

Konstruktionen und Schaltungen

aus dem Gebiete der elektrischen Bahnen.

Gesammelt und bearbeitet

von

O. S. Bragstad,

a. o. Professor an der großherzogl. techn. Hochschule Fridericiana in Karlsruhe.

31 Tafeln mit erläuterndem Text.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1907.

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN 978-3-642-51770-9 ISBN 978-3-642-51810-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-51810-2

Vorwort.

Nachdem die Umwandlung der Straßenbahnen in elektrischen Betrieb vollzogen war, mußte der elektrische Bahnbau sich weiteren Zielen zuwenden. Hierbei erwiesen sich die alten Methoden zum Teil als unzulänglich, und neue Systeme und Konstruktionen kamen auf, unter denen die verschiedenen Systeme mit ein- und mehrphasigem Wechselstrom und mit hochgespanntem Gleichstrom von besonderer Wichtigkeit sind.

Der Mangel einer gesammelten Darstellung besonders dieser neueren Anordnungen veranlaßte mich, die vorliegenden Tafeln auszuarbeiten. Dieselben sind ursprünglich für den Unterricht in diesem Fach an der hiesigen Hochschule bestimmt. Um dieselben aber auch für Selbststudium verwendbar zu machen, wurden sie mit einer kurzen Beschreibung versehen. Denjenigen, die sich noch eingehender über die einzelnen Anordnungen zu informieren wünschen, wird das Literaturverzeichnis gute Dienste leisten.

Bei der Ausarbeitung hat mich Herr Dipl.-Ing. J. Haga unterstützt.

Karlsruhe, Juli 1907.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Inhalt	Literaturstelle	Tafel Nr.	Beschrei- bung Seite
Bahnmotor der A. E. G.	Müller & Mattersdorf, Bahnmotoren	1	7
Motor der Berliner Hoch- und Unter- grundbahn (S. & H.)	El. B. 04, H. 6, Tafel II	2	7
Motor der Rheinuferbahn Köln-Bonn (Siemens-Schuckert-W.)	ETZ. 06, 29. März	3	8
Motoraufhängung d. General Electr. Comp.	G. E. Bulletin, Nr. 4347, Febr. 04	3	8
Dreiphasenbahnmotor (S. & H.) Ma- rienfelde-Zossen	ETZ. 01, H. 34, 37, 38 u. 41. Tafel Nr. 20	4	9
Anlaßwiderstände und Anfahrkur- ven für einen Westinghouse-Bahn- motor Nr. 68		5	10
Fahrkurven eines Bahnmotors von Westinghouse		6	12
Anfahrkurven für einen Einphasen- Bahnmotor, System Westing- house		7	14
Fahrkurven für einen Einphasen- Bahnmotor, System Westing- house		8	16
Schaltungsschema für Kontroller und Bremse eines Straßenbahn- wagens (Felten & Guilleaume Lah- meyerwerke)		9	17
Schaltungsschema für Kontroller und Bremse eines Straßenbahn- wagens (Maschinenfabrik Örlikon)		9	19
Einphasen-System Westinghouse (Glen Cove, Long Island)	Str. R. Journ. 05, Dez. S. 1055	10	19
Kombinierte Einphasen- und Gleich- strombahn Schenectady-Balston (Gener. El. Comp.)	Str. R. Journ. 04. Aug. 27	11	20

Inhalt	Literaturstelle	Tafel Nr.	Beschreibung Seite
Einphasenbahn Bloomington, Pontiac & Joliet (G. El. Co.)	Str. R. Journ. 05, Mai. S. 813	12	22
Einphasenbahn Murnau-Oberammergau (Siemens-Schuckertwerke)	El. Bahn. 05. S. 385	13	23
Einphasenbahn, System Finzi	Str. R. Journ. 06. S. 230 El. Bahn. 06. S. 356	14	24
Einphasenbahn in der Borinage (A. E. G.)	El. Bahn. 05. S. 295, Tafel Nr. 24	15	25
Gleichstrom-Wechselstrombahn der A. E. G. (Versuchsstrecke Niederschöne-weide-Köpenick)	El. Bahn. 05. S. 196	16	26
Einphasenbahn Innsbruck-Fulpmes (Stubaitalbahn) A. E. G.	El. Bahn. 05. S. 694	16	27
Einphasen-Bahn-system der Union E. G. (Niederschöne-weide-Spindlersfeld)	Z. d. V. D. I. 04. S. 307	16	27
Einphasen - Wechselstromlokomotive für 15000 V. der Maschinenfabrik Örlikon		17	29
Umformerlokomotive d. Maschinenfabrik Örlikon	Herzog: El. Anlagen d. Schweiz S. 374	18	30
Einphasenbahnsystem Westinghouse (Projekt Washington-Baltimore)	Str. R. Journ. 04. S. 846	18	31
Umformerlokomotive System Ward-Leonard-Örlikon	Örlikon Mitteil. No. 26, Juli 06	19	31
Schema der neuen Valtellina-Lokomotiven (Ganz & Co.)	El. Bahn. 05. H. 5, Tafel IV. Hirschfeld: Handbuch Bd. II, Tafel 116	20	32
Schaltungsschema des Schnellbahnwagens Marienfelde-Zossen (S. & H.)	Tafel 4	20	34
Schaltungsschema der Simplon-anlage (Br. Bow. & Co.)	El. Bahn. 06. S. 391, 243, 239, 134, 159	21	35
Schaltungsschema der Zentrale der Baseler Straßenbahn	Herzog: El. Anlagen d. Schweiz, S. 334	22	36
Schaltungsschema einer Umformerstation der Straßenbahn Schaffhausen-Schleitheim (Örlikon)	Tafel Nr. 28	22	37
Gleichstromzentrale mit Pufferbatterie der Hoch- und Untergrundbahn Berlin (S. & H.)	ETZ. 02. S. 29	23	37

Inhalt	Literaturstelle	Tafel Nr.	Beschreibung Seite
Schaltungsschema der Unterstation Père Lachaise der Pariser Stadtbahn	Troske: Die Pariser Stadtbahn, S. 151.	23	38
Schaltungsschema für das Kleinbahnnetz in der Borinage	El. Bahn. 05. S. 293, Tafel Nr. 15	24	38
Kraftwerk der elektrischen Lokalbahn Tábor-Bechyně (Křižik)	El. Bahn. 05. S. 558, Tafel Nr. 28.	24	39
Stromverteilungssysteme für Einphasenbahnen (G. El. Co.)	Str. R. Journ. 04. S. 284	25	41
Regulierungs-Einrichtungen für Gleich- und Wechselstromanlagen	Z. f. El. 06. H. 41, 43. ETZ. 06. H. 10, S. 252	26	41
Schaltungsschema des Kraftwerkes der Rheinuferbahn Köln-Bonn	El. Bahn. 06. S. 509, Tafel Nr. 3	27	46
Schaltungsschema der Fahrdrabt- und Speiseleitungen der Bahn Schaffhausen-Schleitheim	Tafel Nr. 22	28	47
Leistungsplan der Lokalbahn Tábor-Bechyně	Tafel Nr. 24	28	47
Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Anfahrzeit für verschiedene Bahnen		28	47
Konstruktionsteile d. Oberleitungsanlage	Herzog: El. Anlagen d. Schweiz. S. 311, 322. El. B. 04. S. 329, 350. Ebda. 06. S. 413. Str. R. Journ. 05. S. 20. Ebda. 04. S. 40.	29	48
Stromzuführung mittels dritter Schiene	Str. R. Journ. 03. S. 348, 826. El. World. 05. S. 396. Herzog: El. Anl. d. Schweiz. S. 121	30	48
Ventile der Westinghouse Luftdruckbremse		31	49

Tafel 1.

Bahnmotor der A. E. G.

Das Gehäuse ist zylindrisch, vollkommen geschlossen, horizontal geteilt und mit Scharnieren versehen. Die Bürstenhalter sind mit Bolzen direkt an der Stirnseite des Gehäuses befestigt. Sie sind von oben durch eine breite, mit Deckel versehene Öffnung zugänglich, während unten zwei handgroße Reinigungsöffnungen angebracht sind. Die Feldspulen sind auf Preßspanhülsen gewickelt und nach der Gehäuseform gekrümmt. Die Polkerne sind lamelliert und werden durch Stehbolzen, die in ein eingesetztes Metallstück eingeschraubt sind, festgehalten. Zwischen dem Polschuh und den Feldspulen liegen starke Fiberscheiben zur Aufnahme des Druckes. Der Anker wird durch die Luftschlitze ventiliert. Die untere Hälfte der Lager ist an die Gehäusahälfte angegossen, der Motor hängt somit in seinen Achsenlagern an den Deckeln derselben. Der Gehäusedeckel besitzt ferner eine Nase, die federnd an dem Untergerüst befestigt ist. Zum Herausnehmen des Ankers kann die untere Hälfte des Motors herabgelassen werden.

Tafel 2.

Motor der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Der Motor ist von der Firma Siemens & Halske gebaut. Das Gehäuse ist von achteckiger Form und enthält vier lamellierte Pole. Diese werden durch je drei Schrauben am Gehäuse befestigt. Das Gewinde für die Schrauben ist direkt in das Blechpaket eingeschnitten. Am Gehäuse sitzen die beiden Lager für die Laufachse, welche das große Zahnrad der eingekapselten Zahnradvorgelege trägt. Auf der gegenüberliegenden Seite wird ein Flacheisen an das Gehäuse festgeschraubt, dessen beide Enden federnd am Untergerüst befestigt werden. Die Lager haben Dochtschmierung.

Ein Zug besteht aus zwei Triebwagen 3. Klasse mit 35 Sitzplätzen mit zusammen 6 Motoren und einem Beiwagen 2. Klasse

mit 40 Sitzplätzen. Jeder Wagen hat zwei Drehgestelle mit 1,8 m Radstand. Der Radstand mußte mit Rücksicht auf den kleinen minimalen Kurvenradius von 50 m so klein genommen werden. Das Gewicht des besetzten Zuges beträgt etwa 70 t. Die maximale Fahrgeschwindigkeit beträgt etwa 50 km/St., die maximale Beschleunigung etwa 2,5 km/St. Sek. Beim Anfahren leisten die Motoren je 80 bis 100 PS.

Tafel 3.

Motor der Rheinuferbahn Köln—Bonn.

130 PS. Stundenleistung bei 990 Volt Klemmenspannung; $n = 700$, $\nu = 1 : 3,1$; Laufraddurchmesser = 950 mm; Spurweite = 1435 mm.

Der Motor hat 4 Hauptpole mit lamellierten Kernen und 4 massive Wendepole, die zur Vermeidung von Wirbelströmen mit Schlitzen versehen sind.

Charakteristisch ist die gedrängte Bauart. Das Gehäuse ist achteckig, und die Feldspulen füllen den Raum nahezu vollständig aus. Die Teilung des Gehäuses findet in der Horizontalebene der Triebachse statt, was für die Befestigung der Wendepole günstig ist, indem die Triebachse etwas unterhalb der Motorachse angeordnet ist. Zwei Bürstensäetze à 3 Bürsten von $50 \times 16 \text{ mm}^2$ führen den Strom zum Kollektor. Sie sind von oben durch eine Öffnung mit verschließbarem Deckel zugänglich. Der Ankerkern hat 4 Luftschlitze, die eine genügende Luftkühlung erzeugen. Die Lager sind möglichst nach innen gerückt und kommen auf der einen Seite zum Teil unter die Spulenköpfe der Ankerwicklung, auf der Kollektorseite unter den Kollektor. Unter jedem Lager ist ein Ölbehälter zur Aufnahme des verbrauchten Öles, das durch Schleuderringe vom Anker und Kollektor weggehalten wird.

Auf jeder Seite des Motors befindet sich eine kräftige Nase zur Aufhängung an das Untergestell.

Zwei Motoren können einen Zug von etwa 54 t (1 Triebwagen und 1 Anhängewagen) mit einer Fahrgeschwindigkeit von 70 km/St. fortbewegen.

Motoraufhängung der General Electric Company.

Der Motor wird hier durch ein gekröpftes Flacheisen federnd an dem Untergestell aufgehängt. Das Flacheisen ist am Ende und an der Seite des Motors festgeschraubt. Durch Lösen dieser vier Schrauben kann der Motor nach unten geklappt werden.

Tafel 4.

Dreiphasen-Bahnmotor von Siemens & Halske.

(Zossen—Marienfelde.)

Der Motor ist direkt auf die Laufachse gesetzt. Er ist sechspolig und hat eine normale Umdrehungszahl von 900 pro Minute. Somit ist $c = 45$. Der Läufer ist mittels einer Büchse fest auf die Achse aufgedreht, während der Ständer durch die Lagerschilder auf den Lagerstellen der Achse ungefedert aufsitzt. Die Lamellierung des Ständers ist ungeteilt, da eine Teilfuge bei einem sechspoligen Motor zu viele Verbindungen zwischen den beiden Hälften des Motors notwendig machen würde. Sowohl Ständer als Läufer sind ohne Luftschlitze. Das Gehäuse ist aus Stahlguß und ebenso wie die Lagerschilder zweiteilig, so daß bei abgenommenem Gehäuse ev. Reparaturen am Ständer, sowie Lagerauswechslungen leicht vorgenommen werden können. Die Lagerschilder bestehen aus einer starken stählernen äußeren Tragschale, in welche Bronzeschalen mit Weißmetallaufflächen eingelegt sind. Die Lager haben Dochtschmierung. Das benutzte Öl wird durch Spritzringe abgeschleudert und in zwei Ölsäcken in dem unteren Lagerschild gesammelt. An den beiden unteren Lagerschildern sind Knaggen angegossen, an welche die Flacheisen angeschraubt werden, die das Drehmoment des Motors mittels Federn auf das Drehgestell übertragen. Der Läufer ist der primäre Teil des Motors und hat einen äußeren Durchmesser von 780 mm. Er enthält 90 Nuten mit Gleichstrom-Stabwicklung und hat drei Bronzeschleifringe, die gegeneinander durch hoch überstehende Glimmerscheiben isoliert sind. Jeder Schleifring hat acht im Innern des Gehäuses ringsum verteilte und durch abnehmbare Klappen zugängliche Kohlenbürsten.

Die Ständerwicklung, welche als Sekundärwicklung dient, ist eine Drehstrom-Stabwicklung und als kombinierte Mantel- und Bügelwicklung ausgeführt. Sie ist in halbgeschlossenen Nuten mittels Glimmerröhren eingelegt. Während die Läuferbleche je aus einem Stücke ausgestanzt sind, sind die Bleche des Ständers aus einzelnen Stücken zusammengesetzt.

Die Arbeitskurven des Motors bei 1150 und 1850 Volt Spannung sind aufgezeichnet (siehe auch Tafel 20).

Tafel 5.

Anlaßwiderstände und Anfahrkurven für einen Westinghouse-Bahnmotor Nr. 68.

Der Anlaufstrom ist pro Motor zu 89—110, also im Mittel zu 99,5 Amp. angenommen. Aus der gegebenen Geschwindigkeitskurve des Motors und mit einem Motorwiderstand von 0,625 Ohm konstruiert man dann, wie in der Figur gezeigt, die Abstufung des Anlaßwiderstandes und die Kurve für den Motorstrom in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit ($J=f(v)$) für Serie- und Parallelschaltung. Weil aus den Motorkurven die Zugkraft in Abhängigkeit von dem Strom bekannt ist, kann man nun auch die Kurve $Z=f(v)$, welche die Zugkraft eines Motors als Funktion der Fahrgeschwindigkeit angibt, aufzeichnen.

Die Kurve Z_r stellt den Zugreibungswiderstand pro Motor in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit v dar. Derselbe ist aus der folgenden Formel berechnet:

$$m Z_r = G \left[2,5 + 0,041 v + \frac{0,0535}{G} v^2 (1 + 0,1 (n - 1)) \right].$$

Hier ist n = Wagenzahl im Zug = 2 gesetzt
 m = Motorzahl im Zug = 2 „
 G = Zuggewicht = 30 t „ .

Das Zuggewicht pro Motor ist somit 15 t. Die Zugkraft Z_b , welche für die Zugbeschleunigung übrig bleibt, findet sich aus den Abschnitten zwischen den Kurven $Z=f(v)$ und $Z_r=f(v)$.

Wir konstruieren nun die Geschwindigkeitskurve $v=f(t)$. Für die gewählten Maßstäbe ergibt sich der Polabstand

$$a = \frac{28,3 G' m_v}{m_Z m_t} \text{ cm.}$$

Mit Rücksicht auf die rotierenden Massen des Zuges setzen wir

$$G' = 1,15 G = 1,15 \cdot 15 \text{ t}$$

also

$$a = \frac{38,3 \cdot 1,15 \cdot 15 \cdot 2}{100 \cdot 6} = 1,63 \text{ cm.}$$

Für die Konstruktion der Wegkurve $s=f(t)$, wo s in m und t in Minuten gemessen wird, findet man den Polabstand

$$b = \frac{m_s'}{m_v' \cdot m_t'} = \frac{60}{\frac{2000}{60} \cdot 0,1} = 18 \text{ cm.}$$

Aus den Kurven $Z=f(v)$, $v=f(t)$ und $s=f(t)$ kann jetzt leicht die Kurve $Z=f(s)$, welche die Motorzugkraft in Abhängigkeit von dem Fahrweg gibt, gezeichnet werden.

Die aufgewendete Spannung pro Motor ist bei Hintereinanderschaltung 250, bei Parallelschaltung 500 Volt und wird also dargestellt als Funktion der Zeit durch die beiden horizontalen Linien $P=250$ und $P=500$.

Für die Zeitintervalle, wenn mit Vorschaltwiderstand reguliert wird, ist die Klemmenspannung P_k eines Motors kleiner als die aufgewendete Spannung P . Der Linienzug für die mittlere Klemmenspannung eines Motors als Funktion der Zeit wird daher erhalten, wenn wir durch zwei schräge Linien $P_k P_k$ die vorderen Ecken der Linien $P=250$, bzw. $P=500$ abschneiden.

Weil wir nun einerseits den Strom als Funktion der Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit als Funktion der Zeit kennen, so kennen wir auch den Strom als Funktion der Zeit. Bilden wir nun für jeden Zeitpunkt die Produkte PJ und $P_k J$ und tragen diese als Funktion der Zeit ab, so erhalten wir die mit PJ und $P_k J$ bezeichneten Kurven. Wenn ohne Vorschaltwiderstand gefahren wird, fallen die beiden Kurven zusammen. Mit Vorschaltwiderstand stellen die Kurven Mittelwerte dar.

Bezeichnet jetzt t irgend einen Zeitpunkt während des Anfahrens und s den bis zu diesem Zeitpunkte zurückgelegten Fahrweg in Metern, so haben wir die nützlich geleistete Arbeit in Wattsekunden gleich

$$9,81 \int_0^s Z ds.$$

Die dem Motor zugeführte Energie ist gleich

$$\int_0^t P_k J dt.$$

Der mittlere Wirkungsgrad des Motors ist daher für die verbrauchte Zeit gleich

$$\eta_1 = \frac{9,81 \int_0^s Z ds}{\int_0^t P_k J dt}.$$

Diese Größe als Funktion der Anfahrzeit ist in der Tafel mit η_1 bezeichnet. Die Kurve steigt, wie man sieht, langsam an. Bildet man ebenso

$$\eta_2 = \frac{9,81 \int_0^s Z ds}{\int_0^t P J dt},$$

so bekommt man den entsprechenden mittleren Wirkungsgrad mit Einschluß der Verluste in den Regulierwiderständen. Die Entfernung der beiden Kurven zeigt die prozentualen Verluste in den Regulierwiderständen. Dieselben werden um so kleiner, je größer die Zeit ist, die man in Betracht zieht.

Tafel 6.

Fahrkurven eines Bahnmotors von Westinghouse.

Für die in Tafel 5 angenommenen Verhältnisse und für den gleichen Motor sind hier die Fahrkurven für eine volle Fahrt zwischen zwei Stationen aufgezeichnet.

Zuerst sind die Kurven für die mittlere Stromstärke, die mittlere Zugkraft eines Motors und den Zugwiderstand Z_r als Funktion der Geschwindigkeit eingezeichnet.

Für die Aufzeichnung der Geschwindigkeits- und Wegkurve finden sich die Polabstände

$$\begin{aligned} a &= 0,49 \text{ cm} \\ b &= 12 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Über die Ordinate von 7300 m, welche die Stationsentfernung angibt, sind die Steigungswiderstände der verschiedenen Wegstücke in pro Mille mal Zuggewicht aufgetragen. Durch Addition der Steigungswiderstände $G\sigma$ ‰ zu den Reibungswiderständen Z_r und Subtraktion von der Motorzugkraft Z erhält man die für die Beschleunigung übrig bleibende freie Zugkraft Z_b , welche für die Aufzeichnung der Geschwindigkeitskurve verwendet ist. Hierbei müssen Geschwindigkeits- und Wegkurve gleichzeitig gezeichnet werden.

Für die ganze Fahrzeit einschließlich 1 Minute Aufenthalt in der Station ergibt sich eine mittlere Spannung an den Klemmen eines Motors $P_m = 210$ Volt.

Die Kurve für den Stromverbrauch J eines Motors in Abhängigkeit von der Zeit ist aufgetragen und ebenso die Werte von J^2 in einem 100mal kleineren Maßstabe. Hieraus ist der Effektivwert, J_{eff} , des Stromes bestimmt, einmal = 53 Amp. für die Zeit des Einschaltens und das andere Mal = 35 Amp. für die ganze Fahrzeit.

Die Zeitkurve dieses Motors für 20^0 Temperaturzunahme von 55^0 an geht für $J=35$ Amp. ins Unendliche. Diese Belastung entspricht der „Normallast“. Die mittlere Erwärmung des Motors bei dem hier angenommenen Betrieb wird deshalb nicht über 55^0 sein. Trägt man in der Zeitkurve des Motors $J_{eff}=53$ Amp. ein, so ist die entsprechende Zeit größer als 5,2 Minuten, welches diejenige Zeit ist, während welcher $J_{eff}=53$ Amp. ist. Der Motor wird daher nach dem Anfahren eine kleinere Übertemperatur als 75^0 C. haben.

Weil der mittlere Strom für die Fahrt $J_m=22$ Amp. beträgt, so ist der „Formfaktor“ des Stromes

$$f = \frac{J_{eff}}{J_m} = 1,59.$$

Durch Multiplikation der Kurve „Strom über Zeit“ mit der Kurve „Spannung über Zeit“ und Planimetrierung erhält man die zugeführten Wattstunden zu 2700. Demnach ist die Zahl der Wattstunden pro Tonnenkilometer

$$ws = \frac{2700}{15 \cdot 7,3} = 24,6 \text{ Wattstunden.}$$

Die Fahrzeit einschließlich Aufenthalt ist 15 Minuten 24 Sekunden, also gleich 0,2507 Stunden. Die mittlere Reisegeschwindigkeit ist daher

$$v_m = \frac{7,3}{0,2507} = 28,1 \text{ km/St.}$$

Dieser Geschwindigkeit entspricht eine Zugkraft des Motors

$$Z_m = 300 \text{ kg,}$$

ein Zugwiderstand

$$Z_r = 65 \text{ kg oder } 4,33 \text{ kg/t}$$

und eine freie Zugkraft

$$Z = 235 \text{ kg oder } 15,6 \text{ kg/t.}$$

Aus den Kurven ist die sogenannte „virtuelle Bahnlänge“ L' berechnet. Die virtuelle Bahnlänge ist diejenige horizontale Bahnlänge, welche bei der mittleren Fahrgeschwindigkeit die gleiche Traktionsarbeit pro beförderte Tonne verlangt wie die gegebene

Strecke. Bedeutet ζ den Traktionswiderstand pro Tonne bei der mittleren Geschwindigkeit (in unserem Fall 4,33 kg), so hat man

$$\zeta L' = \zeta(L - \Sigma L_b) + \Sigma(\sigma L_\sigma).$$

Hier bedeutet L die Länge der gegebenen Strecke, ΣL_b die Summe aller Bremswege, und $\Sigma(\sigma L_\sigma)$ ist zu nehmen über alle Steigungen, indem σ die Steigung in $\frac{0}{100}$, L_σ die Länge der Steigung bedeutet. Für Gefälle ist σ negativ zu nehmen. Wir können auch schreiben

$$L' = L - \Sigma L_b + \frac{1}{\zeta} \Sigma(\sigma L_\sigma).$$

Aus den Kurven ergibt sich

$$\Sigma L_b = 0,17 \text{ km}$$

Steigung:

$$\sigma_1 L_{\sigma_1} = 12,97$$

$$\sigma_2 L_{\sigma_2} = 6,47$$

$$\sigma_3 L_{\sigma_3} = 7,35$$

$$\text{Summe} = 26,790.$$

Gefälle:

$$- \sigma_4 L_{\sigma_4} = 5,85$$

$$- \sigma_5 L_{\sigma_5} = 5,28$$

$$\text{Summe} = 11,130.$$

Also ist

$$\frac{1}{\zeta} \Sigma(\sigma L_\sigma) = \frac{26,97 - 11,13}{4,33} = 3,62 \text{ km}$$

und

$$L' = 7,3 - 0,17 + 3,62 = 10,75 \text{ km} = 1,47 L.$$

Der Energieverbrauch pro Tonnenkilometer virtueller Bahnlänge wird daher in Wattstunden gemessen:

$$ws' = \frac{24,6}{1,47} = 16,7 \text{ Wattstunden.}$$

Tafel 7.

Anfahrkurven für einen Einphasen-Bahnmotor, System Westinghouse.

Der Motor ist ein reiner Hauptstrommotor mit Kompensationswicklung auf dem Stator. Die Arbeitskurven des Motors bei 200 Volt Klemmenspannung und 25 Perioden sind in der Tafel angegeben.

Weil die Zahnradübersetzung $\nu = 5,5$ und der Laufraddurchmesser $2R = 0,761$ m ist, berechnet sich die Fahrgeschwindigkeit

$$v = \frac{2\pi R 60}{1000 \nu} n = 0,0261 n.$$

Der Anlaufstrom ist zu 400 Amp. gewählt. Während des Anlaufes bekommt der Motor eine kleinere Spannung, welche bei zunehmender Umdrehungszahl derartig allmählich auf 200 Volt gesteigert wird, daß der Motorstrom konstant bleibt. Der Einfachheit wegen ist die Regulierung kontinuierlich gedacht, was beispielsweise mittels eines Induktionsregulators erreicht werden könnte. Solange der Strom im Motor konstant gleich 400 Amp. bleibt, ist die Zugkraft Z auch annähernd konstant gleich 970 kg. Wir bekommen demnach die Kurven für Z und J in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit v , ähnlich wie bei einem Gleichstrommotor. Der Zugwiderstand Z_r , welcher auf einen Motor kommt, in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit wird ebenso wie in Tafel 6 bestimmt und aufgetragen. Dabei ist die Wagenzahl pro Zug und die Motorzahl pro Zug gleich 2 gesetzt. Ferner ist das Zuggewicht pro Motor zu 20 t angenommen. 30 m nach dem Anfahren tritt eine Steigung von 19 ‰ ein, welche 630 m lang ist. Nachher ist die Steigung 8 ‰.

Für die Konstruktion der Geschwindigkeitskurve $v = f(t)$ und der Wegkurve $s = f(t)$ findet man für die gewählten Maßstäbe die Poldistanzen $a = 1,625$ cm und $b = 32,0$ cm. Hierbei ist, um den Einfluß der rotierenden Massen zu berücksichtigen, zum Zuggewicht ein Zuschlag von 15 ‰ gemacht, ebenso wie in Tafel 5 und 6.

Um für die Regulierungsperiode des Motors die Kurve der Klemmenspannung als Funktion der Zeit zu bestimmen, wurde die totale Reaktanzspannung des Motors bei Stillstand und 400 Amp. gleich 106 und seine Widerstandsspannung zu 20 Volt genommen. Bei Rotation kommt eine mit der Gewindigkeit proportionale, mit dem Strom annähernd phasengleiche Spannungskomponente hinzu. Die Proportionalitätskonstante zwischen dieser Spannungskomponente und der Geschwindigkeit ergibt sich daraus, daß bei 200 Volt Gesamtspannung die Geschwindigkeit infolge der Motorkurven 22,1 km geworden ist. Hieraus erhält man, am einfachsten aus einer graphischen Konstruktion, zunächst die Molorklemmenspannung als Funktion der Geschwindigkeit und sodann mit Hilfe der aufgezeichneten Geschwindigkeitskurve die Abhängigkeit $P = f(t)$ zwischen der Motorklemmenspannung und der Zeit. In der Tafel ist nur diese letztere Kurve eingetragen. Nach der Regulierungsperiode geht die Kurve in eine Gerade $P = 200$ Volt über.

Mit Hilfe der so erhaltenen Kurven ist endlich in der Kurve $z=f(s)$ die Motorzugkraft in Abhängigkeit von dem zurückgelegten Weg und in der Kurve KW die von dem Motor aufgenommenen Kilowatt in Abhängigkeit von der Fahrzeit aufgetragen. Hieraus ergibt sich die Kurve η für den Wirkungsgrad des Anlaufes in Abhängigkeit von der Fahrzeit

$$\eta = \frac{9,81 \int_0^s Z ds}{1000 \int_0^t KW dt},$$

wobei s in Metern, t in Sekunden eingesetzt wird.

Tafel 8.

Fahrkurven für einen Einphasen-Bahnmotor, System Westinghouse.

Der Motor und das Zuggewicht sind hier gleich wie in Tafel 7. Hier ist die Fahrt zwischen zwei Stationen von der Entfernung $L=3,70$ km dargestellt. Diese Entfernung wird in 6 Minuten 44 Sekunden zurückgelegt, entsprechend einer mittleren Fahrgeschwindigkeit

$$v_m = \frac{3,70 \cdot 60}{6,743} = 33 \text{ km/St.}$$

Für diese mittlere Geschwindigkeit ist der Bahnwiderstand 110 kg, entsprechend 5,5 kg pro Tonne. Die Motorzugkraft bei dieser Geschwindigkeit ist 475 kg. Somit bleibt bei der mittleren Geschwindigkeit eine freie Zugkraft von 365 kg, entsprechend 18,25 kg pro Tonne.

Der Bremsweg ist

$$\Sigma L_b = 0,63 \text{ km}$$

die Steigungen

$$\Sigma(\sigma L_\sigma) = 34,72$$

die Gefälle

$$- \Sigma(\sigma L_\sigma) = -4,50$$

$$\frac{1}{\zeta} \Sigma(\sigma L_\sigma) = \frac{34,72 - 4,50}{5,5} = 5,5 \text{ km.}$$

Die virtuelle Länge ist somit

$$L' = 3,7 - 0,63 + 5,5 = 8,57 \text{ km} = 2,31 L.$$

Aus den Motorkurven und der Geschwindigkeitskurve ist die Kurve für die dem Motor zugeführten Kilowatt über die Zeit, ferner die zugeführten Kilovoltampère über die Zeit und endlich die Stromstärke über die Zeit aufgetragen. Bei den gewählten Maßstäben fallen die beiden letzteren Kurven zusammen mit Ausnahme von den Zeitintervallen, während welchen die Klemmenspannung des Motors herunterreguliert wird. Für diese Fälle ist die Stromkurve punktiert gezeichnet. Der Energieverbrauch in Wattstunden wird gefunden durch Planimetrieren der Kurve *KW* und beträgt 3750 Wattstunden. Der Verbrauch pro Tonnenkilometer ist folglich:

$$ws = \frac{3750}{20 \cdot 3,7} = 50,7 \text{ Wattst./Tonnenkm.}$$

oder der Verbrauch pro virtuellen Tonnenkilometer

$$ws' = \frac{50,7}{2,31} = 21,9 \text{ Wattst./Tonnenkm.}$$

Der Belastungsfaktor f_B für die Zeit des Einschaltens des Motors ist gleich dem Verhältnis zwischen dem mittleren Verbrauch des Motors und dem maximalen Verbrauch desselben. Aus der *KW*-Kurve findet man:

$$\text{den mittleren Wattverbrauch} = \frac{3,750 \cdot 60}{4,8} = 46,700 \text{ KW}$$

$$\text{den maximalen „} \quad = 200 \cdot 400 \cdot 0,91 = 72,800 \text{ KW.}$$

Hieraus hat man $f_B = 0,64$.

Der mittlere Leistungsfaktor $\cos \varphi_m$ des Motors ist gegeben durch die eingeleiteten Kilowattstunden, dividiert durch die eingeleiteten Kilovoltampèrestunden, und findet sich durch Planimetrieren der Kurve *KVA* zu

$$\cos \varphi_m = \frac{3,750}{4,04} = 0,93.$$

Tafel 9.

Schaltungsschema für Kontroller und Bremse eines Straßenbahnwagens.

(Felten & Guillaume-Lahmeyerwerke.)

Das Schema gilt für einen Wagen mit zwei Motoren und zwei Kontrollern bei Kurzschlußbremsung im Motorwagen und elektromagnetischer Bremsung im Anhängewagen.

Jeder Motor besitzt vier Leitungen (zwei für das Feld und zwei für den Anker), die durchgehend sind und die Motoren mit

den Bürsten der beiden Umschaltwalzen verbinden. Ferner besitzt jede Umschaltwalze sechs Bürsten, die mit den Bürsten der Hauptwalze verbunden sind. Die eine dieser Bürsten bildet die Erdverbindung (15), Zwischen den Bürsten der Hauptwalze befindet sich der Anlaßwiderstand, der in fünf Stufen eingeteilt ist, ferner die Funkenlöschspule.

Der vom Fahrdraht kommende Strom geht beim Fahren durch einen Maximal- und einen Hauptausschalter mit Sicherung, ferner durch die Induktionsspule, durch die Hauptwalze und die Funkenlöschspule, ev., durch die Widerstände und dann zur Umschaltwalze, welche die Fahrtrichtung bestimmt. Von hier aus geht der Strom durch Motoren und ihre Erregerspulen und wird durch die Erde zurückgeleitet.

Bei der Anfahrstellung 1 sind die beiden Motoren in Serie und alle Widerstände vorgeschaltet, in der Laufstellung 5 sind die Widerstände alle ausgeschaltet. In der Übergangstellung 6 werden die vier Widerstände wieder vorgeschaltet. In den gleichen Übergangstellungen 7, 8 und 9 ist der eine Motor abgeschaltet, um in der nächsten Stellung 10 parallel gelegt zu werden. In der Laufstellung 13 sind endlich alle Widerstände ausgeschaltet. Der einzige Unterschied bei Benutzung des einen oder des anderen Kontrollers ist die Umkehrung der Felder der Motoren (Punkte $M_1 M_2$ und $M_3 M_4$) und somit der Fahrtrichtung.

Das gleichzeitige Bremsen der Motor- und Anhängewagen geschieht, indem die Kurbel der Hauptwalze von „Null“ langsam bis IV gedreht wird. Die Stromzuführung bleibt jetzt unterbrochen, die Motoren werden als Generatoren von den Laufrädern angetrieben und die Energie in den Widerständen und in der elektromagnetischen Bremse vernichtet. Bei dieser Schaltung liegen die Motoren parallel und haben eine Ausgleichleitung. Der Bremswiderstand wird bei abnehmender Geschwindigkeit verkleinert, bis die Motoren in der Bremsstellung VI kurzgeschlossen sind. Der Bremsstrom fließt durch die Anschlußdose in das Solenoid der elektromagnetischen Bremse im Anhängewagen. Hierdurch wird ein Eisenkern kräftig in die Spulen hineingezogen und durch Übertragung auf das Gestänge eine allmählich zur Wirkung kommende Bremsung im Anhängewagen erzielt. Die Schaltstufen sind so gewählt, daß die Bremsung stoß- und geräuschfrei erfolgt. Falls ohne Anhängewagen gefahren wird, muß auf einer Seite die Verbindung BB_1 (oder 14—15) hergestellt werden.

Wie schon angedeutet, besitzt jeder Controller eine Haupt- und eine Umschaltwalze. Die letztere dient zur Einstellung der Fahrtrichtung, die erstere dient zum Fahren, Regulieren und Bremsen.

Beide Walzen sind durch ein Differentialgetriebe so miteinander verbunden, daß beim Drehen der Hauptwalze von Null auf die erste Bremsstellung die Umschaltwalze mitgenommen wird und die Stellung „Bremsen vorwärts“ einnimmt. Beim Zurückdrehen der Hauptwalze geht auch die Umschaltwalze in die frühere Stellung zurück. Ferner sind beide Walzen noch so verriegelt, daß man die Umschaltwalze nur drehen kann, wenn die Hauptwalze sich in der Nullstellung befindet. Die Hauptwalze läßt sich dagegen nur dann drehen, wenn die Umschaltwalze auf „Vorwärts“ oder „Rückwärts“ steht.

An den beweglichen Schaltzylindern sind die Kontaktruppen befestigt, die den Strom durch Bürsten bekommen. Falls der eine Motor defekt ist, werden seine vier Bürsten von den Kontaktruppen abgehoben, der zweite Motor bekommt dann erst bei der Parallelschaltung Strom.

Schaltungsschema für Kontroller und Bremse eines Straßenbahnwagens.

(Maschinenfabrik Oerlikon.)

Dieses Schema hat mit dem vorhergehenden große Ähnlichkeit, jedoch liegt hier die Umschaltwalze zwischen der Hauptwalze und dem Motor. Vor jedem Motor liegt ein Schalter zum Abschalten des betreffenden Motors. Die Widerstände sind vor der Funkenlöschspule angeordnet. Die Hauptwalze kann beim Fahren von Serie allmählich auf Parallel gedreht werden (Endstellung 8). Will man dann bremsen, so muß die Hauptwalze zurück auf Null gedreht werden, die Umschaltwalze kommt auf die Bremsstellung, und die Bremsstellungen 1—6 der Hauptwalze können durchlaufen werden. Die Umschaltwalze hat für Bremsen zwei Stellungen: „Bremsen vorwärts“ und „Bremsen rückwärts“ mit umgekehrter Stromrichtung der Felder. Der Wagen eignet sich somit auch gut für Rangieren.

Tafel 10.

Einphasen-System Westinghouse.

(Glen Cove, Long Island.)

Bei dieser Anlage wird der Strom bei 10 000 Volt und 25 Perioden zu Unterstationen von je 2×200 KW Transformatoren übertragen, wo die Spannung auf 2200 Volt heruntertransformiert und der Strom dem Fahrdrabt zugeführt wird. Im Wagen befinden sich zwei Autotransformatoren (zwei sind gewählt, um das Gewicht

gut zu verteilen), von denen Betriebsspannungen von 110 bis 310 Volt abgenommen werden können. Durch diese Spannungsänderung erfolgt so die Geschwindigkeitsregulierung mit Hilfe der Hauptwalze des Kontrollers, indem die einzelnen Spulen des Transformators vorübergehend kurzgeschlossen werden. Es wird somit beim Regulieren der Stromkreis nie unterbrochen. Zur Schwächung des Kurzschlußstromes ist ein Ohmscher Widerstand mit einem induktiven Widerstande parallel in den Kurzschlußkreis geschaltet. Der induktive Widerstand, der in bezug auf den abgenommenen Strom bifilar ist, bleibt auch bei Lauf (Stellung 5) eingeschaltet.

Wie aus dem vereinfachten Schema am deutlichsten ersichtlich ist, geht die Motorleitung von der Mitte der zwei parallelen Widerstände aus, der Betriebsstrom durchfließt somit abwechselnd die eine und die andere Hälfte der Widerstände beim Regulieren.

Die Motoren sind Hauptstrommotoren mit Kompensationswicklung auf dem Polsystem (System Lamme) und umkehrbarem Magnetfeld von der in Tafel 7 behandelten Art.

Tafel 11.

Kombinierte Einphasen- und Gleichstrombahn Schenectady—Balston.

(General Electric Company.)

Diese Bahn führt auf einer Strecke von 6,3 km durch die Stadt Schenectady und wird hier mit Gleichstrom von 600 Volt betrieben. Auf den übrigen 18,6 km wird Einphasenstrom von 2200 Volt und 25 Perioden für die Fahrleitung verwendet. Dieser Strom wird im Wagen durch einen 80 KW Transformator auf 400 Volt heruntertransformiert.

Die Motoren sind Hauptschlußmotoren mit verteiltem Feld und mit Kompensationswicklung auf dem Feld in Hintereinanderschaltung mit dem Anker. Wie man aus „Motorschaltungen“ sieht, erfolgt die Regulierung sowohl bei Gleich- wie bei Wechselstrom mittels Vorschaltwiderstand. Jeder Motor hat zwei Feldwicklungen. Beim Anfahren mit Gleichstrom werden zunächst alle vier Anker und alle acht Feldwicklungen hintereinandergeschaltet. Bei größerer Geschwindigkeit werden zwei parallele Kreise gebildet von je zwei Ankern und vier Feldwicklungen hintereinander. Beim Anfahren mit Wechselstrom sind auch alle vier Anker hintereinandergeschaltet, dagegen sind die beiden Feldwicklungen jeweils zu zwei parallel, so daß das Feld der Motoren bei Wechselstrom nur halb so stark

ist wie bei Gleichstrom. Bei größerer Geschwindigkeit wird bei Wechselstrom auch wieder Parallelschaltung hergestellt, wobei das Verhältnis zwischen Ankerstrom und Feldstrom ungeändert bleibt.

Unter „Wagenschaltungen“ sind die in zwei Gruppen zusammengekommen vier Motoren, ein Kontroller (links), eine Umschaltwalze (Mitte) und der „Kommutatorschalter“ für Umschalten von Gleich- auf Wechselstrom abgebildet.

Der Kontroller hat fünf Stufen für Hintereinander- und fünf Stufen für Parallelschaltung. Der Strom aus der Oberleitung kommt an die Bürste T_2 des Kontrollers, geht auf der ersten Schaltstufe nach R_1 und von dort durch alle Vorschaltwiderstände nach $R_5 = 19$, um von dort durch den unteren Teil der Umschaltwalze zu den Ankern der Motorgruppe 1 zu gelangen. Nachdem er die beiden Anker in der einen oder der anderen Reihenfolge durchlaufen hat, geht er bei F_1 einerseits in die Feldwicklung FF_1 hinein und andererseits zu der Bürste des Kommutatorschalters. Je nachdem dieser letztere nun auf Gleich- oder Wechselstrom umgelegt ist, liegen die Wicklungen $E_1 EE_1$ hintereinander oder parallel mit $F_1 FF_1$. Jedenfalls aber kommt der Strom bei E_1 heraus und führt zu Klemme E_1 am Kontroller. Von hier geht er weiter über 15 nach den beiden Bürsten 15 der Umschaltwalze. Hier finden dieselben Schaltungen in bezug auf die zweite Motorgruppe statt wie früher in bezug auf die erste, und der Strom gelangt über E_2 in die Erde.

Dreht man den Kontroller über die weiteren Schaltstufen, so werden die vier Vorschaltwiderstände nach und nach kurzgeschlossen, bis in Stellung 5 alle ausgeschaltet sind. Indem jetzt auf Parallelschaltung übergegangen wird, werden die drei letzten Widerstände als Übergangsstufe wieder eingeschaltet, und die hintere Klemme des ersten Motors E_1 wird bei G an Erde gelegt. Auf der Schaltstufe 6 ist dann nur der vierte Vorschaltwiderstand eingeschaltet, der obere Teil der Umschaltwalze, der dem zweiten Motor gehört, ist durch 19 und 15 direkt hinter die Widerstände anstatt hinter den ersten Motor gelegt, so daß jetzt Parallelschaltung der Motoren vorhanden ist. Auf Stellung 7 wird R_1 mit R_5 verbunden, also die drei ersten Widerstandsstufen zu der letzten parallel geschaltet. In 8 wird außerdem E_2 mit R_4 verbunden, so daß jetzt nur die erste Stufe mit der letzten parallel ist. In 9 ist weiter R_3 mit R_5 verbunden, folglich alle vier Widerstandsstufen parallel geschaltet. In der Stellung 10 ist endlich der ganze Widerstand ausgeschaltet.

$T_1 T_2$ sind Funkenlöschspulen. Diese werden bei Wechselstrom nicht verwendet. Der Wagen besitzt ferner noch elektrische Beleuchtung und Heizung. Diese Apparate werden bei Wechselstrom von einem besonderen Autotransformator „Kompensator“ gespeist.

Der Wechselstrom wird von dem Haupttransformator direkt der einen Klemme dieses Kompensators zugeführt, und die Mitte seiner Wicklung liegt an Erde. Die Lampen und Wärmekörper sind an einem Pol direkt, am anderen über TA und T_0 mit dem Transformator verbunden.

Der Antriebsmotor für den Luftkompressor („Pumpen-Motor“) ist ein Hauptstrom-Kommutatormotor mit zwei Feldwicklungen, welche bei Gleichstrom hintereinander, bei Wechselstrom parallel geschaltet werden.

