bewegung ist, da sie ruhiger und gleichmäßiger vor sich geht, dem Handbetriebe vorzuziehen. Sollen die Wolken mit Morgenrot dargestellt werden, so findet eine kleine Scheibe Verwendung, welche mit Lasurfarben, unten rot und nach oben in gelb und weiß übergehend, bemalt ist. Die Scheibe befindet sich gleichfalls in der Kapsel und wird mittels Schneckenrad vor der Linsenöffnung auf- und abbewegt. Auf einem gelblichen Prospekt wirken die Wolken mit Morgenrot am vorteilhaftesten. Bei Darstellung der Wolken mit Mondschein wird die Mondscheibe herausgeschnitten und die ganze Wolkenscheibe blaugrün gefärbt. Um die Mondöffnung sind noch außerdem kleine Duftwolken gemalt, welche sich nach außen verstärken. Die Bühne wird verdunkelt und der Prospekt an der Stelle, an welcher der Mond vorüberzieht, recht hell gefärbt. Hierdurch wirkt die Mondscheibe sehr grell und die Wolken, welche über dieselbe hinziehen, erscheinen wie durchleuchtet. Eine bedeutende Rolle spielt die Darstellung der dahinziehenden Wolken im »Walkürenritt«. In der Abbildung Fig. 204 sind drei elektrische Lampen nebeneinander aufgestellt, deren Bilder sich seitlich aneinander anschließen. Die Scheiben drehen sich ziemlich rasch, so daß die Wolken förmlich dahinjagen. Die Laternen sind hinter der Felsenszenerie aufgestellt und dadurch dem Auge der Zuschauer entzogen. Auf eine feine, blau gefärbte und sehr durchsichtige Tüllwand werden die Wolken als Gewitterwolken

projiziert. Dahinter herrscht vollständige Finsternis. Die Tüllwand verdeckt eine riesige Gleitbahn, welche von der einen Seite zur anderen ansteigt. In der Pariser Oper, deren Bühne in Fig. 204 abgebildet ist, steigt die Bahn von 6 auf 9 m. Das Gerüst nimmt die ganze Bühnenbreite ein und ist über 30 m lang. Auf dieser Rutschbahn gleiten Holzpferde, welche die

Fig. 204.



Walküren tragen. In dem gleichen Augenblick, in welchem sich der ganze Zug unter Einwirkung eines schweren Kontregewichtes in Bewegung setzt, beleuchtet ein am Anfang der Rutschbahn aufgestellter Scheinwerfer sämtliche Darsteller. Die Erscheinung wird durch Tüllwand und Wolken hindurch sichtbar und der Zuschauer erhält den Eindruck, als ob die Walküren frei in der Luft schweben. Fig. 205 veranschaulicht den Eindruck, den der Zuschauer von

dem Vorgang empfängt. Im Vordergrund erblickt man Wotan mit Speer und Schild auf dem Felsvorsprunge und in den Wolken sieht man die Walküren mit geschwungenen Lanzen vorüberjagen. Die nun folgenden Apparate, welche sich im Prinzip an die beschriebenen anschließen, wurden gleichfalls von Hugo Bähr in Dresden zuerst in Verwendung gebracht und die von demselben stammenden Konstruktionen sind den diesbezüglichen Beschreibungen zu

Fig. 205.



grunde gelegt. Mit Hilfe rotierender Scheiben, welche entsprechend bemalt sind, werden aufsteigende Feuer und Rauchwolken, Samum, Regen und Schnee sowie Nordlicht dargestellt. Bemalt man die Scheibe mit roten, gelben und schwarzen Wolken und projiziert die Bilder auf einen gelblichen Prospekt, so wird der Eindruck aufsteigender Feuer und Rauchwolken erweckt. Der »Samum« wird mit Hilfe größerer Wolken und einer gelblichen Rotationsscheibe dargestellt. Um Regen darzustellen, wird die Glasscheibe dunkel gehalten und mit feinen Linien bedeckt. Außer dieser

