

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

Nr. 32.

Sonnabend, den 7. August 1909.

Band 53.

Inhalt:

Neue elektrische Güterzuglokomotive der Italienischen Staatsbahnen. Von K. v. Kando (hierzu Tafel 8)	1249
Elektrisch betriebene Kohlenkipperanlage am Rothesay-Dock bei Glasgow. Von W. Schlachter	1255
Wesen und Wirtschaftlichkeit neuerer elektrischer Starklichtquellen. Von P. Heyck	1261
Der Brennstoffverbrauch von modernen Heißdampflokomo- bilen und Dieselmotoren in praktischen Betrieben. Von F. Lesser	1268
Die Explosionsgefahren von komprimiertem Sauerstoff und Wasserstoff. Von L. Lucas	1270
Zeichnerische Ermittlung der Durchbiegungs- und Spannungsverhältnisse einer unter Fliehkraftwirkung stehenden Schraubenfeder mit radialer Achse. Von A. Röver	1272
Fränkisch-Oberpfälzischer B.-V.: Das Scheckwesen	1273

(hierzu Tafel 8)

Thüringer B.-V.: Die Reformbewegungen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht	1275
Bücherschau: Heizung und Lüftung von Gebäuden. Von A. Gramberg. — Berichte über die mit Mitteln der Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten. — Bei der Redak- tion eingegangene Bücher. — Uebersicht neu erschienener Bücher	1277
Zeitschriftenschau	1279
Rundschau: Ueberhitzer auf Dampfern. — Bekohlvorrichtung für Loko- motiven. — Elektrisch betriebene Seilschwebbahn zur Beförderung von Personen. — Verschiedenes	1281
Patentbericht: Nr. 206016, 204798, 206067, 206390	1285
Angelegenheiten des Vereines: Versammlung des Vorstands am 26. und 27. April 1909 in Berlin. — Mitteilungen über Forschungsar- beiten, Heft 72 bis 74. — Sitzungskalender der Bezirksvereine	1286

Neue elektrische Güterzuglokomotive der Italienischen Staatsbahnen.¹⁾

Von K. von Kando.

(hierzu Tafel 8)

Die bereits siebenjährige Erfahrung mit dem elektrischen Betrieb auf der Valtellina-Bahn²⁾ hat die Verwaltung der Italienischen Staatsbahnen zur Aufnahme dieses Betriebes auf den Hauptlinien im großen Maßstabe veranlaßt. Im Jahre 1906 wurden den Italienischen Staatsbahnen vom Parlament 38 160 000 frs für elektrische Kraftwerke und Leitungsanlagen bewilligt. Daneben sind ungefähr 30 bis 35 000 000 frs von den 300 000 000 frs, die durch das gleiche Gesetz den Staatsbahnen allgemein für neue Fahrbetriebsmittel zur Verfügung gestellt worden sind, auf elektrische Lokomotiven zu rechnen.

Für die Einführung des elektrischen Betriebes sind in erster Linie die folgenden zehn Linien in Aussicht genommen:

- 1) Pontedecimo-Busalla,
- 2) Genuesische Tunnel,
- 3) Savona-San Giuseppe,
- 4) Domodossola-Iselle,
- 5) Gallarate-Arona,
- 6) Gallarate-Laveno,
- 7) Mailand-Lecco und Usmate-Bergamo,
- 8) Bardonnecchia-Modane,
- 9) Neapel-Salerno und Torre Annunziata-Castellamare,
- 10) Pistoia-Bagni della Porretta.

Ueber die anzuwendende Betriebsart spricht sich der Generaldirektor der Staatsbahnen in seinem Bericht über das Geschäftsjahr 1906/1907 an den Minister der öffentlichen Arbeiten wie folgt aus:

»Der Betrieb soll mit Drehstrom von hoher Spannung geführt werden unter Beibehaltung der Grundzüge der Valtellina-Anlage³⁾, die wirklich einen bemerkenswerten Ab-

schnitt in der Geschichte der Anwendung der elektrischen Zugförderung bedeutet.«

Die erste und dritte Linie sind bereits in Arbeit genommen. Für diese beiden Linien sind zusammen 40 elektrische Lokomotiven bestellt, und zwar, da bei beiden Linien der Güterverkehr die Hauptrolle spielt, zunächst Güterzuglokomotiven. Die erste dieser Lokomotiven ist in den Werkstätten der Italienischen Westinghouse-Gesellschaft in Vado-Ligure im August 1908 fertiggestellt und, da das Kraftwerk und die Leitungsanlage der Giovi-Linie noch nicht

Lokomotive zu hohe, eine niedrigere hingegen bei den schnellaufenden Lokomotiven eine zu niedrige Polzahl der Motoren ergeben.

Für die Höhe der Betriebsspannung an der Fahrleitung kommen außer den Anlagekosten noch zwei andre Bedingungen in Betracht: die eine ist die Betriebsicherheit, welche eine möglichst niedrige Spannung erheischt, die andre die Grenze der Leistungsfähigkeit einer Lokomotive, die von der Höhe der von den Kontaktstrahlen abnehmbaren Stromstärke abhängt. — Die Betriebsergebnisse der Valtellina-Bahn haben gezeigt, daß sowohl die Motoren wie die Schaltanlage und Stromabnehmer für 3000 V Betriebsspannung mit der Sicherheit gebaut werden können, welche den strengsten Anforderungen eines Eisenbahnbetriebes entspricht. Andererseits erlauben die auf der Valtellina-Bahn verwendeten Stromabnehmer die Entnahme von 250 bis 300 Amp auf eine Walze und Draht, so daß eine Lokomotive mit zwei Stromabnehmern sicher 400 bis 450 Amp ständig abzunehmen imstande ist, was bei 3000 V Betriebspannung einer Leistung von rd. 3000 PS entspricht, also einer Leistung, die wohl für lange Zeit als Grenze der notwendigen Leistung einer elektrischen Lokomotive auf europäischen Bahnen betrachtet werden darf.

Hinsichtlich der Anlagekosten ist hier zu bemerken, daß die höhere oder niedrigere Betriebspannung auf die Kosten der Kontaktleitung nur unwesentlichen Einfluß hat; der Drahtquerschnitt wird nämlich aus konstruktiven Rücksichten gewöhnlich zwischen 50 und 100 qmm gewählt. Größer ist der Einfluß der Betriebspannung auf die Kosten der Transformator-Nebenwerke, da diese bei der höheren Spannung größeren Abstand voneinander haben können. Dieser Kostenunterschied hängt aber wesentlich von den Betriebsverhältnissen der Linie ab, für welche die Nebenwerke bemessen sein müssen. Bei einer höheren Betriebspannung wird die Anzahl der Nebenwerke zwar geringer, demgegenüber wird aber die Leistung der in einem Nebenwerk aufzustellenden Transformatoren größer und die Kosten der Schaltanlage höher. Außerdem werden auch die andern Teile der Anlage, wie die Isolierung der Fahrleitung, und, was noch wichtiger ist, die Lokomotiven selbst teurer. Eine Berechnung zeigt, daß die durch eine höhere Betriebspannung erreichbare Ersparnis die damit verbundene Verminderung der Betriebsicherheit bei den meisten in Betracht gezogenen Linien nicht rechtfertigt.

¹⁾ Sonderabdrücke dieses Aufsatzes (Fachgebiet: Eisenbahnbetriebsmittel) werden abgegeben. Der Preis wird mit der Veröffentlichung des Schlusses bekannt gemacht werden.

²⁾ Vergl. Z. 1905 S. 125, 350 u. f.; 1907 S. 168.

³⁾ Unter Grundzügen sind hier in erster Linie außer der Stromart (Drehstrom) die Periodenzahl und die Betriebspannung der Fahrleitung zu verstehen. Die Periodenzahl der Valtellina-Bahn (15 in der Sekunde), eignet sich für Lokomotivmotoren mit unmittelbarem oder Kuppelstangenantrieb bei allen Geschwindigkeiten, die auf europäischen Bahnen in Betracht kommen können, sehr gut. Ein sechspoliger Motor gibt beim größten bei Dampflokomotiven üblichen Raddurchmesser von 2100 mm eine synchrone Geschwindigkeit von 119 km/st, wogegen ein 24 poliger Motor mit dem Raddurchmesser der hier beschriebenen Lokomotive (1070 mm) einer Geschwindigkeit von 15 km/st entspricht. Eine höhere Periodenzahl würde für eine langsam laufende

fertig waren, am 18. August zur Probe auf der Valtellina-Bahn in regelrechten Betrieb genommen worden.