Tafel 12.

Einphasenbahn Bloomington Pontiac und Yoliet.

(General Electric Company.)

Der hochgespannte Strom geht von der Oberleitung durch Sicherung und Relaischalter zu einem Autotransformator von 110KW. Der Relaischalter ist als Ölschalter ausgeführt. Er wird von Hand geschlossen und in der geschlossenen Stellung durch eine Stromspule gehalten, welche Strom aus dem Punkte D_1 des Transformators bekommt. Durch Unterbrechen dieses Stromes von dem Führerstand oder von dem Innern des Wagens aus kann der Hochspannungsschalter geöffnet werden.

Der Kontroller hat für jeden Kontaktfinger eine Funkenlöschspule. Alle Funkenlöschspulen sind hintereinandergeschaltet, außerdem befindet sich ein Ohmscher Widerstand im Stromkreis. Beim Andrehen des Kontrollers geht der Strom von D_1 über S durch den Funkenlöscher zu den Motoren. In Stellung 1 ist der Funkenlöscher ausgeschaltet. Dreht man weiter, so wird der nächste Punkt D_2 mit S verbunden und so durch den Funkenlöscher und den Ohmschen Widerstand mit M_1 und D_1 . Es tritt also kein direkter Kurzschluß von Spulen auf dem Transformator auf. Bei weiterer Drehung werden D_1 und M_1 getrennt, und der Motorstrom kommt nur von D_2 über den Funkenlöscher nach M_1 . In Stellung 2 ist die direkte Verbindung von D_2 bis M_1 hergestellt, und der Funkenlöscher ist abgeschaltet. In gleicher Weise vollzieht sich die Schaltung zwischen den übrigen Stufen des Kontrollers.

Die Motoren haben normal je 200 Volt Spannung und bleiben alle vier hintereinandergeschaltet. Vom Punkte M_1 aus sind erst alle Anker über zwei Umschalter hintereinandergeschaltet. Jeder Umschalter hat zwei Stellungen, so daß hierdurch irgend einer der Motoranker ausgeschaltet werden kann. Über CC geht die Leitung

weiter nach dem Fahrtwender und von dort über F zu den einzelnen Feldwicklungen. Diese sind zwecks Ausschalten ebenso wie die Anker mit Umschalter versehen.

Tafel 13.

Einphasenbahn Murnau—Oberammergau.

(Siemens-Schuckert-Werke.)

Das vollständige Schema eines Wagens befindet sich unterst auf der Tafel.

Die Hochspannungsleitung führt von den beiden Schleifbügeln über die üblichen Blitzschutzapparate zu einem Hochspannungsausschalter, der eine von einer kleinen Beleuchtungsbatterie gespeiste Auslösespule besitzt, und geht dann zur Primärwicklung des Wagentransformators. Der Hochspannungsausschalter kann sowohl von den Führerständen aus als auch (bei zu starkem Strom) durch ein im Hochspannungskreis sitzendes Relais betätigt werden. Der sekundäre Teil des Transformators hat acht Schaltabteilungen von je ungefähr 17,5 Volt. Die Spannung an den Motoren wird durch eine Schaltwalze geregelt. Bei 0 kommt der Strom aus dem Kontroller heraus und geht über die beiden Fahrtrichtungswechsler, welche die Stellungen V und R , bzw. für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt enthalten, zuerst zu den Feldwicklungen und dann zu den Ankern der Hauptschlusmotoren. Bei AA_1 und AA_2 geht der Strom schließlich über zwei Ausschalter zur Erde. Die Fahrtwender haben noch eine dritte Stellung, welche mit „150 Volt vorwärts“ bezeichnet ist. In dieser Stellung ist, wie man sieht, die Leitung über 0 von dem Kontroller zu den Motoren abgeschaltet; dagegen kann man dem Motor jetzt Strom zuführen über einen Handausschalter von einem am Wagen angebrachten Steckkontakt, der in der Tafel als „150 Volt Niederspannungs-Stromabnehmer“ bezeichnet ist. Diese Vorrichtung ist für Fahrt in dem Wagenschuppen bestimmt, wo keine Hochspannungs-Oberleitung, sondern nur eine solche von 150 Volt angelegt ist. Der Stöpsel des Steckkontaktes sitzt an einer flexiblen Leitung, deren anderes Ende an einem auf dem Fahrdraht schleifenden Federkontakt befestigt ist.

Der Kontroller besteht aus der Hauptwalze mit einer doppelten Reihe von Kontaktstücken (im Schema links) und aus einer hiermit direkt verbundenen Funkenlöschwalze ($f_1 f_2$ im Schema rechts). Diese letztere soll besonders dazu dienen, die bei Kurzschließen der einzelnen Transformatorstufen auftretenden Funken aufzunehmen.

Zu diesem Zweck sind hier Funkenlöschspulen und ein Ohmscher Widerstand, der in den Kreis der kurzgeschlossenen Transformatorspule eingeschaltet wird, vorhanden. Die einzelnen Stellungen, welche bei der Drehung des Kontrollers um eine Stufe von dem Abzpfungspunkte a an bis zu b vorkommen, sind in der Tafel oben in größerem Maßstabe und schematisiert dargestellt. Die Kontaktflächen der beweglichen Walze sind hierbei schraffiert.

Tafel 14.

Einphasenbahn, System Finzi.

Dieses System ist auf der Tafel für den Betrieb mit vier Motorwagen dargestellt. Zwei derselben, der vordere und der hintere, haben je zwei kompensierte Seriomotoren, die beiden mittleren je einen Motor. Durchgehende Kabel mit Verzweigungen zu den Motoren und Transformatoren verbinden die Controller, und zwar in einer Anzahl von acht Niederspannungsleitungen, die an jedes Wagende anzuschließen sind, ferner drei isolierte Hochspannungsleitungen für 10000 Volt. Der Strom tritt vom Fahrdrabt durch eine Drosselspule in den Transformator, der eine Hälfte in jedem Zugende hat, und geht durch die Erde zurück (Hochspannungskreis). Die Sekundärspulen eines jeden Transformators sind in sechs Schaltabteilungen angeordnet. Bei Fahrt wird der Umschalter des hinteren Führerstandes selbsttätig auf die Mittelstellung gestellt. Hierdurch erhalten die Motoren bei der ersten Controllerstellung etwa die halbe Sekundärspannung (180 Volt, nach Finzi die beste Anlaufspannung) von der Transformatorenhälfte des hinteren Motorwagens. Jede von den sechs weiteren Controllerstufen erhöht die Sekundärspannung um 30 Volt, so daß die Endspannung 360 Volt beträgt. Da drei Motoren in Serie liegen, beträgt die Spannung pro Motor 120 Volt. Im Momente des Kurzschlusses der Schaltspulen wird eine Funkenlöschspule eingeschaltet. Diese wird wieder kurzgeschlossen und ist bei jeder Fahrtstellung des Kontrollers ausgeschaltet. Erwähnt sei noch, daß die Hauptschalter automatisch oder von Hand betätigt werden, ferner daß jeder der zwei Parallelkreise von drei Motoren mit Feldern doppelartig ausschaltbar ist.

Die Controller, welche auch für Gleichstrom verwendbar sind, sind auffallend groß, und es kommen Ströme bis ungefährr 700 Amp. vor. Die Motoren sind sechspolig und haben Kompensationswicklung.

Tafel 15.

Einphasenbahn der Borinage.

(A. E. G.)

Die Anlage hat 6600 Volt Generatorspannung (s. Tafel 24). Durch Streckentransformatoren wird der Strom auf 600 Volt Fahrdrabtspannung transformiert. Um Störungen auf benachbarte Telefonanlagen mit Erdrückleitungen zu vermeiden, wurden die Schienen nicht als Rückleitung genommen, sondern zwei Fahrdrähte in einer Entfernung von 90 cm voneinander angeordnet.

Jede von den zwei Stromabnehmern abgehende Leitung ist durch eine Induktionsspule und einen Blitzableiter gegen atmosphärische Entladungen geschützt. Der Hauptstromkreis enthält zwei automatische Ausschalter, ferner auf jedem Führerstand einen Handausschaltung und eine Hauptsicherung.

In dem Motorwagen sind 16 durchgehende Leitungen angeordnet, die zu Klemmen führen und von hier an die Bürsten der Hauptwalze des Kontrollers, bzw. an die Umschaltwalze geführt werden. Sechs dieser 18 Leitungen sind für Motoren, fünf für den Reguliertransformator, fünf für Widerstände, eine für die Stromzuführung und eine für die Erdleitung. Die beiden letzten Leitungen werden getrennt geführt, während die ersten 16 zu einem Kabel vereinigt sind.

Wie aus dem Schema hervorgeht, erfolgt die Regelung durch Reihenparallelschaltung der Statorwicklungen der Motoren in Verbindung mit einem Erregertransformator. Derselbe ist den Statorwicklungen der Motoren vorgeschaltet, während der Strom für die beiden hintereinandergeschalteten Motoren aus verschiebbaren Punkten auf der Transformatorwicklung abgezapft wird.

Der Transformator hat vier Schaltstufen und gibt bei Serieschaltung zwei, bei Parallelschaltung drei verschiedene Übersetzungsverhältnisse zwischen Primär- und Sekundärklemmen (siehe vereinfachte Schemata).

Der Wagen hat zwei Winter-Eichbergsche kompensierte Seriomotoren, deren Läufer unverändert in Serie geschaltet sind, während die Ständer bei Anlauf in Serie, bei Lauf parallel geschaltet sind. Beim Übergang von Serie- auf Parallelschaltung der Ständer wird eine Widerstandsstufe vorgeschaltet (auf der nicht gefahren wird), um den Stromstoß abzuschwächen. Ständer und Läufer jedes Motors kann durch einen Trennschalter doppelpolig ausgeschaltet werden.

Bei Kurzschlußbremsung werden die Läuferklemmen vertauscht, und in den Stromkreis der parallel geschalteten Ständerwicklungen

wird ein Belastungswiderstand eingeschaltet. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators bleibt für alle fünf Stellungen des Belastungswiderstandes unveränderlich, und die Motoren arbeiten als Generatoren. Eine sechste Bremsstellung ist für Gegenstrombremsung eingerichtet. Hierbei treibt der Netzstrom die Motoren an gegen die Fahrtrichtung bei Serieschaltung der Ständer.

Tafel 16.

Gleichstrom-Wechselstrombahn der A. E. G.

(Versuchsstrecke Niederschöneweide—Köpenick.)

Ein Teil der Versuchsstrecke wurde nur für Gleichstrom eingerichtet, das letzte Stück war mit Streckenisolatoren versehen und konnte durch eine Umformerstation mit Einphasenstrom versorgt werden. Somit war es möglich, den verwendeten Winter-Eichberg-Motor für beide Stromarten auszuprobieren.

Die Wechselstromspannung konnte durch Änderung der Tourenzahl des Umformers von 400 auf 640 Volt gesteigert werden. Der Ständer des Winter-Eichberg-Motors besitzt eine einphasige, sechspolige Wicklung, der Läufer hat Kurzschluß- und Erregerbürsten, die um 90 elektrische Grad gegeneinander verschoben sind. Bei Anlauf (Wechselstrom) sind die Ständer in Serie, bei Lauf parallel geschaltet.

Für die Fahrt mit Gleichstrom (Serie) wird eine Kompensationspule in Serie mit dem Läufer eingeschaltet, um das Läuferfeld aufzuheben, so daß kein Strom zwischen den kurzgeschlossen Bürsten entsteht. Zum Erreichen hoher Geschwindigkeit kann auch Gleichstrom-Parallelschaltung benutzt werden.

Im Schema ist nur der Umschalter angegeben, in Wirklichkeit ist auch ein Fahrschalter vorhanden, der für beide Stromarten verwendbar ist. Gemeinsam ist auch der Regulierwiderstand.

Der Wagen kann in voller Fahrt von der einen Stromart auf die andere geschaltet werden. Es schadet dem Motor auch nichts, wenn in die Gleichstromschaltung Wechselstrom gegeben wird, oder umgekehrt; auch funktionieren die Sicherungen für beide Stromarten.

Kurzschlußbremsung ist vorgesehen, bei der die Motoren immer in Wechselstromschaltung (Lauf) arbeiten.

Einphasenbahn Innsbruck—Fulpmes.

(Stubaitalbahn.)

Diese Bahnanlage hat Regulierung durch Variation der Motorspannung und des Übersetzungsverhältnisses des Erregertransformators. Im Wagen befindet sich ein Transformator, der die Spannung von 2500 auf 525, bzw. 400 Volt herunter transformiert. Primär liegt eine Klemme des Transformators zur Erde, die andere durch Hochspannungssicherung und Ölschalter am Stromabnehmer. Die einzige Hochspannungsleitung ist als geerdetes Bleikabel ausgeführt. Die Hochspannungsapparate sind in eine Blechkammer eingeschlossen und nur dann zugänglich, wenn der Hochspannungsschalter sich in der Ausschaltstellung befindet.

Die vier Motoren sind in zwei parallelen Gruppen angeordnet. Je zwei Ständerwicklungen sind parallel und mit einem als Autotransformator ausgeführten Erregertransformator in Serie geschaltet, von dessen Sekundärklemmen die Erregung der beiden in Reihe geschalteten Läufer abgenommen wird.

Bei Anlauf sind die Verbindungen I und 1 hergestellt, der Autotransformator hat dann primär 400 Volt. Diese Erregung der Ständer wird geschwächt durch Einschalten von 2, zuletzt von 3. Dieselben drei Stellungen werden bei einer Primärspannung von 525 Volt des Autotransformators durchlaufen. Man hat somit sechs Laufstellungen. In Wirklichkeit werden diese Schaltoperationen durch Drehen einer Kontrollerwalze, welche ähnlich wie bei einer gewöhnlichen Straßenbahn ausgeführt ist, vorgenommen.

Der Leistungstransformator ist ölgekühlt und im Untergestell angebracht; er wiegt 1000 kg. Die beiden Regulierungstransformatoren sind luftgekühlt und wiegen je 250 kg.

Einphasen-Bahnsystem der Union E.-G.

(Niederschöneweide—Spindlersfeld.)

Die Versuchsstrecke wurde mit Strom von 6000 Volt und 25 Perioden betrieben. Der Strom tritt vom Fahrdraht durch eine Drosselpule ein, geht dann einerseits zum Transformator für Luftpumpe, Steuerstrom und Licht, andererseits durch einen Hochspannungsausschalter, ferner durch die Primärwicklung des Erregertransformators der Motoren und erreicht die zwei parallel geschalteten Ständerwicklungen der Motoren.

Um die Motoren von Stillstand bis zur vollen Umlaufzahl zu regulieren, müssen die Erregerbürsten an verschiedene Klemmen der Sekundärwicklung des Erregertransformators gelegt werden.

Alle Schaltungen geschehen durch Öffnen und Schließen getrennter Schalter („Schützen“), die elektromagnetisch betätigt werden. Den Hilfsstrom für diese Betätigung liefert ein kleiner Transformator von niedriger Spannung. Durch einen kleinen Schalter, die „Meisterwalze“, erhalten die Schützen in entsprechender Reihenfolge Strom und schließen die zugehörigen Stromkreise. Von den sekundären Abzweigungen des Erregertransformators führt die eine zum Fahrtwender, die übrigen zu den einzelnen Schützen. Die von den Schützen wegführenden Leitungen gehen vereinigt zum Fahrtwender, der zur Umkehrung der Drehrichtung der Motoren dient und als Doppelschütze funktioniert. Vom Fahrtwender führen zwei Leitungen zu den parallel geschalteten Erregerkreisen (Läufer) der beiden Motoren, die ebenso wie die Ständerwicklungen im Falle des Defektwerdens eines Motors durch Trennschalter einzeln abgeschaltet werden können.

Die Meisterwalze besteht aus Fahrtrichtungsschalter und Fahr-schalter-Anlasser. Die Kurbel des Fahrtrichtungsschalters kann nur bewegt werden, wenn der Anlasser auf „Aus“ steht. In der Kurbel des Anlassers befindet sich ein Druckknopf, der niedergedrückt sein muß, wenn die Regulierschützen Strom erhalten sollen. Läßt der Führer die Kurbel los, so werden die Motoren sofort ausgeschaltet. Die Spulen r und h' erhalten bei Fahrt in jeder Richtung Strom von h (Fahrtrichtungsschalter ist in der Nullage eingezeichnet), und der Hochspannungsausschalter wird geschlossen. Gleichzeitig erhält auch eine der Schützen 6 oder 7 des Fahrtwenders von h aus Strom und bringt den Fahrtwender in die verlangte Stellung. Wenn jetzt der Druckknopf niedergedrückt, d. h. h mit s verbunden wird, so erhalten nacheinander die Spulen Strom und schließen die entsprechenden Schützen.

Der Hochspannungsausschalter dient auch als Maximalausschalter. Beim Einschalten wird die Spule r erregt, überwindet eine Federkraft und schließt einen zweiten Schwachstromkreis, wodurch die Spule h' erregt wird und den Hochspannungsschalter schließt. Beim Ausschalten hört diese Erregung auf, und der Schalter fällt herunter (wird geöffnet). Bei der Wirkung als Maximalschalter wird der Strom in der Spule h' durch einen im Hauptkreis liegenden Stromwandler unterbrochen, so daß der Hochspannungsschalter herausfällt.

Alle Hochspannung führenden Apparate sind in einem feuerfesten Raume untergebracht, der nur geöffnet werden kann, wenn der Bügel heruntergelassen ist. Sonst befindet sich nur eine Hochspannungsleitung im Wagen, die vom Stromabnehmer zur Hochspannungskammer und von dort zu den Motorklemmen geht.

Das Schaltsystem, das dem Gleichstrom-Multiple-Unite-System vollständig gleicht, gestattet ohne weiteres, eine beliebige Anzahl Wagen von einem Führerstand aus zu steuern. Nur müssen die den Steuerstrom führenden Leitungen der einzelnen Wagen durch die Steckkontakte und Verbindungsleitungen miteinander verbunden werden. Dann erhalten alle Schützen den Steuerstrom von dem Wagen, von dem aus gesteuert wird, während der Arbeitsstrom (Hochspannungsstrom) jedem Wagen direkt durch seinen eigenen Stromabnehmer zugeführt wird.

Der Probetrieb wurde mit zwei Triebwagen und drei Anhängewagen von je 16 Tonnen vorgenommen. Die Wagen waren für 40 km/St. als maximale Geschwindigkeit gebaut, erreichten jedoch ohne Anstand 60 km. Oft wurde der ganze Zug von zwei Motorwagen und drei Beiwagen (155 t) mit nur zwei Motoren rangiert und gefahren. Vorteilhaft gegenüber dem Drehstromsystem zeigte sich die Unabhängigkeit von der Linienspannung. Mit zwei Drittel der Linienspannung konnte der Fahrplan noch ohne weiteres eingehalten werden, mit 40 % der normalen Motorspannung konnte noch angefahren und mit etwa 30 km/St. gefahren werden.

Tafel 17.

Einphasen-Wechselstrom-Lokomotive für 15000 Volt der Maschinenfabrik Oerlikon.

Die Lokomotive hat zwei Rutenstromabnehmer, System Oerlikon. Der Strom geht durch eine Induktionsspule in den Haupthochspannungsschalter, der als selbsttätiger Maximalausschalter ausgebildet ist und sowohl pneumatisch als auch mechanisch durch Handhebel bedient werden kann. Weiter geht der Strom zu den Primärspulen zweier Transformatoren, die in der Mitte des Lokomotivinnern aufgestellt sind. Die Rückleitung erfolgt durch Erdung an das Lokomotivgestell durch die Schienen. Die Sekundärwicklung jedes Transformators ist in 20 Unterabteilungen gewickelt, so daß zwischen je zwei Abstufungen ein Spannungsunterschied von $\frac{750}{20} = 37,5$ Volt besteht. Die Abteilungen dieser 20 Sekundärstufen sind zu einem von Dr. Paul Meyer konstruierten Spannungsregler geführt, der nach Art der Zellenschalter gebaut, mit Funkenlöschvorrichtung versehen ist und zum Ab- und Zuschalten von Wicklungsabteilungen dient. (Bei den Versuchen wurde auch die Geschwindigkeitsregulierung durch Induktionsregulator ausprobiert,

aber als unterlegen verworfen.) Nach der neusten Ausführung wird der Spannungsregler von beiden Führerständen betätigt.

Dieser Spannungsregler wird nur zur Regulierung der Geschwindigkeit bis zu einem minimalen Betrage der letzteren verwendet, während das Ein- und Ausschalten, sowie das Anlassen der Motoren mittels des Haupt-, Aus- und Umschalters vorgenommen wird. Diese Schalter sind als Röhrenschalter ausgebildet und werden vom Führerstandd mittels Hebel betätigt. Sie sind beide parallel und einander ähnlich; nur der in der Richtung der Fahrt liegende wird jeweils benutzt.

Zwei Serie-Kommutatormotoren (Patent Oerlikon) werden in Hintereinanderschaltung verwendet. Sie haben Kompensationswicklung und Hilfspole. Die letzteren werden durch kleine Transformatoren gespeist, die mit der Motorenbelastung proportional erregt werden

Zur Erzeugung der Preßluft, die zur Betätigung der Westinghousebremse, des Stromabnehmerapparates (Rutenabhebung, Rutenbockverschiebung), des Hauptumschalters, der Sandstreuapparate und der Signalvorrichtung Verwendung findet, dient eine Kolbenluftpumpe, die durch einen Repulsionsmotor angetrieben wird.

Mit einem angehängten Zuggewicht von 200 Tonnen (+ Lokomotivgewicht 43 Tonnen) wurden auf der Strecke Seebach-Wettingen Versuche ausgeführt, bei denen sich ergab, daß sowohl das Anfahren, als auch das Fahren mit 30 km/St. Geschwindigkeit in Kurven bei 8‰ Steigung ohne Funkenbildung ausführbar war. Die Stromstärke der in Serie geschalteten Motoren stieg beim Anfahren auf etwa 1000 Amp. Bei Fahrt auf 8‰ Steigung mit 27 km Geschwindigkeit und 450 Volt Betriebsspannung der Motoren betrug die Stromstärke 780 Ampère. Hierbei wurde die Periodenzahl bis auf etwa 50 gesteigert.

Tafel 18.

Umformerlokomotive der Maschinenfabrik Oerlikon.

Der Lokomotive wird aus der Oberleitung einphasiger Wechselstrom von 10 000 Volt und 50 Perioden zugeführt. Dieser Strom wird auf der Lokomotive heruntertransformiert, mittels zweier Motor-Generatoren in Gleichstrom umgeformt und nach einem im wesentlichen von Ward-Leonard angegebenen System zur Speisung der Antriebsmotoren verwendet. Die Motoren der Umformeraggregate sind einphasige Asynchronmotoren mit Käfiganker. Das eine Aggregat *G* ist für eine große Leistung bestimmt und dient zur Spei-

sung der Anker der Antriebsmotoren. Das andere G_2 ist kleiner und dient zur Speisung der separaten Erregerkreise des Gleichstromgenerators G und der Antriebsmotoren. Der Asynchronmotor dieses kleineren Aggregats besitzt eine Kunstphase und kann damit angelassen werden. Hierauf wird das große Aggregat von G_2 aus angelassen, indem durch Umlegen eines zweipoligen Umschalters auf „Anlauf“ der Gleichstrom von G_2 nach G geführt wird, wobei G als Motor anläuft. Hierbei dient 3 als Anlaßwiderstand. Die Fahrtrichtung wird durch Umkehrung der Erregung des Hauptumformers gewechselt.

Einphasensystem Westinghouse.

(Projekt Washington—Baltimore.)

Diese Anlage (Daten s. Tafel) wurde mit Regulierung durch Autotransformator und Induktionsregulator geplant. Von dem Autotransformator wurde eine Spannung von 315 Volt abgenommen, welche durch den Induktionsregulator um ± 100 Volt variiert werden konnte. Das Feld (Ständer) ist umkehrbar. Die Läufer sind je zwei parallel und zwei in Serie geschaltet. Um die Spannung gleichmäßig auf die beiden in Serie geschalteten Anker zu verteilen, ist parallel zu denselben ein Transformator geschaltet. Der Mittelpunkt der Wicklung dieses Transformators ist mit dem Verbindungspunkt der beiden hintereinandergeschalteten Anker verbunden.

Das Schaltungsschema des Induktionsregulators ist rechts dargestellt. Die drehbare Wicklung, welche hauptsächlich die primäre ist, erhält eine mittlere Spannung, welche gegeben ist durch den Abstand der beiden Abzapfungspunkte am Autotransformator. Beim Herunterregulieren ist die Spannung der Primärwicklung größer, beim Hinaufregulieren kleiner als diese mittlere Spannung. Die Verbindung zwischen den diametralen Punkten der Ringwicklung bezweckt, die Reaktanz des Regulators herunterzudrücken, wenn die beiden Wicklungssysteme senkrecht aufeinanderstehen.

Tafel 19.

Umformerlokomotive System Ward-Leonard-Oerlikon.

Bei diesem System, das aus dem auf Tafel 18 dargestellten entwickelt worden ist, ist nur ein Umformeraggregat vorhanden. Das Erregeraggregat im vorhergehenden System ist durch eine kleine direkt gekuppelte Maschine ersetzt worden, die bei Anlauf (Stellung 5) als Wechselstromseriemotor funktioniert und das Aggre-

gat auf normale Tourenzahl bringt. Dann wird die Ständerwicklung des einphasigen Asynchronmotors des Umformeraggregats mittels eines Hochspannungsschalters vom Fahrdraht gespeist, wonach die Kontrollerstellung IV hergestellt wird. Hierbei wird das Seriefeld der Wechselstrom-Kommutatormaschine abgeschaltet und statt dessen eine Erregerspule von vielen Windungen in Nebenschluß zu den Bürsten gelegt. Diese Maschine funktioniert jetzt als Erregermaschine für die Gleichstromseite des Aggregats und für die Achsentriebmotoren. Diese Stromkreise haben beide Regulierwiderstände, die durch gleichzeitiges Regulieren nach Art der Spannungsregulierung von Nebenschlußmaschinen in Zentralen eine sehr feine Abstufung erzielen lassen, wobei verhältnismäßig schwache Ströme unterbrochen werden.

Bei Stellung III —Rückwärts— sind die Pole der Motorfelder vertauscht.

Das Bremsen mittels Zurückgewinnung von Energie erfolgt, indem man durch Regulierung in den Magnetkreisen der Achsentriebmotoren und der Gleichstromseite des Umformers eine höhere Spannung an den Motorklemmen erzeugt als an den Umformerklemmen. Die Achsentriebmotoren wirken dann als Generatoren und treiben die Gleichstromseite des Aggregats an, dessen Wechselstromseite auf dem Fahrdraht arbeitet.

Tafel 20.

Schema der neuen Valtellina-Lokomotiven.

(Ganz & Co.)

Diese Dreiphasenbahn hat zwei Luftleitungen, während die Erde die dritte Phase leitet.

Die Lokomotiven sind für zwei Hauptgeschwindigkeiten gebaut, von denen die höhere 64, die niedrigere 32 km/St. beträgt; sie werden durch Drehstrommotoren bei 3000 Volt und $c = 15$ betrieben. Die Lokomotive ist fünfachsig und wiegt 62 t. Die Dauerleistung beträgt 800 PS, während einer halben Stunde können 1200 PS, für kurze Zeit 1600 PS entwickelt werden. Zwei der Motoren sind für Hochspannung und zwei für Niederspannung. Die letzteren arbeiten nur bei Kaskadenschaltung mit. Die Motoren sind zwischen den Triebachsen angeordnet und treiben sechs Räder mittels Kurbeln und Kuppelstangen an. Am Radumfang der Triebräder der Lokomotive soll normal eine konstante Zugkraft von 3500 kg bei der größeren und 6000 kg bei der kleineren Geschwindigkeit erzeugt werden. Bei einer Steigung von 1‰ ist die Lokomotive imstande,

einen Zug von 400 t in 55 Sekunden von 0 auf 50 km Geschwindigkeit zu bringen, was der 1,5-fachen normalen Zugkraft entspricht. Ferner ist die Lokomotive imstande, einen 250 t schweren Zug auf einer Steigung von 20⁰/₁₀₀ anzufahren. Die Motoren sind alle achtpolig. Die Tourenzahl bei Synchronismus

$$n = \frac{c \cdot 60}{p}$$

ist 222 für Einmotor- und 111 für Kaskadenschaltung.

Der Hochspannungsmotor bekommt Strom von 3000 Volt in den Ständer. Sein Läufer ist mit dem Läufer des Niederspannungsmotors verbunden. Zwischen den beiden Läufern sitzen Schleifringe, durch die der Sekundärstrom bei der Einmotorschaltung zu dem Wasserwiderstand geführt wird. Der Ständer des Niederspannungsmotors kann auch mit dem Flüssigkeitswiderstand verbunden werden, der letzte Motor ist aber nur beim Anfahren und Bremsen (Halbsynchronismus) eingeschaltet. Der Geschwindigkeitsschalter h ist dann nach unten gezogen.

In dem Schema stellen $a_1 b_1 c_1$ die Wicklungen der Ständer der Hochspannungsmotoren dar, $a_2 b_2 c_2$ sind die Läufer dieser Motoren. Ferner sind $b_3 a_3 c_3$ die Läufer der Niederspannungsmotoren und $b_4 a_4 c_4$ die Ständer der letzteren.

Sämtliche Schalt- und Regulierapparate der Motoren, und zwar zwei Primärschalter g , Geschwindigkeitsumschalter h , zwei Wasserwiderstände o samt Kurzschließer k , werden durch die an beiden Enden der Lokomotive angebrachten Druckluftschalter betätigt, die durch drei zwangsläufig verbundene Hebel die verschiedenen Funktionen ausführen.

Der Primärschalter (Hochspannungsschalter g) ist ein Röhrenschalter. Beim Einschalten wird mittels komprimierter Luft vom Anlaßventil ein Teller, der auf Porzellanisolatoren die Kontaktkerzen mit den paarweisen Verbindungen hält, in die Höhe gehoben und dadurch der Kontakt hergestellt. Die Unterbrechung erfolgt pro Phase an zwei Stellen. Das Umsteuern der Lokomotive kann nur bei ausgeschalteter Primärleitung erfolgen und geschieht, indem der Teller mit Hilfe eines mit dem Umsteuerventil verbundenen Druckluftschalters um einen Winkel von 60° gedreht wird.

Zur Konstruktion des Geschwindigkeitsschalters h sei noch erwähnt, daß die Kontaktbürsten, welche die zwei verschiedenen Verbindungen — von Läufer zum Flüssigkeitswiderstand oder vom Niederspannungsständer zu dem Widerstand — herstellen, auf einer vertikal verschiebbaren Achse sitzen. Diese Achse endet in einem Doppelkolben eines Luftdruckzylinders, der durch den Fahr-

schalthebel betätigt wird. Dies kann nur im stromlosen Zustande geschehen.

In der vom Anlaßventil des Fahrschalters zum Rheostatenkopf führenden Luftleitung ist ein selbsttätiges Zeitrelais eingeschaltet, das bei zu starkem Strom den Elektromagneten f in der Erdphase erregt, wobei die Luftleitung gegen die Atmosphäre geöffnet und dadurch der Hochspannungsschalter geöffnet wird. Die Druckluft wird von einem kleinen Motor erzeugt, der von einem 5 KW Öltransformator von 110 Volt Sekundärspannung gespeist wird.

Jede Lokomotive hat Handbremse und selbsttätige Westinghousebremse. Erstere wird durch ein Handrad bedient, letztere durch ein Bremsventil. Die sechs Triebräder werden von beiden Seiten gebremst.

Schaltungsschema des Schnellbahnwagens Marienfelde— Zossen (Siemens & Halske).

(Motor siehe Tafel 4.)

Diese Dreiphasenbahn ist mit drei Luftleitungen ausgerüstet. Der Strom von 10000 Volt Linienspannung und 45 bis 50 Perioden geht zu zwei großen, unter dem Wagenboden angeordneten Transformatoren. Die Transformatoren geben 1850 Volt beim Anfahren (Sternschaltung der Sekundärkreise der Transformatoren) und 1150 Volt bei voller Fahrt (Dreieckschaltung).

Um den Motor beim Anfahren auf seine volle Umdrehungszahl zu bringen, wird ein Widerstand in den sekundären Stromkreis eingeschaltet, der stufenweise bis zum Kurzschluß ausgeschaltet wird. Der Unterschied der Motorenleistung bei Anlauf und Fahrt beträgt $750 - 250 = 500$ PS., die in 25 Stufen (20 PS. pro Stufe) abgeschaltet werden, während vier Stufen für das erste Einschalten vorgesehen sind, im ganzen also 29 Stufen. Die Funkenbildung ist hierbei nicht stark.

Die Anlasserwellen werden von den Führerständen aus mit mechanischer Übertragung in Bewegung gesetzt, und da die dabei auftretenden Bewegungswiderstände ziemlich groß sind, so wird der mechanische Antrieb durch Luftdruck unterstützt, jedoch so, daß der Führer die vollständige Herrschaft über die Ausschaltung der Widerstände behält.

Alle Sicherungen sind als Röhrensicherungen mit zweifacher Unterbrechung pro Phase ausgeführt, ebenso die Ausschalter.

Zur Lieferung der Druckluft für die Betätigung der Bremsen und der elektrischen Schalter der Wagen dient eine Zwillingluftpumpe mit elektrischem Antrieb.

Die drei Fahrleitungen sind in der vertikalen Ebene in einem Abstände von je 1 m übereinander aufgehängt. Der Aufhängepunkt der untersten Leitung liegt 5,5 m über der Schienenkante in einer horizontalen Entfernung von 1450 mm von der Mitte des Geleises. Der Querschnitt jeder der Hartkupferprofildrähte beträgt 100 mm^2 , der Querschnitt der Speiseleitungen 50 mm^2 und, wo Kabel nötig war, 70 mm^2 .

Jeder Wagen hat zwei Stromabnehmer, die durch Ausgleichleitungen verbunden sind. In den Verteilungsleitungen liegen zwei Fahrtrichtungsschalter, von denen jeder für eine Richtung gilt.

Jeder Wagen hat ein Gesamtgewicht von 96 t, davon entfallen auf den mechanischen Teil etwa 48 t, auf die elektrische Ausrüstung etwa 42 t und auf Personen 6 t.

Tafel 21.

Schaltungsschema der Simplonanlage.

Die Eisenbahn durch den Simplontunnel wird mit Drehstromlokomotiven von Brown, Boveri & Cie. betrieben. Die Energie wird in zwei Zentralen erzeugt: auf der schweizerischen Seite die Zentrale Brig, welche die Wasserkraft der Rhone durch zwei Turbinen à 600 PS. ausnutzt, auf der italienischen Seite die Zentrale Iselle, in welcher zwei Wasserturbinen von je 750 PS. mit einem Drehstromgenerator direkt gekuppelt sind. Die Periodenzahl der Anlage ist 16, die Linienspannung 3000 Volt. Der Strom wird mittels zwei Luftleitungen übertragen, und zwar von jeder Zentrale nach dem Bahnhof und nach dem Tunnel. Die dritte Phase wird durch die Schienen geleitet.

Es sind Brownsche Schalter verwendet, die mechanisch mittels Handrad, elektrisch mittels Druckknopf und selbsttätig durch Maximalstrom-Zeitrelais unter voller Belastung ausgeschaltet werden können. Die letzteren beiden Ausschaltungen werden mit Strom vom Erregergenerator ausgeführt, der den Magneten erregt, welcher das Ausschalten besorgt. Das Maximalstrom-Zeitrelais ersetzt die Sicherungen und unterbricht bei Eintritt der beliebig nach einer Skala einstellbaren Überlastung den Stromkreis, ohne daß Lichtbogenerscheinungen auftreten. Weil die Relais sogenannte Zeitrelais sind, kann durch momentane Überlastung keine Stromunterbrechung herbeigeführt werden.

Um ein Zurückarbeiten der einen Zentrale auf die andere zu verhüten, sind ferner dreipolige automatische Ausschalter mit Rückstromrelais angeordnet. Diese sind wie folgt eingerichtet: Zwischen

den Polen einer Strom- und einer Spannungsspule sitzt eine Scheibe, auf deren Spindel ein Gewicht mittels eines Fadens aufgehängt ist. Bei Rückstrom entsteht ein Feld, das die Scheibe in Drehung bringt. Nach einer gewissen Zeit ist das Gewicht so hoch gehoben, daß es an einen Schalter stößt und ihn schließt. Dieser Schalter schließt einen von der Erregermaschine gespeisten Stromkreis, wodurch ein Magnet erregt wird, der den dreipoligen Hauptausschalter öffnet. Durch diese Anordnung wird verhütet, daß bei Parallelarbeiten der beiden Zentralen bei geringer Belastung das eine Werk von dem anderen angetrieben wird.

In der Mitte des Tunnels ist eine Ausweiche mit Bahnstation. Hier ist die Fahrdrathleitung durch Streckenisolatoren von der übrigen Strecke abgetrennt, und die Stromzuführungsleitungen werden umgeführt. Die Ausweichstrecke kann somit mit Hilfe eines zweipoligen Umschalters nach Belieben von der einen oder von der anderen der beiden Zentralen gespeist oder auch stromlos gemacht werden. Hierdurch ist es möglich, Arbeiten am Dach eines anhaltenden Zuges vorzunehmen, ohne daß der Betrieb im Tunnel gestört wird. Ein zweipoliger Schalter dient zur Parallelschaltung der beiden Zentralen von der Tunnelmitte aus. Hierbei kommen die beiden parallel geschalteten Voltmeter und eine Phasenlampe in Anwendung.

Von jedem Kraftwerk gehen zwei Speiseleitungen von 9 mm Durchmesser aus, die im Tunnel als nackte konzentrische Bleikabel ($2 \times 100 \text{ mm}^2$) oben längs des Gewölbes in Winkeleisen geführt werden, welche durch einzementierte Mauerhaken getragen sind. Die Fahrdrathleitung außerhalb des Tunnels wird pro Pol durch einen 50 mm^2 Kupferdraht gebildet, während dieselbe im Tunnel pro Pol aus je 2 Drähten von je 50 mm^2 Querschnitt besteht.

Tafel 22.

Schaltungsschema der Zentrale der Baseler Straßenbahn.

Das Schema zeigt eine Gleichstromzentrale ohne Batterie für Bahnbetrieb.

Die Nebenschlußgeneratoren arbeiten auf die Sammelschienen, von denen die eine mit den Schienenspeiseleitungen (zur Erde) verbunden ist. Die Speiseleitungen für den Fahrdrath können durch einen Umschalter entweder auf die Hauptsammelschiene oder auf eine Hilfssammelschiene geschaltet werden. Letztere steht durch einen Widerstand und ein Ampèremeter mit der Hauptsammelschiene

in Verbindung. Für gewöhnlich ist die Speiseleitung auf die Hauptsammelschiene geschaltet. Fällt jedoch der Maximalausschalter heraus, so wird, ehe er wieder eingelegt wird, umgeschaltet, so daß beim ersten Einlegen des Maximalausschalters der Widerstand vorgeschaltet bleibt. Man sieht dann an dem Ampèremeter, ob ein direkter Kurzschluß in der Leitung ist, oder ob der Maximalausschalter nur infolge einer momentanen Überlastung herausfiel.

Schaltungsschema einer Umformerstation der Straßenbahn Schaffhausen—Schleitheim.

(Maschinenfabrik Oerlikon.)

Die Bahnstrecke beträgt 17 km. Dreiphasenstrom von 10000 Volt wird von der Zentrale 10 km bis zur Unterstation übertragen, wo zwei Transformatoren von 150 KVA die Spannung auf 380 Volt herunter transformieren.

Vorläufig sind zwei Umformergruppen aufgestellt von je einem asynchronen Motor mit Kurzschlußanker, der durch isolierende und flexible Kupplung mit einem vierpoligen Gleichstromgenerator gekuppelt ist. Die Generatoren arbeiten auf das Bahnnetz, zu dem die Batterie parallel liegt. Um zu verhüten, daß die Generatoren von der Batterie angetrieben werden, haben die Generatoren automatische Minimalschalter.

Die Batterie besteht aus zwei Hälften, die in zwei parallelen Reihen mit erniedrigter Maschinenspannung aufgeladen werden. Das Ampèremeter des Batteriekreises hat Doppelskala mit Nullpunkt in der Mitte und zeigt je nach der Richtung des Ausschlages Laden oder Entladen der Batterie an.

In den Stromkreis der Fahrdrathleitung sind zwei selbsttätige Maximalausschalter, zwei Ampèremeter und zwei mit magnetischer Funkenlöschung versehene Blitzschutzapparate eingebaut.

Tafel 23.

Gleichstromzentrale mit Pufferbatterie der Hoch- und Untergrundbahn Berlin.

(Siemens & Halske.)

Die Zentrale ist für Bahn- und Lichtbetrieb eingerichtet. Sie hat drei Nebenschlußgeneratoren ($G_1 G_2 G_3$) von je 800 KW, die Strom von 750 Volt liefern. Von den Schienen zweigen die Speiseleitungen für den Bahnbetrieb ab, ferner Leitungen, die zu zwei Motoren führen ($M_1 M_2$), die mit Lichtgeneratoren ($G_1 G_2$) direkt gekuppelt sind.

Parallel zum Bahnnetz liegt eine große Pufferbatterie mit automatischem Ausschalter. Beim Laden dieser Batterie werden die Hauptgeneratoren von den zwei parallel geschalteten Lichtgeneratoren unterstützt ($750 + 220 = 970$ Volt normal).

Für den Licht- und sonstigen Bedarf an Niederspannungsstrom ist eine Lichtbatterie angebracht, die mit Zellschalter versehen ist und die Lichtgeneratoren unterstützt, ev. bei geringerer Netzbelastung den ganzen Strombedarf liefert. Besondere Ladeschienen sind angeordnet, auf die die Lichtgeneratoren parallel arbeiten (L_{II} nach oben). Ein Minimalausschalter sorgt dafür, daß die Batterie sich dabei nicht entladet statt ladet.

Schaltungsschema der Unterstation Père Lachaise der Pariser Stadtbahn.

Die fünf Einankerumformer sind sechsphasige Außenpolmaschinen mit zehn Polen bei $c = 25$. Die sechs Phasen, die mit Hilfe des Haupttransformators gebildet sind, werden durch Bürsten und sechs Schleifringe mit 60° Phasenverschiebung in die Ankerwicklung geführt, während der erzeugte Gleichstrom von 600 Volt vom Kollektor durch Kohlenbürsten abgenommen wird. Da der Anker synchron läuft, muß er leer auf Spannung und synchronen Gang gebracht werden. Wenn der Umformer bei stromloser Batterie in Gang gesetzt werden soll, wird der aynchrone Motor des Zusatzaggregats von irgend einer der fünf Transformatorgruppen (vom Hochspannungsnetz) angelassen. Bei Anlauf hat er die halbe Spannung, bei Lauf die volle Spannung in dem Stator. Mit dem Kurzschlußanker ist der Gleichstromgenerator von 150 Volt, 300 Ampère direkt gekuppelt, er gibt dann den Strom für das Anlassen der Umformeraggregate. Sobald Synchronismus erreicht ist, wird die Wechselstromseite eingeschaltet mit Hilfe des Relaischalters, der auch als selbsttätiger Maximalausschalter funktioniert.

Die Batterie wird im allgemeinen beim Anlassen benutzt. Sie wird mittels der Zusatzmaschine geladen. Hierfür ist eine besondere Ladeschiene angebracht. Ein Minimalausschalter ist im Ladekreis angebracht.

Bei Phasendeckung sind die Phasenlampen dunkel, während sie beim Ingangsetzen leuchten.

Tafel 24.

Schaltungsschema für das Kleinbahnnetz der Borinage.

Die Zentrale soll sowohl Drehstrom als Einphasenstrom abgeben, die letztere Stromart für den Bahnbetrieb, Drehstrom für

Licht und Kraft. Die Daten der Zentrale sind aus dem Schema ersichtlich. Für Licht ist hohe Periodenzahl erwünscht, sonst flimmern die Bogenlampen, für Bahnmotoren ist dagegen niedrige Periodenzahl erwünscht; durch ein Kompromis wurde $c=40$ gewählt.

Die Schaltanlage besteht aus drei Teilen. Rechts unten sind die Hauptgeneratoren G mit den Erregergeneratoren gezeichnet. Mit Hilfe von Umschaltern können die Hauptgeneratoren auf zwei Systeme von Sammelschienen geschaltet werden, von denen das eine mit den Verteilungssammelschienen des Lichtnetzes, das andere mit derjenigen des Bahnnetzes zusammenhängt. Die Meßschaltung ist nur für den einen der Hauptgeneratoren eingezeichnet.