drehbaren Scheibe wird vor der Öffnung in der Kapsel eine kleine feststehende Scheibe angebracht, welche in der gleichen Weise mit feinen Linien bedeckt ist. Das Objektiv muß auf die kleinere Scheibe scharf eingestellt werden, denn auf die drehbare Scheibe eingestellt, würde die Rundung der Scheibe zu sehr hervortreten. Das Räderwerk erhält eine größere Übersetzung. Der Apparat wirkt auf jede Dekoration, selbst über Personen niedergehend bleibt die Erscheinung des Regens gewahrt. Um Schneefälle darzustellen, verwendet man dunkle Glasscheiben mit fein ausradierten Punkten. Zwei Scheiben mit verschiedener Umlaufgeschwindigkeit erhöhen den Effekt wesentlich. Die Darstellung des Nordlichtes wird mit Hilfe zweier Scheiben bewirkt, welche sich in entgegengesetzter Richtung drehen; durch Strahlen, welche vom Mittelpunkt ausgehend auf der Scheibe einradiert sind, wird der Eindruck eines nach der Peripherie eines Kreises hin aufsteigenden Strahlengebildes hervorgerufen.

Im Prinzip von den vorhergehenden Apparaten etwas abweichend ist der Apparat zur Erzeugung von Wasserwellen. Derselbe besteht aus drei voreinander auf einer gemeinschaftlichen Achse angeordneten, mit dunklen Wellenlinien bemalten Glimmerscheiben. Dieselben sitzen auf Exzentrern und werden durch die Drehung der Achse gegeneinander vor den Beleuchtungslinsen auf- und abbewegt. Das Objektiv entwirft auf dem gemalten Wasser des Prospektes das Bild der Wasserwellen. Bähr führte diesen Apparat zuerst im Jahre 1876 in Bayreuth im »Rheingold« vor. Durch Einschieben einer Blechscheibe mit keilförmigem Ausschnitt kann man auch das Glitzern und Widerspiegeln der Mondscheibe im Wasser sehr schön darstellen. Die Stellen auf dem Prospekte, welche nicht getroffen werden sollen, deckt man in gleicher Weise ab wie bei dem Wolkenapparat.

Mit den beschriebenen Darstellungen ist die Zahl der durch Projektion zu erzielenden Bühneneffekte natürlich nicht erschöpft. Die Vorführung des Walkürenritts z. B. geschieht meistens nicht in der Weise, wie in Fig. 204 und 205 abgebildet, sondern in der Regel durch einfache Projektion mittels drehbarer Scheibe. Außer den durch Bogenlicht und Projektionslampen zu erzielenden Effekten gibt es noch eine Reihe von Erscheinungen, welche sich durch Glühlicht besser hervorbringen lassen. Zu den wichtigsten gehört die Darstellung des Mondes und des Herdfeuers. Der Mondapparat von Bähr besteht aus einer runden gewölbten Milchglas-scheibe mit Metallumrandung. Auf einem dahinter befindlichen Deckel sind drei rote und drei weiße Lampen aufgeschraubt, welche abwechselnd geschaltet werden und eine gemeinschaftliche Rückleitung besitzen. Mit den Zuleitungen wird der Mond etwas vom Prospekt entfernt aufgehängt und mittels Prospektzuges emporgehoben, um das Aufsteigen des Mondes zu bewerkstelligen. Beim Aufsteigen läßt man den Mond rot leuchten und geht während des Aufsteigens zur weißen Farbe über. Der Mond kann entweder an den Bühnenregulator angeschlossen werden oder auch einen Regulierwiderstand für sich erhalten. Durch das Entfärben des Mondes entsteht die optische Täuschung, daß die Mondscheibe kleiner zu werden scheint.

Zur Darstellung des Herdfeuers sind rote und gelbe Lampen auf einem Brett oder einer Platte liegend angebracht. Unregelmäßig geformte und geknitterte Blechstreifen sind derart über den Lampen angeordnet, daß sie zitternde Bewegungen machen. Die Lampen selbst sind durch einen Rand an der Grundplatte verdeckt, so daß nur das von den Blechstreifen reflektierte und gebrochene Licht sichtbar wird. Soll das Feuer mehr gedeckt erscheinen, so legt man über dasselbe ein Stück

dunkle Leinwand, in welche verschiedene kleinere unregelmäßige Löcher eingeschnitten sind.