Die Lokomotiven haben folgenden Bedingungen zu entsprechen:

Die Lokomotive soll 5 gekuppelte Achsen haben, zwanglos durch Krümmungen von 400 m Halbmesser laufen und durch zwei Motoren mittels Kuppelstangen angetrieben werden. Diese Motoren werden mit Drehstrom von 15 Per./sk und 3000 V Spannung gespeist und müssen durch entsprechende Schaltung zwei synchrone Geschwindigkeiten haben, und zwar $22\frac{1}{2}$ und 45 km/st. Dementsprechend sind die beiden Motoren mit 8poliger Bewicklung ausgeführt, mit der sie in Kaskadenschaltung $112\frac{1}{2}$ und in Einzelschaltung 225 Uml./min machen. Die Laufräder haben 1070 mm Dmr.

Die Vorschriften legten besonderes Gewicht darauf, daß das Eigengewicht der Lokomotive nicht höher wird, als für das Anhaften durchaus notwendig ist. Als Grenze des Eigengewichtes der Lokomotive sind 60 t vorgeschrieben; die mechanische Konstruktion mußte aber derartig ausgebildet sein, daß dieses Gewicht durch Ballast auf 75 t gebracht werden könne. Die Frage, ob das vorgeschriebene Höchstgewicht der Lokomotive als Reibgewicht genügt, oder ob es durch

Ballast vermehrt werden muß, wird durch einen Versuch bestimmt, der vom Bedingungsheft wie folgt vorgeschrieben ist:

Das Reibgewicht muß versuchsweise unter den ungünstigsten Reibungsverhältnissen bestimmt werden, und zwar muß es für eine Zugkraft genügen, die einen Zug von 380 t Nutzlast, zusammengestellt aus beladenen Güterwagen mit ölgeschmierten Achsbüchsen, durch eine Lokomotive vorn und eine hinten auf einer Steigung von 35 vT in Krümmungen mit nicht mehr als 400 m Halbmesser in nicht mehr als 200 sk auf 45 km/st Geschwindigkeit zu beschleunigen vermag. Wenn wir das Eigengewicht der Lokomotive mit 60 t annehmen, so beträgt das Gesamtzuggewicht 500 t und die zur Beschleunigung notwendige Gesamtzugkraft 24 t, also $\frac{1}{5}$ des Gewichtes der beiden Lokomotiven.

Bezüglich der Zugkraft besagen die Bedingungen, daß die Motoren imstande sein müssen, die Räder der auch mit Ballast belasteten Lokomotiven ins Gleiten zu bringen. Für die Stundenleistung der Motoren ist vorgeschrieben, daß eine Stromstärke von 117 Amp bei 3000 V die Bewicklung während einer Stunde um nicht mehr als 75°C über die Lufttemperatur, bestimmt durch Widerstandsmessung, erhitzen soll. Auf die Dauerleistung der Motoren bezieht sich folgende Vorschrift: Ein Zug, wie oben angegeben, von 380 t Nutzlast wird von Pontedecimo nach Busalla¹⁾ mit 45 km Geschwindigkeit befördert und von Busalla nach Pontedecimo mit eingeschalteten Motoren (Stromrückgewinnung) mit $22\frac{1}{2}$ km Geschwindigkeit zurückbefördert. Während 20 Stunden wird der Betrieb so geführt, daß die Abfahrten von Pontedecimo und von Busalla in Zeitabständen von 140 min aufeinander folgen.

¹⁾ Die Entfernung der beiden Stationen beträgt 10,4 km, die durchschnittliche Steigung 27 vT, die stärkste Steigung 35 vT, der kleinste Krümmungshalbmesser 400 m.

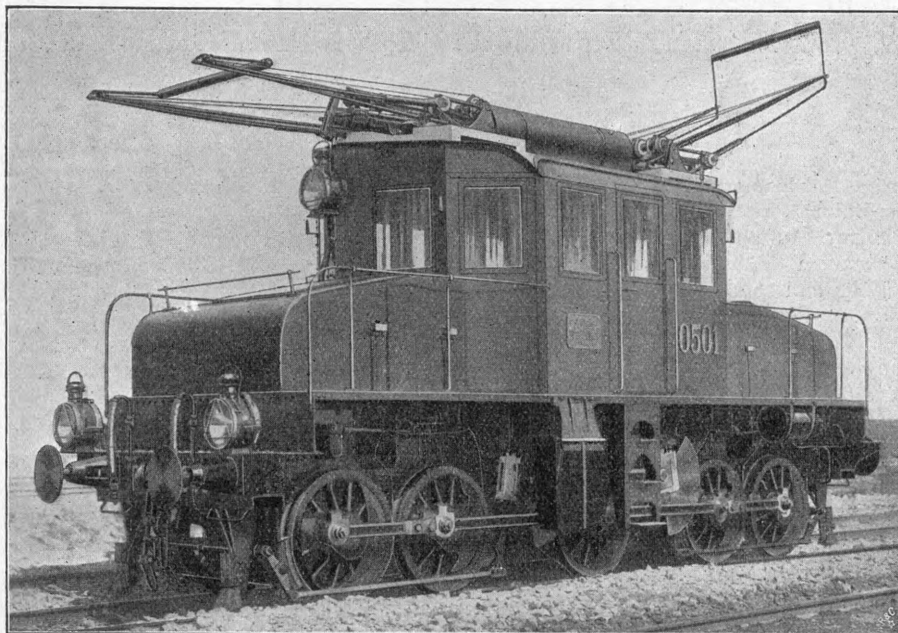
Während der 20 Stunden können die Motoren gekühlt werden, nach den 20 Stunden aber erfolgt eine Berg- und eine Talfahrt ohne künstliche Lüftung. Nach Vollendung dieses Betriebes darf kein Teil der Bewicklung der Motoren um mehr als 75°C , durch Widerstandsmessung bestimmt, über die Lufttemperatur erhitzt sein.

Die Leistungsfähigkeit des Anlaßwiderstandes ist dadurch festgesetzt, daß ein Zug von 400 t Nutzlast von einer Lokomotive auf einer Linie mit nicht größerer Steigung als 3 vT und in Krümmungen mit nicht größeren Halbmessern als 180 m in einer Stunde 30 mal vom Stillstand auf $22\frac{1}{2}$ km beschleunigt werden muß, ohne daß irgend ein Teil der Lokomotive durch Erhitzen beschädigt wird.

Wir werden im nachstehenden sehen, wie die auf Grund dieser Vorschriften entworfene Lokomotive sich zur Abwicklung eines schweren Eisenbahnbetriebes auf Linien mit starken Steigungen eignet. Dabei wird im allgemeinen auch auf die Eigenschaften des Drehstrombetriebes im Vergleich mit dem für Hauptlinien häufig in Vorschlag gebrachten Wechselstrombetrieb einzugehen sein. Zunächst möge eine eingehende Beschreibung der Lokomotive folgen.

Fig. 1.

Neue elektrische Güterzuglokomotive der Italienischen Staatsbahnen.



Mechanischer Teil.¹⁾

Den Vorschriften entsprechend hat die Lokomotive, Tafel 8 und Fig. 1, fünf gekuppelte Achsen. Ihre Gesamtlänge zwischen den Puffern beträgt 9500 mm, der größte Radstand 6120 mm. Die beiden äußeren Achsen sind um ± 15 mm seitlich verschiebbar; die Räder der mittleren Achse haben keinen Spurrads. Der Rahmen der Lokomotive besteht aus zwei 30 mm dicken Hauptträgern aus Stahlblech, die außer durch die beiden Pufferbalken durch 3 kastenförmige und 2 I-förmige Querversteifungen verbunden sind. Der

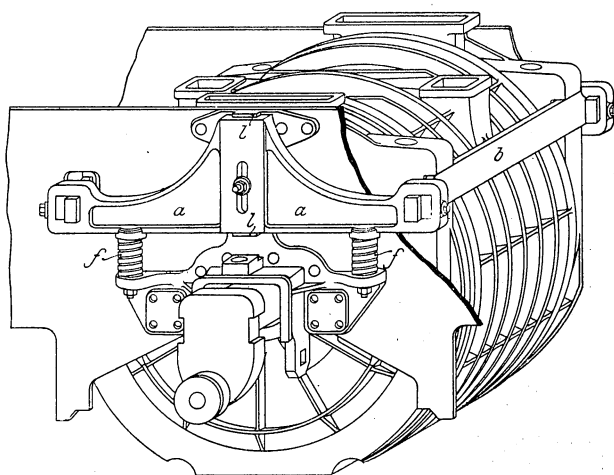
Kasten wird von 6 Blattfedern getragen, von denen 2 die mittlere, 4 die äußeren Achsen belasten, und zwar derartig, daß sie gleichzeitig als Gewichtsausgleicher dienen.