Bei gleichzeitig geringem Strombedarf für Licht- und Bahnbetrieb liefert eine Maschine den ganzen Strom, und dann werden die beiden Reihen Sammelschienen durch einen besonderen Ölschalter verbunden.

Von den zwei Sammelschienen für Bahnbetrieb gehen vier Abzweigungen aus, die mit Blitzableiter und Überspannungssicherungen versehen sind und zu vier längs der Bahn gelegenen Transformatorstationen führen. Die Lage dieser Unterstationen war durch die Forderung bestimmt, daß außer den Fahrdrähten keine weiteren Niederspannungsleitungen vorgesehen werden sollten. Alle vier Transformatorstationen arbeiten parallel auf die Fahrdrähte. Jede Transformatorstation hat ein bis drei Transformatoren à 75 KW. Die gezeichnete Unterstation hat zwei Einheiten. Der Strom tritt von der Luftleitung durch einen Handtrennschalter und einen Ölschalter zu den Hochspannungssammelschienen und von hier durch Sicherungen zu der primären Transformatorseite. An der sekundären Seite sind wiederum Sicherungen, Sammelschienen und Ausschalter angeordnet, ferner Drosselspulen. Primär und sekundär sind noch Blitzschutzvorrichtungen angebracht.

Kraftwerk der elektrischen Lokalbahn Tabor—Bechyne.

(Hochgespannter Gleichstrom mit 2 Oberleitungen und geerdeter Mittelleitung.)

Die Bahnstrecke ist in zwei voneinander isolierte Sektionen eingeteilt. Sektion 1 wird direkt von den Sammelschienen gespeist, während der zweite Teil mittels Speiseleitung von $2 \times 100 \text{ mm}^2$ Querschnitt mit Strom versorgt wird (s. Leitungsplan Tafel 28).

Die Bahngeneratoren G sind Dreileitermaschinen, deren Mittelpol mit den Fahrschienen verbunden ist. Die Außenpole der Generatoren sind über automatische Minimalschalter auf die Plus- und Minusschiene geschaltet. Von diesen Schienen geht der Strom zu den beiden Fahrdrähten.

Die Akkumulatorenbatterie ist parallel zu den Generatoren geschaltet. Durch Umschalter ist sie in zwei Gruppen geteilt. In der gezeichneten Stellung sind die beiden Gruppen der Batterie hintereinandergeschaltet, und die Batterie arbeitet parallel mit den Generatoren auf die Fahrleitung. Bei stromloser Strecke kann die Batterie geladen werden, der doppelpolige Batterieumschalter wird dann nach rechts gelegt. Die beiden Batteriegruppen liegen dann parallel zueinander auf die Außenpole der Generatoren. Zur Regulierung hat jede Batteriegruppe einen Zellschalter. Durch V. U. wird die Batterie-, bzw. Netzspannung gemessen.

Für die Sektion II sind Zusatzmaschinen (Boosters) in Form von zweipoligen Doppeldynamos mit Reihenschlußerregung zum Ausgleich des Spannungsverlustes angeordnet. Der Strom für diese Strecke geht über Umschalter SU , durch Anker und Feld der Zusatzmaschinen, durch SU , Maximalautomat M_x und Kilowattstundenzähler in die Speiseleitung der Sektion II. Bei Maximalbelastung wird die Spannung um ca. 2×116 Volt erhöht. In der einen Stellung des Umschalters SU sind die Zusatzmaschinen abgeschaltet, in den zwei anderen Stellungen ist je eine Zusatzmaschine eingeschaltet. Die Zusatzmaschinen werden durch Riemen von den Generatoren angetrieben. Sie haben automatische Zentrifugalregulatoren C , die dazu dienen, im Falle des Abgleitens des Riemens die Zusatzmaschinen kurz zu schließen, um deren Anlaufen als Motoren zu verhindern. Z_1 und Z_2 messen die von den Zusatzmaschinen erzeugte Energie, Z_3 diejenige der Hauptgeneratoren.

Wie aus Tafel 28 ersichtlich, ist die doppelte Speiseleitung zur Sektion II so ausgeführt, daß sie mit jeder der Teilstrecken und auch mit der Fahrdrahtleitung der Sektion I verbunden werden kann. Die Teilstrecken sind einzeln abschaltbar. Aus demselben Schema geht ferner hervor, wie die eine Oberleitung gewissermaßen als Reserve für die andere dient, indem zwischen jedem Außenleiter und der Erde (Schiene) zwei Motoren liegen. Beim Versagen der einen Oberleitung kann also noch mit zwei Motoren gefahren werden.

Daten der Kraftzentrale:

Zwei Generatoren zu je 80 KW; $p = 2$; 2×700 Volt; $n = 500$. Ringanker. Nebenschlußerregung mit 700 Volt.

Zweipolige Doppelgeneratoren zur Spannungserhöhung 2×116 Volt Zusatzspannung bei Vollast.

Akkumulatorenbatterie von 700 Tudorelementen mit einer Kapazität von 123 bis 171 Ampèrestunden während ein-, bzw. dreistündiger Entladung.

Zwei Züge à 56 Tonnen. Gewicht der elektrischen Ausrüstung 9⁰/₀ des Zuggewichtes.
 $\sigma_{max} = 35^{0}/_{00}$. $v_{max} = 30$ km/St. Kleinster Kurvenradius: 125 m.

Tafel 25.

Stromverteilungssysteme für Einphasenbahnen (General Electric Co.).

A. Einphasenübertragung-Einphasenbahn.

Längs der Bahnstrecke befinden sich Unterstationen, in welchen je zwei Transformatoren den Strom von 22000 Volt auf 2200 Volt herunter transformieren. Die eine Klemme der Sekundärspulen der Einphasentransformatoren ist geerdet. Die Schienen dienen als Rückleitung. Der Fahrdraht ist mit Streckenisolatoren versehen, so daß eine defekte Strecke keine allgemeine Störung hervorrufen kann. Die Unterstationen dienen einander gegenseitig als Reserve. Die Doppelleitung von der Zentrale ist bei jedem Streckenschalter mit Sicherungen gegen Überspannungen (Funkenstrecken) versehen. Jede Unterstation hat Blitzschutzvorrichtung. Sicherungen werden nicht verwendet, sondern überall (auch im Sekundärkreis des Transformators) sind General-Electric-Co.-Ölschalter mit Maximalstromrelais angebracht.

B. Dreiphasenübertragung-Einphasenbahn.

Hierbei wird Drehstrom von hoher Spannung von der Zentrale an die Unterstation übertragen. Mittels Scottscher Transformatoren wird Zweiphasenstrom niedriger Spannung erzeugt und die Phasen in verschiedenen Strecken des Fahrdrahtes fortgeleitet. Der Verkettungspunkt des Zweiphasenkreises ist geerdet, und die Schienen dienen als Rückleitung. Die sonstige Streckenausrüstung ist ähnlich wie bei dem vorhergehenden System.

Tafel 26.

Regulierungseinrichtungen für Gleich- und Wechselstromanlagen.

Siemens Brothers & Co.

(Schaltung von Maschinen von stark schwankender Belastung.)

Der am Netz angeschlossene Motor treibt die Umformerwelle an. Auf dieser sitzen das Schwungrad, der Anlaßgenerator und

eine Hilfsmaschine. Der Anlaßgenerator gibt Strom für den eigentlichen Arbeitsmotor ab. Die Hilfsmaschine hat eine Erregerwicklung, die an konstanter Spannung liegt (von welcher auch der Anlaßgenerator und der Arbeitsmotor erregt werden), sowie eine dieser entgegenwirkende Erregerwicklung, die Strom von einem Erregergenerator erhält, der eine dem Arbeitsmotor proportionale Umdrehungszahl hat und proportional der Belastung dieses Motors erregt ist. Steigt die Belastung des Arbeitsmotors, so steigt die Spannung des Erregergenerators, die von ihm erregte Feldwicklung der Hilfsmaschine bewirkt eine Verminderung der Spannung der Hilfsmaschine, so daß diese von der Batterie als Motor angetrieben wird und den Motor im Antrieb der Welle unterstützt. Sinkt die Belastung, so überwiegt das Feld der Hilfsmaschine, das an konstanter Spannung liegt, und die Hilfsmaschine ladet die Batterie.

Österreichische Siemens-Schuckert-Werke.

(Österr. Pat. Nr. 23538).

Akkumulatorenbatterien werden auch bei Wechselstromanlagen vielfach verwendet, um Belastungsschwankungen auszugleichen mit Hilfe von Motorgeneratoren oder rotierenden Umformern. Zur Erzielung einer günstigen Pufferwirkung selbst bei nahezu konstanter Wechselstromspannung wird das Verhältnis zwischen Gleichstrom- und Wechselstromspannung des Umformers verändert durch Änderung der Feldstärke in Abhängigkeit vom Belastungsstrom im Netz.

Ein Stromtransformator ist im Netz eingelegt. Seine Sekundärwicklung führt zu einem kleinen Umformer, dessen Gleichstromseite eine Erregerwicklung des Batterieumformers speist. Diese Erregerwicklung wirkt gegen die Nebenschlußwicklung des Batterieumformers, so daß dieser z. B. bei normaler Netzbelastung leer läuft. Sinkt jetzt die Netzbelastung, so überwiegt die Nebenschlußwicklung des Batterieumformers, der dann die Batterie ladet. Steigt dagegen die Netzbelastung, so überwiegt das Feld, das vom kleinen Umformer erregt wird, der Batterieumformer wird von der Gleichstromseite (Batterie) aus angetrieben und arbeitet auf das Netz.

British Thomson Houston Co.

(Brit. Pat. Nr. 11535.)

(Kompensationseinrichtung für Wechselstromgeneratoren zur Konstanthaltung der Spannung bei jeder Belastung.)

Durch Änderung der Belastung des Wechselstromgenerators wird die Erregermaschine desselben beeinflusst. Dies geschieht mit Hilfe eines hufeisenförmigen Eisenkerns, der von Wechselstromspulen vom Netz (oben) und Gleichstromspulen des Erregerkreises ($S_1 S_2$

unten) beeinflußt wird. Bei normaler Belastung schwingt der Eisenkern auf und ab, und die Kontakte werden mit der Periode des Wechselstromes regelmäßig geschlossen und geöffnet. Bei steigender Belastung sinkt die Generatorspannung, die Gleichstromspulen überwiegen, sie ziehen den Kern nach unten, schließen die Kontakte und dabei einen Widerstand W und die Spule S_2 im Erregerkreis kurz, der Erregerstrom steigt, desgleichen die Spannung und der gelieferte Strom, wodurch die Generatorspannung erhöht wird.

Ganz & Co. (D.R.P. Nr. 169375).

(Regelung der Spannung von Wechselstromgeneratoren.)

Die Erregermaschine des Drehstromgenerators hat eine Erregerwicklung und eine ihr parallel geschaltete, aber entgegengesetzte Wicklung, mit der ein Eisenwiderstand in Reihe geschaltet ist. Der letztere wird von einem Strom durchflossen, welcher der Leistung des Drehstromgenerators proportional ist und dadurch erhitzt. Um diesen Strom zu erhalten, ist ein Stromtransformator und ein Spannungstransformator eingeschaltet, deren Spannungen aufeinander senkrecht stehen. Bei steigender Belastung steigt der Erhitzungsstrom, der Widerstand wächst hierdurch, somit nimmt die Wirkung der Gegenwicklung ab, und der Generator wird stärker erregt.

Anwendung von selbsttätigen Zusatzmaschinen bei Gleichstrombahnen.

Ein Akkumulator, mit einem Generator parallel geschaltet, greift erst regelnd ein, sobald Spannungsänderungen an seinen Polen eintreten. Bei einem Nebenschlußgenerator tritt Vergrößerung des Entladestromes ein, wenn die Spannung an den Generator клемmen um einen der erhöhten Stromabnahme entsprechenden Betrag gesunken ist. Bei einer genau kompondierten Maschine wird der Akkumulator nicht eingreifen, da hier die Klemmenspannung konstant ist. Der überkompondierte Generator hat bei Zunahme des Stromes Steigung der Spannung, eine parallel geschaltete Batterie würde somit gerade bei der stärksten Stromentnahme geladen und bei schwachem Strombedarf des Netzes entladen werden, also gegen ihre Bestimmung der Regelung wirken. Am besten wird die Pufferwirkung bei dem Nebenschlußgenerator mit stark abfallender Charakteristik erzielt. Um die Pufferwirkung zu verbessern, bzw. zu ermöglichen, werden selbsttätige Zusatzmaschinen, sog. Puffermaschinen, angeordnet. Die einfachste Art hiervon ist die Hauptschlußmaschine.

Die Puffermaschine, welche eine Hauptschlußmaschine ist, ist mit der Akkumulatorenbatterie hintereinandergeschaltet. Wenn der

mittlere Bedarf des Netzes gleich der mittleren Beanspruchung der Zentrale ist, muß die Hauptmaschine den Strom allein liefern. Dann ist der Akkumulator stromlos, ebenso die Puffermaschine. Wenn der Bedarf des Netzes die mittlere Generatorleistung übersteigt, so sinkt die Generatorspannung, und der Akkumulator entladet sich. Dadurch erhält die Puffermaschine Strom, ihre Magnete werden erregt, und die Maschine unterstützt die Akkumulatorspannung, so daß die Batterieentladung verstärkt wird. Bei geringer Belastung des Netzes steigt umgekehrt die Generatorspannung, die Batterie wird geladen, die Puffermaschine erhält Strom in umgekehrter Richtung, wird umpolarisiert und unterstützt das Netz beim Aufladen. Die Wirkung der Puffermaschine wird erst dadurch eingeleitet, daß die Netzspannung sinkt. Somit können bei dieser Schaltung nur Nebenschlußgeneratoren in der Zentrale verwendet werden.

Puffermaschine nach Jakob.

(Für fernstehende Puffermaschinen.)

Diese Schaltung wird bei der elektrisch betriebenen Hauptbahn Liverpool-Southport verwendet. Drehstrom von 7500 Volt wird in der Zentrale erzeugt und in vier Umformerstationen in Gleichstrom von 600 Volt umgeformt. Die Umformerstationen sind alle ohne Batterie. Zwischen ihnen befinden sich jedoch fünf Akkumulatorstationen nach der Schaltung von Jakob (Engl. Tudorgesellschaft). Außer von der gesondert erregten Wicklung (rechts) wird die Puffermaschine noch von dem Akkumulatorstrom erregt. Je nach der Netzbelastung unterstützt dieses Feld das andere oder wirkt ihm entgegen. Der Akkumulator soll bei mittlerer Netzbelastung stromlos sein, seine Spannung muß bei mittlerer Belastung um den Betrag des Spannungsverlustes niedriger sein als die Generatorspannung. Selbst bei sehr großen Belastungsschwankungen wird die Summe der Spannungen von Akkumulator und Puffermaschine nicht höher als die Generatorspannung werden, somit besteht keine Gefahr, daß der Generator von Akkumulator und Puffermaschine angetrieben wird. Bei der erwähnten Anlage dient der Akkumulator nicht nur als Pufferbatterie bei auftretenden Stromstößen, sondern auch als Kapazitätsbatterie, indem morgens und abends bei starkem Betrieb die Batterie hinzugezogen wird. Zu den ruhigeren Tageszeiten dagegen kann sie geladen werden.

Highfield-Puffermaschine.

Diese Schaltung wird in England und Amerika häufig verwendet. Hier sitzt die Puffermaschine mit ihrer Erregermaschine

auf gemeinsamer Welle und wird von einem Motor von gleichbleibender Umdrehungszahl (im Schema fortgelassen) angetrieben. Die Erregermaschine hat Nebenschlußerregung und besitzt eine unveränderliche Spannung. Die Magnetwicklung der Puffermaschine ist mit der Erregermaschine hintereinander an die Klemmen der Pufferbatterie angeschlossen, während die Puffermaschine mit den Akkumulatoren in Serie liegt. Bei mittlerer Belastung der Anlage wird die Batteriespannung von der Erregermaschine ausbalanciert, so daß die Puffermaschine unerregt ist. Bei größerem Strombedarf muß der Akkumulator entladen werden, seine Spannung sinkt, und da die Spannung der Erregermaschine konstant ist, überwiegt dieselbe und sendet einen Strom durch die Magnetwicklung der Puffermaschine, wodurch diese in einem solchen Sinne erregt wird, daß sie die Akkumulatortension unterstützt. Ist der Strombedarf kleiner als die mittlere Leistung, so wird der Akkumulator geladen, seine Spannung ist dann höher als die der Erregermaschine, wodurch die Stromrichtung im Felde der Puffermaschine umkehrt, so daß sie unpolarisiert wird und Strom im Sinne der Ladung abgibt.

Highfield-Puffermaschine mit Hilfswicklung.

Bei den in der Praxis ausgeführten Puffermaschinen verwendet Highfield noch eine Hilfswicklung, durch welche eine Abzweigung des Hauptstromes geht. Hierdurch wird die Pufferwicklung, wie leicht ersichtlich, noch vermehrt.

Pirani-Puffermaschine.

Die Puffermaschine liegt in der Akkumulatorenleitung. Sie hat zwei Erregerwicklungen, wovon die eine parallel mit der Batterie liegt, und die andere von dem Strom der Strecke durchflossen wird. Beide Felder wirken einander entgegengesetzt und sind so ausgeglichen, daß die Puffermaschine spannungslos ist, wenn der Hauptgenerator den Strom für den mittleren Bedarf der Strecke leistet. Wird der Bedarf der Strecke größer, so überwiegt diejenige Wicklung, die vom Hauptstrom durchflossen wird, und die Puffermaschine erzeugt Spannung im Sinne des Akkumulators, der sich somit entladen kann. Bei kleinem Strombedarf auf der Strecke dagegen kehrt die Puffermaschine ihre Polarität um und unterstützt den Generator im Laden der Batterie.

Pirani-Puffermaschine mit besonderem Erregergenerator.

(Ausgeführt in Remscheid.)

Hier ist eine besondere Erregermaschine mit der Puffermaschine direkt gekuppelt. Die Erregermaschine trägt die beiden entgegen-

gesetzt erregten Felder (von der Batterie und vom Hauptstrom). Von ihren Klemmen wird das Feld der Puffermaschine erregt. Bei mittlerem Bedarf der Strecke ist die Erregermaschine und die Puffermaschine spannungslos. Arbeitsmotor, Puffermaschine und Erregermaschine sitzen auf einer Welle. Die letztere Maschine ist sehr klein; für die Hauptstromwicklung braucht man nur wenige Windungen anzuwenden, und man hat einen geringen Verlust. — Die Pirani-Puffermaschine wird auch bei Dreileiterschaltung verwendet.

Tafel 27.

Schaltungsschema des Kraftwerkes der Rheinuferbahn Köln—Bonn.

(1000 Volt Gleichstrom.)

Die Zentrale hat zwei Nebenschlußgeneratoren mit Wendepolen, der eine davon dient als Reserve. Parallel zu dem Generator liegt die Pufferbatterie. Durch Puffermaschinen, System Pirani (s. Tafel 26), wird die Spannung zwischen den Hauptsammelschienen konstant gehalten. Die Puffermaschine wird von einem Nebenschlußmotor von 1000 Volt mit Wendepolen angetrieben, sie hat einen besonderen Erregergenerator von 1 KW. Dieser Erregergenerator hat eine Feldwicklung, die von einem Teil des Netzstromes durchflossen wird, und eine andere Wicklung, die von einer kleinen Batterie mit konstanter Spannung erregt wird. Bei mittlerem Bedarf der Strecke ist der Erregergenerator und somit auch die Puffermaschine spannungslos. Der Vorteil dieser selbsttätigen Regelung ist, daß die vorgeschriebene Fahrgeschwindigkeit der Wagen auch bei großer Belastung des Netzes erreicht werden kann. Ferner wird der Stromverbrauch und der Leitungsverlust verkleinert, indem ohne Pufferwirkung bei niedriger Spannung länger mit Strom gefahren werden müßte.

Der Puffergenerator ist als Doppelmaschine mit zwei Ankerwicklungen und zwei Kommutatoren ausgebildet und kann parallel oder in Serie geschaltet werden, so daß er auch als Lademaschine für erhöhte Spannung verwendbar ist.

Der Betrieb als Puffermaschine in Parallelschaltung ist auf der Tafel in dem Schema links oben dargestellt. Bei Verwendung mit Hintereinanderschaltung der beiden Ankerwicklungen als Zusatzmaschine zum Aufladen der Batterie ist die Schaltung wie oben rechts auf der Tafel gezeigt.

Die Strecke besitzt Fernbatterien, die durch Speiseleitungen und zwei Zusatzaggregate mit Strom versorgt werden. Die Zusatz-

maschinen sind als Doppelgeneratoren mit je einem Motor ausgeführt, so daß man beide in Reihe oder parallel schalten kann. Dies hat den Zweck, die Fernbatterie ab und zu überladen zu können. Alle Zusatzgeneratoren werden von der früher erwähnten kleinen Batterie (in Schema mit E bezeichnet) erregt, um eine Umpolarisierung sicher zu vermeiden.

Die Schaltanordnung für die Stromverteilung ermöglicht viele Kombinationen. Die Fahrleitungen für sich, sowie die Speiseleitungen für sich können mit oder ohne Zusatzmaschinen betrieben werden, und zwar getrennt in beiden Richtungen vom Kraftwerk oder auch zusammengelegt. Die Fahr- und Speiseleitungen können parallel gelegt werden, was bei schwachem Betrieb vorteilhaft sein kann. Die ganze Bahnstrecke läßt sich innerhalb des Kraftwerkes in vier getrennte Abschnitte zerlegen. Hierdurch lassen sich Betriebsstörungen bei Leitungsbrüchen lokalisieren. Fünf Zähler ermöglichen die dauernde Kontrolle des Arbeitsverbrauches und der nutzbaren Leistung des ganzen Systems.

Tafel 28.

Schaltungsschema der Fahrdraht- und Speiseleitungen der Bahn Schaffhausen—Schleitheim.

Der als Doppelleitung ausgeführte Fahrdraht ist in sieben Sektionen geteilt. Wie die Schemata zeigen, kann durch Streckenschalter und Verstärkungsleitung jede Sektion stromlos gemacht werden ohne den Betrieb auf den übrigen Strecken zu stören. Auf Tafel 22 ist das Schema einer Umformerstation dieser Anlage schon gezeigt.

Leistungsplan der Lokalbahn Tabor—Bechyne.

Siehe Beschreibung zu Tafel 24.

Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Anfahrzeit für verschiedene Bahnen.

Aus diesen Kurven ist die Anfahrbeschleunigung $\frac{dv}{dt}$ für verschiedene Bahnen zu ermitteln. Dieselbe geht von etwa 0,5 km/St. Sek. bei den Akkumulatorwagen bis etwa 3 km/St. Sek. auf der Schwebebahn Elberfeld-Barmen. Fast den gleichen Wert erreichen die Hochbahnen in Chicago und Berlin.

Tafel 29.

Die Tafel zeigt verschiedene Konstruktionsteile von der Oberleitungsanlage und zwar

1. Keilverschlußdrahthalter für Profildraht.
2. Streckenunterbrecher oder -isolator.
3. Gittermast und Rohrmast mit Auslegern, wie sie bei Lokal- und Vorortbahnen gebräuchlich sind.
4. Holzmast amerikanischer Bauart mit Ausleger aus Eisenkonstruktion.
5. Isolierende und elastische Aufhängung des Fahrdrabtes an einem Ausleger.

6. Abspannvorrichtung der Querdrähte im Simplontunnel: — Der den Querdraht tragende Kugelisolator ist mittels Bügels an einer Ringschraube befestigt, deren halbkugelförmige Mutter in dem eigenartig geformten aus Bronze hergestellten Mauerhaken befestigt ist. Der Mauerhaken ist in die Seitenwand des Tunnels einzementiert. Jeder Querdraht trägt 4 Kontaktdrähte (2 pro Pol, s. Tafel 21). Die Entfernung der Querdrähte ist auf gerader Strecke 25 m in Kurven 12,5 m.

Tafel 30.

Stromzuführung mittels dritter Schiene.

1. Schlitzkanal in London.

Wenn aus praktischen oder ästhetischen Gründen die Oberleitung nicht verwendbar ist, muß eine Stromzuführung von unten angeordnet werden. Für belebte Straßen kommt in diesem Fall fast ausschließlich die Zuführung mittels Schlitzkanal in Betracht. Auf der Tafel ist eine Ausführung gezeigt, wie sie für die städtischen Straßenbahnen von London gewählt worden ist. Die erste Strecke dieser Bahn wurde 1903 in Betrieb genommen. Die erste Figur zeigt die gußeisernen Joche, welche in ca. 1,15 m Entfernung voneinander stehen, und ihre Verbindung mit den Fahrschienen und den Schlitzschienen. Die zweite und die dritte Figur zeigen die Isolatoren mit ihrer Befestigung an den Schlitzschienen und an den Kontaktschienen. Für die Isolatoren sind seitliche Aussparungen in dem Betonkanal vorgesehen; dieselben sind durch Deckel zugänglich abgeschlossen. Auf je 4 Joche kommt ein Isolator, so daß der Abstand derselben ca. 4,6 m beträgt. In der untersten Figur ist endlich ein horizontaler Schnitt durch den Kanal gezeigt.

2. Dritte Schiene und Kontaktschuh der Wilkesbarre-Hazleton-Eisenbahn.

Für Bahnen mit eigenem Bahnkörper kann eine oberirdische, isoliert verlegte, stromführende Schiene angewendet werden. Die Tafel zeigt eine gegen Schnee und Schloße durch Holzverkleidung geschützte dritte Schiene der im Jahre 1903 gebauten Eisenbahn Wilkesbarre-Hazleton in Pennsylvania. Die Stromschiene hat ca. 18 m Baulänge und ruht auf 6 glasierten Tonisolatoren. Der Kontaktschuh hat eine spezielle, der Holzverkleidung angepaßte Form.

3. Dritte Schiene der New-York-Zentral-Eisenbahn.

Die Kontaktschiene ist auf je 3,35 m durch eiserne Böcke gehalten. Sie wird durch zweiteilige, isolierende Klötze, welche durch besondere Bügel an die Böcke festgeschraubt werden, umfaßt. Zwischen den Befestigungsstellen ist der obere Teil der Schiene mit Holz umkleidet. Der Kontakt erfolgt, behufs besseren Schutzes der Schiene gegen Schnee und Schloße sowie gegen Berührung, von unten.

4. Dritte Schiene der Freiburg-Murten-Ins-Bahn.

Die Schiene ruht alle 4 m auf Ambroinisolatoren, die auf einem gußeisernen Sockel aufgedreht sind und oben eine gußeiserne Kappe tragen. Die Kappe besitzt oben Nasen, welche über den Schienenfuß greifen. Damit die Schwelle beim Durchfahren des Zuges sich etwas einsenken kann, ohne daß auf den Ambroinisolator Zug kommt, muß die Schiene unter den Nasen etwas Spiel haben. Zum Schutz gegen Berührung und Beschädigung ist die Schiene seitlich durch Bretter verschalt.

Tafel 31.

Ventile der Westinghouse Luftdruck-Bremse.

Die von dem Kompressor erzeugte Pressluft wird in einem Hauptpreßluftbehälter angesammelt. Der Überdruck in dem Hauptpreßluftbehälter beträgt ca. sechs Atmosphären. In der Zugleitung und den Hilfsbehältern ist der Druck normalerweise ca. $4\frac{1}{2}$ Atmosphären.

Der Hauptpreßluftbehälter braucht sich nur auf dem Wagen zu befinden, wo der Zug- oder Wagenführer seinen Stand hat. Hilfsbehälter müssen dagegen auf sämtlichen Wagen, die gebremst werden sollen, angebracht werden. Diese Hilfsbehälter stehen für gewöhnlich mit der Zugleitung in Verbindung und werden durch dieselbe mit Luft gefüllt.

Durch die Anbringung der Hilfsbehälter wird erreicht, daß die Bremsen für alle Wagen gleichzeitig einsetzen. Würde man Druckluft von einem gemeinschaftlichen Behälter auf alle Wagen eines Zuges hinüberleiten, so würden die Wagen, die am weitesten entfernt sind, später gebremst werden als diejenigen, welche durch kurze Rohrleitungen mit dem Luftbehälter in Verbindung stehen.

Die Bremsen werden dadurch angezogen, daß Preßluft aus dem Hilfsbehälter in die Bremszylinder hineinfließt. Wird diese Preßluft aus den Zylindern herausgelassen, so treibt eine in dem Zylinder angebrachte Spiralfeder den Kolben zurück, und die Bremsen werden gelöst.

Das Trippleventil oder Funktionsventil, das in der Tafel links dargestellt ist, verbindet die Zugleitung, das Hilfsreservoir und die Bremszylinder und hat außerdem eine Ausströmung in die Atmosphäre.

1. Ladung des Hilfsbehälters.

Die Luft dringt durch die Zugleitung unter den Kolben des Trippleventils und hebt denselben in die Höhe, wodurch eine Nut in der Zylinderbüchse geöffnet wird. Die Luft strömt durch und zum Hilfsbehälter. In dieser Stellung des Ventilkolbens ist der Bremszylinder gegen die Atmosphäre geöffnet. Die Bremsen sind somit gelöst. Die Luft strömt aus der Zugleitung in das Hilfsreservoir so lange, bis der Druck sich ausgeglichen hat, dann ist das Ventil balanciert.

2. Anziehen der Bremsen.

Um die Bremsen für ein normales Halten zu betätigen, wird mit Hilfe des Führer-Bremsventils, das in der Tafel rechts abgebildet ist, der Druck in der Zugleitung allmählich reduziert. Man läßt beispielsweise durch einmaliges Öffnen und wieder Schließen der Ausströmung aus der Zugleitung den Druck um ca. $\frac{1}{3}$ Atmosphäre hinken. Hierdurch wird der Kolben, der mit der Zugleitung in Verbindung stehenden Trippleventile durch den Überdruck von dem Hilfsreservoir nach unten bewegt. Der Kolben schneidet hierbei die Verbindung zwischen Zugleitung und Hilfsbehälter ab, so daß die Luft nicht aus dem letzteren in die erstere zurückfließen kann. Mit dem Kolben fest verbunden ist ein kleines, in den Schieber eingreifendes Ventil. Während der Schieber einen Spielraum hat und deshalb nicht sofort von dem Kolben mitgenommen wird, wird das kleine Ventil sofort mitgenommen, und daher von seinem Sitz abgehoben, wodurch eine Verbindung durch eine im Schieber befindliche Bohrung durch den Schieber nach seinem Kanal zustande kommt. Wenn der Kolben sich weiterbewegt, nimmt er auch den Schieber mit, wodurch zuerst die Verbindung von dem Brems-

zylinder nach der Atmosphäre aufgehoben wird. Die Bewegung des Kolbens wird dadurch begrenzt, daß der an seiner unteren Seite angebrachte Zapfen gegen einen Bolzen anschlägt. Dieser Bolzen wird durch eine Spiralfeder mit einiger Nachgiebigkeit gehalten. In dieser Stellung hat der Schieber die Öffnung hergestellt zwischen dem Hilfsbehälter und dem Bremszylinder, die Bremsen werden daher angezogen. Wenn nun durch die Expansion in die Bremszylinder der Druck in dem Hilfsbehälter etwas kleiner wird als derjenige in der Zugleitung, so bewegt sich der Kolben wieder so viel zurück, daß das kleine Ventil in dem Schieber zum Aufsitzen kommt. Hierdurch hört die Luftströmung zu den Bremszylindern auf, und durch Luftentweichung aus denselben wird die Bremswirkung etwas zurückgehen. Man macht dann eine neue Druckreduktion in der Zugleitung, wodurch wieder Luft nach dem Bremszylinder entweicht, dies wird wiederholt, bis der Zug zum Stillstand kommt. Um die Bremsen wieder zu lösen, wird Luft in die Zugleitung eingelassen, wie unter „Ladung des Hilfsbehälters“ beschrieben.

3. Schnelles Bremsen zur Verhinderung von Unglücksfällen (Notbremsung).

Bei dieser Anwendung der Bremse wird mit einem Male eine starke Reduktion des Druckes in der Zugleitung vorgenommen. Der Ventilkolben wird dann so kräftig nach unten gedrückt, daß der Anschlagstift mit der Spiralfeder nach unten gedrückt wird. Hierbei wird die Ausströmung von dem oberen Raume des Ventils nach dem Bremszylinder direkt geöffnet, und die Luft fließt schnell aus dem Hilfsbehälter in dem Bremszylinder.

Das Führer-Bremsventil dient dazu, um von dem Führerstande aus alle Bremsen des Zuges zu betätigen. Das Führerbremsventil dient zur Verbindung des Hauptluftbehälters mit der Zugleitung und zur Verbindung der Zugleitung mit der Atmosphäre.

Die Verbindung der Zugleitung mit der Atmosphäre erfolgt durch ein Ventil, das mittels des Handgriffes auf seinem Sitz gehalten wird. Die Verbindung des Hauptluftbehälters mit der Zugleitung geschieht auf zwei Wegen, nämlich entweder durch den mit dem Handgriff in Verbindung stehenden Drehschieber oder durch das in diesen Schieber eingebaute Rückschlagventil.

Der Handgriff hat drei Stellungen:

1, Zugleitung und Hilfsbehälter werden geladen.

In dieser Stellung treffen wie in der Zeichnung die Öffnungen des Drehschiebers auf die Öffnungen im Ventilgehäuse, wodurch der Hauptluftbehälter mit der Zugleitung verbunden wird. Die Druck-

luft tritt in die Zugleitung ein, hebt die Kolben der Trippleventile und füllt die Hilfsluftbehälter.

2. Stellung während der Fahrt.

Bei dieser Stellung ist die Verbindung zwischen Hauptbehälter und Zugleitung durch den Drehschieber geschlossen, dagegen kann jetzt Luft aus dem ersteren in die letztere durch das Rückschlagventil strömen. Das Rückschlagventil wird auf seinem Sitz mittels einer Feder gehalten, die so eingestellt ist, daß die Luft erst durchgelassen wird, wenn der Überdruck im Hauptbehälter ca. 1 Atmosphäre beträgt gegen den Druck in der Zugleitung. Hierdurch wird eine etwaige Luftentweichung aus der Zugleitung während der Fahrt ersetzt.

3. Bremsstellung.

Bewegt man den Handgriff weiter nach rechts, so wird jede Verbindung zwischen Hauptbehälter und Zugleitung geschlossen, dagegen wird der Federdruck auf das Auslaßventil so viel abgeschwächt, daß die Luft aus der Zugleitung entweichen kann, wodurch die Bremse, wie erklärt, in Tätigkeit tritt. Wird der Handgriff ganz hinüber in die Stellung 3 geführt, so entweicht die Luft sehr schnell, und es tritt die Notbremsung ein.

Man sieht, daß diese Bremse in Funktion tritt beim Zerreißen des Zuges, indem die Zugleitung dann auch zerreißt. Die Bremse ist also selbsttätig. Außerdem kann die Bremse durch Anbringung eines Hahnes an der Zugleitung von irgend einem Punkte aus in Tätigkeit gesetzt werden.

Die Wechselstromtechnik. Herausgegeben von **E. Arnold**, Professor und Direktor des Elektrotechnischen Instituts der Großherzoglichen Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe. In fünf Bänden.

Erster Band: Theorie der Wechselströme und Transformatoren. Von **J. L. la Cour**. Mit 263 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Zweiter Band: Die Transformatoren. Von **E. Arnold** und **J. L. la Cour**. Mit 335 Textfiguren und 3 Tafeln. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Dritter Band: Die Wicklungen der Wechselstrommaschinen. Von **E. Arnold**. Mit 426 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Vierter Band: Die synchronen Wechselstrommaschinen. Von **E. Arnold** und **J. L. la Cour**. Mit 514 Textfiguren und 13 Tafeln. In Leinwand geb. Preis M. 20,—.

In Vorbereitung befindet sich:

Fünfter Band: Die asynchronen Wechselstrommaschinen. Von **E. Arnold** und **J. L. la Cour**.

Die Gleichstrommaschine. Theorie, Konstruktion, Berechnung, Untersuchung und Arbeitsweise derselben. Von **E. Arnold**, Professor und Direktor des Elektrotechnischen Instituts der Großherzoglichen Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe. In zwei Bänden.

Erster Band: Theorie und Untersuchung. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 593 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 16,—.

Zweiter Band: Konstruktion, Berechnung, Untersuchung und Arbeitsweise der Gleichstrommaschine. Zweite Auflage befindet sich unter der Presse.

Elektromotoren für Gleichstrom. Von Dr. **G. Roeßler**, Professor an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 49 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 4,—.

Elektromotoren für Wechselstrom und Drehstrom. Von Dr. **G. Roeßler**, Professor an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 89 Textfiguren. Zweite Auflage in Vorbereitung.

Die Fernleitung von Wechselströmen. Von Dr. **G. Roeßler**, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in Danzig. Mit 60 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 7,—.

Motoren für Gleich- und Drehstrom. Von **H. M. Hobart**, B. Sc. M. I. E. E. Mem. A. I. E. E. Deutsche Bearbeitung. Übersetzt von **Franklin Punga**. Mit 425 Textfiguren. In Lwd. geb. Preis M. 10,—.

Die Bahnmotoren für Gleichstrom. Ihre Wirkungsweise, Bauart und Behandlung. Ein Handbuch für Bahntechniker von **H. Müller**, Oberingenieur der Westinghouse - Elektrizitäts - Aktiengesellschaft, und **W. Mattersdorff**, Abteilungsvorstand der Allgemeinen Elektrizitäts - Gesellschaft. Mit 231 Textfiguren und 11 lithogr. Tafeln, sowie einer Übersicht der ausgeführten Typen. In Leinwand geb. Preis M. 15,—.

Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom. Von **Gisbert Kapp**. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 255 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Asynchrone Generatoren für ein- und mehrphasige Wechselströme. Ihre Theorie und Wirkungsweise. Von **Cl. Feldmann**, Ingenieur und Privatdozent an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 50 Textfiguren. Preis M. 3,—.

Der Drehstrommotor. Ein Handbuch für Studium und Praxis. Von **J. Heubach**, Chef-Ingenieur. Mit 163 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 10,—.

Über die Entwicklungsmöglichkeiten des Induktionsmotors für Einphasen-Wechselstrom. Von Dr.-Ing. **R. v. Koch**. Mit 49 Textfiguren. Preis M. 2,60.

Die Arbeitsweise der Wechselstrommaschinen. Für Physiker, Maschineningenieure und Studenten der Elektrotechnik. Von **Fritz Emde**. Mit 32 Textfiguren. Preis M. 2,40; in Leinwand geb. M. 3,—.

Die Prüfung von Gleichstrommaschinen in Laboratorien und Prüfräumen. Ein Hilfsbuch für Studierende und Praktiker von **C. Kinzbrunner**, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 249 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 9,—.

Transformatoren für Wechselstrom und Drehstrom. Eine Darstellung ihrer Theorie, Konstruktion und Anwendung. Von **Gisbert Kapp**. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 185 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 8,—.

Die elektrischen Wechselströme. Für Ingenieure und Studierende bearbeitet. Von **T. H. Blakesley**. Autorisierte Übersetzung von **Cl. Feldmann**. Mit 31 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 4,—.

Elektromechanische Konstruktionen. Eine Sammlung von Konstruktionsbeispielen und Berechnungen von Maschinen und Apparaten für Starkstrom. Zusammengestellt und erläutert von **Gisbert Kapp**. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 36 Tafeln und 114 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 20,—.

Elektromechanische Konstruktionselemente. Skizzen, herausgegeben von Dr. **G. Klingenberg**, Professor und Dozent an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin. Erscheint in Lieferungen zum Preise von je M. 2,40. Bisher sind erschienen: Lieferung 1, 2, 3, 4 (Apparate) und 6, 7 (Maschinen); Lieferung 5 erscheint im Herbst 1907. Jede Lieferung enthält 10 Blatt Skizzen in Folio.

Theorie und Berechnung elektrischer Leitungen. Von Dr.-Ing.

H. Gallusser, Ingenieur bei Brown, Boveri & Co., Baden (Schweiz), und Dipl.-Ing. M. Hausmann, Ingenieur bei der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin. Mit 145 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 5.—.

Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis.

Bearbeitet von J. Herzog, Vorstand der Abteilung für elektrische Beleuchtung, Ganz & Co., Budapest, und Cl. Feldmann, Privatdozent an der Großherzogl. Technischen Hochschule zu Darmstadt. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage in zwei Teilen.

Erster Teil: Strom- und Spannungsverteilung in Netzen. Mit 269 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Zweiter Teil: Die Dimensionierung der Leitungen. Mit 216 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Berechnung und Ausführung der Hochspannungs-Fernleitungen.

Von C. F. Holmboe, Elektroingenieur. Mit 61 Textfiguren. Preis M. 3.—.

Tabelle der prozentualen Spannungsverluste bei Gleich-, Ein- und Dreiphasenwechselstrom für die Querschnitte 1,5 bis 150 qmm.

Von F. Jesinghaus. Preis M. —,50.

Herstellung und Instandhaltung elektrischer Licht- und Kraftanlagen.

Ein Leitfaden auch für Nichttechniker unter Mitwirkung von Michalke verfaßt und herausgegeben von S. Frhr. v. Gaisberg. Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. In Leinwand geb. Preis M. 2,40.

Handbuch der elektrischen Beleuchtung.

Bearbeitet von Oberingenieur J. Herzog und Professor Cl. Feldmann. Mit ca. 650 Figuren. Dritte Auflage erscheint im Herbst 1907.

Der elektrische Lichtbogen bei Gleichstrom und Wechsel-

strom und seine Anwendungen. Von Berthold Monasch, Diplom-Ingenieur. Mit 141 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 9,—.

Die Akkumulatoren für Elektrizität.

Von Professor Dr. E. Hoppe. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit zahlreichen Textfiguren. Preis M. 8,—; in Leinwand geb. M. 9,—.

Die Isolierung elektrischer Maschinen.

Von H. W. Turner, Associate A. I. E. E. und H. M. Hobart, M. I. E. E., Mem. A. I. E. E. Deutsche Bearbeitung von A. von Königlów und R. Krause, Ingenieure. Mit 166 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 8,—.

Die künstlichen Kohlen für elektrotechnische und elektrochemische Zwecke,

ihre Herstellung und Prüfung. Von Dr. J. Zellner, Professor der Chemie an der Staatsgewerbeschule in Bielitz. Mit 102 Textfiguren. Preis M. 8,—; in Leinwand geb. M. 9,—.

Messungen an elektrischen Maschinen. Apparate, Instrumente, Methoden, Schaltungen. Von **R. Krause**, Ingenieur. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 172 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 5,—.

Elektrische und magnetische Messungen und Meßinstrumente. Von **H. S. Hallo** und **H. W. Land**. Eine freie Bearbeitung und Ergänzung des holländischen Werkes „Magnetische en Elektrische Metingen“ von **G. J. van Swaay**, Professor an der technischen Hochschule zu Delft. Mit 343 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 15,—.

Elektrotechnische Meßkunde. Von **A. Linker**, Ingenieur. Mit 385 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 10,—.

Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie. Vortrag von **H. A. Lorentz**, Professor an der Universität Leiden. Zweite, durchgesehene Auflage. Preis M. 1,50.

Die neueren Wandlungen der elektrischen Theorien, einschließlich der Elektronentheorie. Zwei Vorträge von **Dr. G. Holzmüller**. Mit 22 Textfiguren. Preis M. 3,—.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik, unter Mitwirkung einer Anzahl Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von **Dr. K. Strecker**, Geh. Postrat und Professor. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 675 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 14,—.

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Von **Dr. A. Thomälen**, Elektroingenieur. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 338 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von **Dr. G. Benischke**. Zweite, erweiterte Auflage von „Magnetismus und Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis“. Mit 489 Textfiguren. Preis M. 12,—; in Leinwand geb. M. 13,20.

Die drahtlose Telegraphie und ihr Einfluß auf den Wirtschaftsverkehr unter besonderer Berücksichtigung des Systems „Telefunken“. Mit einem Verzeichnis der Patente und Literaturangaben über drahtlose Telegraphie. Von **Dr. E. Nesper**, Diplom-Ingenieur. Mit 22 Textfiguren. Preis M. 3,—.