Ein Effekt, welcher weder durch Bogenlicht noch durch Glühlicht vorteilhaft dargestellt werden kann, ist die Erscheinung der Johanniswürmchen. Hierzu verwendet man immer noch den Induktionsstrom in den sogenannten Geislerschen Röhren. Die Würmchen werden aus sehr kleinen, eine doppelte Schleife bildenden Röhren aus Uran-Oxydglas hergestellt. Je nach der Leistungsfähigkeit des Induktionsapparates kann eine größere oder kleinere Anzahl von Würmchen hintereinander geschaltet werden.

Mit Hilfe von künstlich hervorgerufenen Kurzschlüssen, beziehungsweise durch die hierbei entstehenden elektrischen Funken, werden funkensprühende Schwerter, blitzende Rosen, der blitzende Schlüssel, der funkensprühende Ambos und ähnliche Erscheinungen zur Darstellung gebracht. Beim funkensprühenden Ambos im »Siegfried« wurde früher das Funkensprühen dadurch erzeugt, daß sowohl Hammer wie Ambos in die elektrische Leitung derart eingeschaltet wurden, daß bei der Berührung beider Gegenstände ein Stromkreis geschlossen wurde. Bähr verwendet eine Eisenplatte mit eingelegten verzinkten Eisendrähten dergestalt, daß die Drähte, welche von der Eisenplatte isoliert sind, die eine Zuleitung und die Platte selbst die andere Zuleitung erhält. Der Hammer stellt alsdann beim Niedersinken den Kurzschluß zwischen den Drähten und der Platte her und ist selbst stromlos. Diese Anordnung vermeidet den Übelstand einer besonderen Zuleitung zum Hammer, welche, da sie der freien Bewegung des Darstellers hinderlich ist, lästig empfunden wird. Die Funken entstehen vorzugsweise beim Aufheben des Hammers, also beim Unterbrechen des Stromes. Da der Hammer jedoch schon durch die Wucht des Schlages zurückprallt, erhält der Zuschauer den Ein-

druck, als ob die Funken beim Niedergehen des Hammers entstünden.

Die blitzenden Rosen, welche im »Faust II. Teil« den Engeln zur Bekämpfung der Teufel dienen, werden in ähnlicher Weise zum Aufblitzen gebracht. Die Teufel tragen Westen aus Asbest, welche mit stromführenden Drähten durchwirkt sind. Die Rosen besitzen feine Zinkfäden und verursachen beim Auftreffen auf die Weste einen Kurzschluß zwischen je zwei Leitungsdrähten. Um den Engeln den Kampf zu erleichtern, sind die Teufel auch in der Lage, mit Hilfe eines verzinkten Drahringes selbst den Kurzschluß herzustellen. Die erforderliche Bewegung kann mit dem scheinbaren Abwehren der Rosen sehr gut verbunden werden. In ähnlicher Weise kämpfen Engel und Teufel in »Asrael«: Die Engel mit Flammenschwertern und die Teufel mit dem Dreizack. Hier sind beide Zuleitungsdrähte auf den Dreizack schraubenförmig aufgewunden und die Flammenschwerter aus Blech ohne Zuleitung stellen nur den Kurzschluß her.

Etwas verschieden hiervon ist der glühende und blitzende Schlüssel, welcher in »Faust II. Teil« zu den Müttern führt. Derselbe besteht aus einem aus Asbest und Glimmer geformten Schlüssel, dessen oberer Teil mit feinem Platindraht eng umwickelt ist. Ferner sind zwei sich gegenüberstehende Kohlenspitzen in dem Schlüssel angeordnet, von welchen die eine fest im oberen Teil, die andere verschiebbar im unteren Teil angebracht ist. Der Schlüssel besitzt eine elektrische Zuleitung, in welche der Platindraht, sowie die Kohlen parallel geschaltet sind. Die Zuleitung wird durch einen Trittkontakt unterbrochen, welcher auf das betreffende Stichwort hin losgelassen wird. Das Glühen des Platindrahtes erfolgt sofort, das Aufblitzen bewirkt der Darsteller, indem er die Kohlenspitzen zeitweilig zur Berührung bringt.