Die Räder werden durch Kuppelstangen angetrieben; eine Kuppelstange verbindet die Kurbelzapfen der beiden Motoren und nimmt in einem Schlitz den Kurbelzapfen der mittleren Achse mit, wogegen die vier anderen Achsen in der üblichen Weise durch Kuppelstangen verbunden sind. Ein ganz besonderes Augenmerk ist der Aufhängung der Motoren, Fig. 2, gewidmet. Die Motoren haben eine doppelte Lagerung: die inneren Lager haben ausschließlich dafür zu sorgen, daß der umlaufende und der feststehende Teil gleichachsig sind, wogegen die äußeren Lager, die in den Rahmen der Lokomotive eingebaut sind, das Gewicht des Läufers tragen und die Rückwirkung der Schubstangenkräfte aufnehmen. Durch die vollständige Entlastung der inneren Lager ist auch deren Abnutzung praktisch auf null verringert, und somit ist das Bedenken wegen des verhältnismäßig kleinen Luftweges von 2 mm zwischen umlaufendem und feststehendem Teil behoben. Das innere Lager wird dadurch ganz und gar entlastet, daß der Ständer an einem Rahmen a, b, Fig. 2, wage-

¹⁾ Die Einzelpläne des mechanischen Teiles wurden von dem Florenzer Konstruktionsbureau der Italienischen Staatsbahnen ausgearbeitet.

recht und mit diesem senkrecht frei beweglich aufgehängt ist, so daß der ganze Motor die durch die äußeren Lager bestimmte Lage zwanglos annehmen kann. Das Gewicht des Ständers wird samt dem Rahmen von 4 Schraubenfedern f getragen, so daß weder das Gewicht des Ständers noch das des Läufers auf den inneren Lagern des Motors lastet, sondern jenes auf den Schraubenfedern, dieses hingegen auf den äußeren Lagern ruht. (Das äußere Lager ist ohne Lagerschalen abgebildet.) Auch die Rückwirkung der auf die Schubstangen übertragenen Kräfte kann keine Belastung der inneren Lager hervorrufen, weil der Ständer weder in wagerechter noch in senkrechter Richtung einen Widerstand aufzunehmen imstande ist, und somit wird die ganze Rückwirkung durch die in den Lokomotivrahmen eingebauten äußeren Lager übernommen. Das auf den Ständer wirkende Drehmoment des Motors wird von dem Aufhängungsrahmen aufgenommen und auf die an den Lokomotiv-Längsträgern vernieteten senkrechten Stahlleisten l , auf denen der den Motor tragende Rahmen verschiebbar ist, übertragen. Die Motoren werden von unten in den Rahmen eingebaut mittels einer Druckwasser-Hebevorrichtung. Das Austauschen eines schadhaft gewordenen Motors einschließlich des Abnehmens und Aufsetzens der Schubstangen dauert nicht länger als zwei Stunden. Die Möglichkeit, Ausbesserungen bei elektrischen Lokomotiven rasch durchzuführen, bietet einen wesentlichen Vorteil den Dampflokomotiven gegenüber, welche Aus-

Fig. 2. Antriebmotor.



besserungen halber mitunter für längere Zeit vollständig außer Betrieb gesetzt werden müssen; somit ist der Verhältnissatz der in Ausbesserung befindlichen Lokomotiven bei elektrischem Betrieb viel geringer. Die Lokomotive hat eine vollständig symmetrische Kammer mit zwei niedrigen Verlängerungen vorn und hinten, die zur Aufnahme der Kompressoren, des Kreiselgebläses und der beiden kleinen Transformatoren dienen.

Elektrischer Teil.

Der Stromabnehmer hat zwei Hartbronzewalzen¹⁾, die je auf einem Stahlrohr mit Kugellagern gelagert sind. Die Stahl-

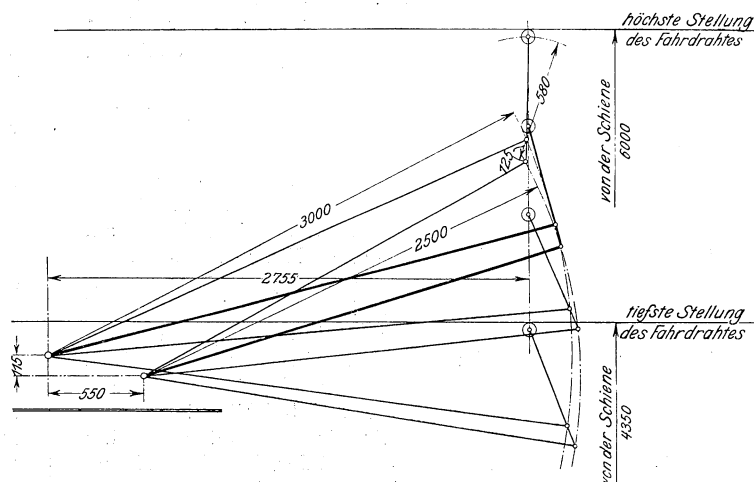
¹⁾ Diese Stromabnehmerrolle gleicht mit unwesentlichen Verbesserungen derjenigen, die auf der Valtellina-Bahn bis jetzt in Gebrauch ist. Zur Befehaltung der rollenden Berührung haben die vorzüglichen Ergebnisse auf der Valtellina-Bahn geführt, die die Ueberlegenheit gegenüber dem Schleifbügel sowohl hinsichtlich der Lebensdauer als auch der Stromübertragung bewiesen haben. Der Schleifbügel mit mäßigem Druck und mäßiger Stromstärke hat in vielen Fällen gute Ergebnisse erzielt; sobald aber die Stromstärke durchschnittlich über 50 Amp geht, nutzt sich der Bügel reißend schnell ab. Auf der Valtellina-Bahn mußten die Rollen in den Jahren 1907 und 1908 durchschnittlich erst nach mehr als 25 000 Lokomotivkilometern ausgetauscht werden, wobei die abgenommenen Stromstärken oft über 200 Amp auf die Rolle gehen. (In diese Kilometerzahl ist der Verschleißdienst nicht eingerechnet worden.) Demgegenüber mußten auf der Simplon-Bahn die Schleifbügel in der Zeit von August 1906 bis November 1907 durchschnittlich nach 2700 Lokomotivkilometern ausgetauscht werden, und auf der New York-

rohrachsen der beiden Walzen sind durch ein getränktes Holzstück isolierend verbunden. Die Kugellager der Walzen sind gegen die Stahlrohrachse isoliert, und zum Weiterführen des Stromes dienen Graphitbürsten, die am Ende des Rohres angebracht und durch biegsame Kupferselle mit dem Gestänge verbunden sind. Zur weiteren Stromleitung dient das Gestänge des Abnehmers. Die Stromabnehmerwalzen sind so geführt, daß sie sich zwischen der höchsten und der niedrigsten Lage des Fahrdrabtes — 6 m und 4,35 m über den Schienen — in einer Lotrechten bewegen; s. Fig. 3. Hierdurch ist erreicht, daß sich der Stromabnehmer in beiden Richtungen gleich verhält und der Druck gegen den Fahrdrabt in beiden Fahrtrichtungen gleich wird.

Das Abnehmergestänge wird durch eine Feder angehoben, die durch Druckluft gespannt wird. Wird die Luft aus dem auf dem Lokomotivdach liegenden Zylinder herausgelassen, so hört die Spannung der Feder auf, und das Gestänge fällt infolge seines Eigengewichtes herunter. Ein Glyzerinkatarakt dämpft die Bewegungen des Gestänges in der Weise, daß er nur bei raschen Bewegungen Widerstand leistet. Dies ist dadurch erreicht, daß der Kolben k des Kataraktes, Fig. 4, auf der Kolbenstange s frei beweglich ist und durch zwei Schraubenfedern f, f mitgenommen wird. In der durch die Federn bestimmten Mittellage des Kolbens kann das Glyzerin frei von einer Seite des Kolbens auf die andre übertreten. Wird die Kolbenstange rasch in der einen oder der andern Rich-

Fig. 3.

Höchste und tiefste Stellung des Stromabnehmers.



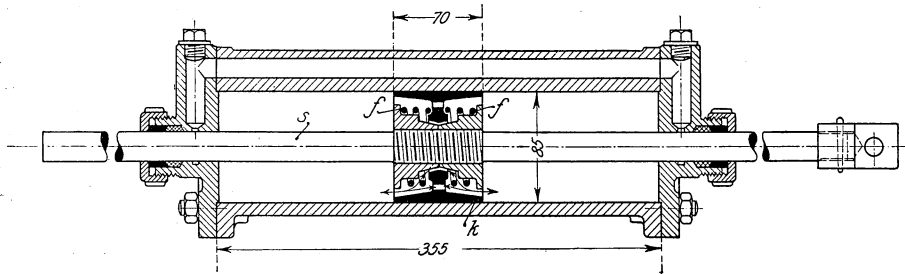
New Haven-Bahn hielten in den ersten Betriebsmonaten die Schleifbügel nur 1000 bis 2400 km aus.