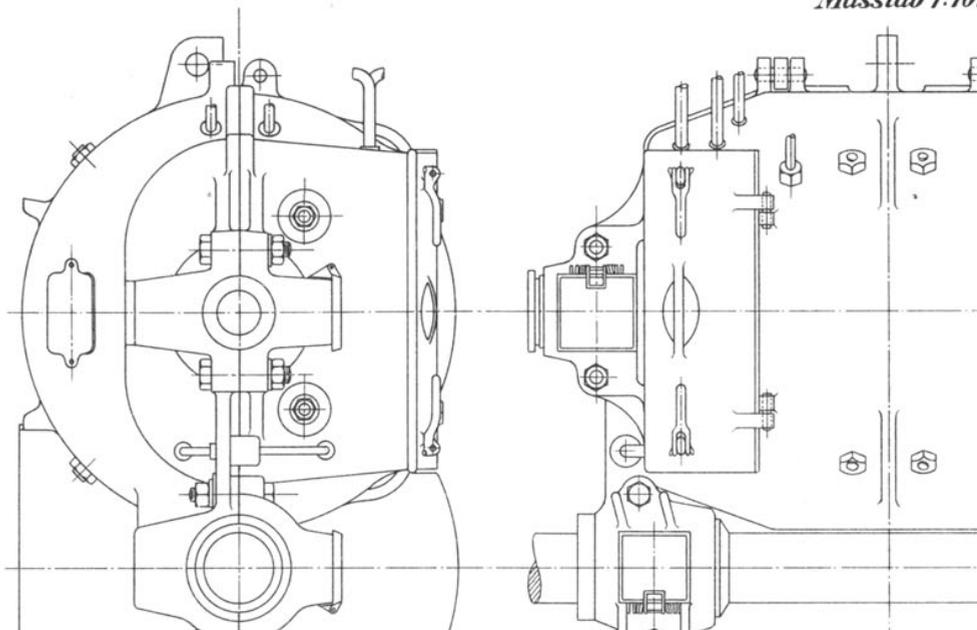
Telegraphie und Telephonie ohne Draht. Von **O. Jentsch**, Kaiserlicher Ober-Postinspektor. Mit 156 Textfiguren. Preis M. 5,—; in Leinwand geb. M. 6,—.

Einführung in die Differential- und Integralrechnung nebst Differentialgleichungen. Von **Dr. F. L. Kohlrausch**, Dozent der Ausbildungskurse am Kaiserlichen Telegraphen-Versuchsamt Berlin. Mit 100 Textfiguren und 200 Aufgaben. Preis M. 6,—; in Leinwand geb. M. 6,80.

Bragstad, Konstruktionen.

Bahnmotor der A.

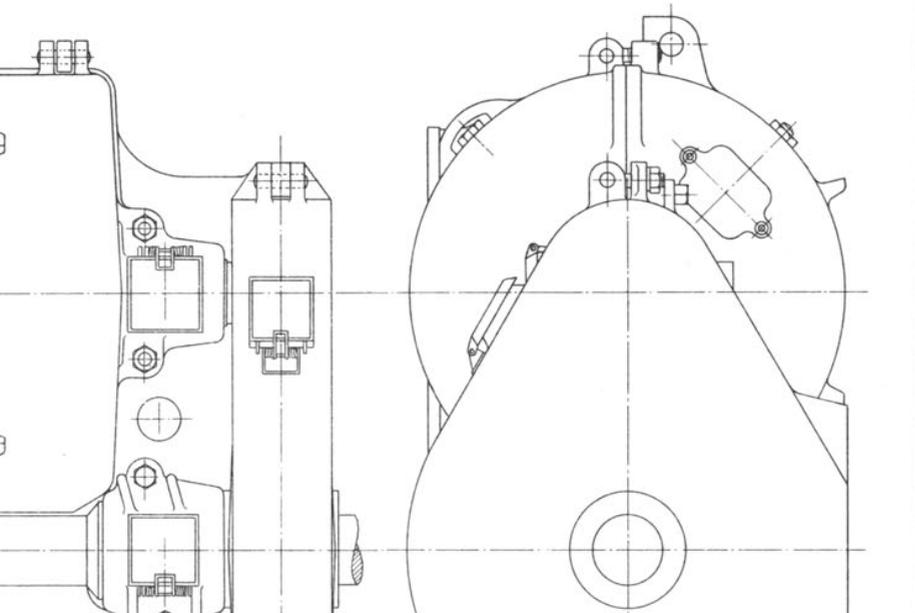
Masstab 1:10

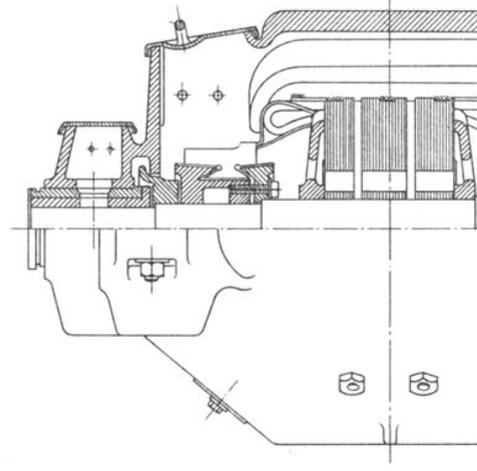
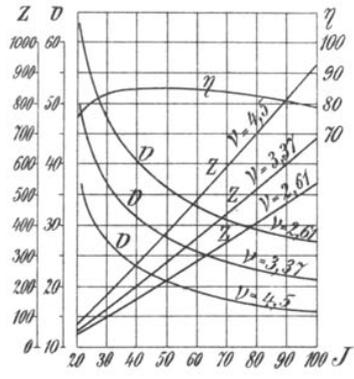
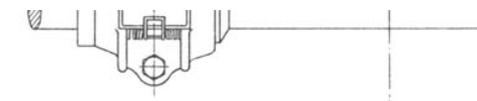
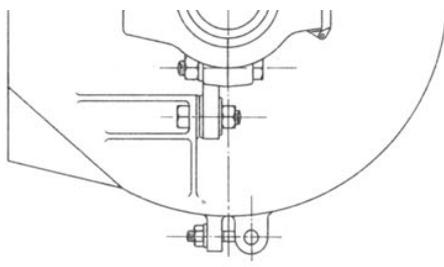


Tafel 1.

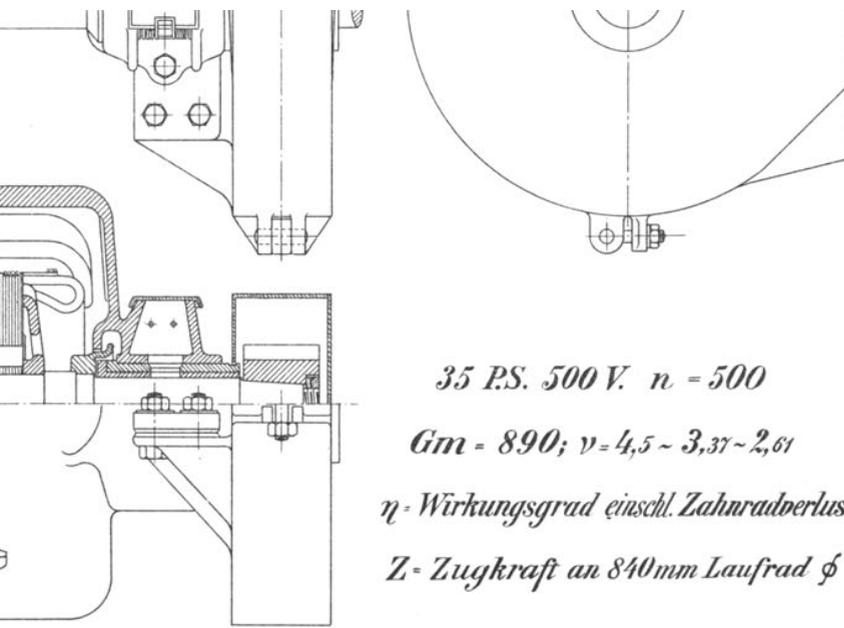
A. E. G. Berlin.

1:10.





Verlag von Julius Springer in Berlin.



35 PS. 500 V. $n = 500$

$Gm = 890$; $v = 4,5 \sim 3,37 \sim 2,61$

η - Wirkungsgrad einschl. Zahnradverlust.

Z - Zugkraft an 840mm Laufrad ϕ

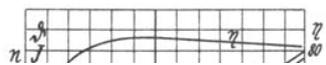
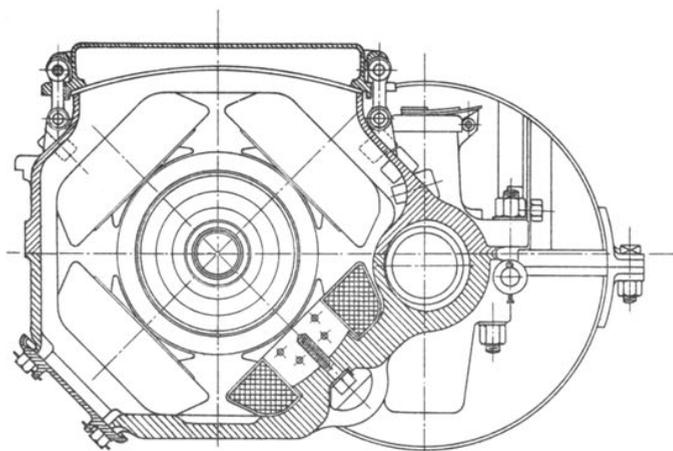
Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.

Motor der Berliner Hoch- und

60 PS. 750 Volt $n=800$ G

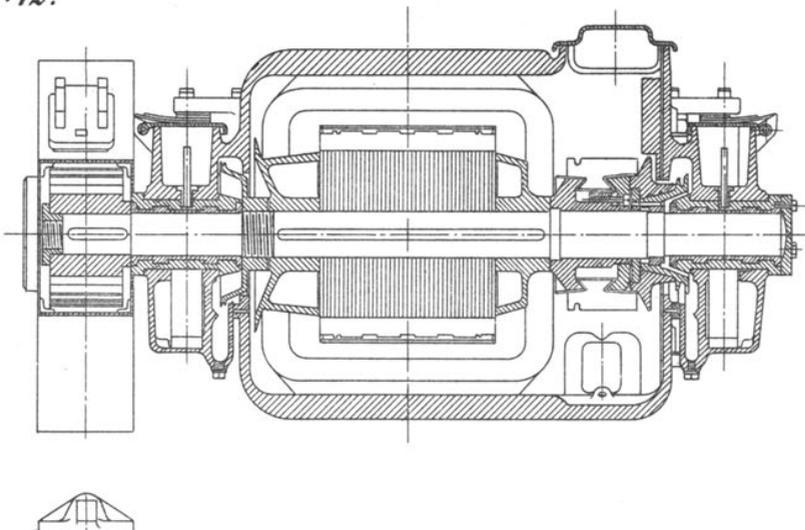
Masstab 1:12

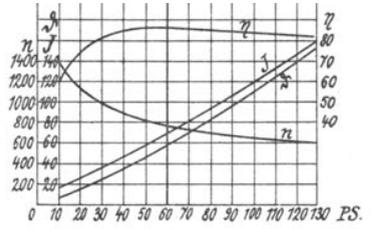
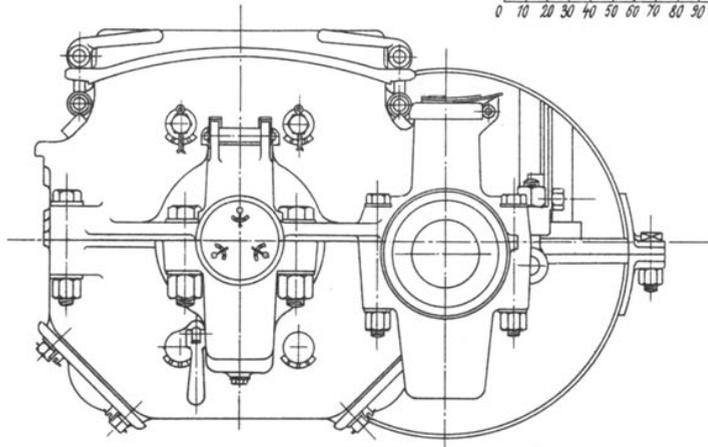


und Untergrundbahn.

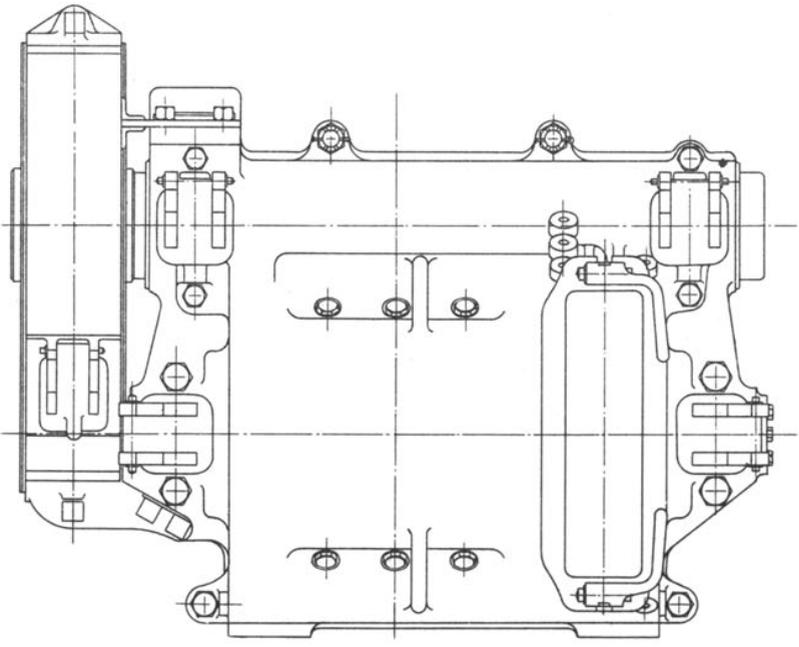
$G_m = 1575 \text{ kg}$ $v = 4,1$

1:12.





Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.

Bahnmotor der Siemens

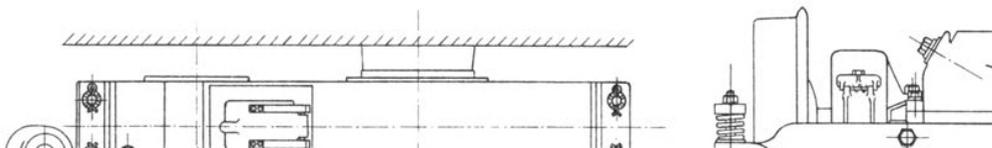
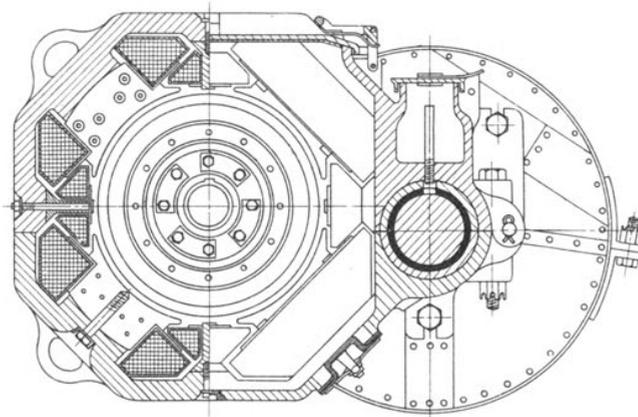
Rheinuferbahn Köln

Masstab 1:1

130 PS. 990 Vol

n = 700 $\nu = 3$

d = 950 s = 14



ms-Schuckertwerke

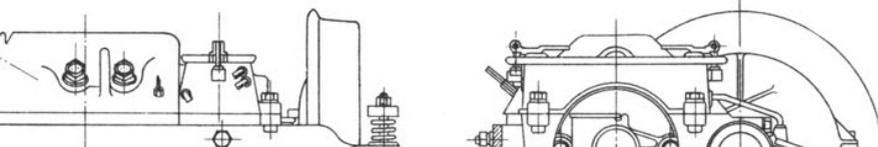
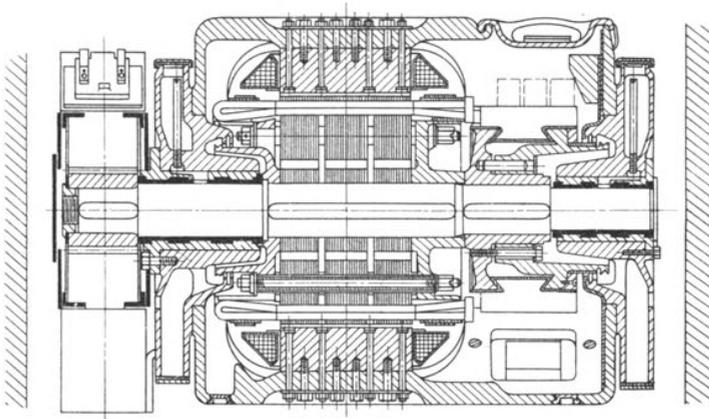
Köln - Bonn.

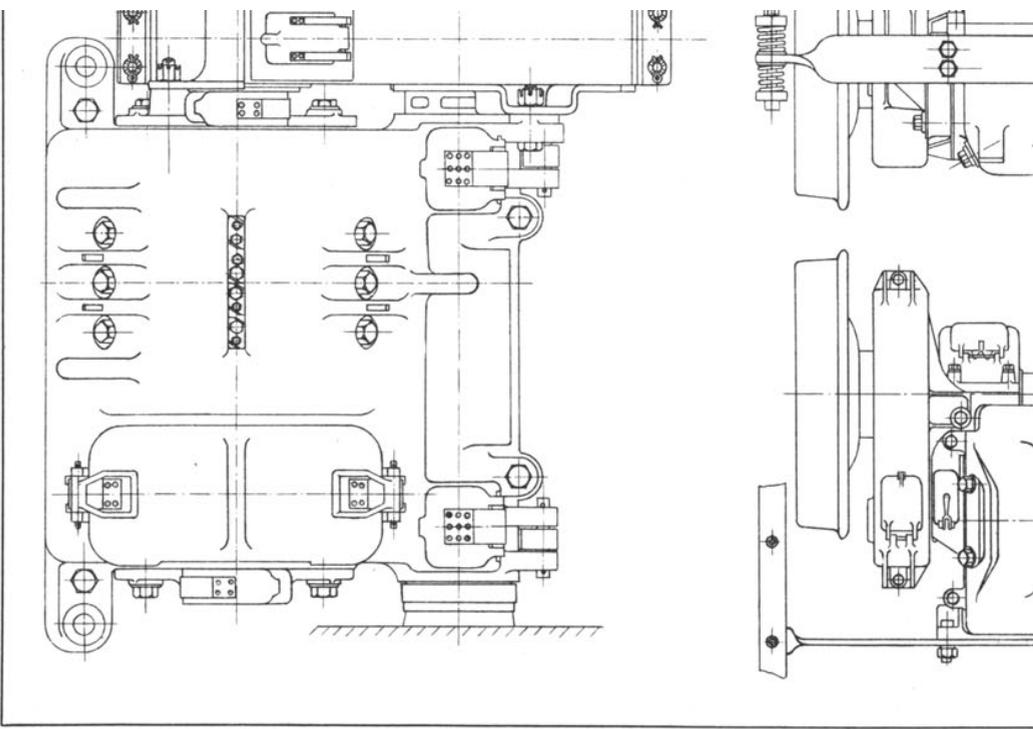
1:15.

0 Volt

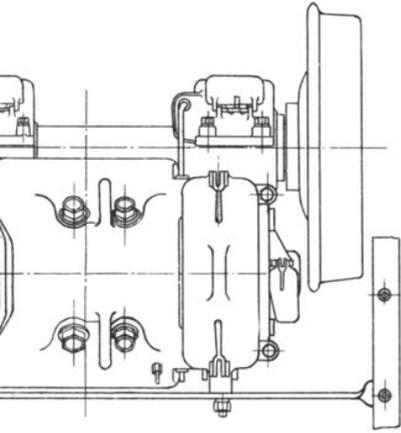
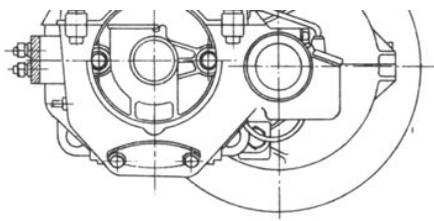
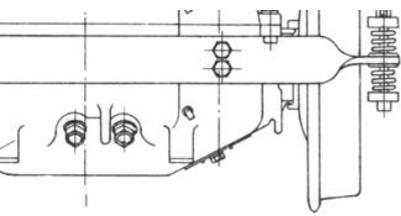
$\gamma = 3,1$

$\beta = 1/35$





Verlag von Julius Springer in Berlin.



*Motoraufhängung
der General Electric Co.*

Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

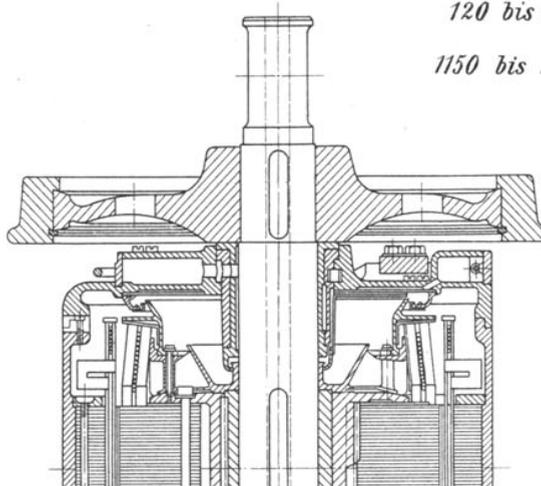
Bragstad, Konstruktionen.

Dreiphasenbahnmotor

Fahrt 250 PS; Anlaufen 750 PS.

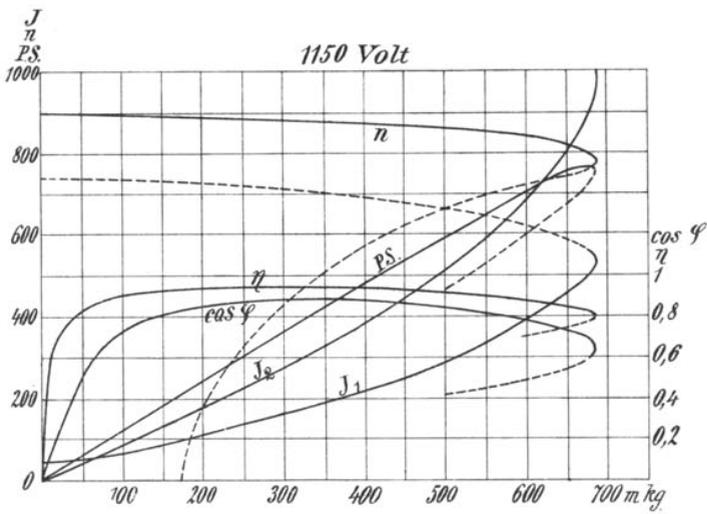
120 bis 280 Amp.

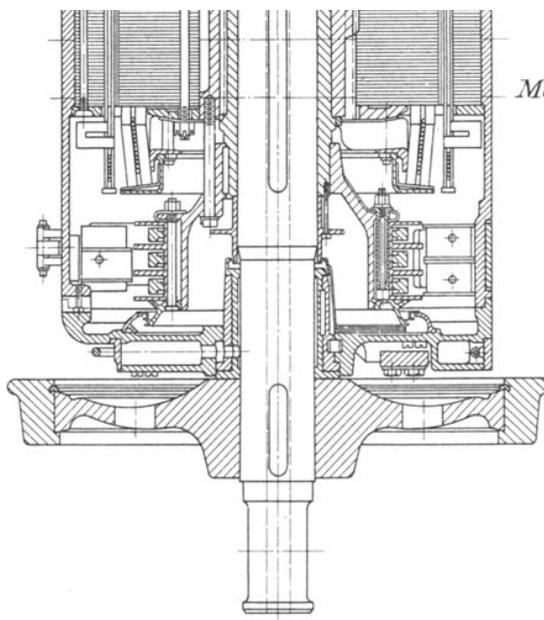
1150 bis 1850 Volt.



Fahrt:
250 PS.
120 Amp
1150 Volt

er v. Siemens & Halske.





Masstab 1:18.

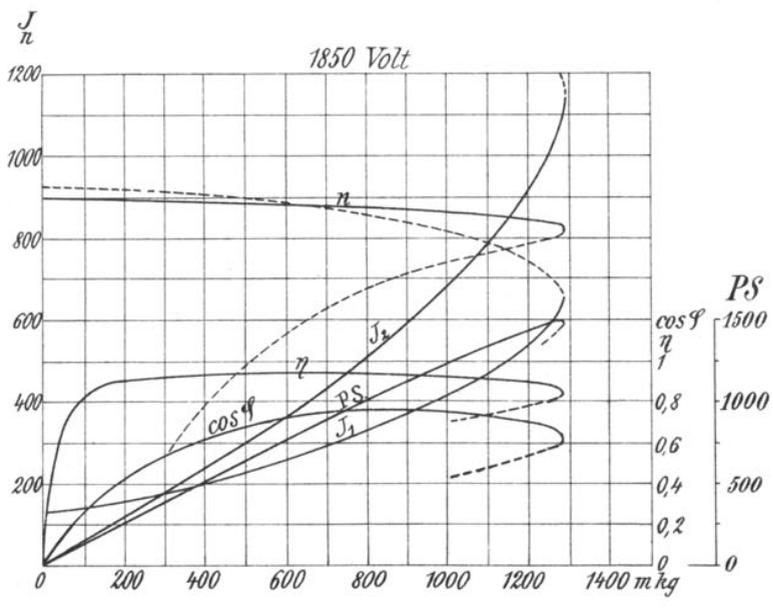
Anfahren:

750 PS.

280 Amp.

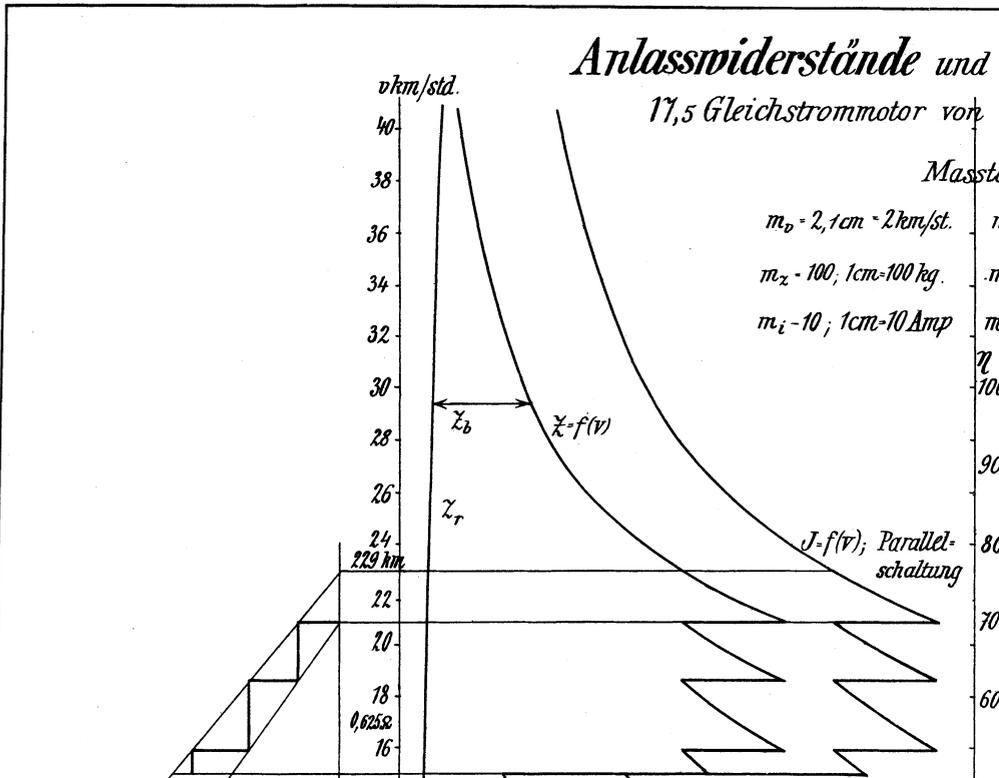
1850 Volt

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.



und Anfahrkurven.

von Westinghouse.

Massstäbe:

$m_\Omega = 0,5; 1\text{cm} = 0,5 \Omega$

$m_t = 6; 1\text{cm} = 6 \text{ sek.}$

$m_s = 0,06; 1\text{cm} = 0,06 \text{ km}$

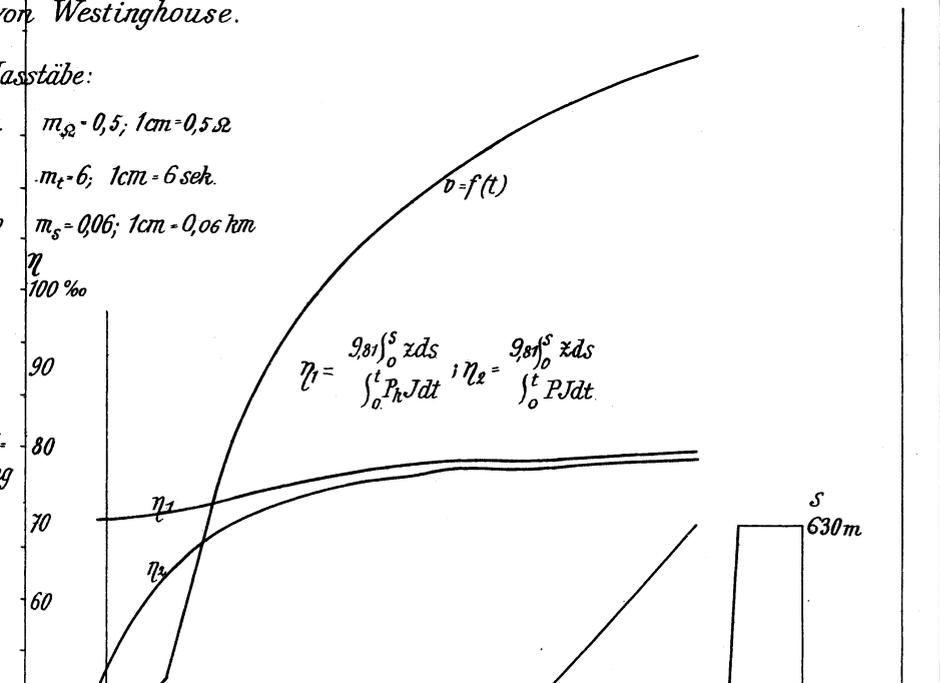
η
100 %
90
80
70
60

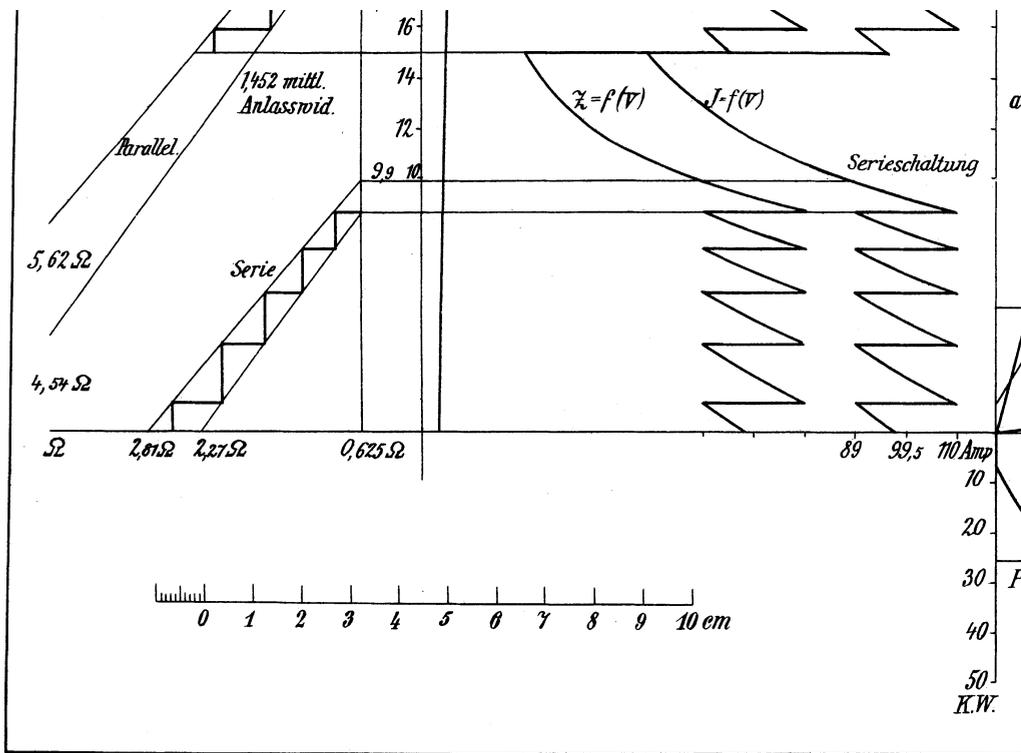
$v = f(t)$

$$\eta_1 = \frac{\int_0^s z ds}{\int_0^t P_h J dt} \quad ; \quad \eta_2 = \frac{\int_0^s z ds}{\int_0^t P J dt}$$

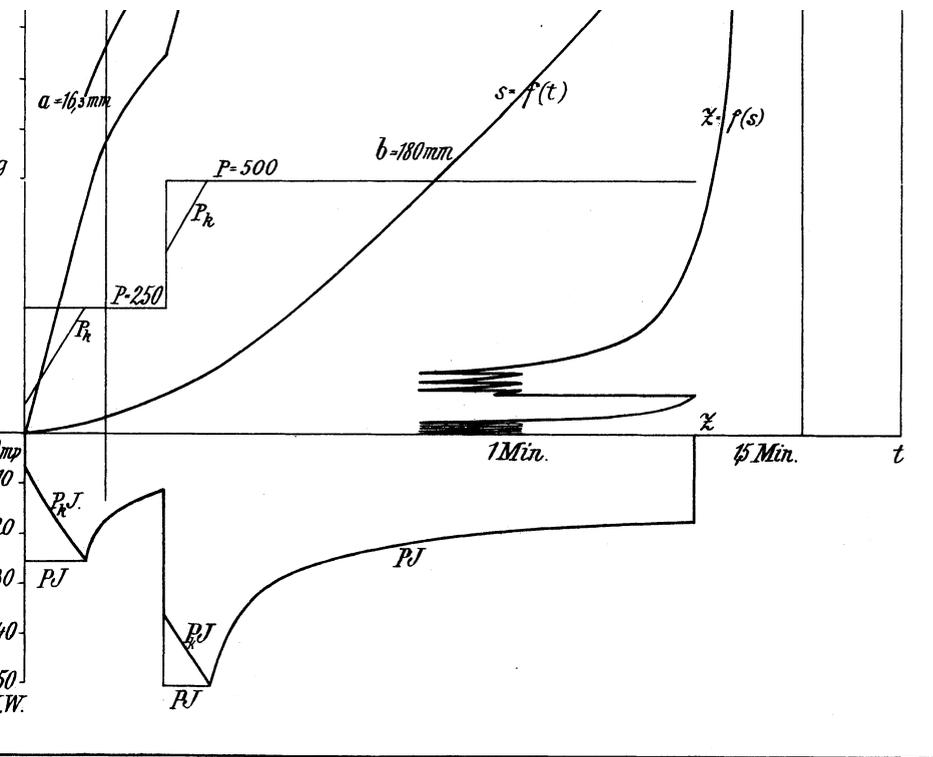
η_1
 η_2

s
630m





Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Fahrkurven eines Bahnmotors

17,5 KW; 500 Volt, 35 Amp. Dauer

$v = 64:18 = 3,56$; $2R = 33 = 0,84$; $G =$

$$\frac{dv}{dt_{\text{anl}}} = 0,388 \text{ m/sek}^2$$

$n = 2$ Wagen.

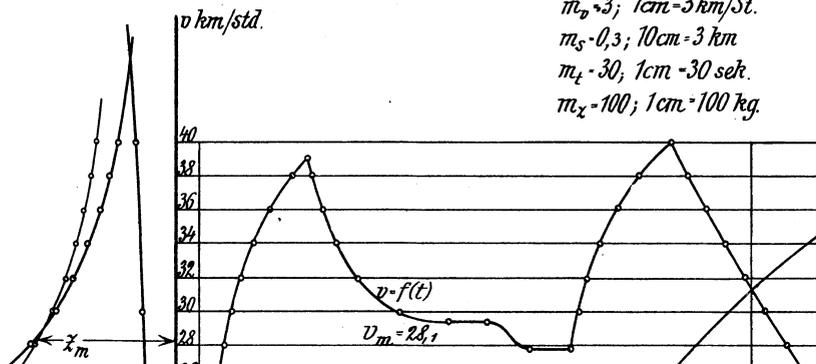
Masstäbe:

$m_v = 3$; $1 \text{ cm} = 3 \text{ km/St.}$

$m_s = 0,3$; $10 \text{ cm} = 3 \text{ km}$

$m_t = 30$; $1 \text{ cm} = 30 \text{ sek.}$

$m_x = 100$; $1 \text{ cm} = 100 \text{ kg.}$

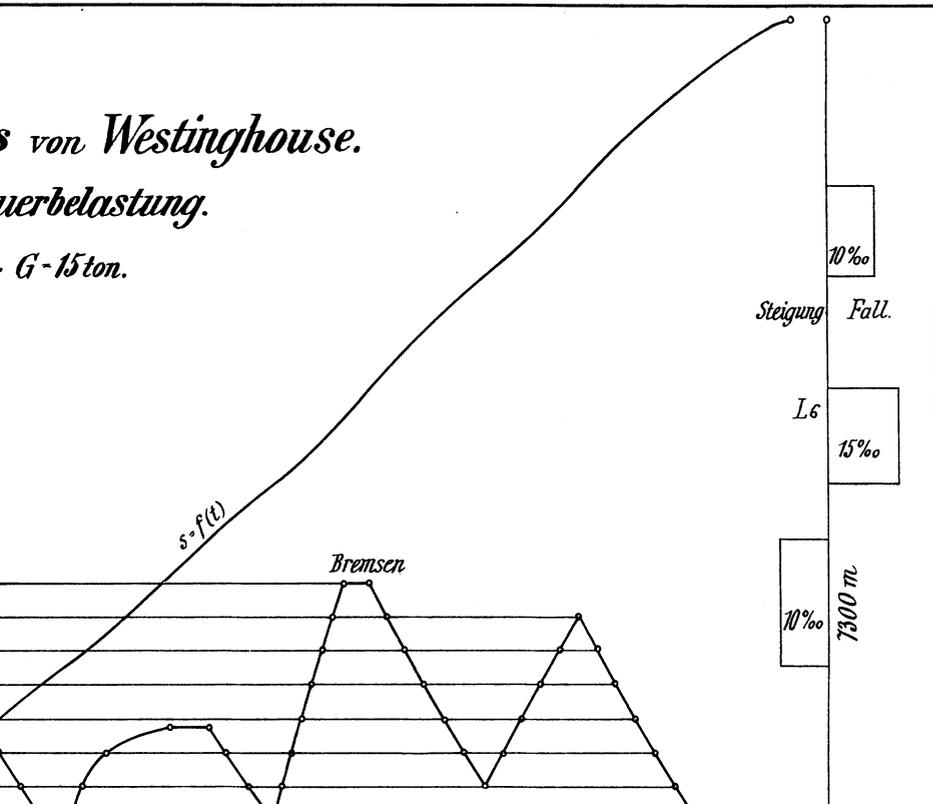


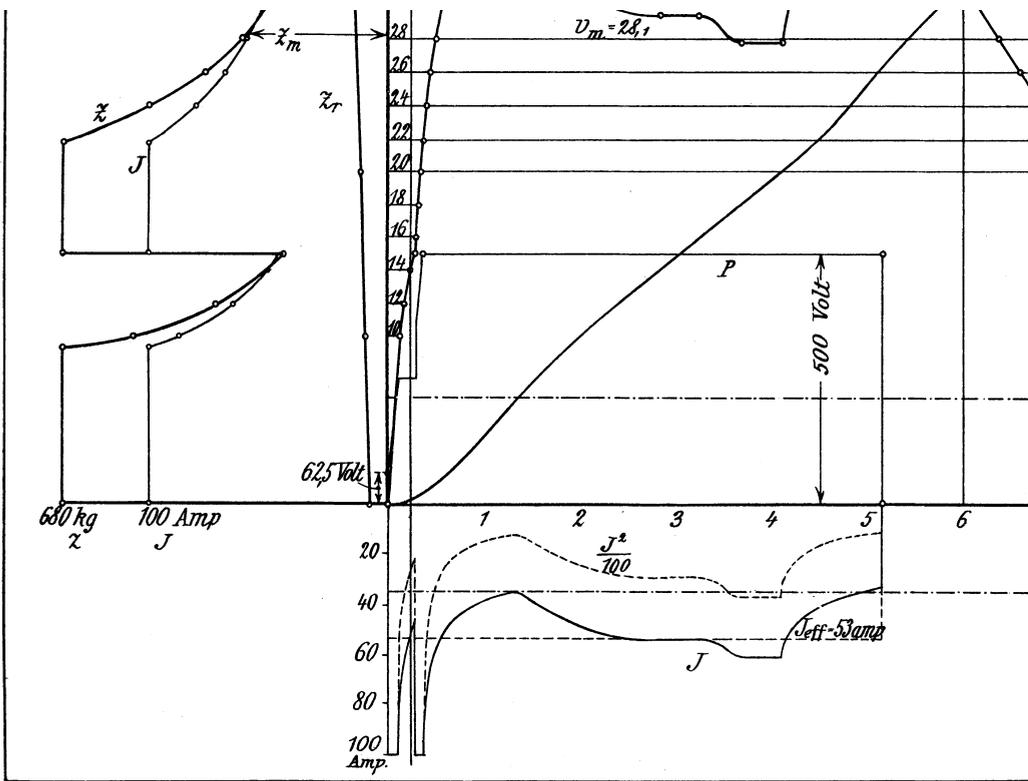
Tafel 6.

s von Westinghouse.

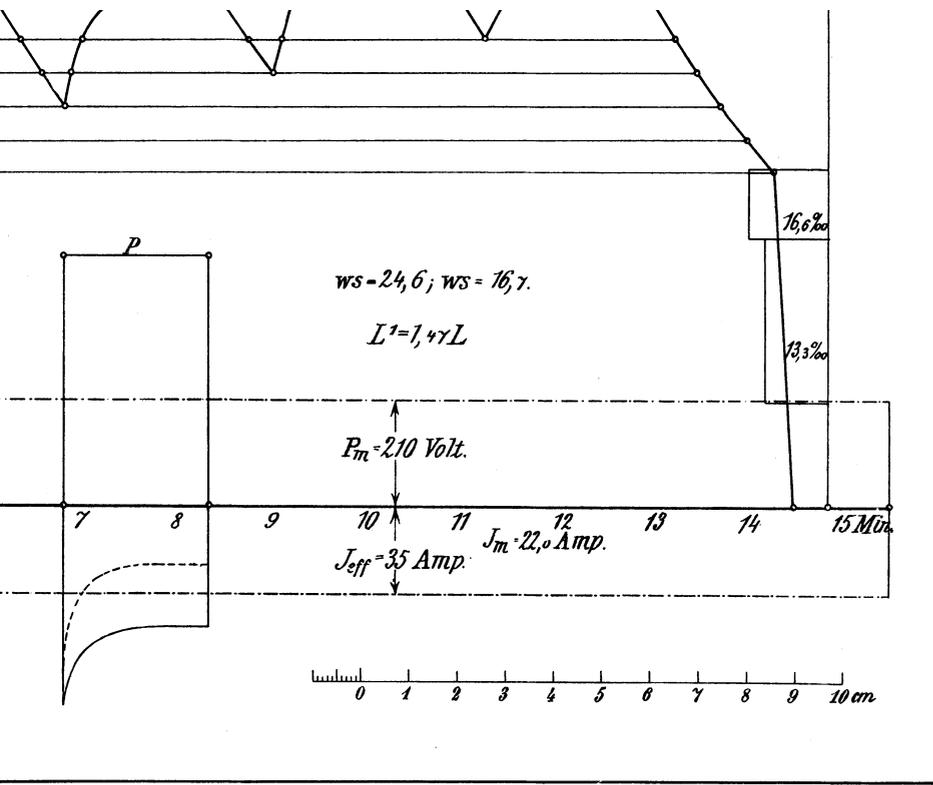
uerbelastung.

G - 15 ton.





Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

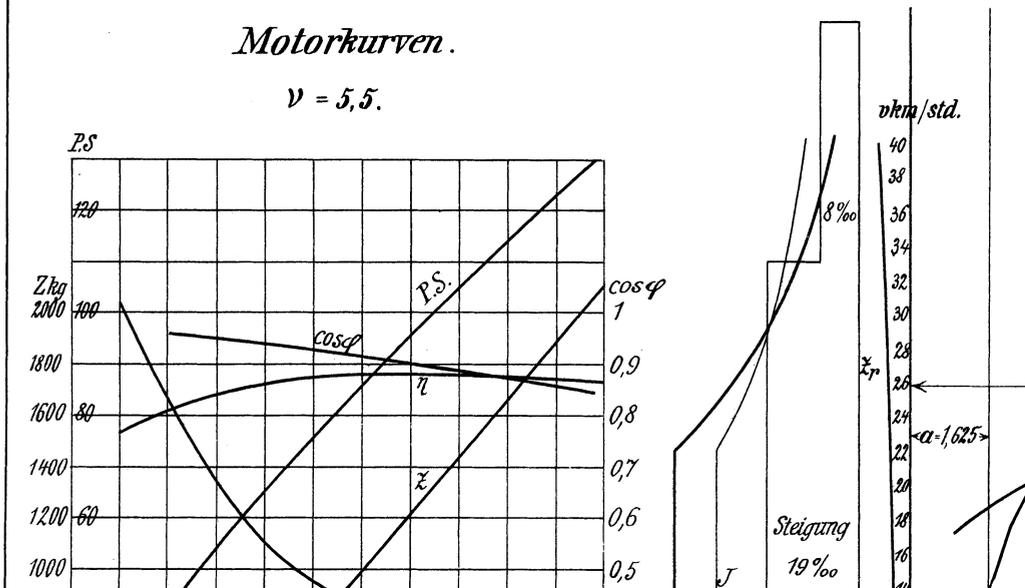
Bragstad, Konstruktionen.

Einphasenbahnmotor

75.PS.

Motorkurven.

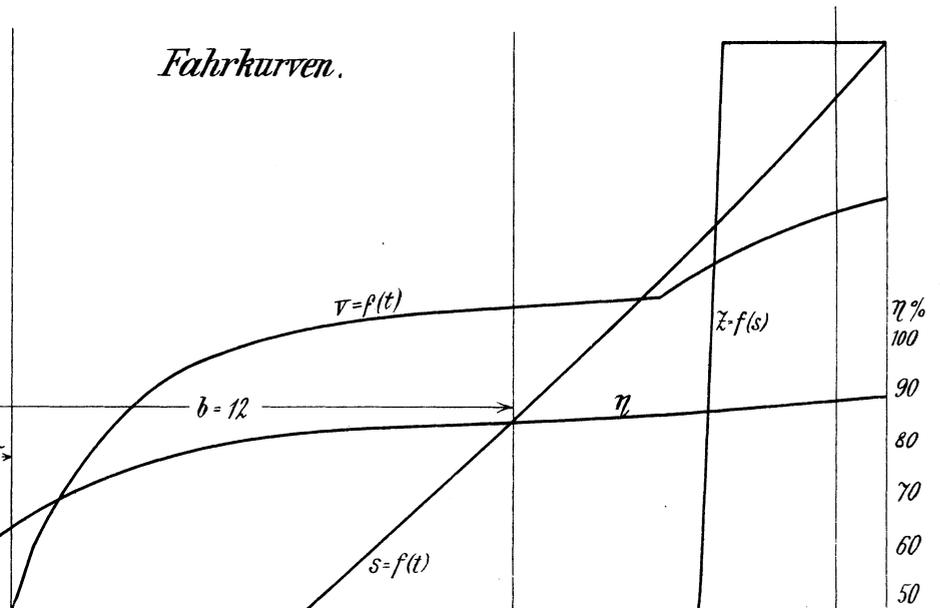
$v = 5,5$.

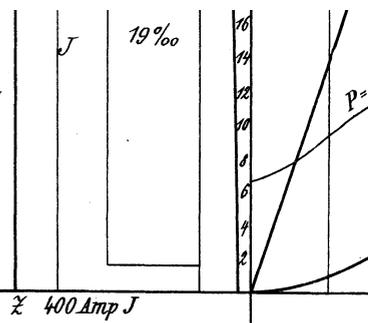
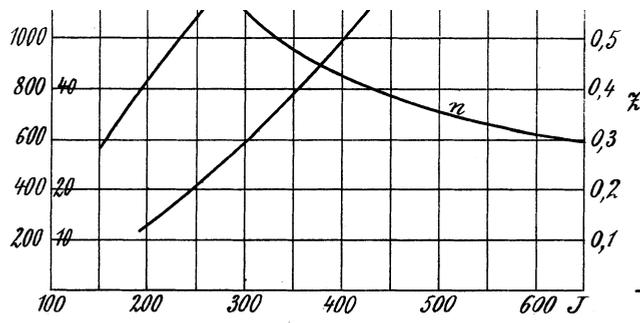


Motor v. Westinghouse.

1. PS.

Fahrkurven.

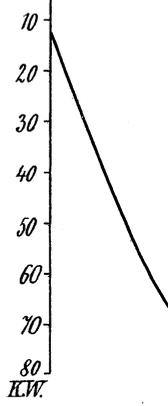
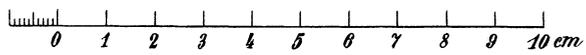


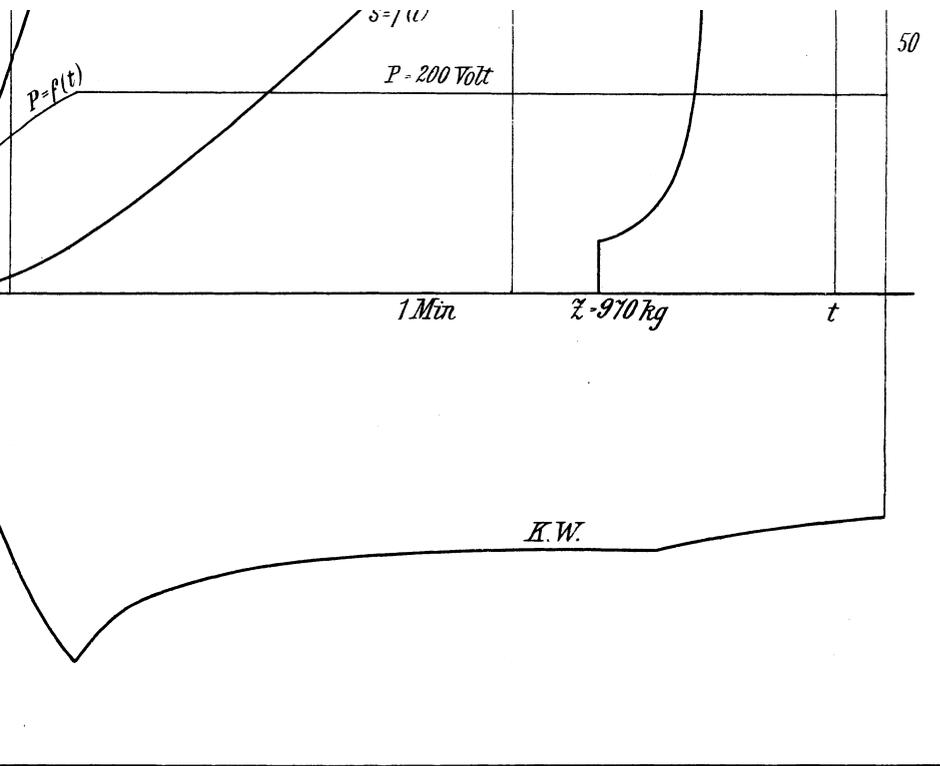


Masstäbe:

$$m_v = 3, m_x = 200, m_t = 6, m_s = 0,06.$$

1mm - 1 KW. 1mm - 1 Amp.





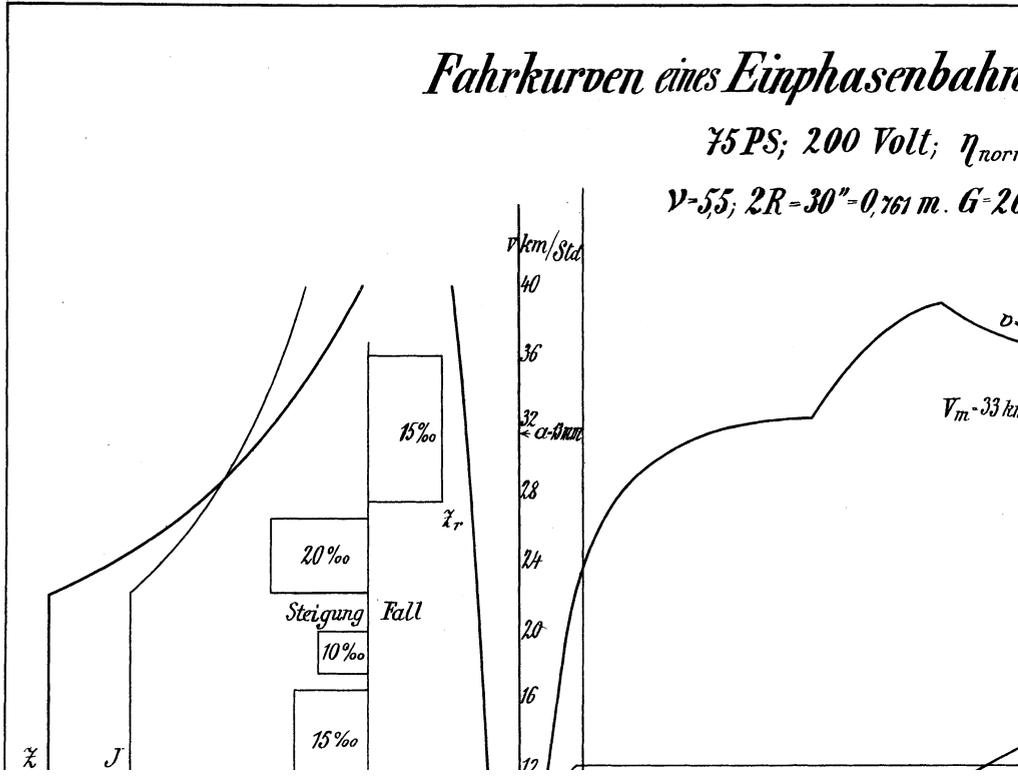
Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.

Fahrkurven eines Einphasenbahns

75 PS; 200 Volt; η_{norm}

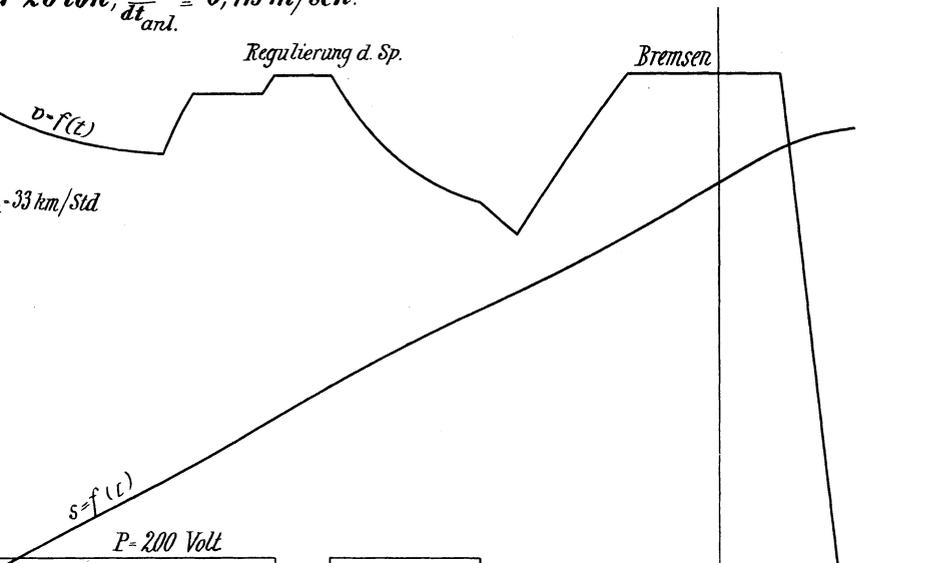
$v=55$; $2R=30''=0,761 \text{ m}$. $G=20$

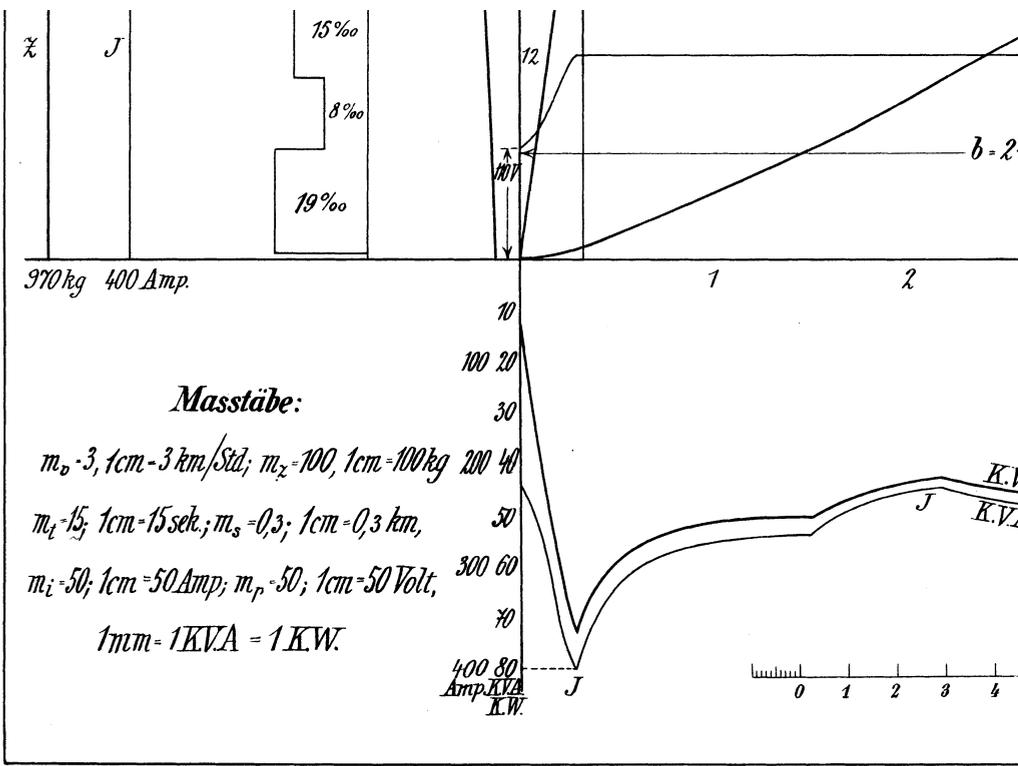


Wahlmotors von Westinghouse.

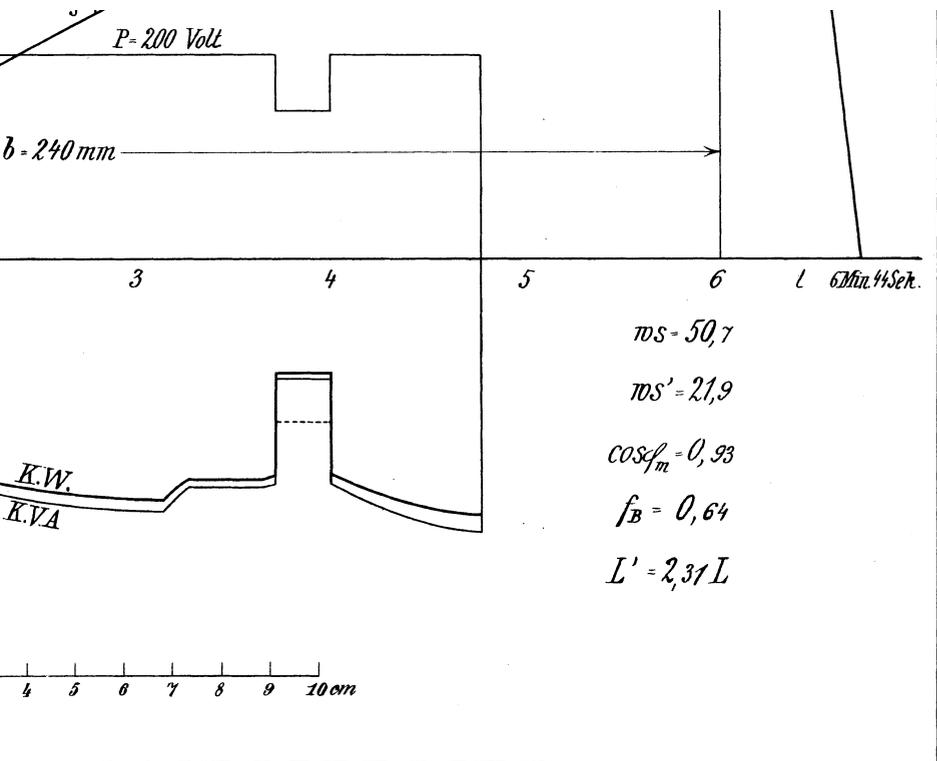
$\eta_{norm} \approx 0,87; \cos\varphi \approx 0,97;$

$G = 20 \text{ ton}; \frac{dv}{dt_{anl.}} = 0,415 \text{ m/sek.}^2$





Verlag von Julius Springer in Berlin.

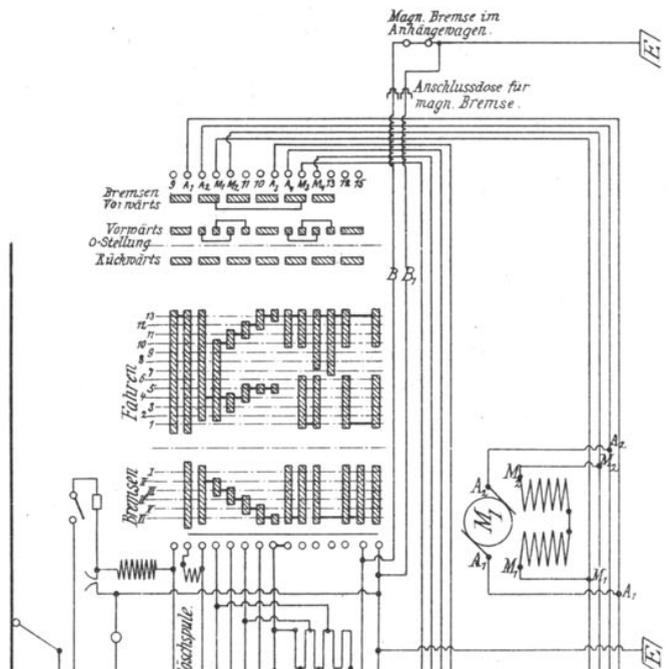


Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

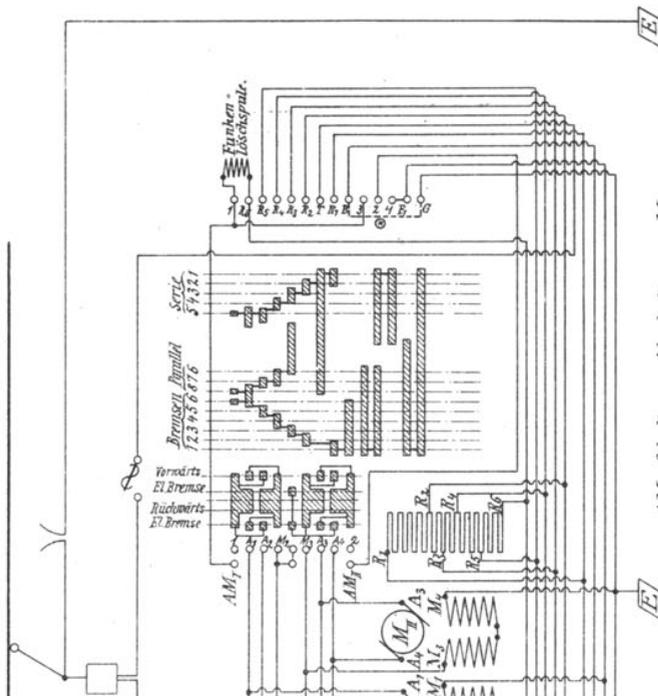
Bragstad, Konstruktionen.

und Bremse eines Strassenbahnwagens.

Die Bürsten sind im Kontroller verbunden.



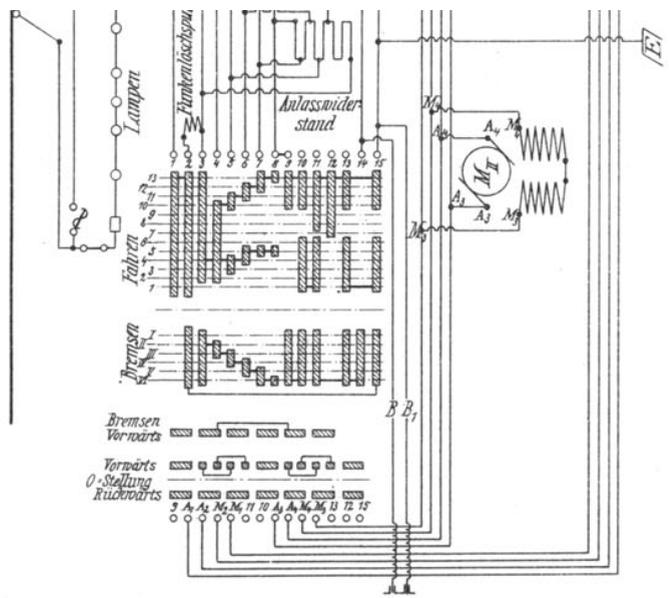
2 Motoren u. Schaltapparaten v. Oerlikon.



AM_I : Schalter z. Abschalten v. M_I .
 AM_{II} :
 M_I .

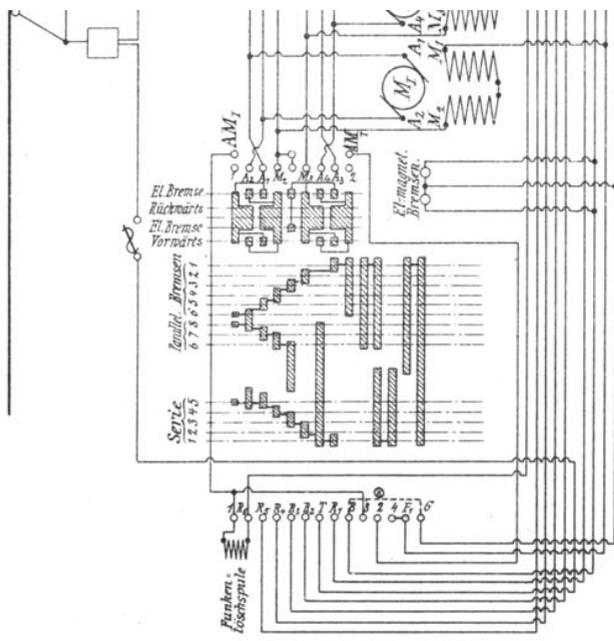
Schaltungschema für Kontroller und

Mit gleicher Bezeichnung versehenes Ba.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

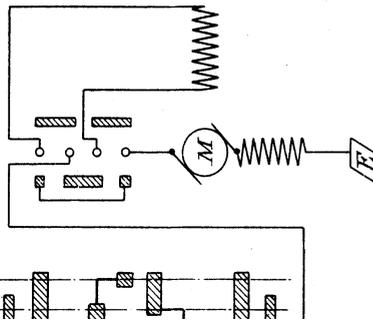
Schaltungsschema f. Wagen m. 2 L



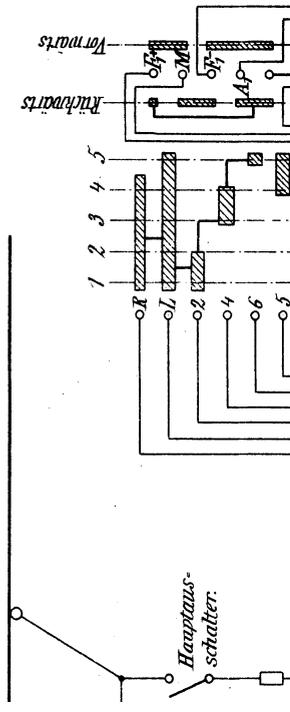
© Verbindung BG wenn keine elektromagnetische Bremse.

house, -Glen Cove, Long Island.

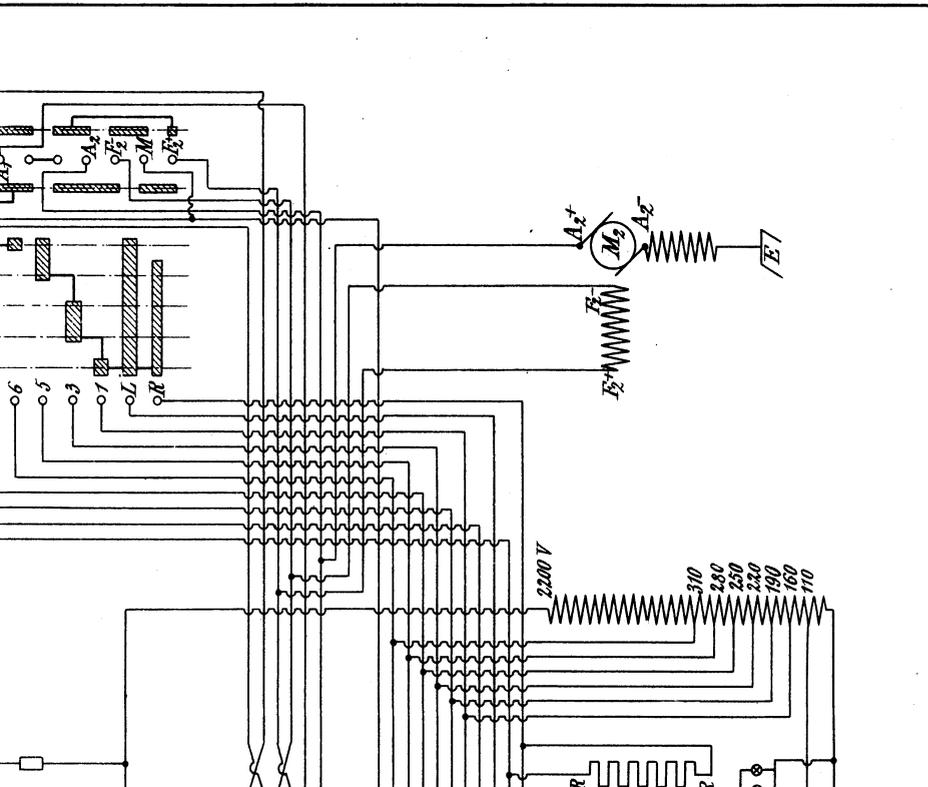
Umgang Reversier-
platze.



2 Motoren à 50 PS.
immer parallel arbeitend.
300 Volt, 25 Perioden.
Wagen mit 1 Drehgestell
 $G_{TP} = 14$ Tonnen
2 x 25 KW Autotrans-
formatoren.

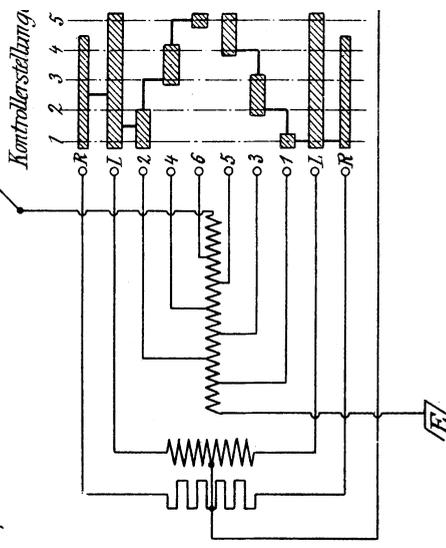


Tafel 10.

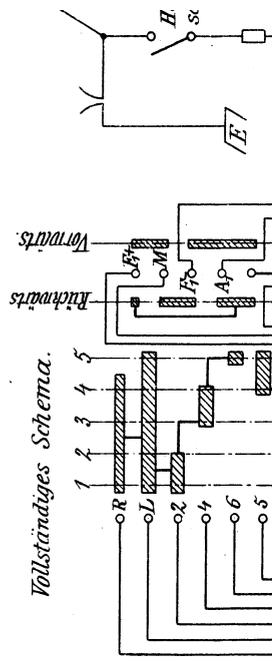


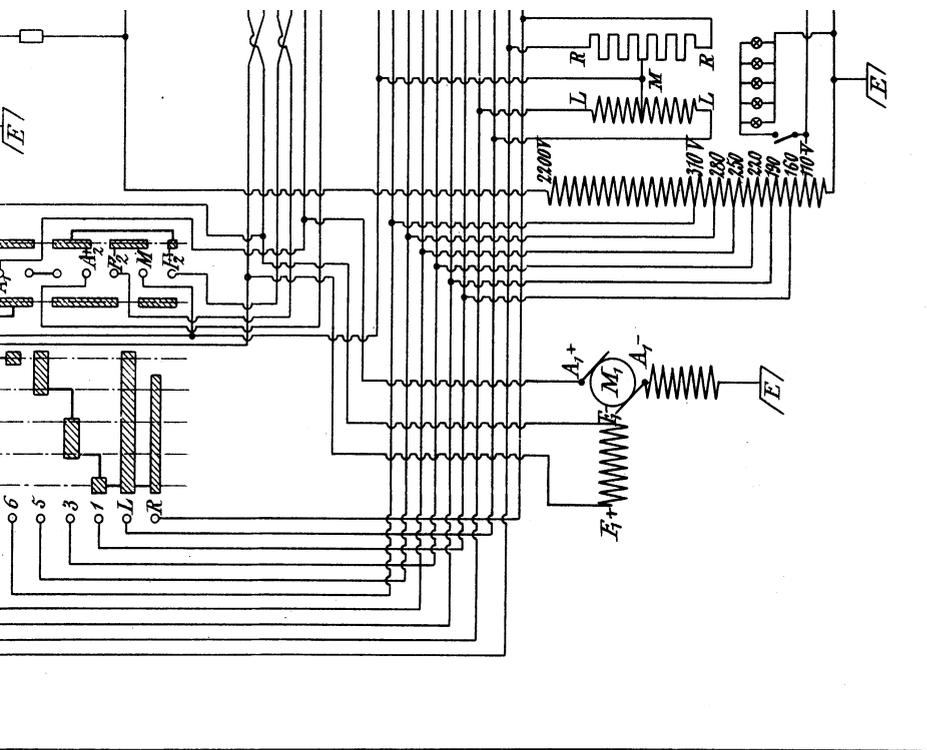
Einphasensystem Westinghouse

Vereinfachtes Schema



Vollständiges Schema.



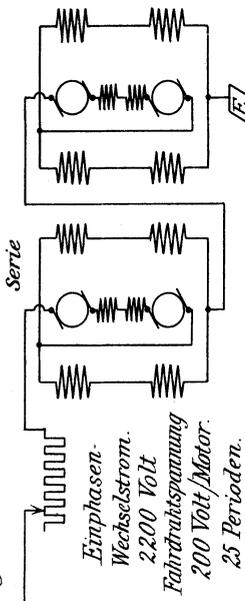


Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

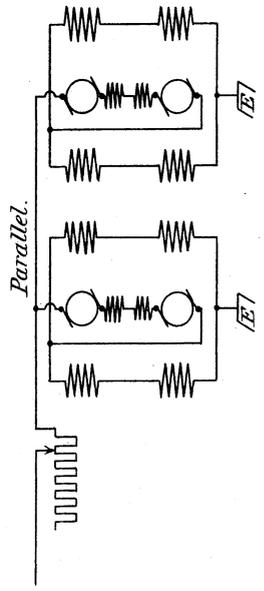
Bragstad, Konstruktionen.

Balston (Gen. El. Co.)

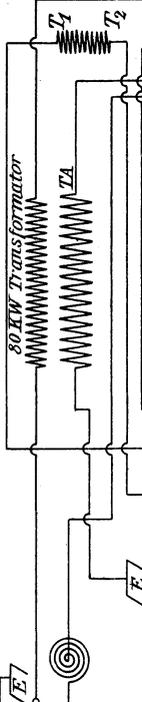
haltungen.



Wechselstrom.

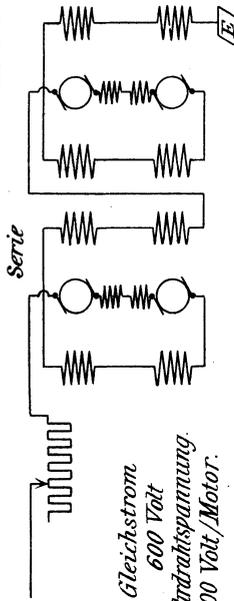


haltungen.



Schenectady-Bau

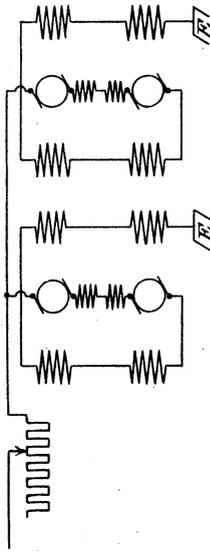
Motorschalt



Gleichstrom
600 Volt
Fährdrabspannung
300 Volt/Motor.

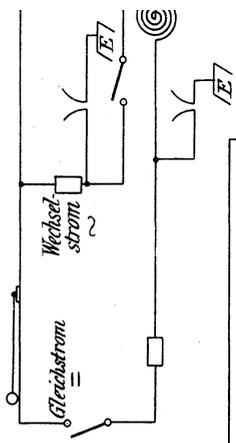
Gleichstrom

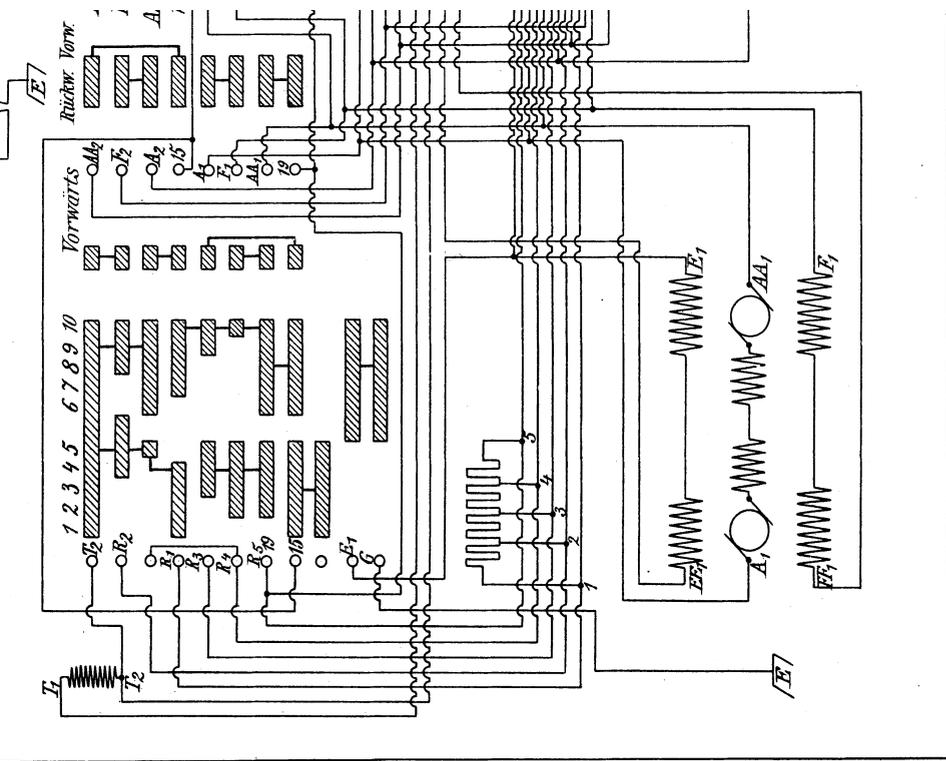
Parallel



2 Motoren in Serie
4 Motoren à 50 PS.
 $\gamma = 3,7\%$; $2R = 34\%$
 $v_{max} = 69 \text{ km/Std.}$
 $G_{70} = 30,4 \text{ Tonnen}$

Wagenschalt



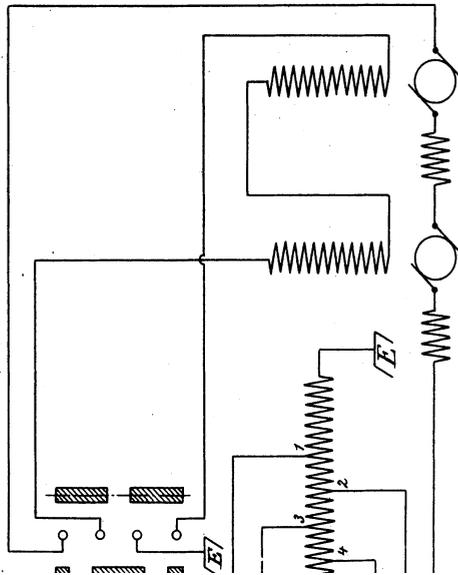


Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.

i. - Blomington, Pontiac & Joliet.

3300 Volt



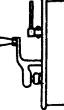
Kompensationswüchel.

nen à 75 P.S.

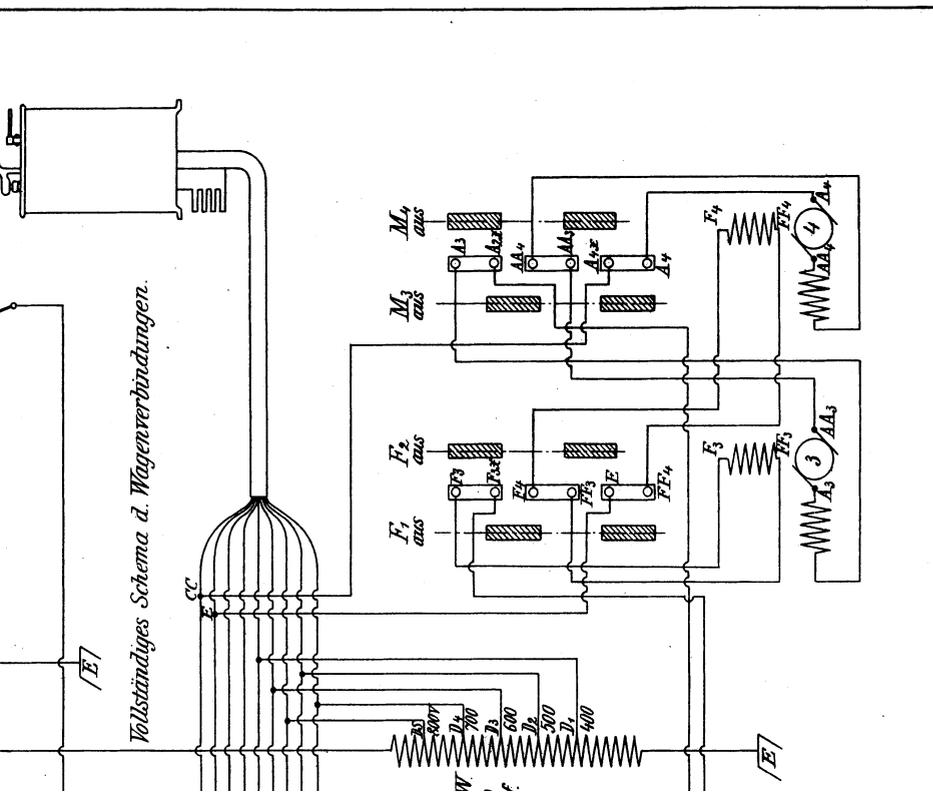
Volt, c = 25.

10 kg. G₇₀ = 29 Tonnen.

Höchstsp. Sicherung

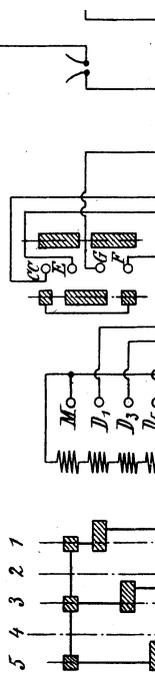
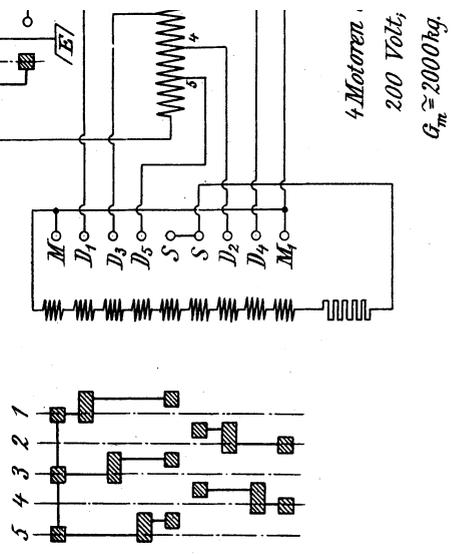


Tafel 12.

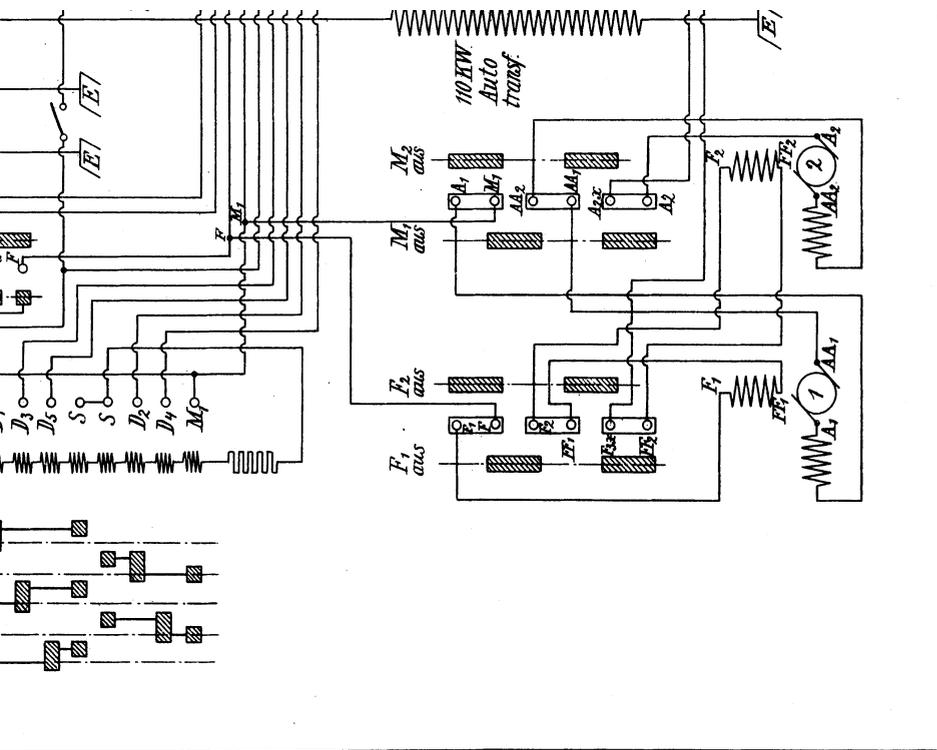


Einphasenbahn v. Gen. El. Co. - I

Vereinfachtes Schema

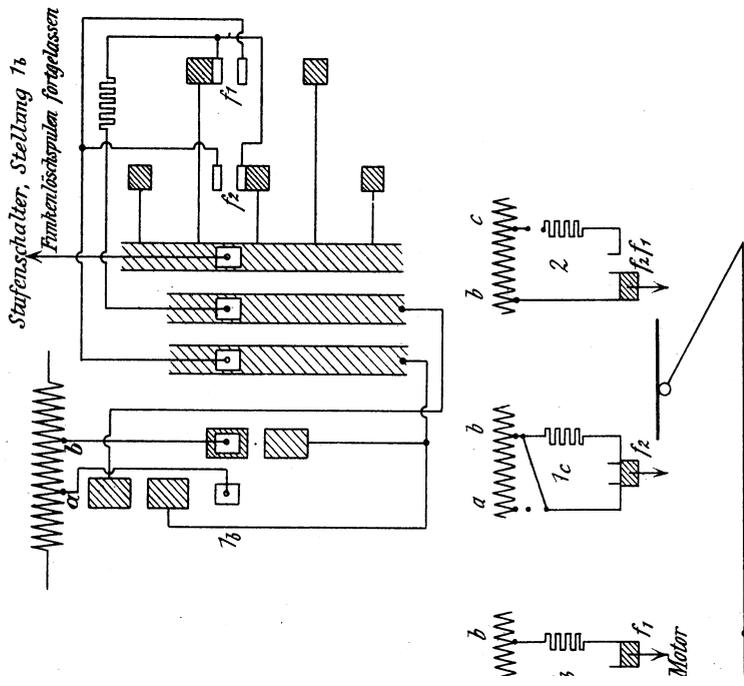


Verlag von Julius Springer in Berlin.