## Alphabetisches Sachregister.

- Abbrand 28.  
 Abenddämmerung 154.  
 Abendrot 131.  
 Aberration, chromatische 170.  
 — sphärische 169.  
 Abkühlungsverhältnisse von  
   Nickelindrähten 129.  
 Abschmelzstromstärke 72.  
 Abzwegvorrichtung 68.  
 Achse, optische 162.  
 Agioskop 172.  
 Akkumulatoren 55, 56, 57, 58.  
 Ambos, funkensprühender 251.  
 Ambroin 109.  
 Ampere 15 ff.  
 Anlaßwiderstände 121 ff.  
 Anschlußklemmen 113.  
 Anschlußkontakte 108.  
 Argentan 125.  
 Aufzugsvorrichtungen von Soffit-  
   ten 95 ff.  
 Automatische Regulierung des  
   Lichtbogens 212, 213, 244.  
  
**B**ahnen 11.  
 Belastung der Leitungen 20.  
 — — Sicherungen 72.  
 — — Widerstände 129.  
 Beleuchtungsgalerie des Prinz-  
   regenten-Theaters 234.  
 Begrenzungsflächen der Linsen  
   165.  
 Beschaffenheit des Kohlenfadens  
   bei Glühlampen 16.  
 Bikonkavlinse 167.  
 Bikonvexlinse 165.  
 Bleistreifen 37.  
 Blitzapparat von H. Bähr 227.  
 Blitzender Dreizack 252.  
 — Schlüssel 252.  
 Blitzende Rosen 252.  
  
 Blitzlampen 12, 225, 226.  
 Bogenlampen 22, 24, 26, 208, 209,  
   210, 211.  
 Bogenlicht 2, 27, 28, 29, 30, 157.  
 Brechung 165, 166.  
 Brechungskoeffizient 166.  
 Brennpunkt 163.  
 Bühne 5.  
 Bühnenfassungen 84, 85, 86.  
 Bühnenkabel 117.  
  
 Chromatische Abweichung 170.  
 Crownglas 170.  
  
 Daguerre 183.  
 Dauerbrandlampen 26.  
 Deutsche Edisongesellschaft 30.  
 Diaphragma 169.  
 Diapositive 197.  
 Differentialregulierung des Licht-  
   bogens 215, 216.  
 Dionysos 5.  
 Diorama 183.  
 Dispersion 157.  
 Dissolver 173.  
 Dochtkohlen 29, 30.  
 Doppelbrücke 77.  
 Doppelwiderstände 132, 139.  
 Doppelskiptikon 229.  
 Drahtschutzgitter 91.  
 Drehbare Soffitte 98.  
 Drehschalter 78.  
 Drehstrom 54, 59, 60, 61.  
 Drehung des Spiegelbildes 160.  
 Dreihebelsystem 140, 142.  
 Dreilampensystem 3, 66, 90.  
 Dreileitersystem 63, 64.  
 Dreischaltungslampen 26.  
 Dreizack, funkensprühender 252.  
 Drumondsches Kalklicht 1, 2.