Bei den schwedischen Versuchen ertrugen die Bügel trotz der kleinen Stromstärke und der mäßigen Geschwindigkeit nur 2500 km, was dem von der Dampflokomotive stammenden Ruß zugeschrieben wird. Die Erklärung dieses großen Unterschiedes liegt teilweise in dem einfachen Umstande, daß die Abnutzung des Materials infolge gleitender Reibung viel größer ist als infolge rollender Reibung, aber auch in dem Umstande, daß bei der rollenden Berührung die stromführenden Punkte des Stromabnehmers sich so schnell folgen, daß sich das Material nicht örtlich erhitzen und schmelzen kann. Wie mit der Abnutzung des Stromabnehmers, so steht es auch mit der Abnutzung des Fahrdrabtes. Es gibt Fälle, wo der Schleifbügel den Fahrdrabt nicht in dem Maße abnutzt, daß es für die Instandhaltung als unzulässig bezeichnet werden müßte; es kommen aber Fälle vor, hauptsächlich wo die abgenommene Stromstärke etwas größer ist, daß die Abnutzung des Fahrdrabtes derart schnell vor sich geht, daß die Verdopplung des Fahrdrabtes wegen Verminderung der von einem Draht abgenommenen Stromstärke notwendig wird. Es sollen hier einige mir bekannte Fälle erwähnt werden, die alle auf Linien der Budapester Straßenbahnen vorgekommen sind:

- 1) Auwinkel-Linie mit 100 täglich über einen Punkt der Linie hinweggehenden Bügeln: Lebensdauer des Drahtes 40 bis 50 Monate;
- 2) Neupester Linie mit 150 Bügeln auf einen Tag: Lebensdauer des Drahtes 30 bis 36 Monate;
- 3) Margarethen-Brücke, im Winter 100, im Sommer 950 Bügel täglich: Lebensdauer des Drahtes 7 bis 18 Monate. Die schnelle Abnutzung machte die Verdopplung des Drahtes notwendig. Die Abnutzung des Fahrdrabtes der Valtellina-Bahn ist nach sieben-jährigem Betrieb mit durchschnittlich täglich 30 Rollen noch unmeßbar.

tung bewegt, so schließt sich die Oeffnung des Kolbens und ruft den Widerstand des Glycerins hervor. Hört die Kraft, welche die Kolbenstange bewegt hat, auf, so drücken die Schraubenfedern den Kolben wieder in seine Mittellage, und die Verbindung zwischen den Räumen vor und hinter dem Kolben wird wieder hergestellt. Bewegt sich die Kolbenstange langsam, so wird der Kolben durch die Schraubenfedern mitgeschoben, und der Katarakt bietet keinen merkbaren Widerstand. In der niedrigsten Lage des Gestänges wird die elektrische Verbindung des Abnehmerfußes mit den Kabelleitungen nach dem Innern der Lokomotivkammern selbsttätig unterbrochen und somit der herabgelassene Stromabnehmer stromlos, auch wenn der andere die Kontaktleitung berührt.

Fig. 4. Oelkatarakt.



Die Stromleitung im Innern der Kammer verzweigt sich durch eine Drosselspule in die Leitung zu den Motoren und durch eine andre zum Blitzableiter. Die Stromleitung zu den Motoren führt durch zwei Ausschalter, und zwar zunächst durch einen Höchststrom-Oelausschalter mit Handeinschaltung, der nur als Notausschalter dient. Hinter diesem, im Betrieb ständig eingeschalteten Oelausschalter ist ein durch Druckluft betätigter Schalter mit sechs im Kreis angeordneten Kontakten und mit drehbarem Schaltteil angeordnet, der durch zwei Druckluftkolben um $\frac{1}{6}$ nach rechts und links gedreht werden kann, entsprechend den Verbindungen des Vorwärts- und Rückwärtsganges. Von diesem Ausschalter führt der Strom unmittelbar zu den Ständern der beiden Motoren, von denen der eine mit einem durch Druckluft betätigten Schalter zusammengebaut ist. Dieser Schalter dient dazu, die Spulen des Ständers zwecks Kaskadenschaltung in Gruppen parallel oder bei Einzelschaltung der Motoren wieder in Reihe zu schalten. Derselbe Schalter schaltet gleichzeitig die Sekundärstromkreise der Motoren, und zwar so, daß bei Einzelschaltung beide Motoren parallel auf den Anlaßwiderstand geschaltet sind und bei Kaskadenschaltung der Läufer des einen Motors mit den unter sich parallel geschalteten Spulen des Ständers des andern Motors verbunden wird. Alle Leitungen, durch die hochgespannter Strom fließt, sind in geerdete Metallrohre verlegt und alle unter hoher Spannung stehenden Apparate in geerdete Eisenkasten eingeschlossen. Alle diese Kasten sind mittels eines Schlüssels verschließbar, der mit dem Hahn des Stromabnehmers derartig verriegelt ist, daß er aus dem Hahn nur dann entfernt werden kann, wenn der Stromabnehmer heruntergelassen ist. Andererseits kann der Stromabnehmer so lange nicht gehoben werden, als der Schlüssel nicht wieder zurückgegeben ist, und ebenso kann der Schlüssel aus dem Schloß eines Apparates nur dann herausgenommen werden, wenn dieser geschlossen ist. Dieses einfache Verfahren zur Sicherung der Betriebsmannschaft hat sich auf der Valtellina-Bahn als vollständig zweckentsprechend erwiesen; denn während des siebenjährigen Betriebes ist kein einziger Unglücksfall vorgekommen, der durch Berühren von unter Strom befindlichen Teilen der Lokomotive verursacht wäre.