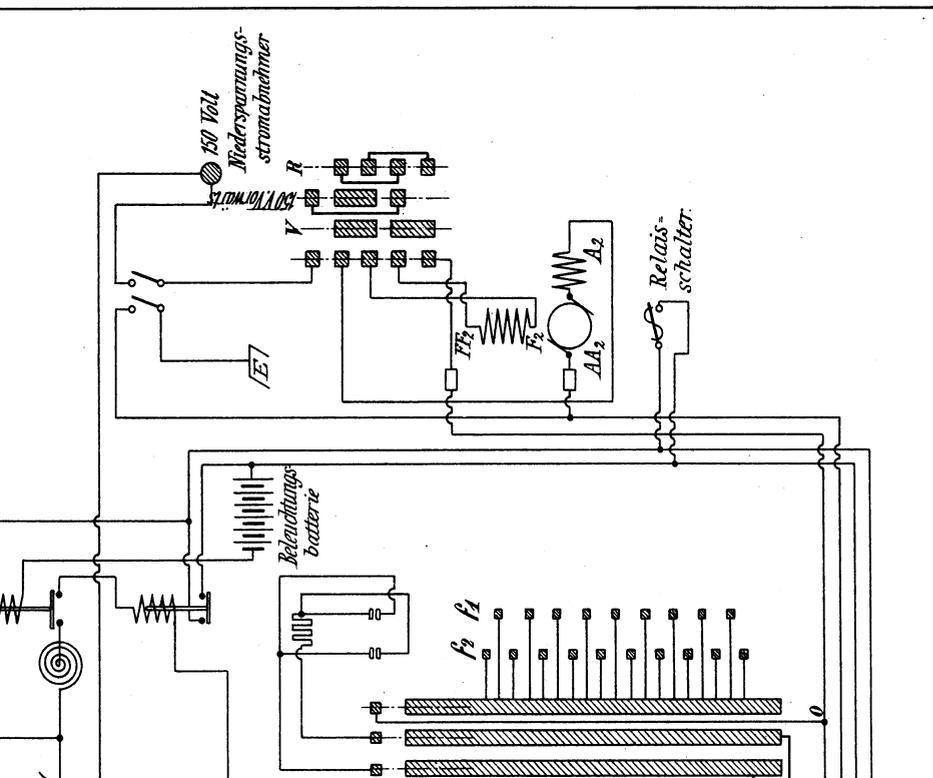


Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Verarmungau (Siemens-Schuckert.)

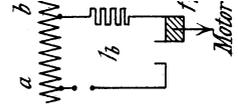
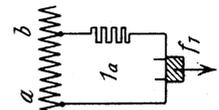
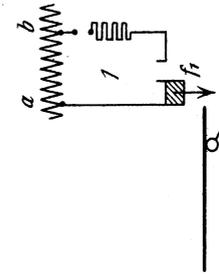
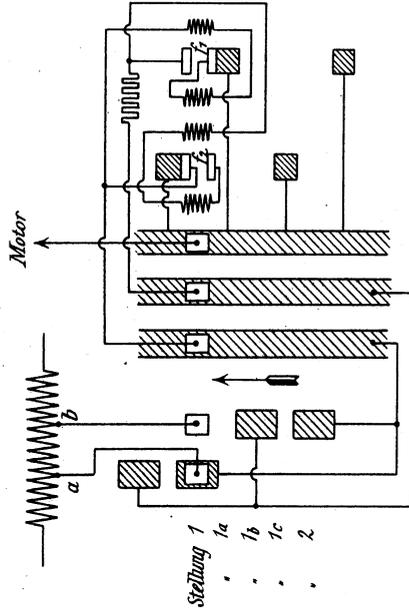


Tafel 13.



Einphasenbahn Murnau - Ober

Stufenschalter



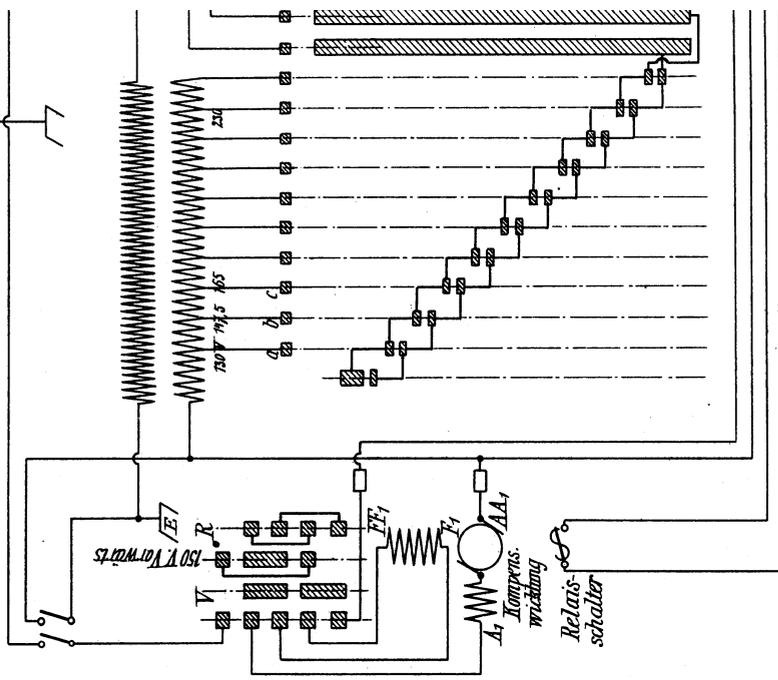
5500 Volt

Motor:
100 PS

Verlag von Julius Springer in Berlin.

100 PS

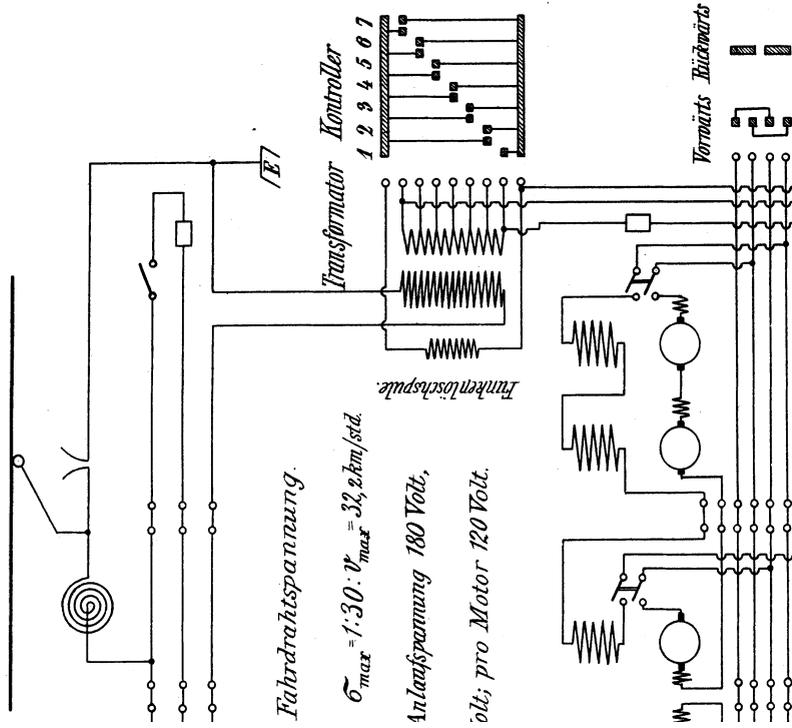
270 Volt; $c=16$, $\nu=1:5$

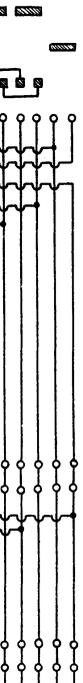


Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

In System Finxi.

ing Mailand.

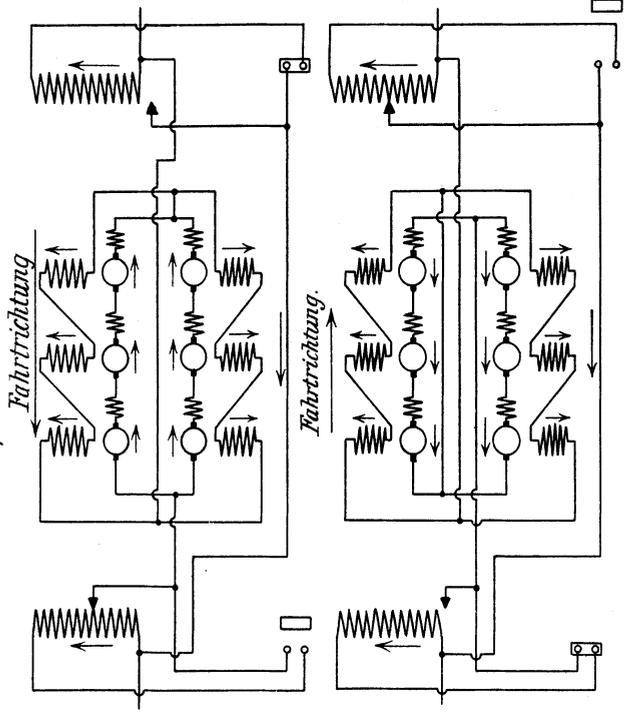




Wagen 4.

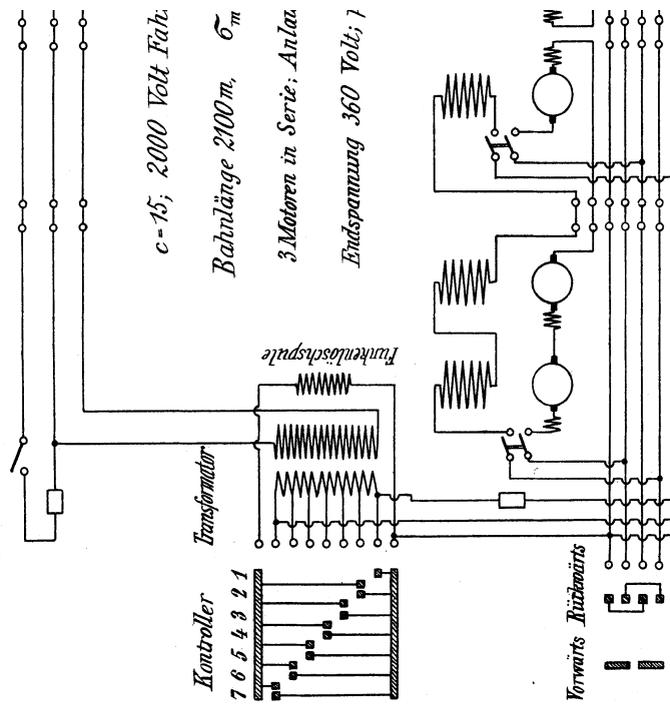
Wagen 3.

Vereinfachtes Schema.

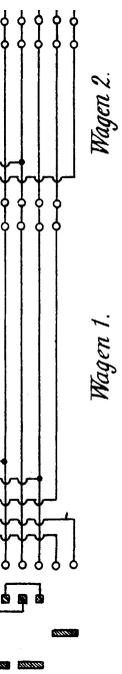


Einphasenbahn

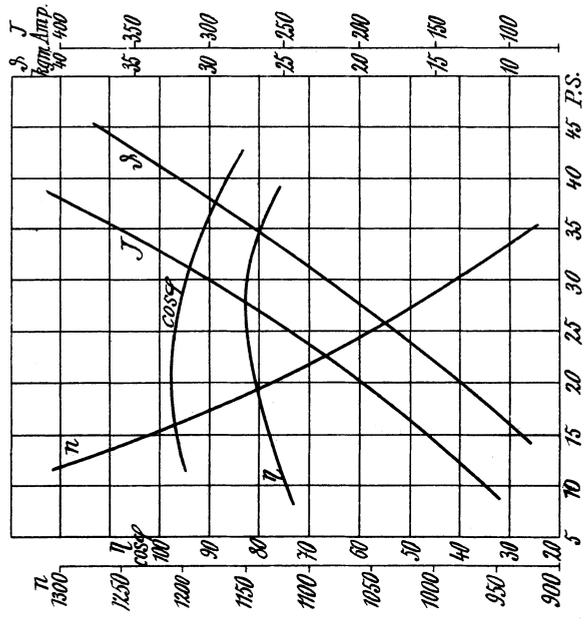
Ausstellung 1



Verlag von Julius Springer in Berlin.



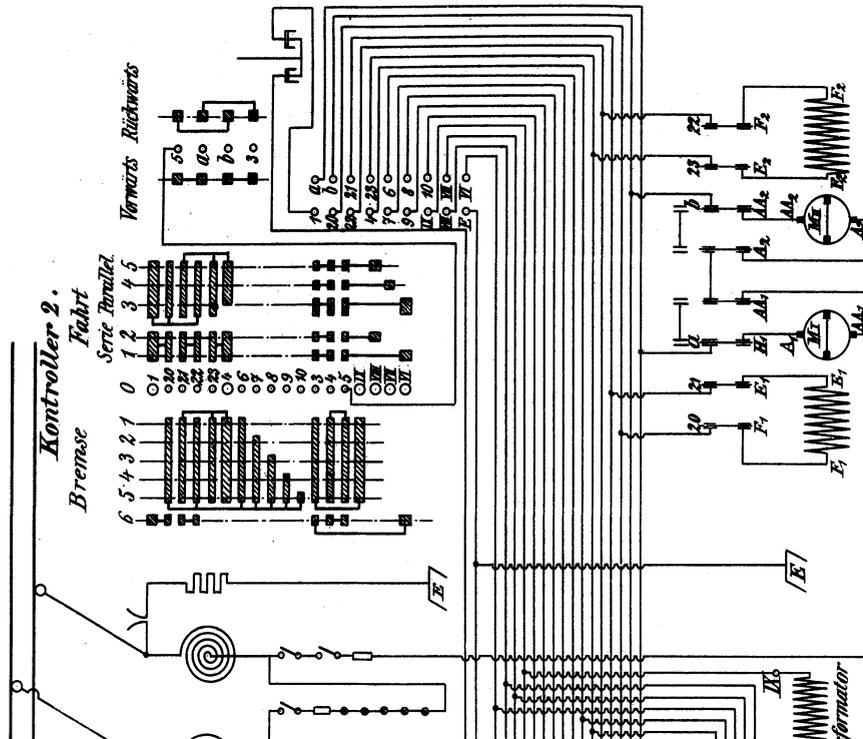
Charakteristische Motor-Kurven b. 100 V.



Bragstad, Konstruktionen.

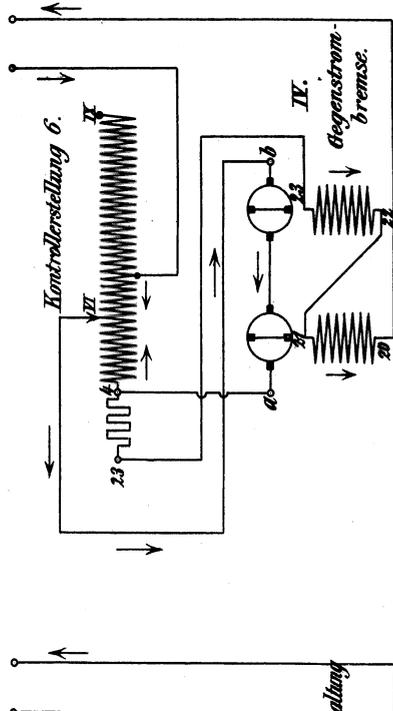
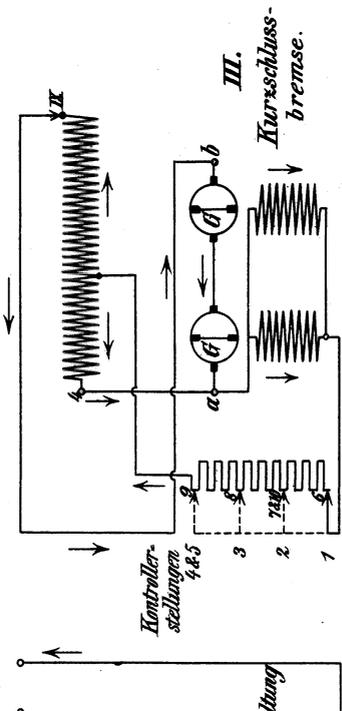
der Borinage (A.E.f.)

Fahrtrahspannung.



E_1 E_2 E_3 E_4 E_5 E_6 E_7 E_8 E_9 E_{10} E_{11} E_{12}
 Formator

einfache Schemata.

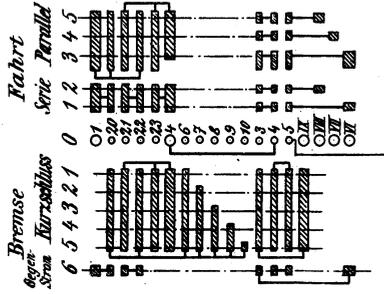


Tafel 15.

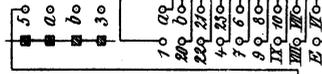
Einphasenbahn de

c = 40; 600 Volt Füh

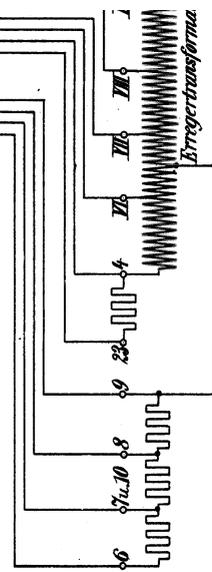
Kontroller 1.



Vorwärts Rückwärts

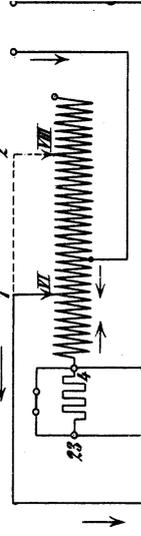


2 Motoren à 40 PS
 Motorspannung 550 V.
 $\eta = 1:5,07$; $Gm = 1385$ kg
 Elektrische Ausrüstung 3,7t



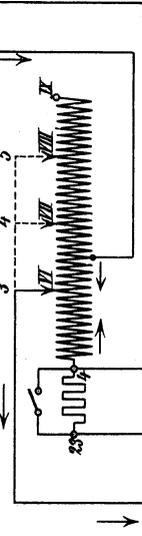
Vereinfa

Kontrollerstellungen



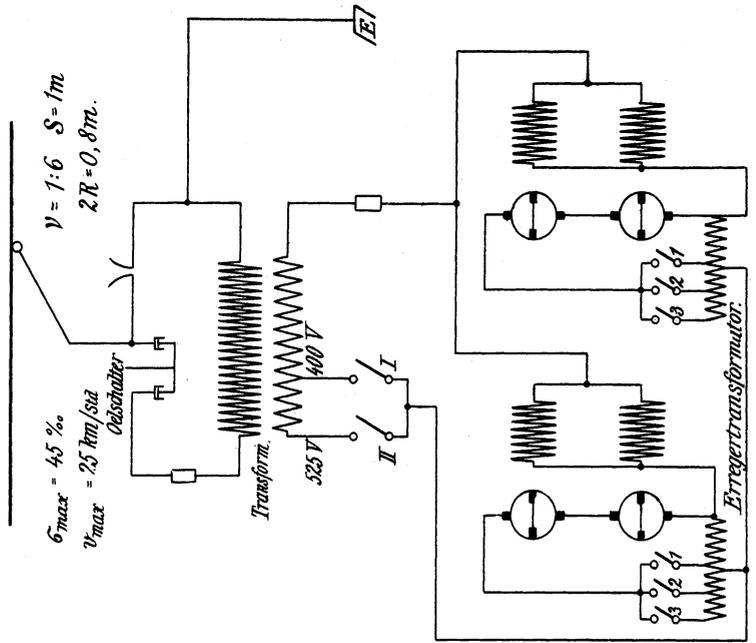
Kein Vorschaen v. Widerst.
beim Anlassen. Widerstand 4-23
wird beim Uebergang v. Serie auf
Parallelschaltung momentan
vorgeschaltet um den Stromstoess
abzuschwaechen.

Kontrollerstellungen.



Eiņphasenbahn - Jansbruck - Pūlpjmes (Stūbitalbahn)

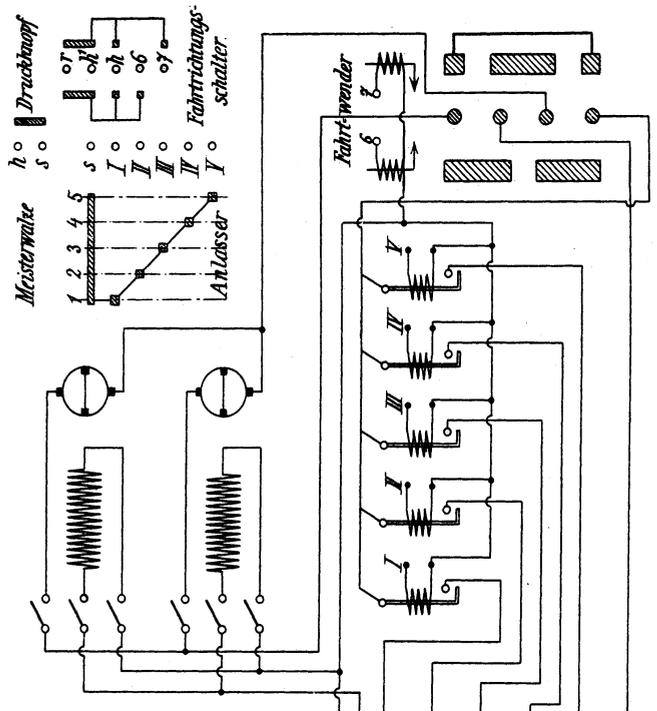
$c = 42$; Fahrdriftspannung 2500 Volt
 4 WZ: Motoren à 40 PS; 525 Volt.



$c = 25$; Fahrdradrspannung 6000 Volt, $v_{max} = 40 \text{ km/Std.}$

2 W.K. - Motoren à 100 PS. - $v = 1:4, 25$; 2 R. = 1 m.

$\gamma_m = 2140 \text{ kg}$; $G_m = 52 \text{ t}$; El. Ausrüstung 6 t.



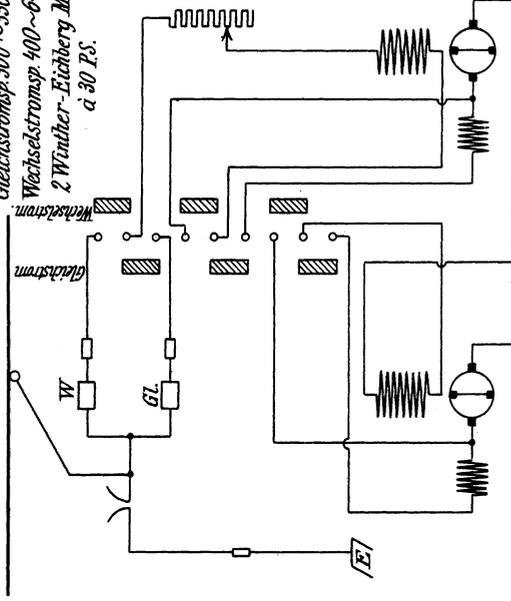
Tafel 16.

Gleichstrom-Wechselstrombahn der A.E.G.

Versuchsstrecke Niederschönweide-Cöpenick.

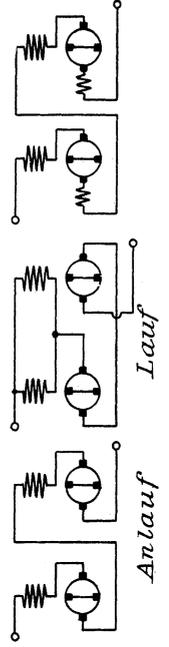
$c = 25 \sim 40$.

Gleichstromsp. 500 ~ 550 Volt
 Wechselstromsp. 400 ~ 640 "
 2 Wöhler-Eichberg Motoren
 à 30 P.S.



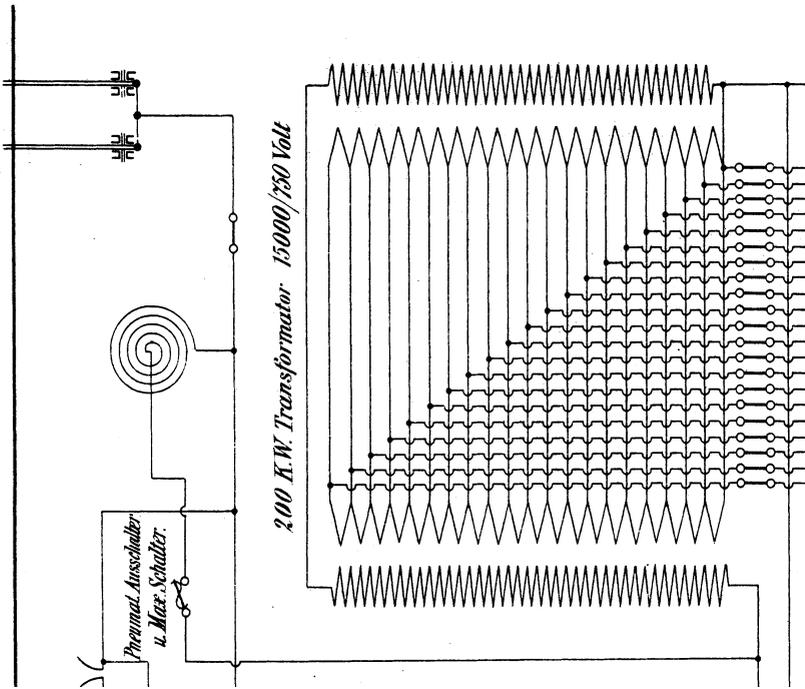
Wechselstrom.

Gleichstrom.

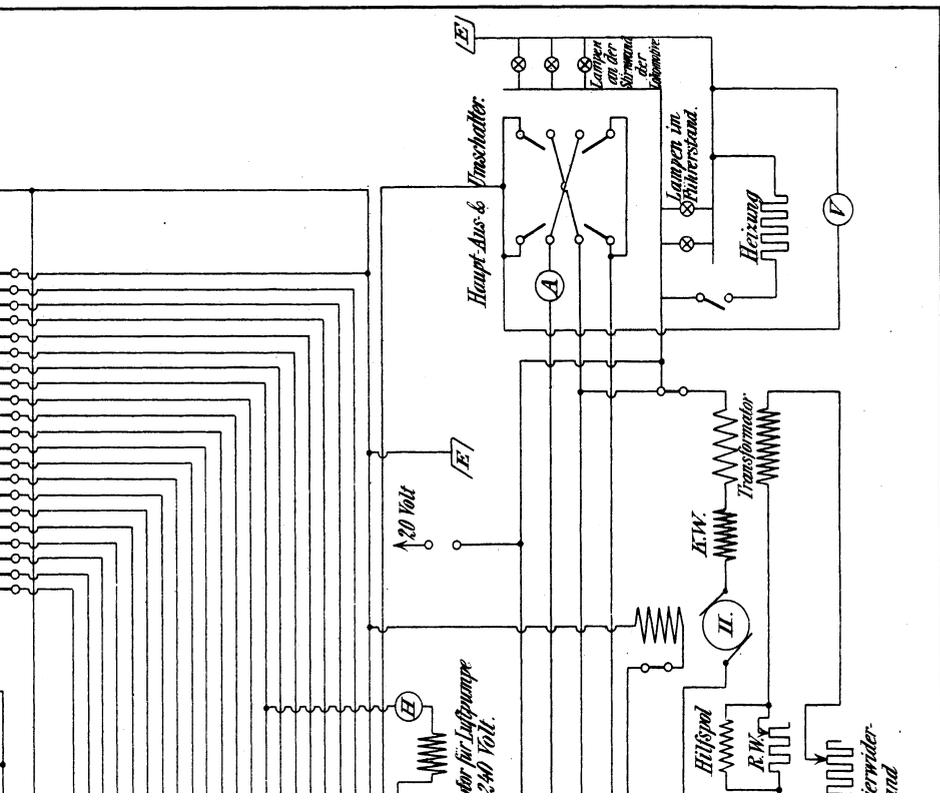


Wie für 15000 Volt v. Oerlikon.

9 kg. v. 3,14. 20 Unterteilungen à 38 Volt der Sekundärwicklung
zweiht 43 Tonnen. des Transformators. Geschwindigkeitsregulierung.



Tafel 17.



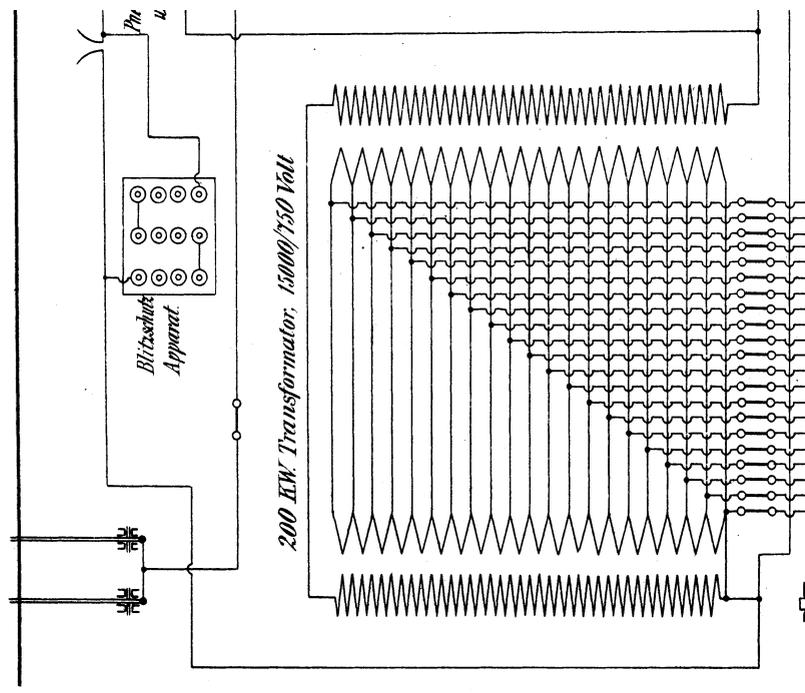
Einphasen-Wechselstromlokomotive

2 Serienmotoren à 200 PS.

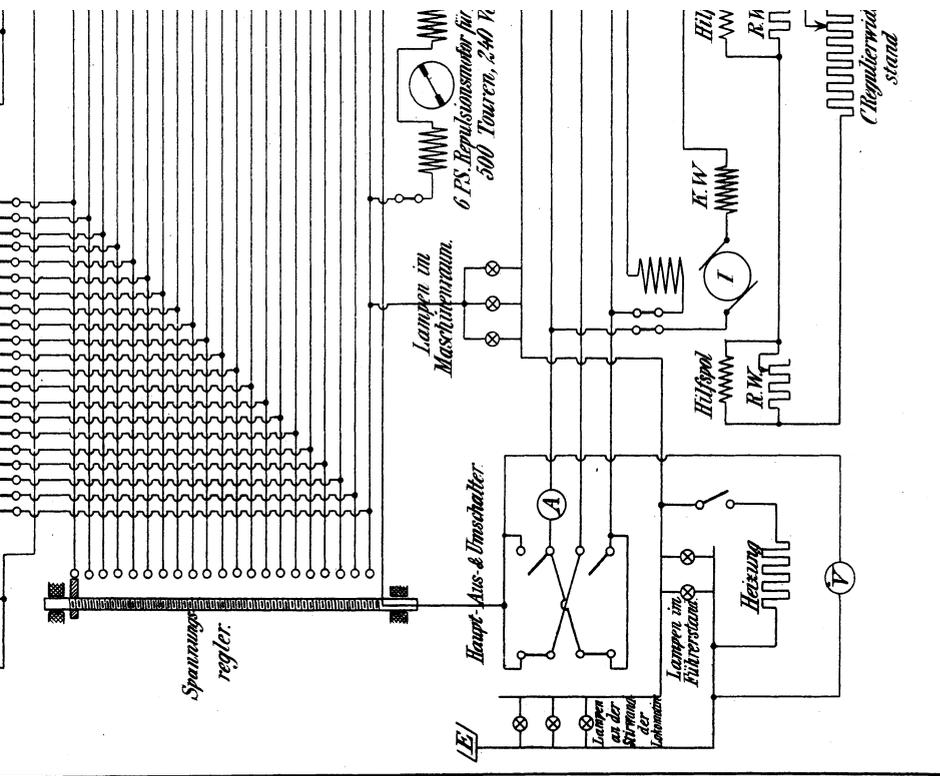
$G_m = 3380$ kg.

300 Volt, 15 Perioden, 650 Touren.

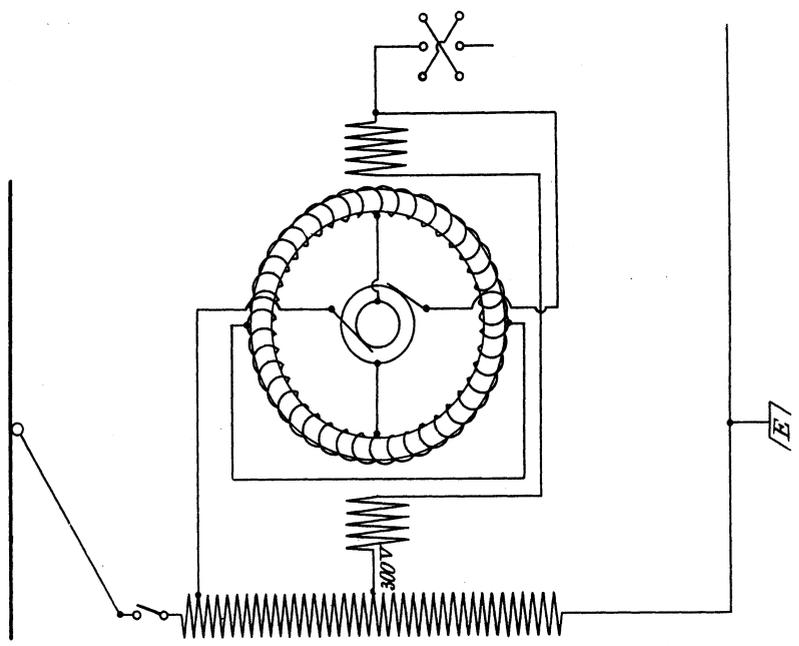
Lokomotivgewicht

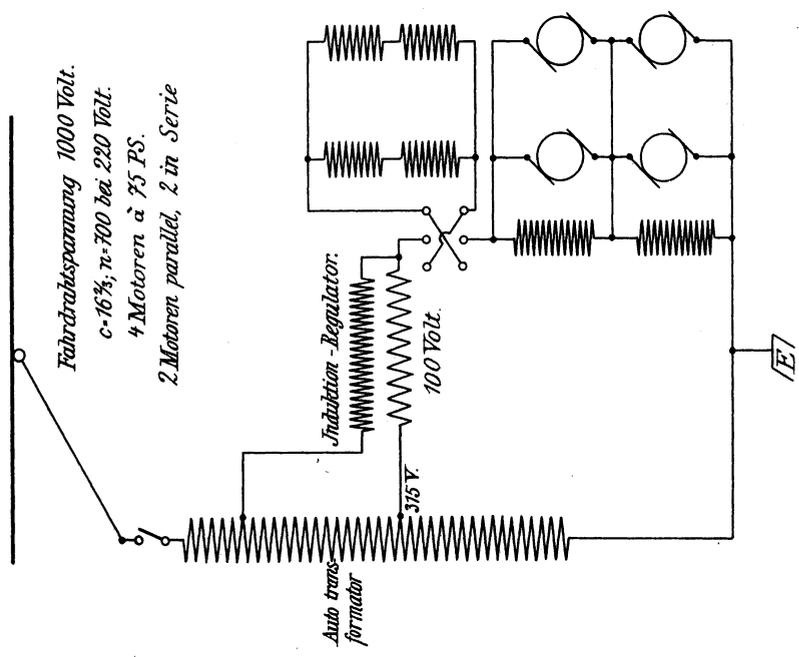


Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.



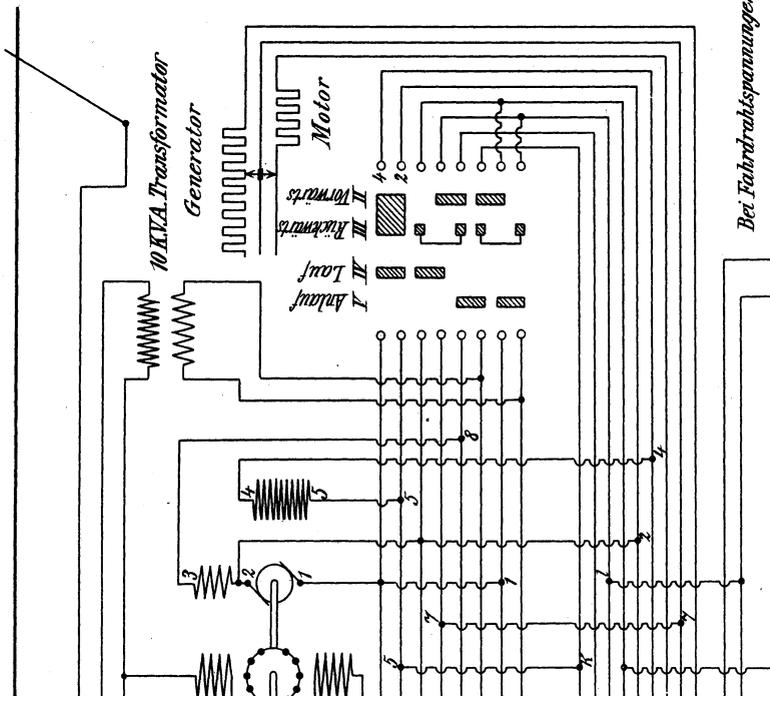


Fahrdrähtspannung 1000 Volt.
c-16½; n-700 bei 220 Volt.
4 Motoren à 75 PS.
2 Motoren parallel, 2 in Serie

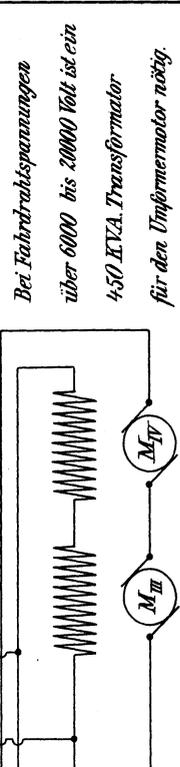
Bragstad, Konstruktionen.

Lokomotive.

Leonard-Oertikon.



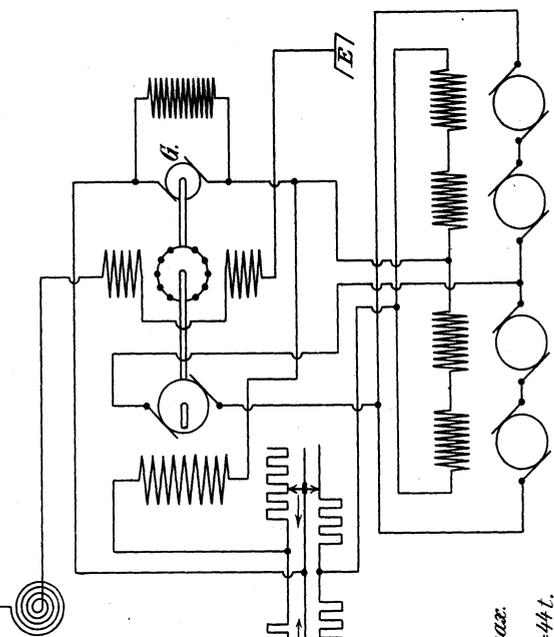
Bei Fahrtrahlsparnungen



Vereinfachtes Schema.

Stellung II d. Anlassw. II d. Umschaltentzweige-Lauf.

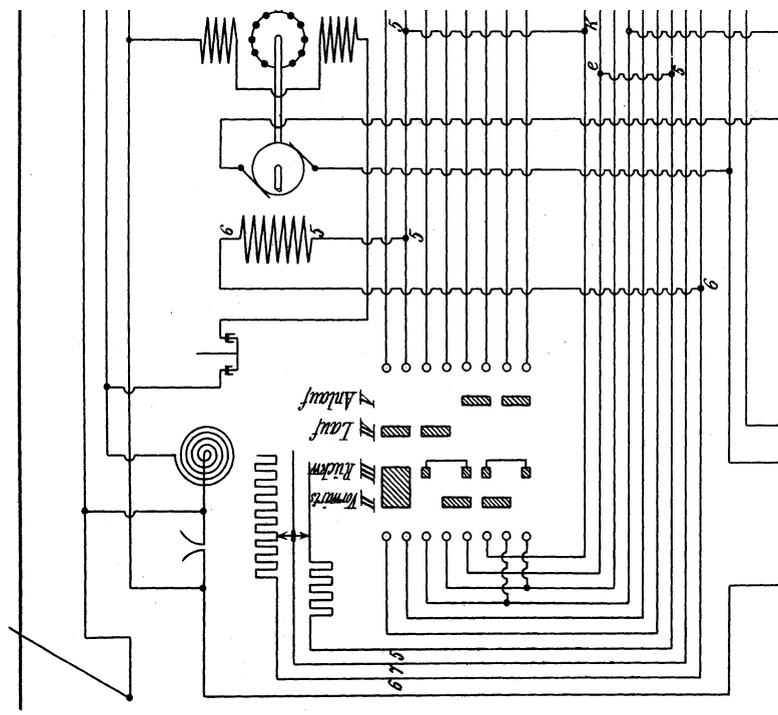
Bei Fahrtrahnspannungen
über 6000 bis 20000 Volt ist ein
450 KVA. Transformator
für den Umformmotor nötig.



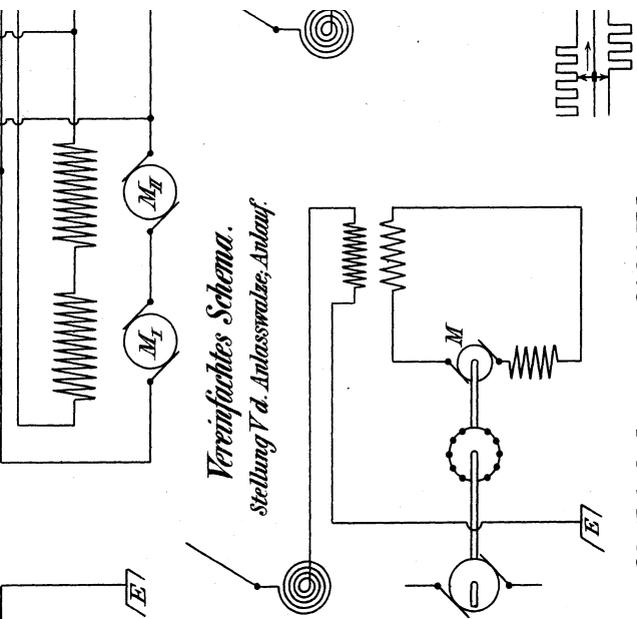
222.
44 t.

Umformerle

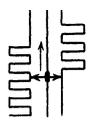
System Ward-Lee



Verlag von Julius Springer in Berlin.