- Edisonkabel 34.  
 Edisonsicherung 70, 71.  
 Effektbeleuchtung 157.  
 Effektbogenlampen 220, 221 ff.  
 Einhebelsystem 139.  
 Einlampensystem 66.  
 Einleger 127.  
 Elektromotor 54.  
 Elmsfeuer 225.  
 Endausschalter 147, 148.  
 Energie, elektrische 15, 50.  
 Entladen von Akkumulatoren 56,  
   58, 59.  
 Epidiaskop 194, 195, 196.  
 Fabrikation der Glühlampen 17.  
 Farbenmischung 119.  
 Farbenschaltafel 141.  
 Färben der Glühlampen 94.  
 Färbung, seitlich eintretende 3, 89.  
 Fassungen für Glühlampen 18, 79,  
   80, 81 ff.  
 Faure-Akkumulator 56.  
 Flintglas 170.  
 Flüssigkeitswiderstände 120, 121 ff.  
 Freifahrten 11.  
 Fünfleitersystem 62, 64.  
 Fußbodenkontakte 108.  
 Fußrampe 66.  
 Geistererscheinungen 162, 164,  
   176, 177 ff.  
 Gewichtskanal der Soffittenzüge  
   118.  
 Glühlampe 4, 15, 16, 17, 94.  
 Gralsbecher 121.  
 Gummiaderdrähte 21, 67.  
 Gummibanddrähte 21.  
 Hahnfassung 80.  
 Handregulierung bei Bogenlam-  
   pen 208, 209 ff.  
 Hauptrolle bei Soffittenzügen 95.  
 Hauptschlußmaschine 48.  
 Hauptstrahlen 165.  
 Hauptstromlampe 215, 216.  
 Hebelschalter 78.  
 Hebelstellwerk 141, 144, 145, 151 ff.  
 Hohlspiegel 162, 163.  
 Homogenkohlen 30.  
 Isolatoren 67.  
 Isolierte Einfachleitungen 21.  
 Johanniswürmchen 251.  
 Kabelverbindung 35.  
 Kabelverlegung 35.  
 Kerkis 6.  
 Kerze unter Wasser brennend 161.  
 Kohlen für Bogenlampen 29, 30.  
 Kohlenfaden der Glühlampe 16, 17.  
 Kombiniertes Apparat (Schein-  
   werfer und Projektionslampe)  
   203, 204 ff.  
 Komplementärfarben 170.  
 Compoundmaschinen 47, 49.  
 Kondensator 118.  
 Konkavlinsen 164, 167.  
 Kontaktschrauben 72.  
 Konvexlinsen 164, 166.  
 Kraftlinien, magnetische und elek-  
   trische 44, 45.  
 Krater des Lichtbogens 28.  
 Krümmungshalbmesser des Hohl-  
   spiegels 163.  
 Krümmungsmittelpunkt des Hohl-  
   spiegels 162.  
 Kühlgefäße bei Projektionsappa-  
   raten 193, 194 ff.  
 Kulissen 13, 99, 100.  
 Kulissenwagen 12.  
 Kuppelung der Regulierhebel bei  
   Bühnenregulatoren 140, 142,  
   144 ff.  
 Kuppelungsstücke für Bühnenkör-  
   per 110.  
 Kurbelumschalter für Blitzlam-  
   pen 226.  
 Laden von Akkumulatoren 56, 58.  
 Lampenverteilung im Brünner  
   Stadttheater 36.  
 Leitungen, elektrische 18, 21.

- Leitungsvermögen 124.  
 Leitungswiderstand 124.  
 Lichtausstrahlung des Lichtbogens 29.  
 Lichtbogen, elektrischer 2, 27, 28 ff., 157.  
 Lichtbogenspannung 24, 120.  
 Linsen 164, 165 ff.  
 Linsenapparate für Effektbeleuchtung 235.  
 Linsenscheinwerfer 186.  
  
**Magnetspule** 25.  
**Magnetsystem** 47.  
**Maschinenanlage des Brünner Stadttheaters** 32.  
**Maschinenhaus des Brünner Stadttheaters** 33.  
**Messingbrücken** 74.  
**Messinggewindehülse** 79.  
**Metallkontaktscheiben** 135.  
**Mischungsverhältnis der Farben** 139.  
**Mittelrolle** 95.  
**Momentschalter** 77 ff.  
**Momentwechsellvorrichtung** 198.  
**Mondapparat von H. Bähr** 251.  
**Mondschein** 131, 154.  
**Morgendämmerung** 154.  
**Morgenrot** 131.  
**Multipolarmaschinen** 47.  
  
**Nebelbilder** 172.  
**Nebenschlußmaschine** 48.  
**Nebenschlußregulierung des Lichtbogens** 215, 216, 218 ff.  
**Nippel** 81.  
**Nordlicht** 249.  
  
**Obermaschinerie** 12.  
**Objekt** 168, 190, 197 ff., 241.  
**Objektiv** 190, 197 ff., 203, 205, 241.  
**Objektivträger** 190.  
**Öffnung des Hohlspiegels** 163.  
**Ohm** 15.  
  