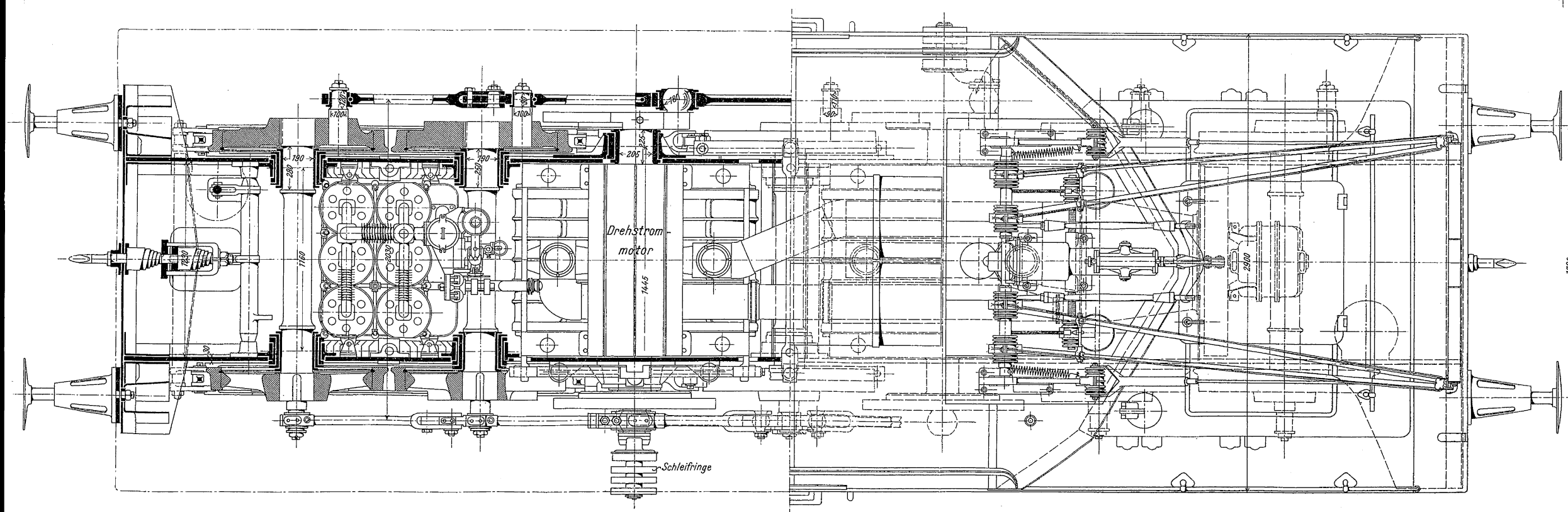
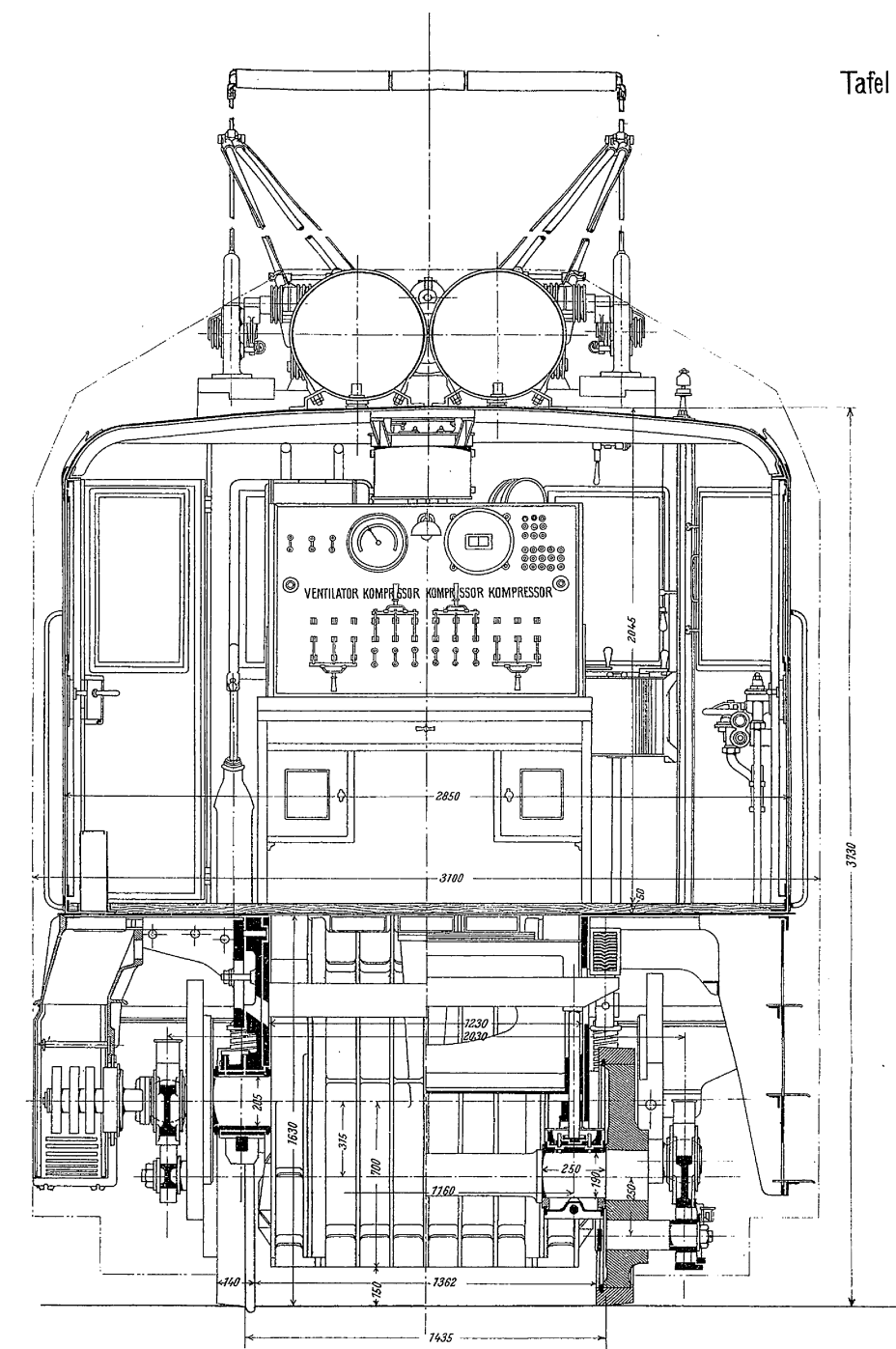
Der Anlaßwiderstand besteht im wesentlichen aus zwei Gefäßen: einem unteren Wasserbehälter und einem oberen Raum, in den die Elektroden des Widerstandes isoliert eingebaut sind. Beim Anlassen wird die Flüssigkeit mittels Druckluft aus dem unteren Behälter in den Widerstandraum gehoben. Die aufsteigende Flüssigkeit benetzt mehr und mehr die Oberfläche der Elektroden und verringert somit den elektrischen Widerstand zwischen ihnen. Sobald die Flüssigkeit den durch die Konstruktion erlaubten höchsten Spiegel erreicht

hat, schließen die metallische Kontakte die Klemmen untereinander kurz. Der Anlasser wird selbsttätig nach folgendem Verfahren geregelt: Zwei Solenoid betätigen die Luftein- und -auslaßventile des Widerstandes. In einem Solenoid kreist ein nach Belieben regelbarer Strom. Gegen dies Solenoid wirkt ein andres, dessen Stromstärke proportional der Stromstärke des Motors ist. Je nachdem das erste oder zweite Solenoid den gemeinsamen Kern stärker anzieht, wird die Einströmung geöffnet und die Ausströmung geschlossen, oder umgekehrt. Durch diese selbsttätige Einrichtung ist es möglich, während des ganzen Anlassens die Stromstärke praktisch gleichmäßig zu halten, und hierdurch ist eine gleichmäßige Zugkraft und eine vollkommene Ausnutzung des Reibgewichtes zu erzielen. In Wirklichkeit vollzieht sich die Regelung durch Zwischenschalten von Hülfschaltern, da das Öffnen von durch Druckluft belasteten Ventilen zu viel Kraft erfordert und infolgedessen die Erregerstromstärke der Solenoid zu groß wäre, um bei Anwendung einer Vielgliedersteuerung der Lokomotive durch das Verbindungskabel zugeführt zu werden.

Die Motoren der Lokomotive werden durch die elektrisch betätigte Druckluftsteuerung von Westinghouse angelassen und geregelt. Der Strom für die elektromagnetischen Auslöser wird dem kleinen Transformator, der gleichzeitig den Kompressor und das Kreiselgebläse speist, entnommen. Eine Reihe von Kontrollkontakten sichert das richtige Zusammenarbeiten der einzelnen Druckluftschalter, indem der Stromkreis zur Betätigung des primären Ausschalters und des Wasserwiderstandes erst dann geschlossen wird, wenn die Schaltung der gewünschten Fahrtrichtung in der gewünschten Geschwindigkeit (halbe oder volle) hergestellt ist. Diese elektrische Verriegelung der einzelnen Apparate gestattet, die Zeit zur Ueberführung der Kaskadenschaltung in Einzelschaltung aufs äußerste abzukürzen.

Die Stromkreise der elektromagnetischen Auslöser sind derartig angeordnet, daß zwei oder drei Lokomotiven mittels einer Steckkupplung und eines sechsadrigen Kabels verbunden und von irgend einer von ihnen alle gleichzeitig bedient werden können. Jede Lokomotive ist mit einem Schalter versehen, der dem Steuerstromkreis vier verschiedene Schaltungen geben kann, und zwar entspricht eine Schaltung dem Fall, daß der Fahrshalter der betreffenden Lokomotive nur die eigenen Druckluftschalter betätigt, die zweite Schaltung entspricht dem Fall, daß der eigene Fahrshalter vollständig ausgeschaltet ist und die Druckluftschalter der betreffenden Lokomotive von einer der andern Lokomotiven bedient werden, die dritte Schaltung entspricht dem Fall, daß der Fahrshalter der betreffenden Lokomotive sowohl die eigenen als alle Druckluftschalter der andern Lokomotive betätigt, die vierte Schaltung dem Fall, daß der Fahrshalter der betreffenden Lokomotive nicht die eigenen Schalter, sondern nur die andern beeinflusst. Selbstverständlich muß, damit der Fahrshalter der fraglichen Lokomotive die andern betätigen kann, die zweitgenannte Schaltung der Steuerstromkreise der andern Lokomotiven hergestellt sein.