*Vereinfachtes Schema.
Stellung V d. Anlasswäse, Anlauf.*

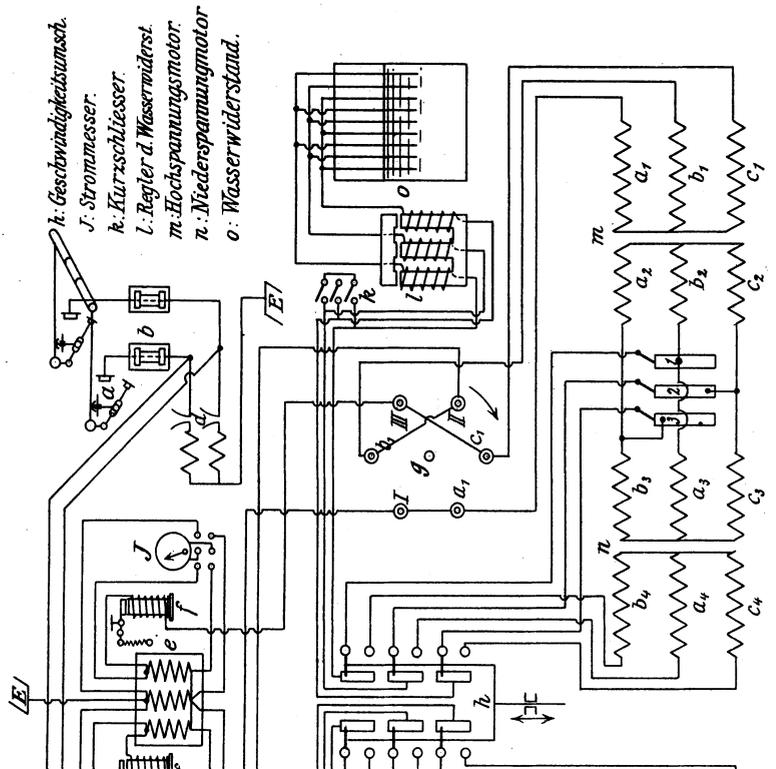


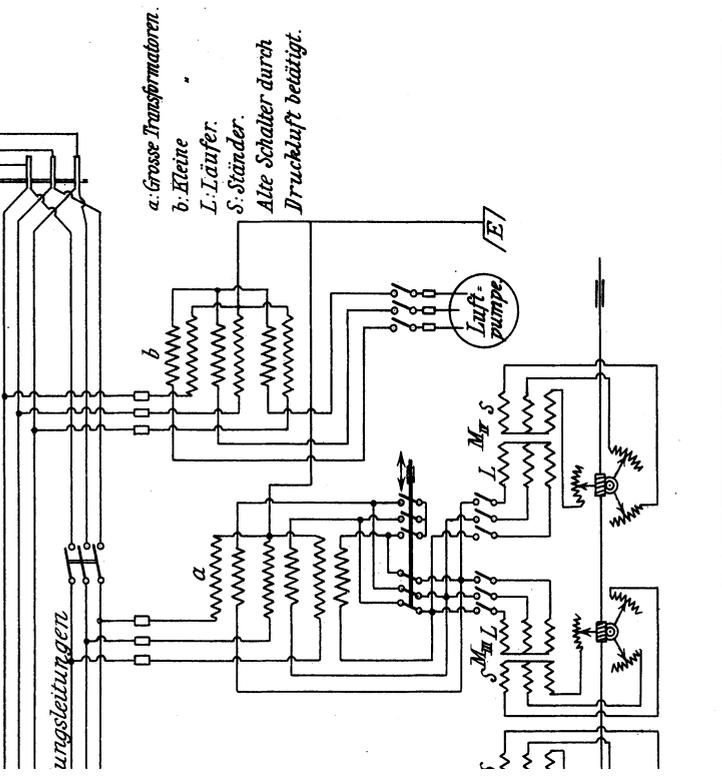
c-25; Fahrbahrsprung 6000 Volt.

*Normalspannung für Generatorteil d. Umformers & für Achsentrieb-
motoren - 900 Volt bei n=730. - Mittlere Leistung des Umformers - 520 PS,
maximale Leist. - 1100 PS. - Achsentriebmotoren 95 PS mittl., 200 PS max.
Leist. an den Schienen. $n_{max} = 1200$; $\gamma = 1:3,5$; $2R = 1m$, Lokomotivgewicht = 44 t.*

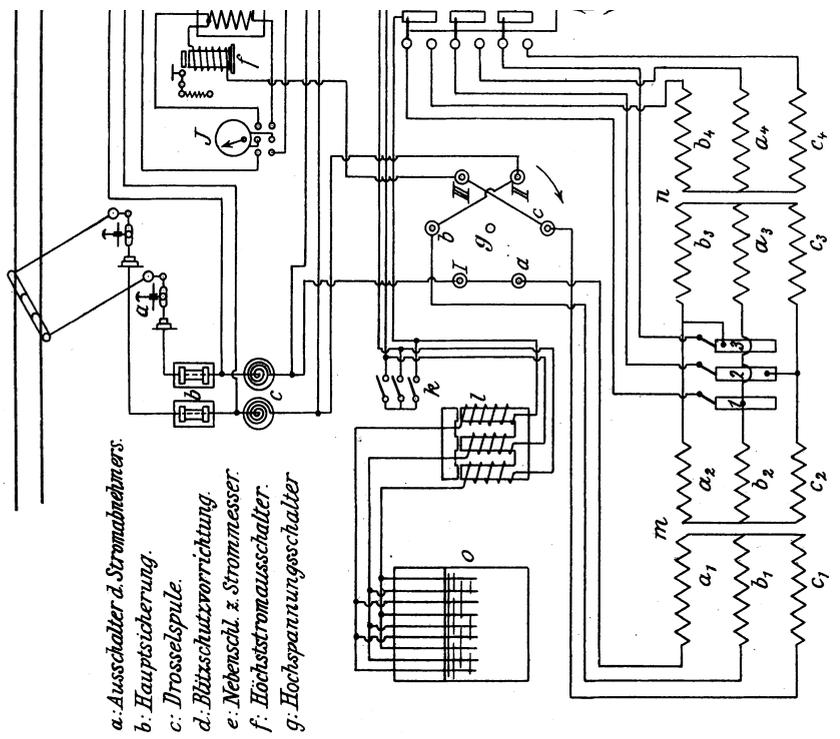
Bragstad, Konstruktionen.

lokomotiven, Ganz & Co.





Schema der neuen Vettlink



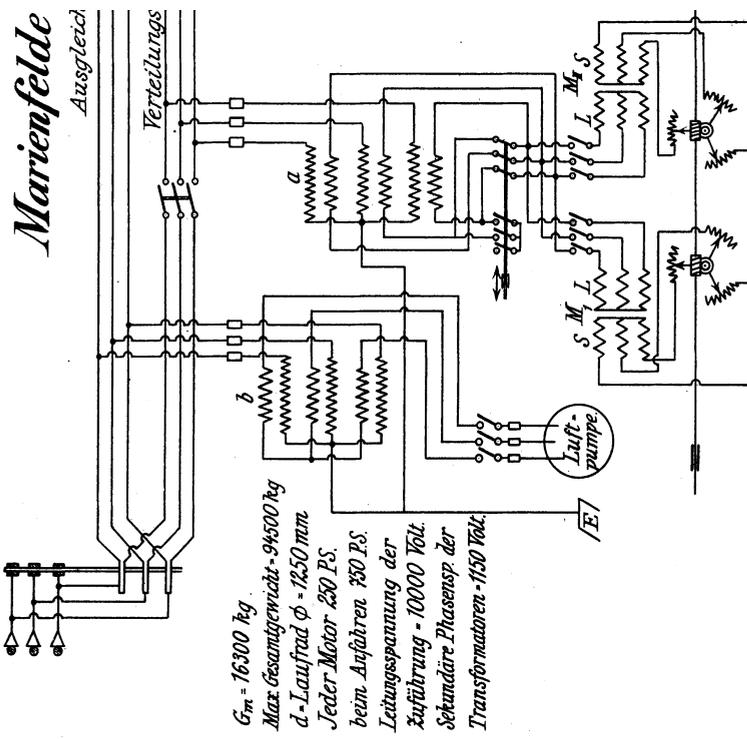
- a. Ausschalter d. Stromabnehmers.
- b. Hauptsicherung.
- c. Drosselspule.
- d. Blitsschutzvorrichtung.
- e. Nebenschl. z. Strommesser.
- f. Hochstromausschalter.
- g. Hochspannungsschalter.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Schaltungsschema des Sch

Marienfelde

Ausgleich



$G_m = 16300 \text{ kg}$
Max Gesamtgewicht - 94500 kg
d-Laufrad $\phi = 1250 \text{ mm}$
Jeder Motor 230 PS.
beim Anfahren 330 PS.
Leitungsspannung der
Zuführung - 10000 Volt.
Sekundäre Phasensp der
Transformatoren - 1150 Volt.

Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.

Schaltungsschema der

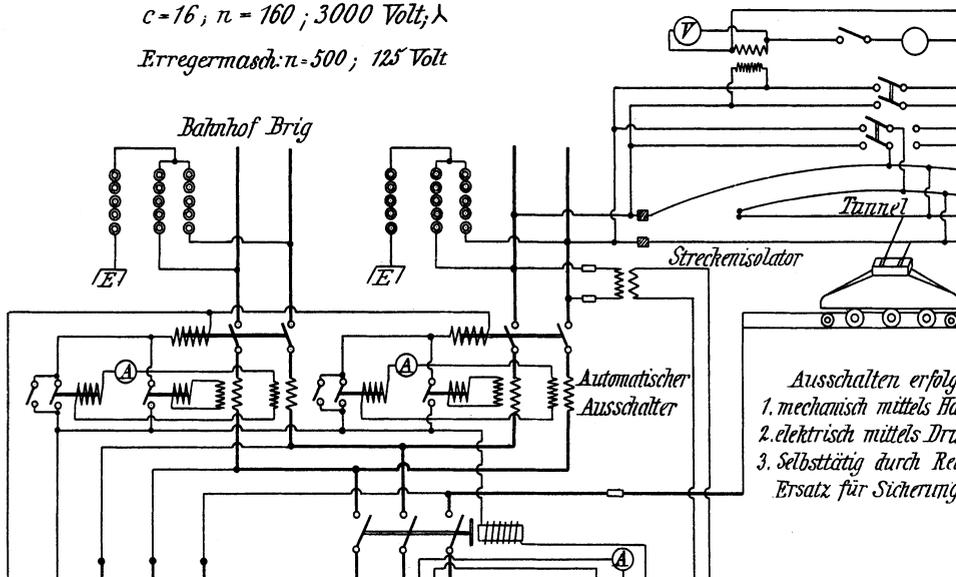
Kraftwerk Brig.

Brown, Boveri & C.

Turbinenleistung 2x600 P.S.

c = 16 ; n = 160 ; 3000 Volt, λ

Erregermasch. n = 500 ; 125 Volt



- Ausschalten erfolgt*
- 1. mechanisch mittels Hand*
 - 2. elektrisch mittels Druckknopf*
 - 3. Selbsttätig durch Relais*
- Ersatz für Sicherung*

er Simplonanlage.

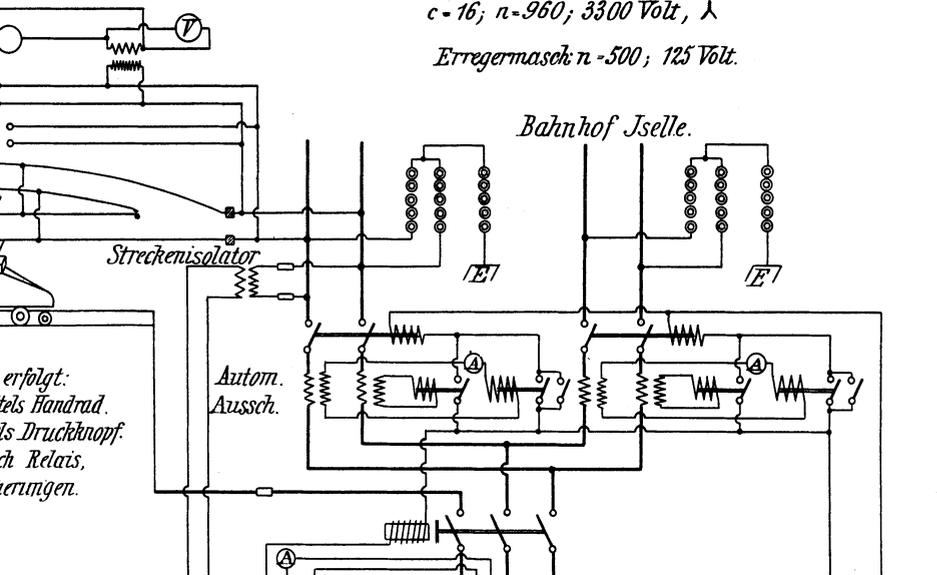
& Co.

Kraftwerk Jselle.

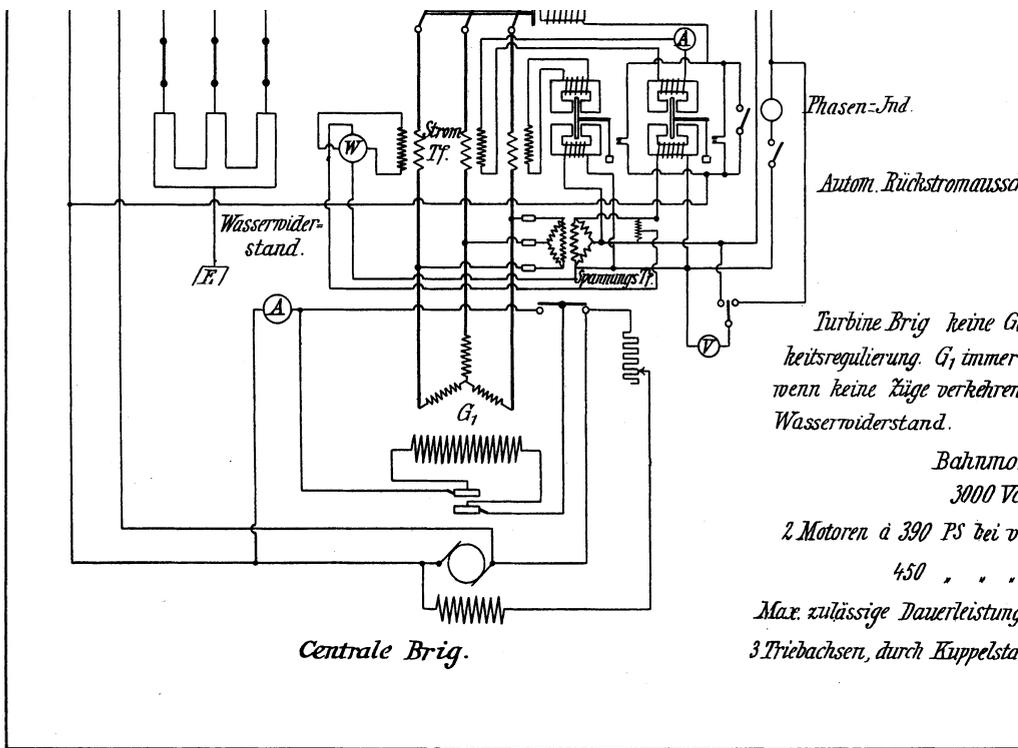
Leistung d. Dampfturbinen 2×750 P.S.

$c = 16$; $n = 960$; 3300 Volt, λ

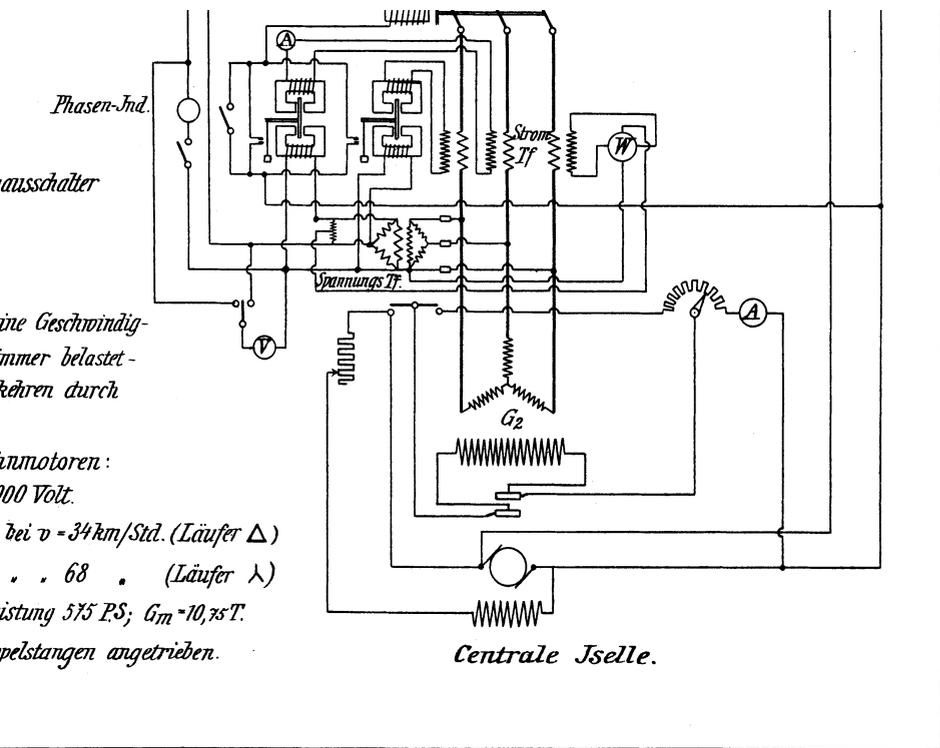
Erregermaschine $n = 500$; 125 Volt.



erfolgt:
als Handrad.
als Druckknopf.
ch Relais,
erungen.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

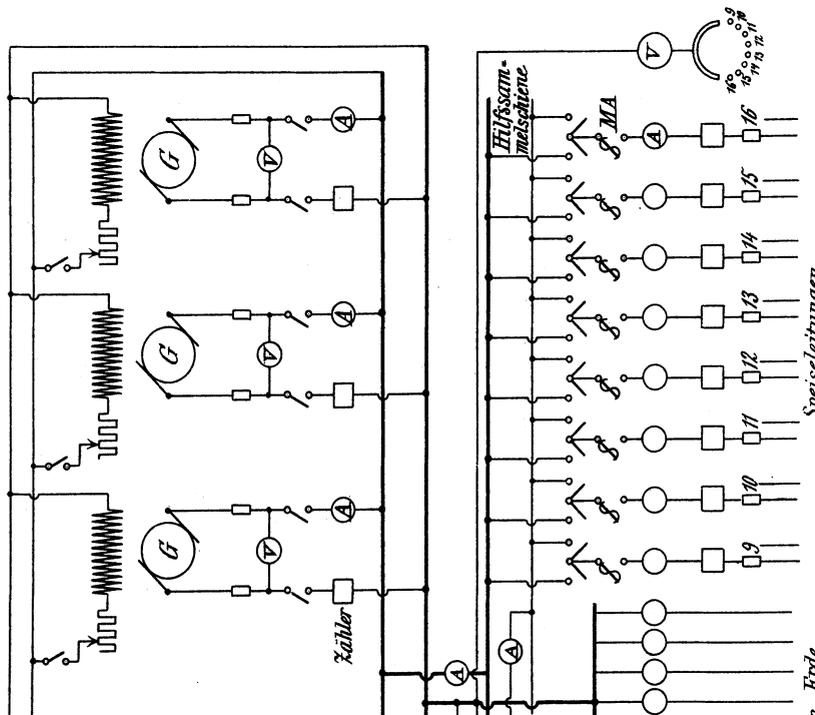


ine Geschwindig-
immer belastet-
kehren durch

anmotoren:
000 Volt.
bei $v = 34 \text{ km/Std.}$ (Läufer Δ)
" " 68 " (Läufer λ)
leistung 575 PS; $G_m = 10,75 \text{ T.}$
Pelstangen angetrieben.

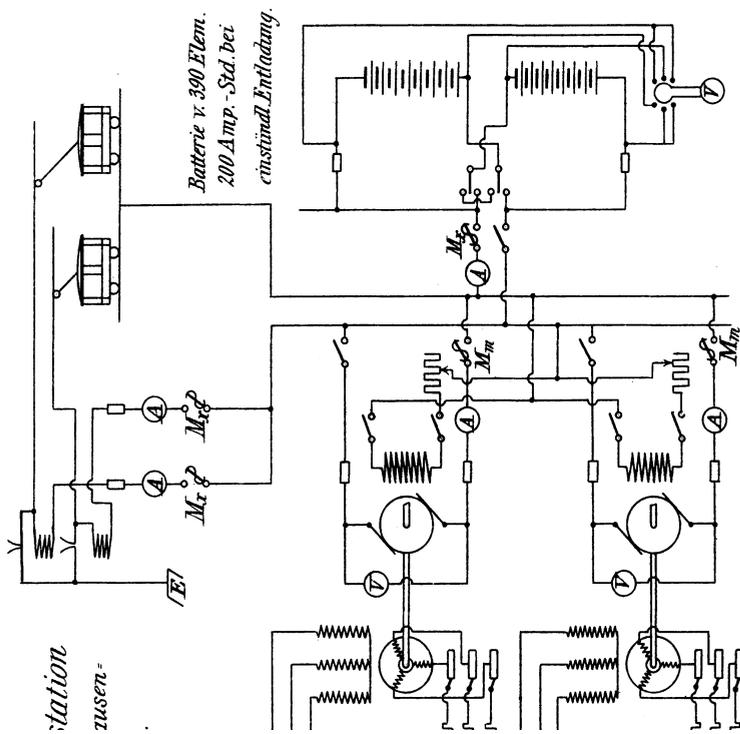
Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Trassenbahn
Centrale.



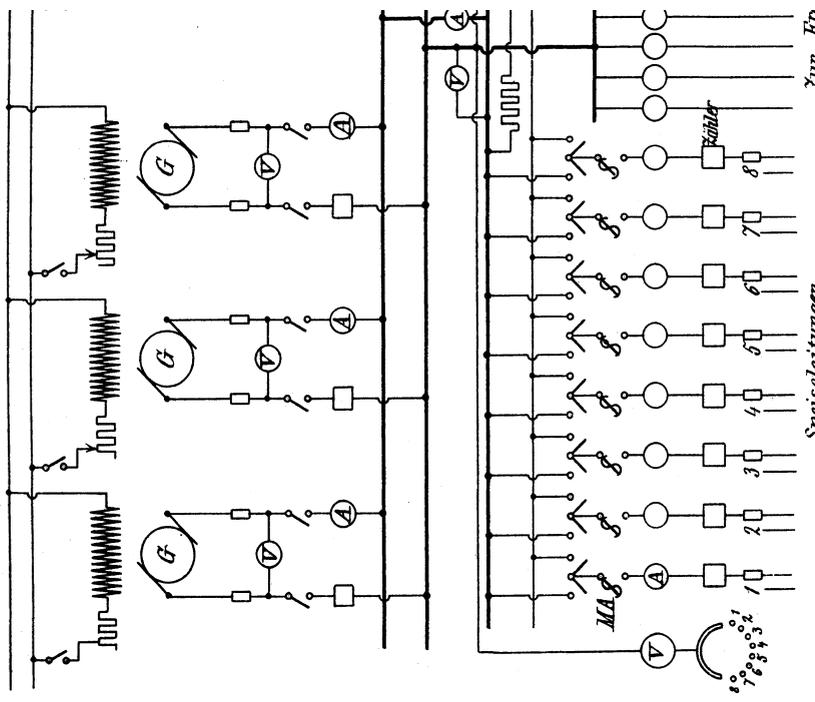
Erde

Speiseleitungen



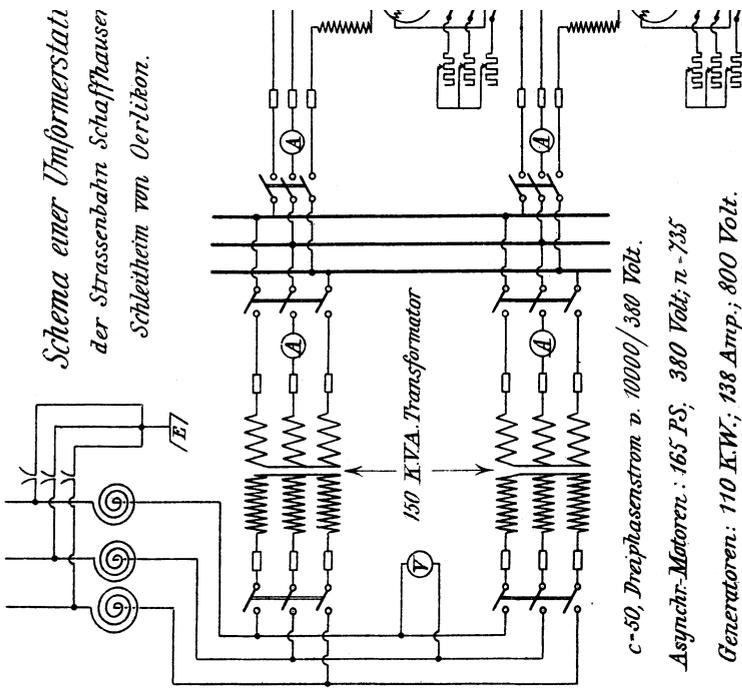
Tafel 22.

Baseler Stra
Schema der Cc



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Schema einer Umformerstation
der Strassenbahn Schaffhausen
Schleitheim von Oerlikon.



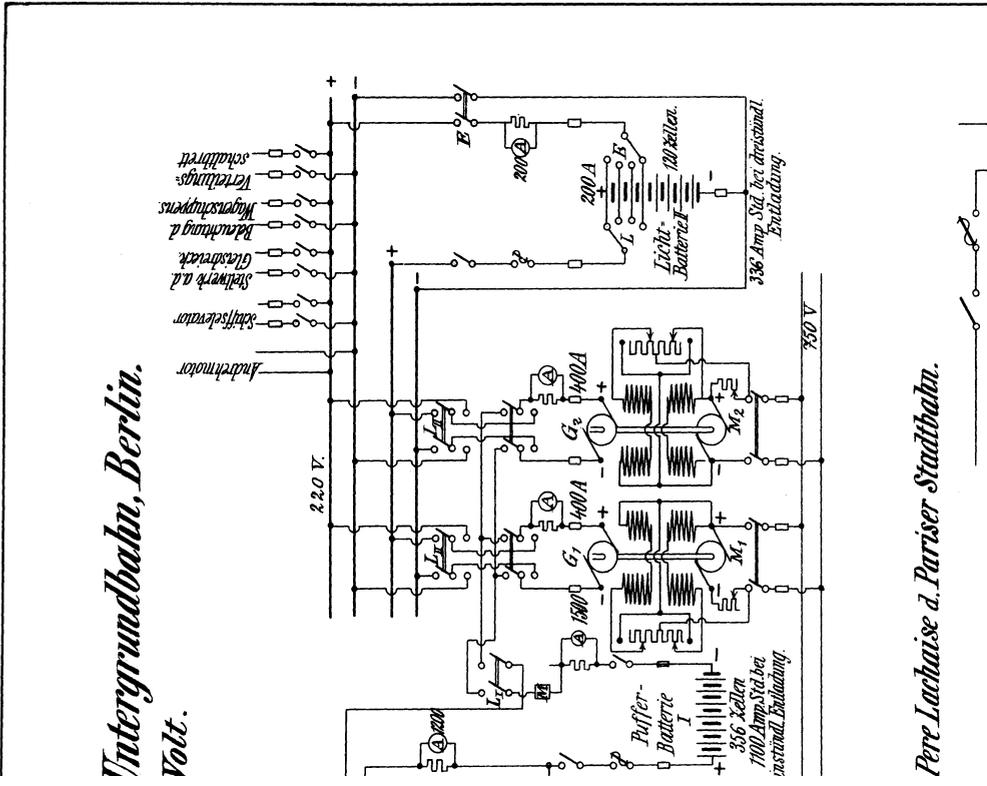
c-50, Dreiphasenstrom v. 10000/380 Volt.

Asynchr. Motoren: 165 PS, 380 Volt, n = 735

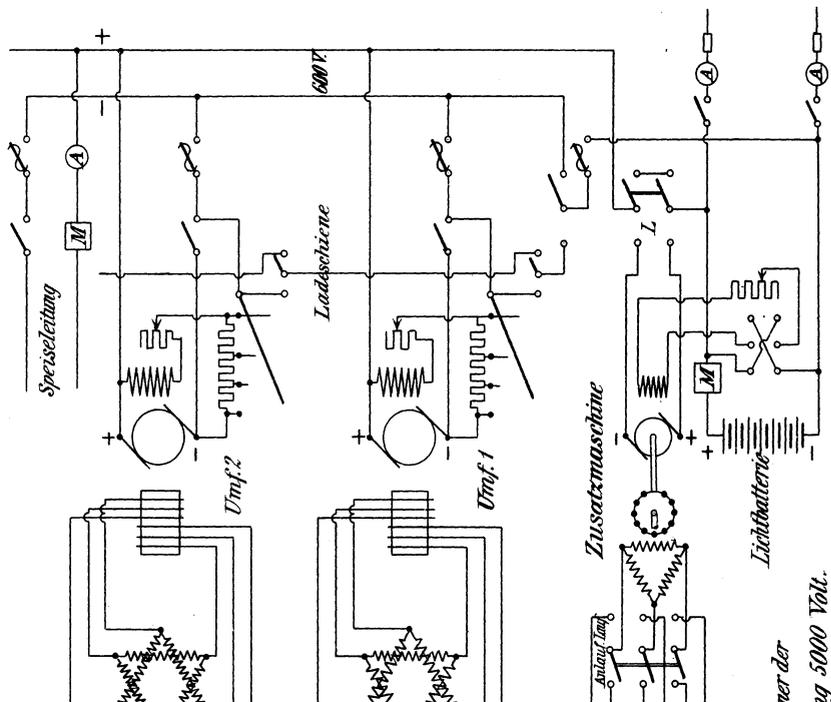
Generatoren: 110 K.W.; 138 Amp.; 800 Volt.

Untergrundbahn, Berlin.

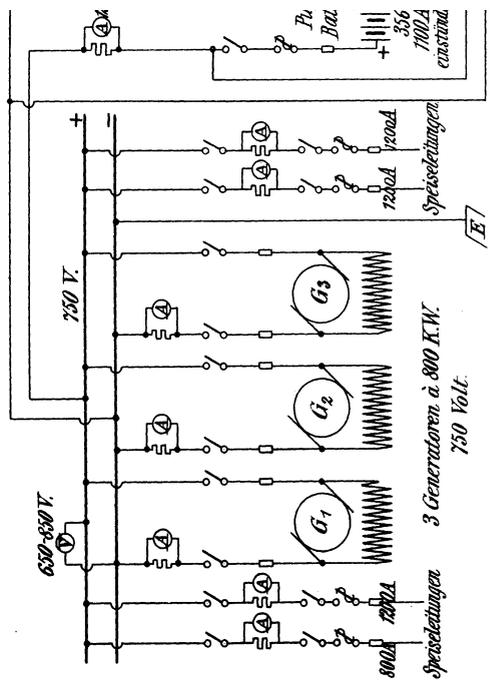
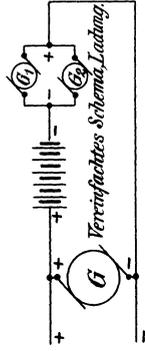
Volt.



Pere Lachaise d. Pariser Stadthahn.



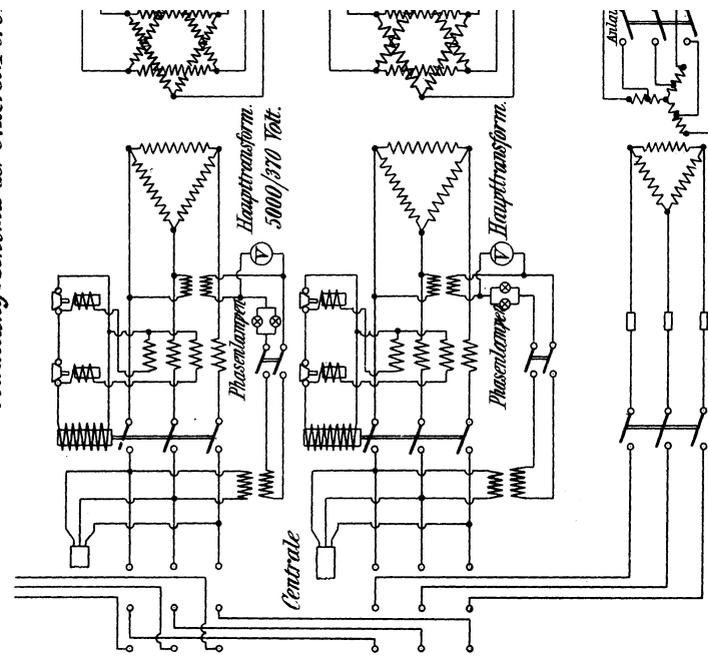
Centrale der Hoch- & Unt. 750 Volt



3 Generatoren à 800 K.W.
750 Volt.

Schaltungsschema der Unterst. Per.

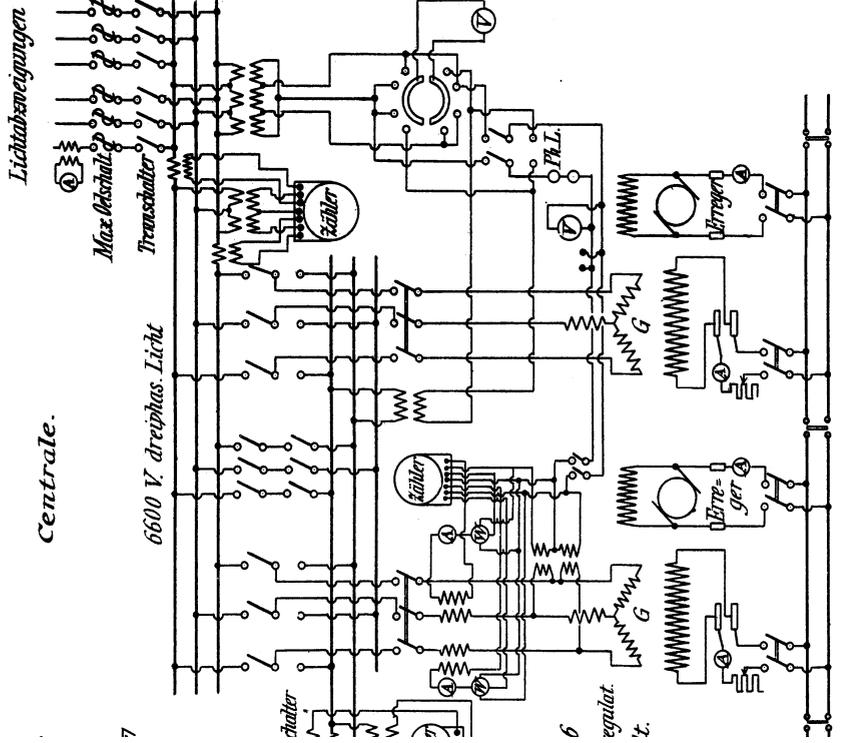
Verlag von Julius Springer in Berlin.

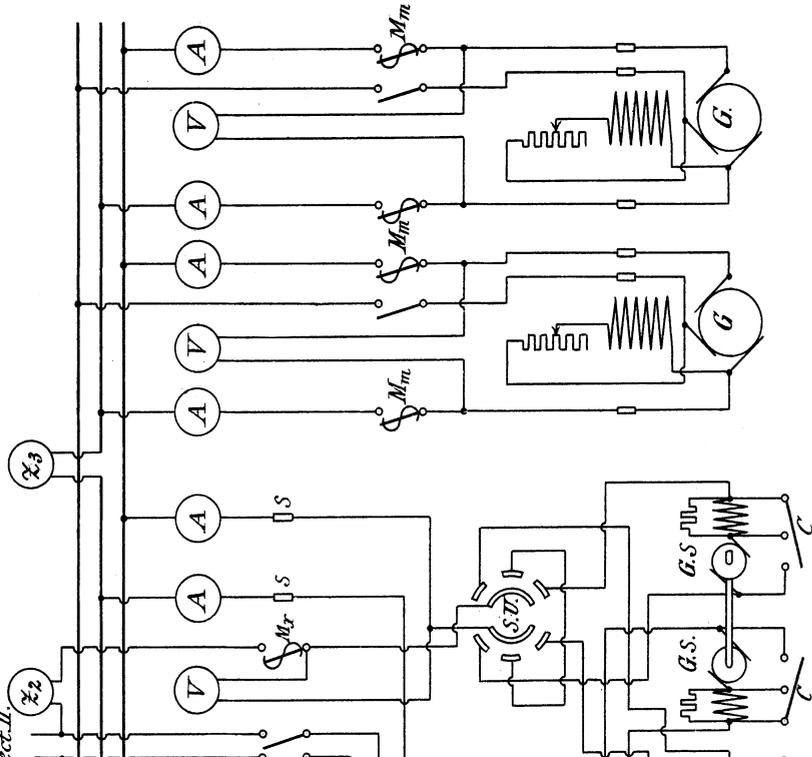


Umformer v. Thomson Houston 750 K.W. 370/600 Volt
 Zusatzmaschine: 150 V. 300 Amp. sie wird von irgend einer der
 5 Transformatorengruppen gespeist. Übertragungsspannung 50

Teimbahnetz in der Borinage.

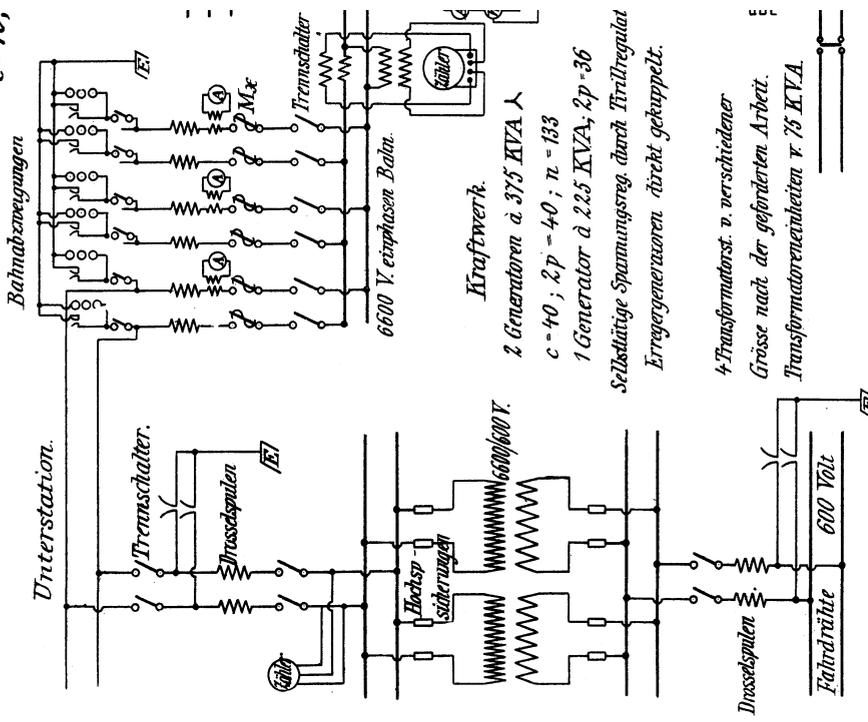
-40, $R_2 = 6600$ Volt.





Schaltungsschema für das Klein

$c = 40,$



Kraftwerk.

- 2 Generatoren à 375 KVA $c = 40 ; 2p = 40 ; n = 133$
- 1 Generator à 225 KVA; $2p = 36$

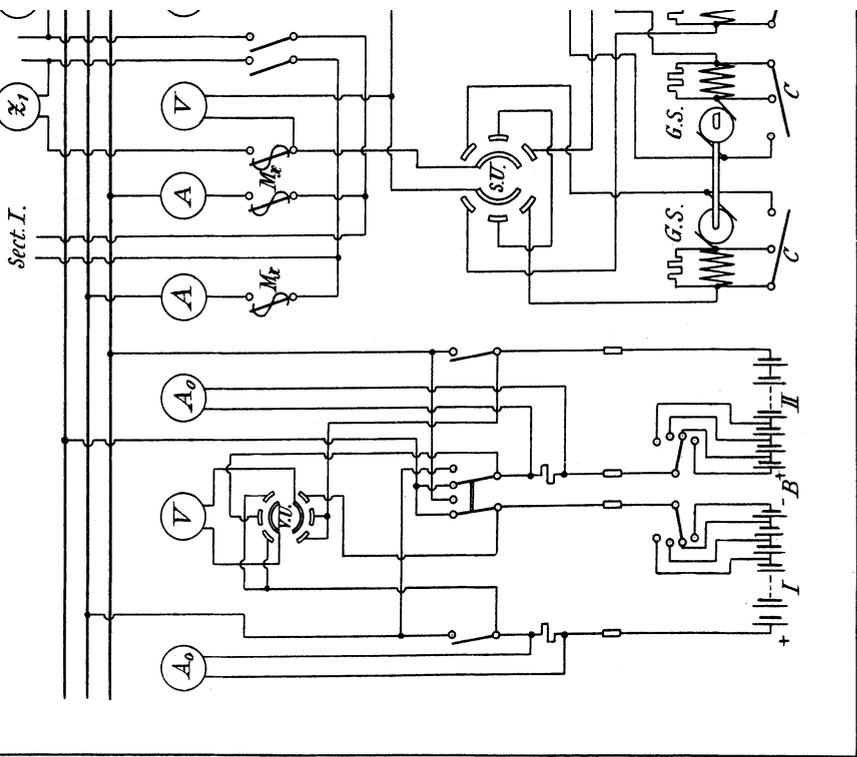
Selbsttätige Spannungsreg. durch Tirillreguliert
Erregergeneratoren direkt gekuppelt.

- 4-Transformatorst. v. verschiedener Grösse nach der geforderten Arbeit.
Transformatorleistungen v. 75 KVA.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Schaltungsschema des Kraftwerkes

17
 Schaltungsschema des Kraftwerkes de
 Sect. II.
 Sect. I.

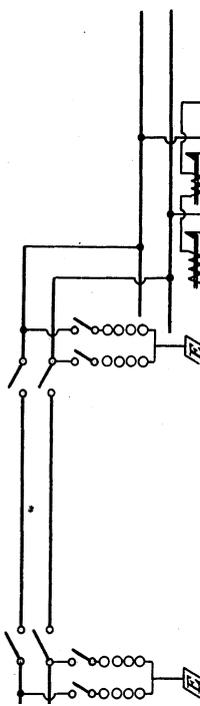


Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

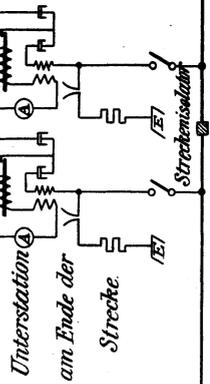
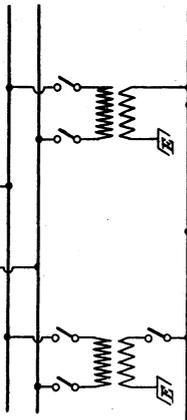
phasenbahnen (General Electric Co.)

22000 V, Fahrtrahmsp. 2200 V.

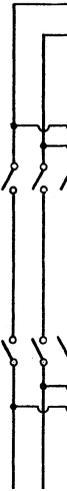
für die benachbarte.

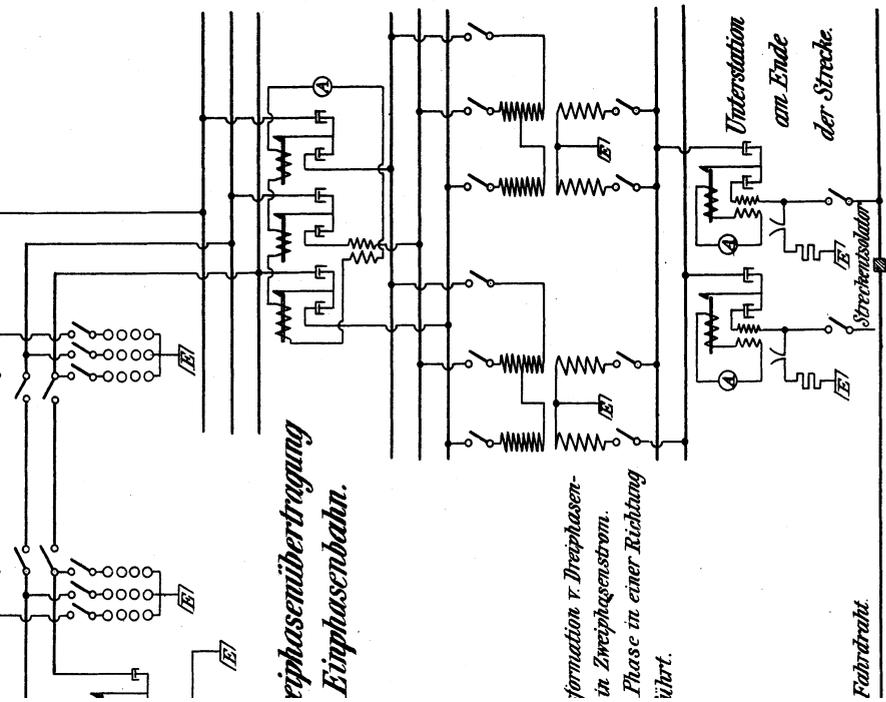


*Phaseübertragung
inphasebahn.*



Fährtraht.