**Ohmsches Gesetz** 15.  
**Orchester** 11.  
**Orchesterlampen** 105.  
**Orchesterpulte** 105.  
**Orchestra** 5.  
  
**Panoramaprojektion** 228 ff.  
**Parados** 6.  
**Paraskenen** 6.  
**Parsifal** 121.  
**Periaktes** 6.  
**Phantoskop** 173.  
**Portalkulissen** 100.  
**Portalweite der Bühne** 135.  
**Porzellanbrücken** 76, 77.  
**Porzellanfassungen** 83, 84 ff.  
**Porzellansicherungen** 72, 75, 76.  
**Prinzregententheater in München** 7, 8, 9, 148, 155, 156.  
**Projektionsapparate** 12, 192 ff.  
**Proskenion** 6.  
**Pulte für Orchester** 105.  
  
**Querschnitte von Leitungen** 20.  
 — — Widerstandsdrähten 129.  
  
**Rampen** 13.  
**Randstrahlen** 169.  
**Reelles Bild** 167.  
**Reflexion** 157 ff.  
**Regen** 249.  
**Regenbogenapparat von H. Bähr** 241.  
**Regulierung des Lichtbogens** 30, 208 ff., 212 ff.  
 — der Widerstände 132 ff., 137, 140 ff., 144 ff., 155.  
**Resistanz** 125.  
**Rheostate** 139 ff.  
**Rheotan** 125.  
  
**Samum** 248.  
**Schalthebel** 78.  
**Schaltungsanordnung für Regulatoren** 130 ff.

- Schauspielhaus zu Frankfurt a. M. 7.  
 Scheinwerfer 12, 184 ff.  
 Scherenverschluß 207, 235.  
 Schieberstellwerk (Hannover) 147.  
 Schmelzdrähte 70.  
 Schnee 249.  
 Schnürboden 12, 95.  
 Schwinkel 168.  
 Seilrolle 95.  
 Seitenpanorama 113.  
 Sekundärer Stromkreis 53.  
 Serpentinanz 126, 240.  
 Serpentinzylinder 127.  
 Sicherheitsvorschriften des Verbands deutscher Elektrotechniker 20, 50 ff.  
 Sicherungen 38, 72, 75 ff.  
 Sicherungsschalter 70.  
 Sicherungsstöpsel 70.  
 Skena 6.  
 Skioptikon 187 ff.  
 Soffitten 11, 13, 95, 98, 135.  
 Sonnenapparat nach Brandt 236 ff.  
 Sonnenaufgang auf der Bühne 2, 233, 235 ff.  
 Spannung, elektrische 14, 21.  
 Speisepunkte 62.  
 Spektralfarben 242.  
 Spektrum 242.  
 Spiegelbilder 158, 159 ff.  
 Spiegelglasreflektoren 106, 107.  
 Spiegelung 157.  
 Stadttheater in Brünn 31 ff.  
 Statue, lebende 179.  
 Steigleitungen 67.  
 Stellwerk 141, 144 ff., 148.  
 Stopfbüchsenartiger Verschluß bei Anschlußkontakten 111.  
 Stromstärke 14.  
 Subjektives Bild 168.  
 Velotrop 199 ff.  
 Verband deutscher Elektrotechniker 20, 50, 51.  
 Verdunklungswiderstände 137.  
 Versatzanschlußdosen 110 ff.  
 Versatzanschlußstöpsel 110 ff.  
 Versatzständer 101 ff.  
 Versatzstücke 12.  
 Versenkung 11.  
 Verteilungsleitungen 62.  
 Vierlampensystem 66.  
 Volt 15, 50.  
 Wärmeausstrahlung der Glühlampe 4.  
 Walkürenritt 246 ff.  
 Wandfassung 82.  
 Wasserwellenapparat von H. Bähr 249.  
 Watt 15, 50.  
 Wattverbrauch im Lichtbogen 28.  
 Wechselstrom 27, 29, 45.  
 Wechselstromlichtbogen 29.  
 Wechselzahl 49.  
 Widerstand 12.  
 — tragbarer 224.  
 Widerstände 126 ff., 137, 139 ff., 149.  
 Wirksamkeit der Akkumulatorenplatten 56.  
 Wolkenapparat 244.  
 Zählwerk für Bühnenregulatoren 127.  
 Zerstreuungslinsen 164.  
 Zickzackblitze 227.  
 Ziehende Wolken 244, 245.  
 Zugentlastung bei Leitungsanschlüssen 68.  
 Zweihebelssystem 139, 142.  
 Zweileitersystem 62.