Nicht nur das Einschalten der Druckluftschalter, sondern auch das Regeln des Anlaßwiderstandes aller in Vielgliedersteuerung verbundenen Lokomotiven geschieht vom Fahrshalter einer beliebigen der verbundenen Lokomotiven, und zwar nach D. R. P. 198 635, indem ein im Fahrshalter eingebauter kleiner Stilwell-Spannungsregler die elektromotorische Kraft eines durch alle Lokomotiven gehenden Stromkreises nach Belieben zu regeln erlaubt. In diesen Stromkreis sind zwispulige Auslösmagnete eingeschaltet, deren eine Spule fest, die andre um 90° verdreht im Felde der ersten beweglich angeordnet ist und somit ein mit der Stromstärke wachsendes Drehmoment entwickelt. Diesem Drehmoment entgegen wirkt ein gleicher Auslöser, der seinerseits in den Sekundärstromkreis eines Stromtransformators eingeschaltet ist, durch dessen Primärspule der von der Lokomotive verzehrte Gesamtstrom fließt. Wenn die beiden Auslöser im Gleichgewicht stehen, sind sowohl die Ein- als auch die Ausströmventile des durch Druck-



1:30

luft betätigten Flüssigkeitsanlassers geschlossen. Ist die Kraft des vom Stilwell-Regler beeinflussten Auslösers größer, so wird die Lufteinströmung in den Flüssigkeitsanlasser freigegeben und der Widerstand des Anlassers infolgedessen vermindert; ist umgekehrt die Kraft des durch den von der Lokomotive verzehrten Strom beeinflussten Auslösers größer, so wird das Einströmventil des Flüssigkeitsanlassers geschlossen, das Ausströmventil geöffnet und hierdurch der Widerstand des Flüssigkeitsanlassers vergrößert. Auf diese Weise wird während des Anlassens der Lokomotive die von ihr verbrauchte Stromstärke stets nach Belieben geändert werden können. Bei Vielgliedersteuerung von Lokomotiven fließt der Strom desselben Stilwell-Reglers durch sämtliche Auslösmagnete, und somit wird die verbrauchte Stromstärke sämtlicher Lokomotiven gleich gehalten.

In der Praxis kann es erwünscht sein, bei Benutzung mehrerer Lokomotiven die eine mehr als die andre zu beanspruchen; es könnte z. B. aus Sicherheitsrücksichten, um den Zughaken nicht zu sehr zu beanspruchen, die Schiebelokomotive stärker belastet werden. Zu diesem Zweck ist der oben erwähnte Stromtransformator mit einem sechs-knöpfigen Schalter versehen, mit dem man das Uebersetzungsverhältnis in den Abstufungen 1, 0,9, 0,8, 0,7, 0,6 und 0,5 ändern kann. Ist nun der Stromtransformator der einen Lokomotive auf 1 gestellt, wogegen der der andern auf 0,5 steht, so wird die vom ersten verbrauchte Stromstärke doppelt so groß wie die des zweiten sein.

Diese Regeleinrichtung ist durch einen zweiten Stromtransformator ergänzt, dessen Primärspule ebenfalls vom Hauptstrom der Lokomotive durchflossen wird und dessen Sekundärspule in den Hilfsstromkreis des Stilwell-Reglers in Reihe eingeschaltet ist. Die Sekundärspule dieses Transformators ist so lange kurz geschlossen, als der metallische Kurzschließer des Flüssigkeitsanlassers dessen Klemmen nicht kurz geschlossen hat; dieselbe Vorrichtung öffnet in diesem Augenblick die Sekundärspule des Stromtransformators und schaltet ihn somit in den Hilfsstromkreis ein. Von diesem Augenblick anfangen, wird die Stromstärke des Hilfsstromkreises nicht mehr von dem Stilwell-Regler, sondern von dem Stromtransformator bestimmt. Damit die elektromotorische Kraft dieses Stromtransformators genügt, um die elektromotorische Kraft des Stilwell-Reglers zu überwinden, wird seinem Kern ein entsprechender Querschnitt gegeben.

Wir sehen nun, daß in dem Augenblick, wo der Anlaufwiderstand einer der gemeinsam gesteuerten Lokomotiven kurz geschlossen worden ist, die Motoren dieser Lokomotive die Stelle des Reglers der Anlasser der andern Lokomotive einnehmen. Dieser Fall tritt immer ein, wenn die durch Vielgliedersteuerung verbundenen Lokomotiven ungleichen Raddurchmesser haben. Die Motoren der Lokomotiven mit den kleinsten Rädern erreichen ihren Synchronismus früher als die der andern Lokomotiven, und der Anlasser dieser Lokomotiven wird infolgedessen zuerst kurz geschlossen, die Motoren mit kurz geschlossenen Sekundärspulen werden die Regler der Anlasser der andern Lokomotiven, erlauben das Kurzschließen ihrer Anlasser nicht und regeln die von diesen aufgenommene Stromstärke auf gleiche Höhe oder im gewünschten Verhältnis zur eigenen Stromstärke. Ähnlich wird die Zugkraft der Lokomotiven in Vielgliedersteuerung bei Talfahrt mit Zurückgewinnung des Stromes geregelt, mit dem Unterschied, daß sich in diesem Falle der Anlasser der Lokomotive mit dem größten Raddurchmesser schließt und die Motoren dieser Lokomotive die Regler der andern werden. Beim Uebergang von Talfahrt auf Bergfahrt oder von Bergfahrt auf Talfahrt wird die Regelung selbsttätig ohne irgend welche Mitwirkung des Führers übernommen.

Mit dieser Anordnung ist nicht nur dem dem Drehstrom oft vorgeworfenen Uebelstande, daß Lokomotiven auch derselben Bauart mit neuen und mit abgenutzten Radreifen nicht zusammen arbeiten können, gründlich abgeholfen, sondern eine so vollkommene Verteilung der Zugkraft erzielt, wie sie bei den Kommutatormotoren mit den üblichen Vielgliedersteuerungen nicht möglich ist.

Die Einrichtung der Lokomotive wird durch zwei Kompressoren mit ihren Motoren von je 6 PS, ein Kreiselgebläse

mit seinem Motor von 3 PS, zwei Transformatoren für 3000/100 V von je 6 KW, 2 Spannungsmesser, 2 Strommesser und einen unmittelbar anzeigenden Leistungsmesser vervollständigt. Die beiden Kompressoren gestatten, den Ventilator, die Meßgeräte und die Auslöser-Stromkreise nach Belieben auf den einen oder den andern Transformator zu schalten; die Sekundärkreise der beiden Transformatoren sind vollständig unabhängig, so daß, wenn die Sicherungen eines Transformators schmelzen, die ganze Belastung auf den andern geschaltet werden kann, und somit ist das Tauschen der Hochspannungssicherungen während der Fahrt nicht nötig.

Leistungsfähigkeit der Lokomotive.

Die in Fig. 5 und 6 dargestellten Schaulinien zeigen die kennzeichnenden Eigenschaften der Motoren, und zwar in Kaskadenschaltung und in Einzelschaltung. Die Schaulinien beziehen sich in beiden Fällen auf zwei Motoren, infolgedessen auf die ganze Lokomotive. Die Belastungsversuche mit diesen Motoren haben gezeigt, daß die Stundenleistung der beiden Motoren in Einzelschaltung bei 320 Amp erreicht wird, was nach dem Diagramm rd. 2000 PS entspricht. Das Gewicht der Lokomotive mit gefülltem Wasserwiderstand und mit gefülltem Sandstreuer mit den vorschriftmäßigen Werkzeugen, Winden usw. beträgt 60,2 t, somit die Leistung der Lokomotive 33,2 PS/t.

Einer der größten Vorteile des elektrischen Betriebes dem Dampfbetrieb gegenüber ist das geringere Eigengewicht der elektrischen Lokomotive¹⁾. Wir wollen nun untersuchen, in welchem Maße die in der letzten Zeit ausgeführten elektrischen Lokomotiven für Vollbahnen diesen Vorteil ausnutzen.

Zu diesem Zweck sind außer der hier beschriebenen Lokomotive in Zahlentafel 2 einige Wechselstrom-Lokomotiven²⁾ der kürzlich von M. Richter beschriebenen Personenzuglokomotive der Gotthard-Bahn C⁴/₅ Nr. 2801/08³⁾ gegenübergestellt.

¹⁾ Die Zweckmäßigkeit der Verminderung des Eigengewichtes der Lokomotiven bei gegebener Leistung braucht nicht nachgewiesen zu werden. Es wird jedoch nicht ohne Interesse sein, einzelne dahin gehörige Zahlenwerte zu betrachten. Zahlentafel 1 zeigt die höchsten Nutzlasten der verschiedenen Lokomotiven der Gotthard-Bahn auf der Strecke Bodio-Airolo. Man ersieht daraus, daß das Eigengewicht der Lokomotive 37 bis 76 vH der Nutzlast ausmacht.

Zahlentafel 1. Höchste Nutzlasten der verschiedenen Lokomotiven der Gotthard-Bahn auf der Strecke Bodio-Airolo (stärkste Steigung 27 vT).