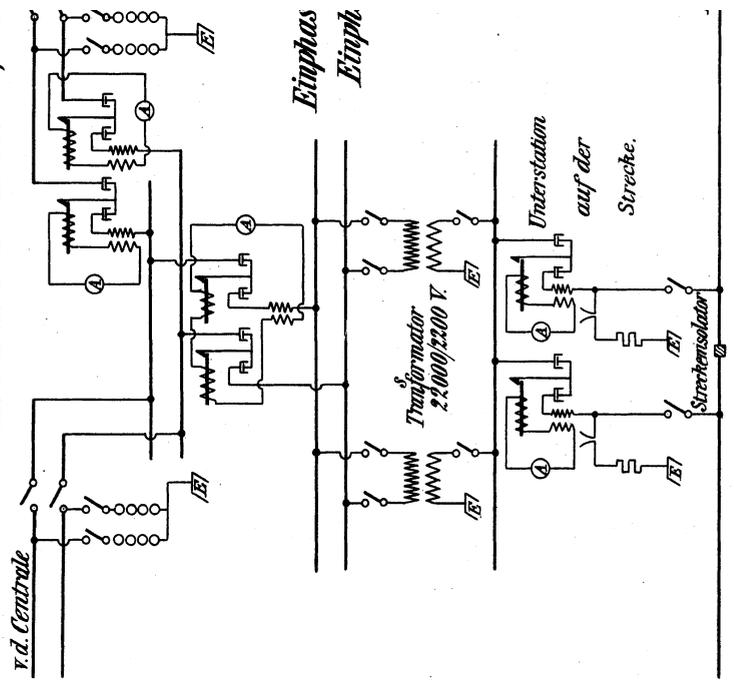




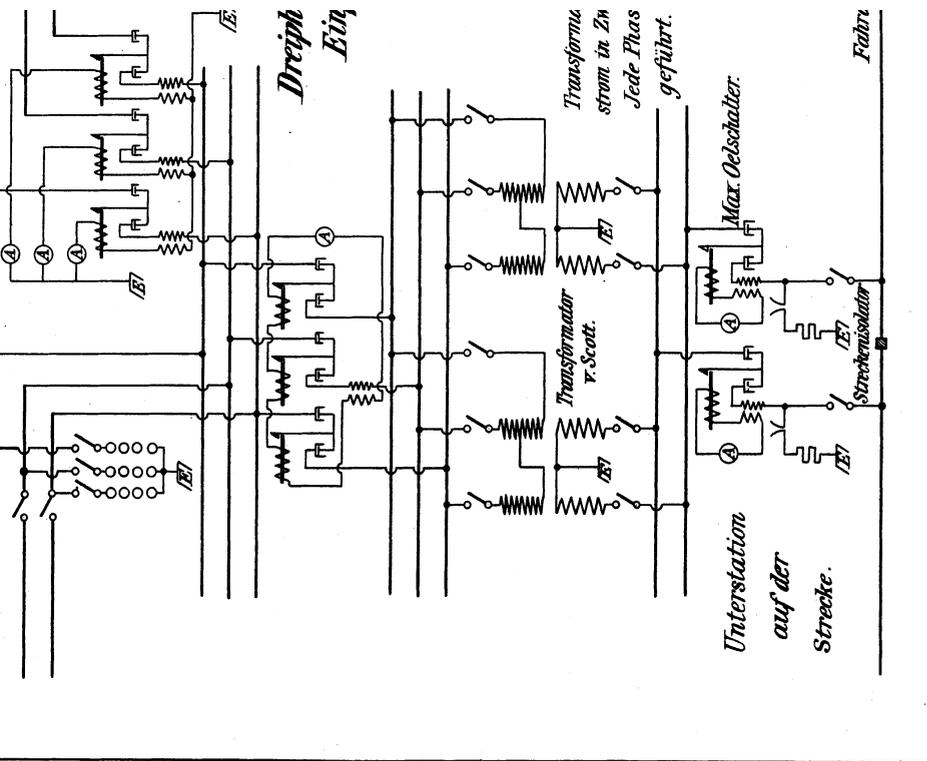
Stromverteilungssysteme für Einphas

c - 25, Übertragungsspannung 2200

Jede Unterstation dient als Reserve für d.



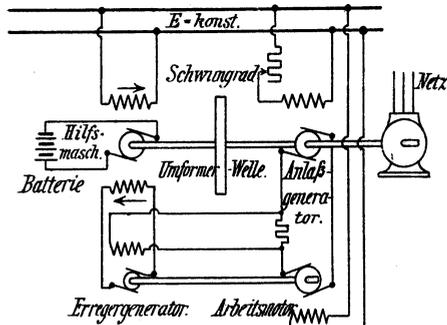
Verlag von Julius Springer in Berlin.



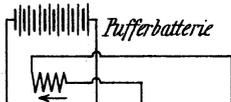
Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Regulierungseinrichtungen für Gleich- & W

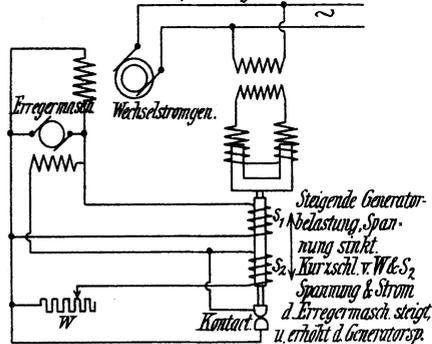
Siemens Brothers & Co.
Schaltung v. Maschinen m. stark schwankender Belastung.



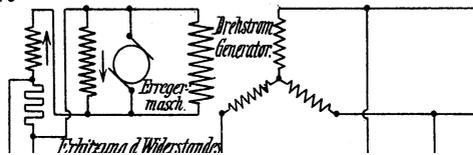
Die Hilfsmaschine wirkt als Motor oder Generator entweder v. Batterie angetrieben oder dieselbe ladend je nachdem d. Belastung d. Arbeitsmotors stark oder schwach.



Britisch Thomson-Houston Co.
Kompensationseinrichtung zur Konstanthaltung der Spannung.

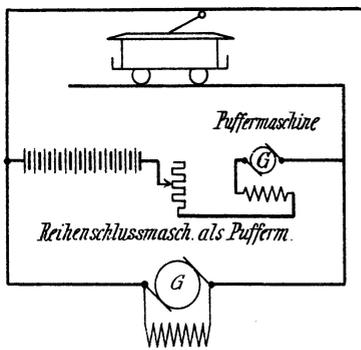


Ganz & Co

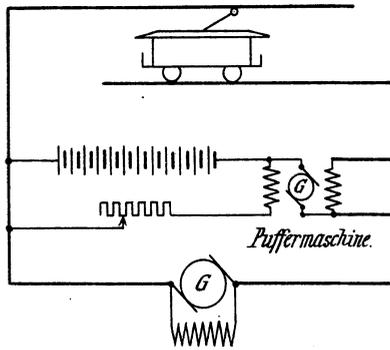


Wechselstrombahnanlagen.

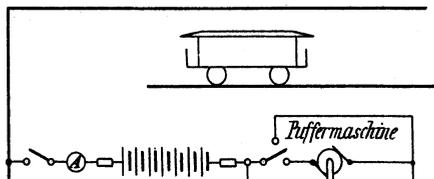
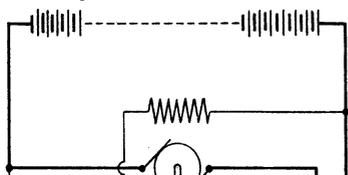
Reihenschlussmaschine als Puffermaschine.



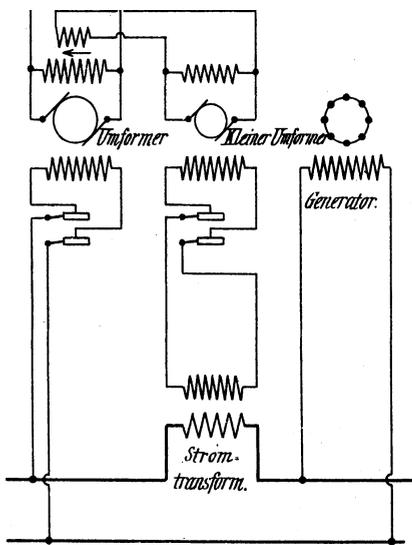
Pirani-Puffermaschine.



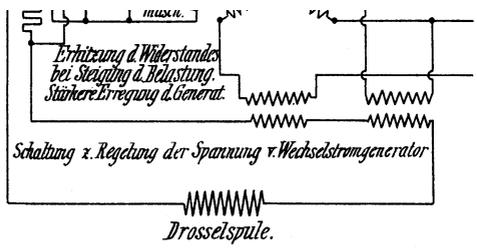
Higfield-Puffermaschine.



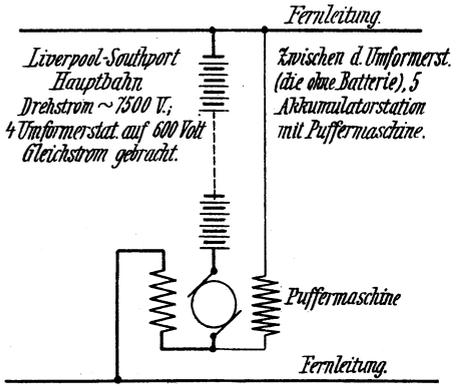
ator-
S₂
m
steigt
wegen



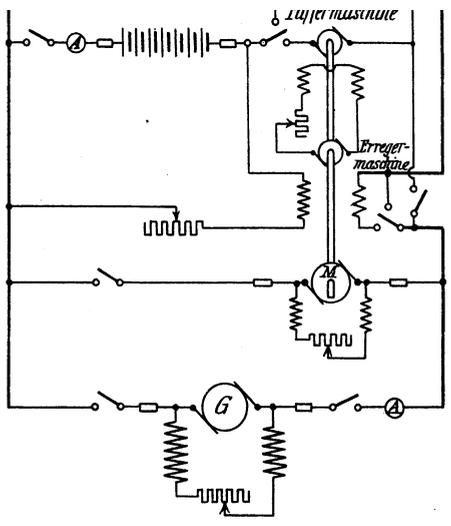
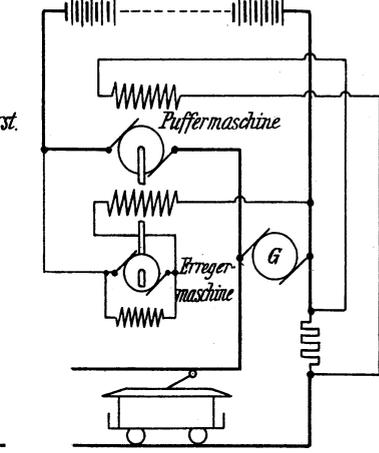
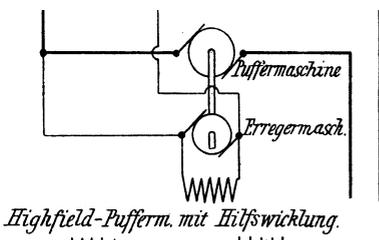
Anordnung d. Oesterreichischen Siemens-Schuckert-Werke
zum Ausgleich v. Belastungsschwankungen in
Wechselstromanlagen.



Schaltung z. Regelung der Spannung v. Wechselstromgenerator



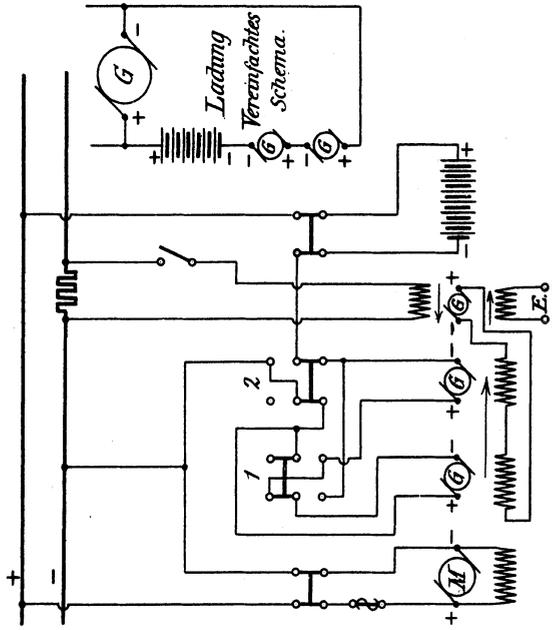
Schaltung der Puffermasch. nach Jakob.



Pirani-Puffermaschine mit besonderem Erregergenerator.

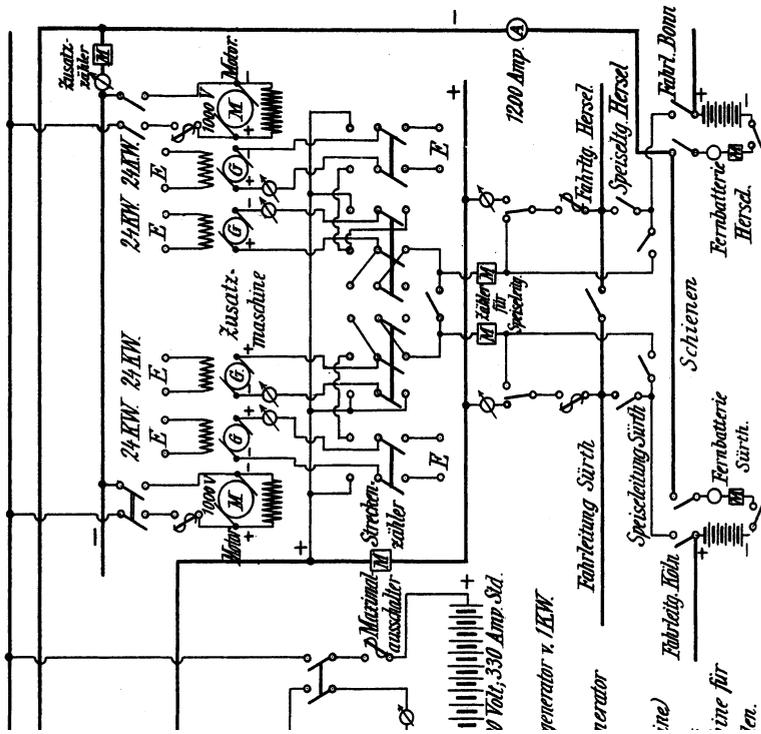
Reservengeneratoren System Pirani.

Ladung mit erhöhter Spannung

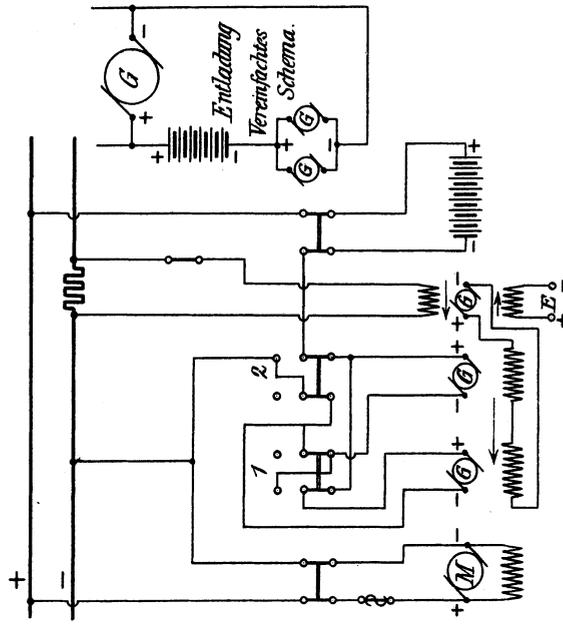


Die Polaritätszeichen gelten auch für Ladung bei Betriebszustand. (Hebel 1 nach unten, Reservengeneratoren parallel.)

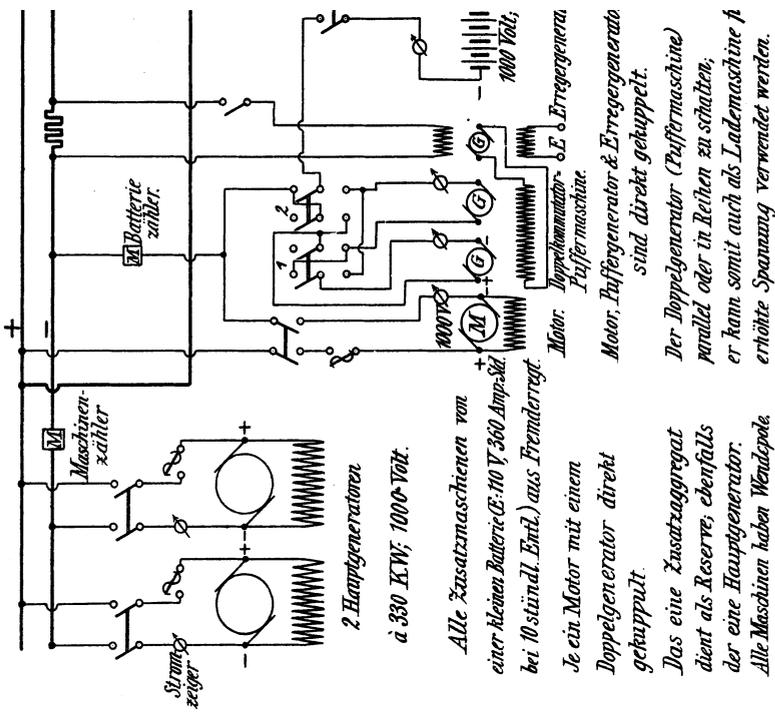
Kraftwerkes der Rheinfurberbahn.



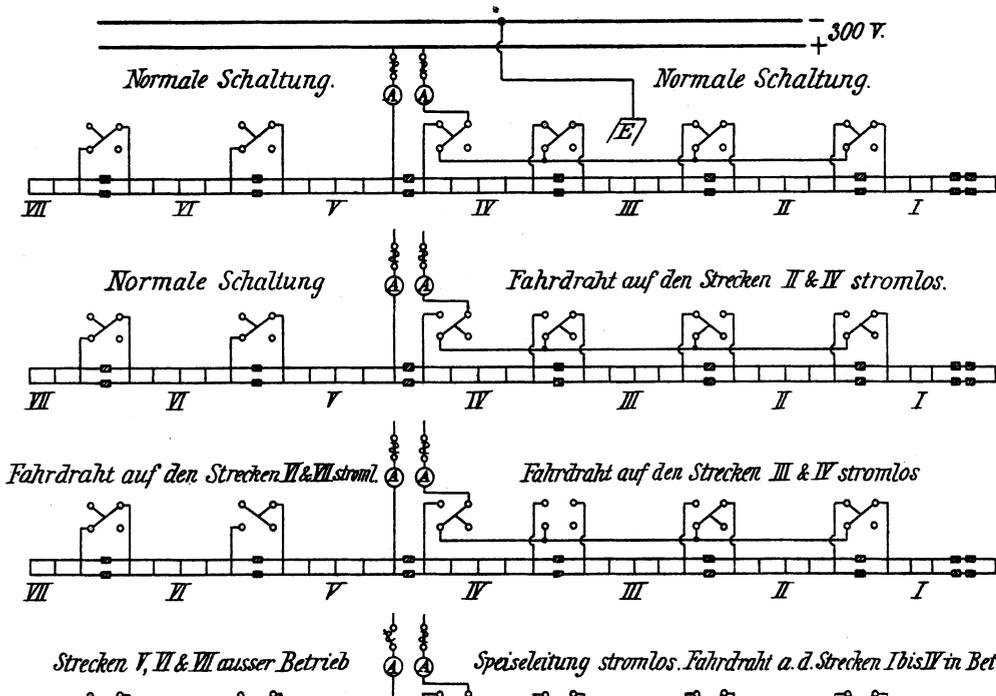
*Wirkungsweise der Puffe
Betriebszustand.*



Verlag von Julius Springer in Berlin.

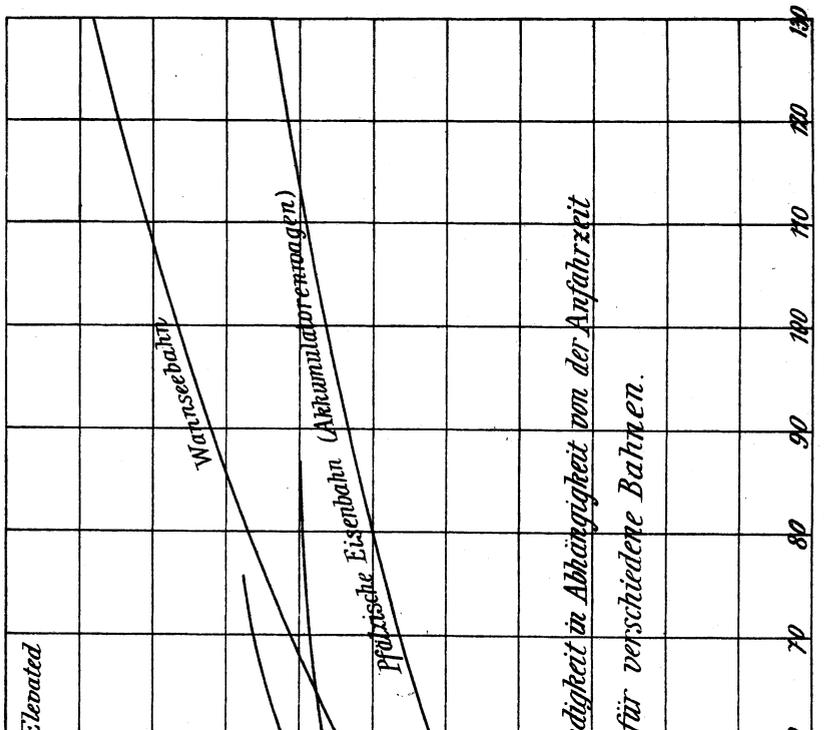


Schaltungsschema v. Fahrdrabt- und Speiseleitung d. Bahn Schaffhausen-Schleitheim.



zum.

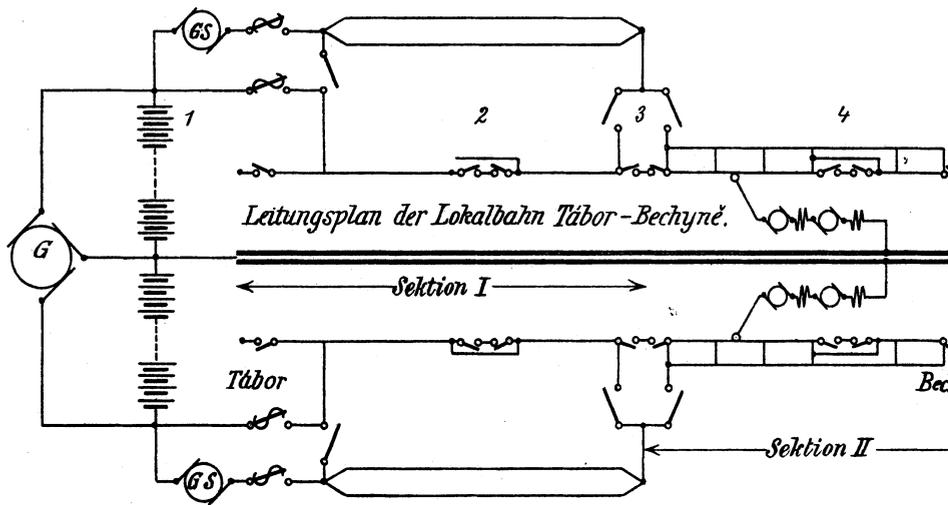
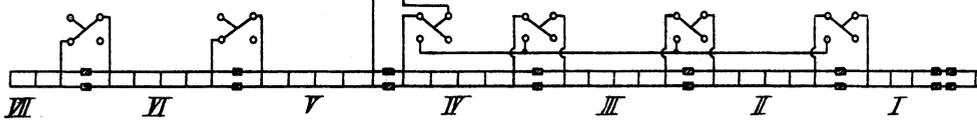
in Betrieb.



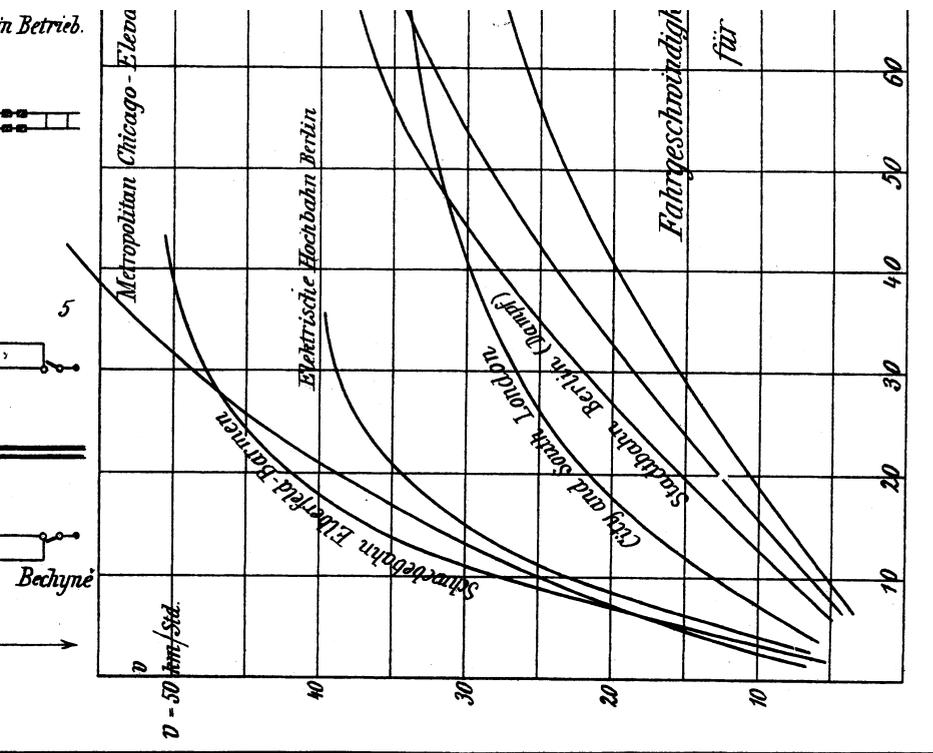
*Abhängigkeit in Abhängigkeit von der Anfahrzeit
für verschiedene Bahnen.*

Tafel 28.

Strecken V, VI & VII ausser Betrieb *Speiseleitung stromlos. Fahrdrabt a. d. Strecken I bis IV in Betr.*

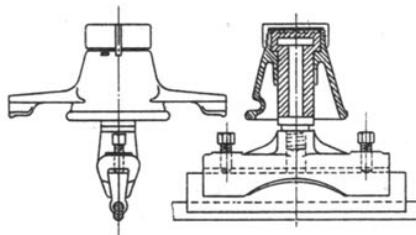


Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Keilverschlussdrahthalter.

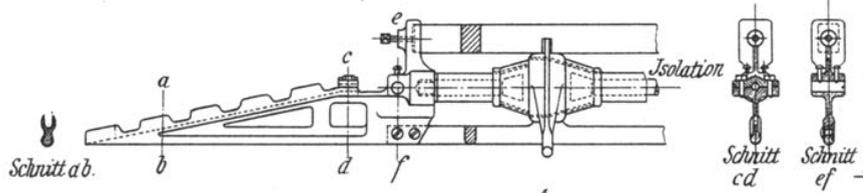


Gittermas

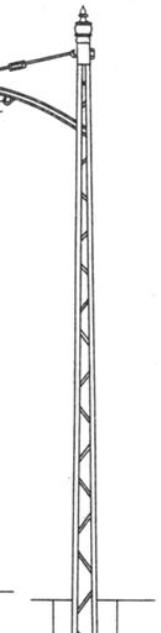


6,25 m

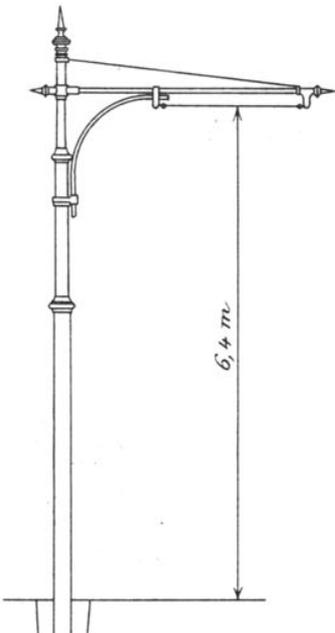
Streckenunterbrecher.



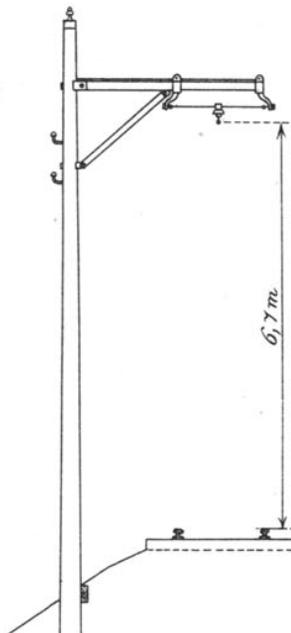
ast.

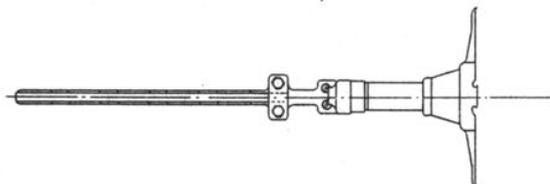


Rohrmast.

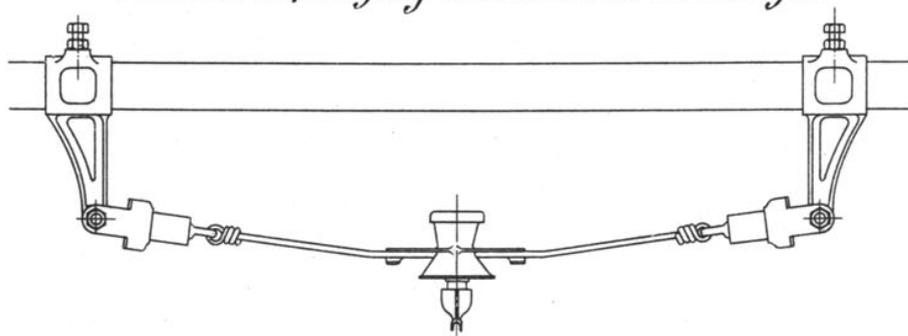


Holzast.

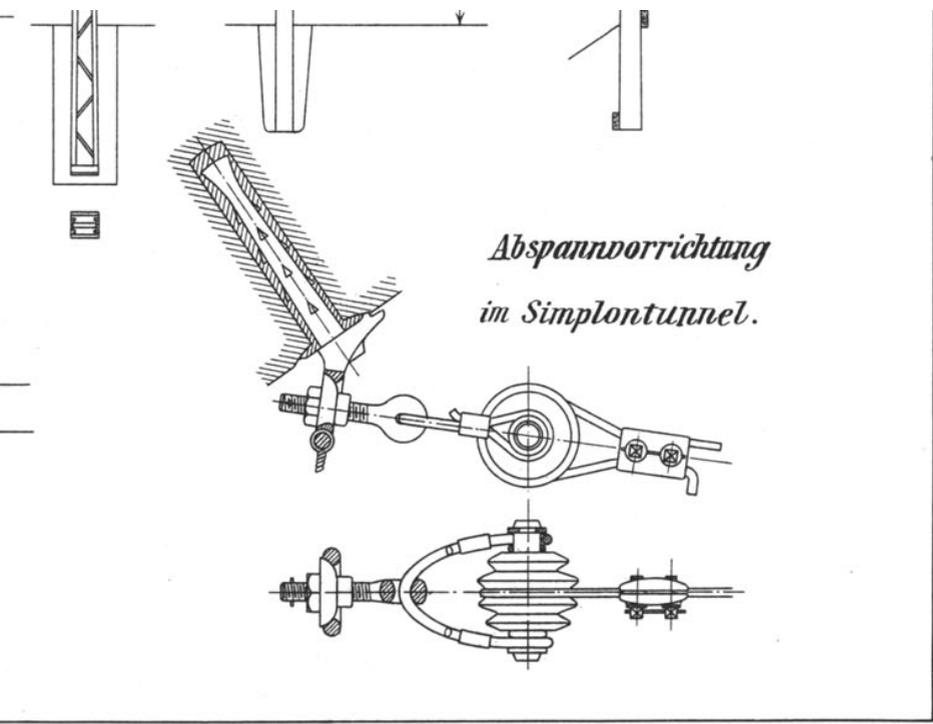




Elastische Aufhängung des Fahrradrahmes am Ausleger.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

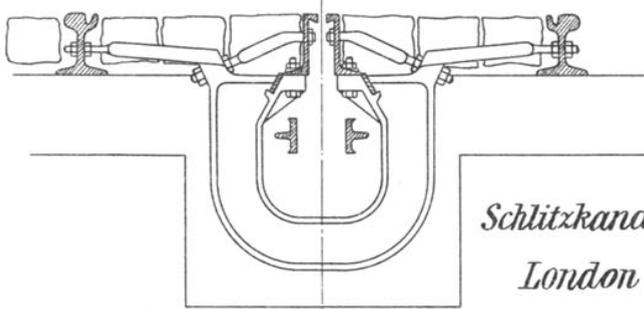


*Abspannvorrichtung
im Simplontunnel.*

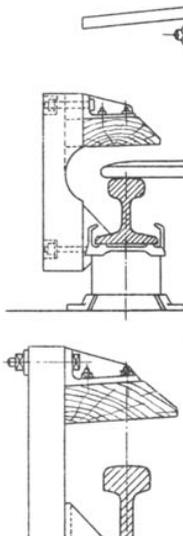
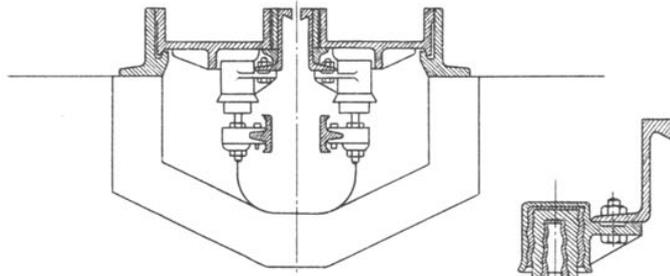
Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

Bragstad, Konstruktionen.

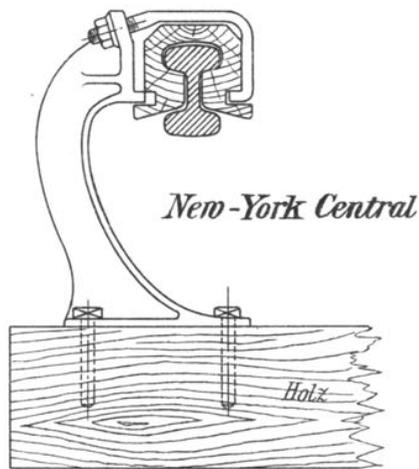
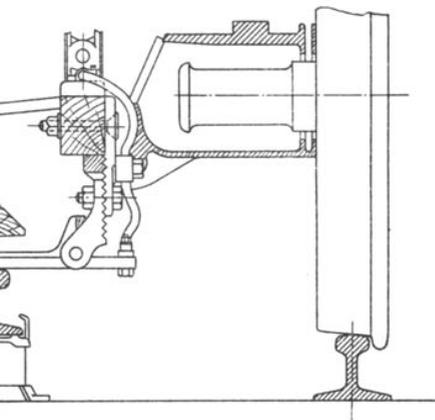
Stromzuführung mittel



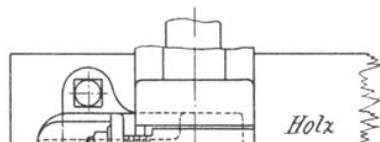
*Schlitzkanal
London*

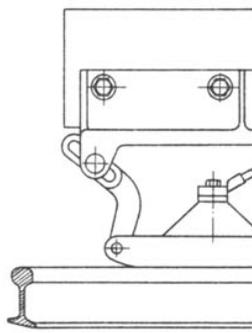
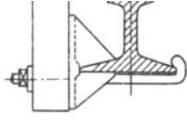
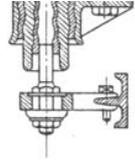
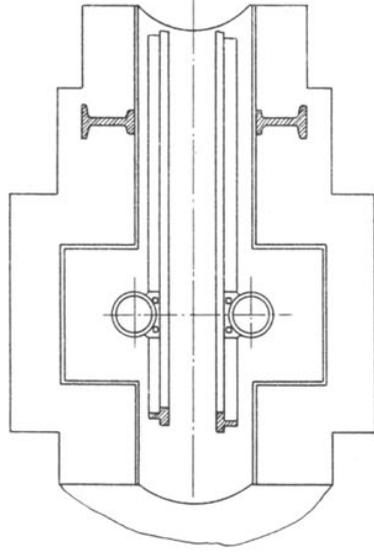


Wetzel's dritter Schiene.



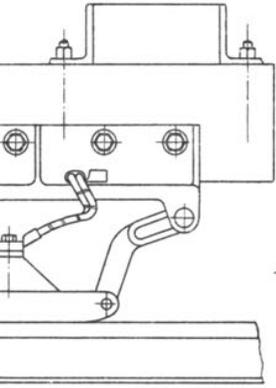
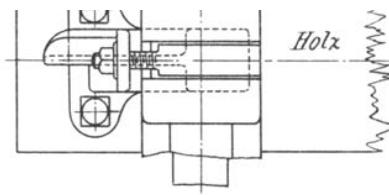
*Geschützte dritte Schiene
u. Kontaktschuh d. Wilkes=
barre & Hazleton, Railway.*



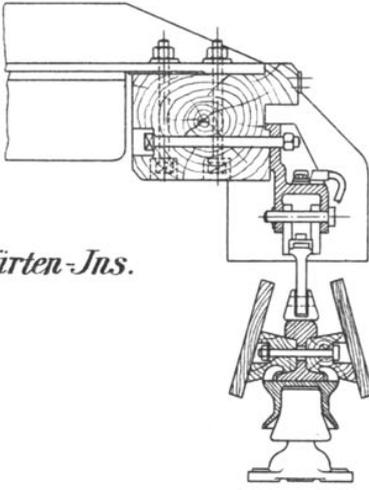


Verlag von Julius Springer in Berlin.

barre & Hazleton, Railway.



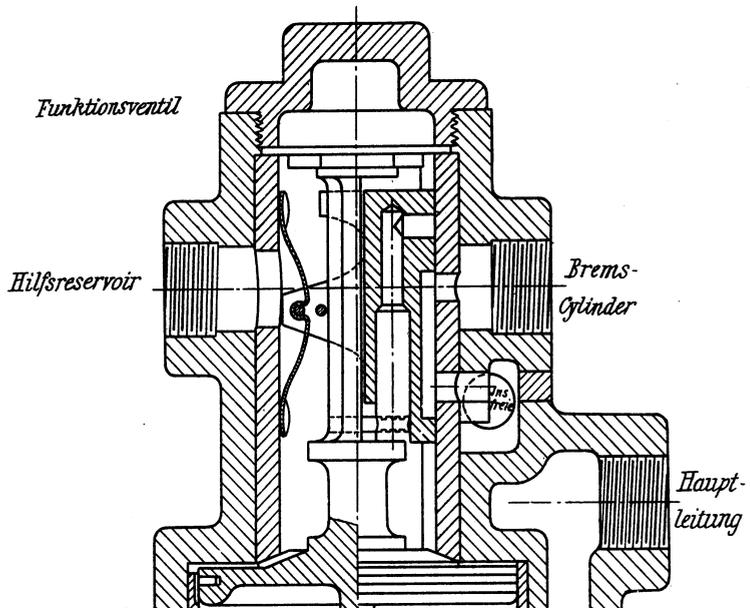
Freiburg-Mürten-Jns.



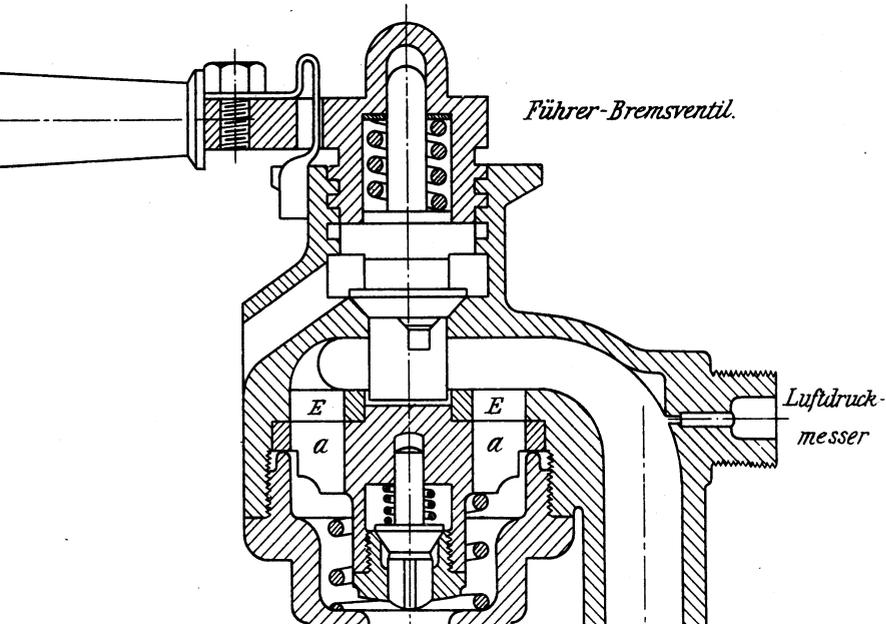
Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.

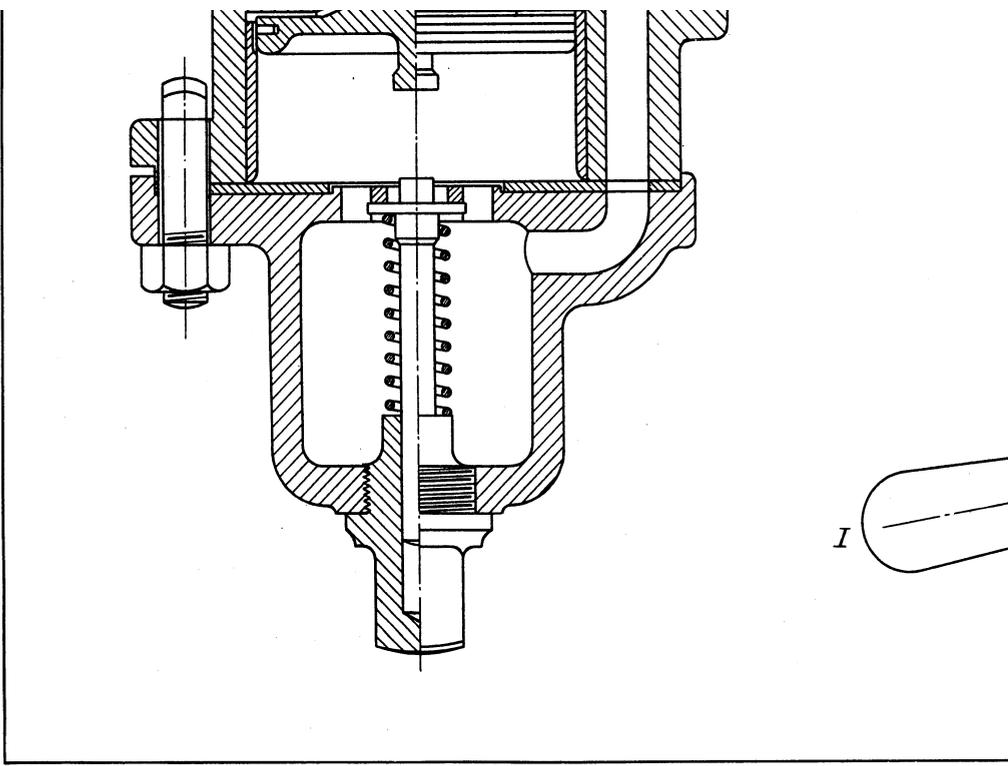
Bragstad, Konstruktionen.

Selbsttätige Bremse v

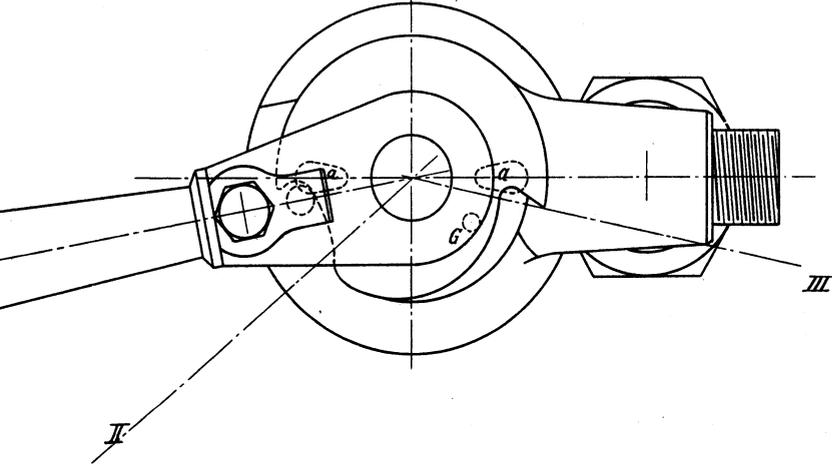
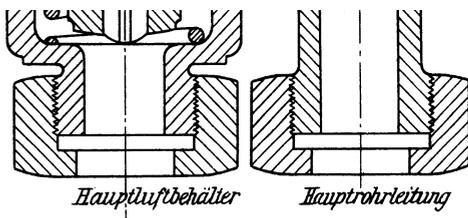


e v. Westinghouse.





Verlag von Julius Springer in Berlin.



Elektrotechnisches Institut der Hochschule Karlsruhe.