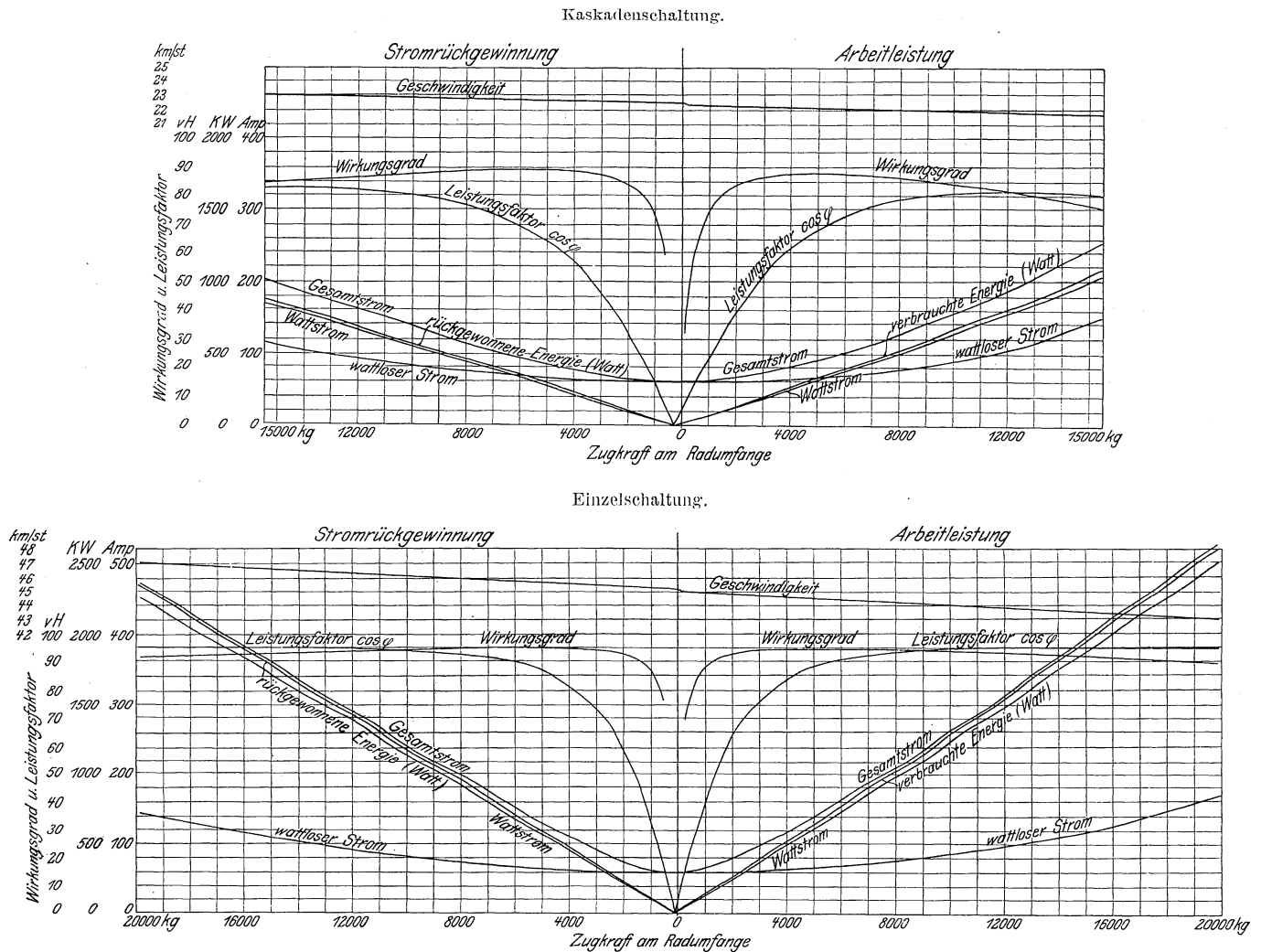
Lokomotive	Gewicht (mit halben Vorräten) t	höchste Nutzlast t	Gewicht Nutzlast vH
A ³ / ₅	99,6 bis 107,2	140	71,2 bis 76,5
C ⁴ / ₅	104,3	230	45,4
D ³ / ₃ Nr. 51 bis 83 .	62 bis 68	140	44,3 bis 48,6
Ec ³ / ₄	51,5	140	36,8
D ³ / ₃ Nr. 41 bis 46 .	52	125	41,6
D ⁴ / ₄ Nr. 101 bis 136	72 bis 78	175	41,1 bis 44,6
D ⁴ / ₄ Nr. 141 bis 145	78,6	200	39,3
Ed 2 × ³ / ₃	81,5	200	40,75
Ea ² / ₄	50,8	75	67,7
Eb ² / ₄	43	75	57,3
C ² / ₃	48,4	75	64,6
Ec ³ / ₃	39,5	85	46,5

²⁾ In die Zahlentafel sind Gleichstromlokomotiven überhaupt nicht und Drehstromlokomotiven früherer Ausführung ebenfalls nicht aufgenommen, die ersteren deshalb nicht, weil in den letzten Jahren Gleichstrom immer weniger für Vollbahnen in Betracht gezogen wird, die letzteren hingegen deshalb nicht, weil diese Zahlentafel nicht die Lokomotiven verschiedener Firmen in Vergleich stellen, sondern die Eigenschaften der Stromarten bezüglich der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven klarlegen soll. Wenn Drehstromlokomotiven von größerer Leistungsfähigkeit für die Gewichtseinheit vorhanden sind, so bekräftigt das nur meine im nachstehenden gezogenen Schlüsse. Ebenso habe ich in dieser Zahlentafel ausgeführte Einphasen-Lokomotiven, die für die Gewichtseinheit wesentlich niedrigere Leistung haben, nicht aufgenommen, da diese zum Vergleich ohnehin nicht hätten dienen können.

³⁾ M. Richter: Die Lokomotiven der Gotthardbahn, Z. 1908 S. 1921.

Fig. 5 und 6.

Schaulinien der Motoren in Kaskadenschaltung und in Einzelschaltung.



Zahlentafel 2.

Triebkraft	Erbauer	Verwendungsstelle	Gewicht t	Stundenleistung PS	Stundenleistung in PS Gewicht in t
Dampf	Maffei	Gotthard-Bahn	105	1700	16,2
Wechselstrom	A E G	Preußische Staatsbahnen	59	1050	17,8
Wechselstrom	Siemens-Schuckert	Bahn Seebach-Wettingen	75	1350	18
Wechselstrom	Oerlikon	Bahn Seebach-Wettingen	40	500	12,5
Drehstrom	Westinghouse	Italienische Staatsbahnen	60,2	2000	33,2

Aus dieser Zahlentafel sehen wir, daß die Leistungsfähigkeit der Wechselstromlokomotiven rd. 18 PS/t¹⁾ beträgt.

¹⁾ Die niedrige Leistung der Oerlikon-Lokomotive läßt sich aus dem Umstand erklären, daß der mechanische Teil dieser Lokomotive (rd. 25 t) gegenüber dem elektrischen (15 t) unverhältnismäßig schwer ist. Wenn wir nun, anstatt durch einen Motor 2 Achsen anzutreiben, auf jede Achse einen gleich schweren, unmittelbar mit Zahnrad angetriebenen Motor setzen, so wird das Gesamtgewicht der elektrischen Ausrüstung der Lokomotive etwa verdoppelt, das Eigengewicht steigt auf rd. 55 t und die Leistung auf 1000 PS. Somit wird die Leistung

Wenn wir die von M. Richter veröffentlichte, durch Versuche festgesetzte Leistung der Dampflokomotive¹⁾ der Stundenleistung der Wechselstromlokomotive gegenüberstellen, so sehen wir, daß die Leistung der letzteren auf die Gewichtseinheit nur um 11 vH höher ist, als bei der genannten Dampflokomotive (einschl. Tender mit halben Vorräten) durch Versuche festgestellt worden ist, wogegen die Drehstromlokomotive die doppelte Leistung hat; infolgedessen ist es nur diese, die den bezüglich der elektrischen Zugförderung gehegten Erwartungen wirklich entspricht.

Große Leistungsfähigkeit bei geringem Eigengewicht ist besonders bei Bahnen mit starken Steigungen wichtig. Wenn wir die von Richter angeführte Versuchsfahrt auf der Strecke Biasca-Airolo der Gotthard-Bahn (45,6 km auf 1:37 und 1:38 Steigung in 65 min) als Grundlage unsres Vergleiches nehmen, so sehen wir, daß die Dampflokomotive C⁴/₅ bei diesen Bedingungen 200 t Nutzlast zu befördern im-

auch hier 18 PS/t betragen. Diese Annahme ist um so mehr begründet, als sich der Achsdruck nur auf etwa 10 t beläuft und auch nach Verdopplung der elektrischen Ausrüstung nicht über 15 t steigen würde.

¹⁾ Die von Richter auf den Linien Biasca-Airolo berechnete Leistung von 1700 PS kann nicht als diejenige Leistung der Dampflokomotive betrachtet werden, die der Dauerleistung von elektrischen Lokomotiven entspricht, da letztere ihre Dauerleistung eigentlich unbegrenzt ausüben können, wogegen die Dampflokomotive zeitweilig wegen Feuerreinigung außer Betrieb gesetzt werden muß. Auch kann sie nicht als eine Leistung betrachtet werden, die der höchsten Augenblicksleistung der elektrischen Lokomotiven entspricht, weil die Dampflokomotive eigentlich, solange das Feuer in gutem Zustand ist, diese Leistung dauernd abgeben kann. Wir kommen der Wahrheit am nächsten, wenn wir diese Leistung der Stundenleistung der elektrischen Lokomotive gegenüberstellen.

stande war. Wir wollen dieser Leistung die Leistung der elektrischen Güterzuglokomotive der Preußischen Staatsbahnen, der Siemensschen Lokomotive der Bahn Seebach-Wettingen und der hier beschriebenen Drehstromlokomotive gegenüberstellen.

Wenn wir den Zeitverlust durch das Anfahren und Bremsen zu 3 min schätzen, so muß die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit rd. 44 km/st betragen; sie ist zufällig gleich der vollen Geschwindigkeit, welche die Drehstromlokomotive bei ihrer Stundenleistung hat. Um die beiden Einphasen-Lokomotiven auf gleiche Grundlage zu bringen, denken wir die Zahnradübersetzung der Motoren derartig abgeändert, daß sie auch ihre Stundenleistung bei 44 km/st abgeben; so werden die Zugkräfte am Radumfang der preußischen Lokomotive = 6450 kg und bei der Siemensschen Lokomotive = 8300 kg; die Zugkraft der Motoren der Drehstromlokomotive, bei 320 Amp Stromverbrauch auf den Radumfang berechnet, beträgt rd. 12300 kg oder nach Abzug von 5 vH für Reibungsverluste der Antriebsvorrichtung 11650 kg¹⁾. Auf Grund dieser Zugkräfte sind die Gesamt-

¹⁾ Um die Möglichkeit einer so großen Zugkraft im Verhältnis zum Reibgewichte der Drehstromlokomotive zu begründen, könnte ich verschiedene Erfahrungsergebnisse an elektrischen Lokomotiven anführen; der mehrfach genannte Aufsatz von M. Richter gibt uns aber Zahlen, die uns erlauben nachzuweisen, daß die Drehstromlokomotive mit dieser Zugkraft nicht unter schlechteren Bedingungen als die Dampflokomotive C⁴/₅ arbeitet. Diese Lokomotive ist imstande, auf Steigungen 1:37 Nutzlasten von 230 t mit vollen Vorräten im Tender, also ein Gesamtzuggewicht von 345 t zu befördern. Die hierzu notwendige mittlere Zugkraft am Radumfang beträgt 10350 kg, die größte Zugkraft während einer Umdrehung ist

$$10350 \frac{\pi}{4} \left(\sqrt{2} + \frac{S}{2l} \right) = 12750 \text{ kg,}$$

wobei $S = \text{Hub} = 640 \text{ mm}$

$l = \text{Länge der Pleuelstange} = 2050 \text{ mm.}$

Das Reibgewicht dieser Lokomotive ist 4 × 15,6 t, somit 4,89-mal so groß wie die größte Zugkraft. Bei der Drehstromlokomotive ist die Verhältniszahl $\frac{60200}{11650} = 5,16$. Sollte sich jedoch in der

Zuggewichte der Nutzlast und die Verhältniszahlen der Nutzlast zum Lokomotivgewicht und zum Gesamt-Zuggewicht dieser Lokomotiven berechnet und in der Zahlentafel 3 angegeben.

Zahlentafel 3.

Lokomotivform	Zugkraft kg	durchschnittl. Geschwindigkeit km/st	Zuggewicht einschl. Lokomotive t	Nutzlast t	Nutzlast Gesamtgewicht	Nutzlast Lokomotivgewicht
C ⁴ / ₅	9 150	42	305	200	0,656	1,905
AEg	6 450	42	215	156	0,726	2,65
Siemens-Schuckert .	8 300	42	277	202	0,73	2,7
Soc. It. Westinghouse	11 650	42	388	328	0,845	5,45

Wir sehen nun, daß die Drehstromlokomotive das 5,45-fache des Eigengewichtes zu befördern imstande ist, die Wechselstromlokomotive nur das 2,7fache. Folglich ist auf der untersuchten Linie zur Beförderung derselben Nutzlast mit Wechselstrom mehr als zweimal soviel Lokomotivkonstruktionsgewicht notwendig, als mit Dreiphasenstrom.

Die Kosten von Wechselstromlokomotiven auf die Gewichtseinheit werden keinesfalls geringer als die von Drehstromlokomotiven sein; infolgedessen ist es klar, daß die große Leistungsfähigkeit auf die Gewichtseinheit der Drehstromlokomotiven bei den Kosten der Elektrisierung von Bahnen besonders mit großen Steigungen eine entscheidende Rolle spielt. (Schluß folgt.)

Praxis die Vergrößerung des Reibgewichtes durch Ballast um 5 bis 6 t als notwendig erweisen, so werden die Zahlen der obigen Zahlentafel nur unwesentlich verschoben.

Elektrisch betriebene Kohlenkipperanlage am Rothesay-Dock bei Glasgow.¹⁾

Von Ingenieur W. Schlachter in Hamburg.

Die industrielle Entwicklung eines Landes ist zum großen Teil von seinen Kohlenschätzen abhängig; und da die Kohle ein Gegenstand ist, dessen Kosten zur Hauptsache von der Schwierigkeit der Gewinnung und der Beförderung abhängig sind, so wird das Land, das in diesen Hinsichten begünstigt ist, immer einen gewissen Vorsprung vor den andern haben. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, wo die Verbesserung der Beförderungseinrichtungen mit der schnellen Entwicklung der Industrie noch nicht gleichen Schritt hielt, fiel dieser Vorsprung besonders ins Gewicht.

So ist es leicht erklärlich, daß England, wo die Verhältnisse für die Kohlegewinnung und -verwertung sehr günstig lagen, schon eine hochentwickelte Industrie besaß, als sich in den andern Ländern erst die Anfänge davon zeigten.

Die Kohle braucht in England nur aus einer verhältnismäßig geringen Teufe gefördert zu werden, ja sie wird stellenweise im Tagbau gewonnen. In Deutschland, das nach England die größte Kohlenmenge in Europa hervorbringt, liegen die ergiebigen Flöze erst in rd. 500 bis 700 m Tiefe. Man braucht sich nur zum Vergleich eine der gewaltigen neuzeitlichen Förderanlagen einer deutschen Grube und die einfachen Einrichtungen einer englischen »coal-pit« anzusehen, um diesen Unterschied zu würdigen.

In England liegen ferner die Gruben in geringer Entfernung vom Meer, das eine billige Beförderungsgelegenheit

bietet. Die teure Eisenbahnbeförderung wird dadurch wirksam beschränkt. Auch in dieser Beziehung war Deutschland insbesondere im vorigen Jahrhundert mit seinen verhältnismäßig wenigen Wasserwegen ungünstiger daran und ist es auch noch. Ein greifbares Bild dieser Tatsachen gibt z. B. die Kohlenförderung im Jahr 1866, die in England rd. 103 Mill. t betrug, während Deutschland nur eine Förderung von rd. 28 Mill. t aufweist. Erst mit der Verbesserung der Fördereinrichtungen und der Schifffahrtstraßen ist Deutschland seinem Rivalen schrittweise näher gerückt. Im Jahre 1905 ist die Steinkohlenförderung Englands auf rd. 236 Mill. t, also auf etwa das Doppelte, diejenige Deutschlands auf rd. 150 Mill. t, d. i. das rd. 6-fache, gestiegen, wozu noch rd. 52 Mill. t Braunkohlen kommen, ein bereites Zeugnis für die reißend schnelle Entwicklung der Industrie in unserm Vaterlande.

Für die hier zu besprechenden Einrichtungen ist nun vor allem die Ausfuhr an Kohlen von Bedeutung, die besonders von der für England günstigen Entfernung der Gruben von den Seehäfen, dem zweiten der vorhin genannten Umstände, abhängt. Deshalb steht auch England in dieser Beziehung noch immer weitaus an erster Stelle und kann in unsern eigenen Seehäfen sehr erfolgreich mit der deutschen Kohle in Wettbewerb treten. Die Ausfuhr an englischen Kohlen betrug beispielsweise im Jahre 1905 rd. 50 Mill. t.

Da bei derartig großen Mengen die Frage der Umladung aus dem Eisenbahnwagen in die Schiffe von ausschlaggebender Bedeutung war, so entwickelte sich in England frühzeitig eine gerade dafür geeignete Verladevor-

¹⁾ Sonderabdrücke dieses Aufsatzes (Fachgebiet: Lager- und Ladevorrichtungen) werden abgegeben. Der Preis wird mit der Veröffentlichung des Schlusses bekannt gemacht werden.