

### Die erste Diesel-elektrische Vollbahn-Güterzuglokomotive,

erbaut 1924 unter der Leitung von Professor Georg Lomonossoff, Moskau.

Von Georg Lotter, München.

Die russische Regierung hat die Mittel zur Erbauung mehrerer Thermolokomotiven bewilligt, um sie im praktischen Betrieb zu erproben. Thermolokomotiven bedürfen bei vollendeter Ausführung nur Brenn- und Schmieröl, sind also bei dem Reichtum Rußlands an Öl und bei der Wasserarmut verschiedener Gegenden dieses Landes für die Entwicklung des russischen Eisenbahnwesens von doppelter Bedeutung.

Die erste dieser Thermolokomotiven ist als Diesel-elektrische Güterzuglokomotive großer Leistungsfähigkeit unter der Leitung von Professor Lomonossoff im Laufe des Jahres 1924 in Deutschland fertiggestellt, auf einem ortsfesten Prüfstand untersucht und mit der ungefähr gleichstarken 5/5 gekuppelten Heißdampf-Zwillings-Güterzuglokomotive der Russischen Staatsbahn vom Jahre 1921 mit 81,5 t Reibungsgewicht verglichen worden.

Die Erprobung dieser Diesel-elektrischen Lokomotive ist ein bedeutungsvolles eisenbahntechnisches Ereignis. Hierdurch veranlaßt, hat der Schöpfer derselben ein Buch herausgegeben, betitelt »Die Diesel-elektrische Lokomotive«, aus dem Russischen übersetzt von Dr. Ing. E. Mrongovius (Berlin V. D. I. Verlag), ein höchst interessantes, sehr lesenswertes Werk. Es berichtet in einem einleitenden Abschnitt eingehend über die Entwicklung der Thermolokomotive in Westeuropa und in Rußland, gibt alsdann eine Beschreibung der ersten, den Ansprüchen eines schweren Güterverkehrs genügenden Diesel-elektrischen Lokomotive der Russischen Staatsbahn und berichtet endlich über die Organisation und Durchführung der mit dieser Lokomotive angestellten Versuche, welche die Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit der Bauart der Lokomotive und ihrer Einzelteile feststellen sollten. Der letzte Abschnitt enthält Angaben über die ersten Arbeitsmonate, welche die Lokomotive auf dem Prüfstand verbrachte, über allgemeine Eindrücke dieser ersten ortsfesten Versuchsfahrten, über Mängel, die sich hierbei herausstellten und deren Behebung, über einen Umbau der Lokomotive, welcher durch Überschreitung der höchst zugelassenen Achsbelastung von 18,5 t veranlaßt wurde, und endlich über die wirtschaftlichen Aussichten der Thermolokomotive für Rußland. Die Lomonossoffsche Schreibweise ist sehr klar, kritisch, vollendet wissenschaftlich und dabei den praktischen Bedürfnissen des Eisenbahningenieurs in jeder Hinsicht angepaßt. Das genannte Buch zählt zu den wichtigsten eisenbahntechnischen Veröffentlichungen des Jahres 1924 und bringt jedem, der sich mit der Diesellokomotive zu beschäftigen hat, die maßgebenden Gesichtspunkte und Berechnungen in abgerundeter Darstellung.

Mit gefälligem Einverständnis Lomonossoffs geben wir unsern Lesern auszugsweise eine Beschreibung dieser ersten Diesel-elektrischen Lokomotive großer Leistung.

Eine kurze Übersicht über die neuesten Versuchsergebnisse, welche mit dieser Lokomotive auf dem Prüfstand in der Maschinenfabrik Eßlingen im November 1924 festgestellt wurden, schließt sich an nachstehende Abhandlung an.

Für die Erbauung der Lokomotive waren folgende Richtlinien maßgebend:

1. Als Treibmaschinen sind Dieselmotoren vorzusehen, da diese zur Zeit die wirtschaftlichsten Wärmemotoren sind.

2. Die Übertragung der Motorleistung auf die Treibräder soll elektrisch erfolgen, da das Triebfahrzeug hierdurch eine Hauptschlufcharakteristik erhält, bei welcher das Produkt aus Zugkraft und Geschwindigkeit bei allen betriebsmäßig erforderlichen Geschwindigkeiten ungefähr den nämlichen Wert hat.

3. Das Betriebsprogramm soll sich mit dem der neuesten 5/5 gekuppelten Heißdampf-Zwillings-Güterzuglokomotive der Russischen Staatsbahn, Bauform von 1921, mindestens decken. (Beschreibung und Probefahrt-Ergebnisse siehe Organ 1922, S. 329), jedoch sollte das Abfallen der Leistung der Dampflokomotive bei geringen Geschwindigkeiten nach Möglichkeit vermieden werden. Demnach wurde von der Diesellokomotive verlangt: 15 t Zugkraft am Treibradumfang bei 16 km/Std., also  $\frac{15000 \cdot 16}{270} = 890$  PS am Treibradumfang, welche bei 25 v. H.

Leistungsverlust von der Welle der Dieselmachine bis zum Treibradumfang  $\frac{890}{0,75} = 1200$  PS Nutzleistung der Dieselmachine erfordern.

4. Die Lokomotive ist durchwegs aus erprobten Einzelteilen zu erbauen. Demgemäß waren folgende Firmen an der Herstellung dieser Lokomotive beteiligt:

Die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. lieferte die Dieselmotoranlage, die Brown-Boveri-Werke in Baden (Schweiz) erbauten die elektrische Ausrüstung, bestehend aus dem Generator mit den zugehörigen Erregermaschinen, den fünf Achsvorgelegemotoren und der Steuerung; die Maschinenfabrik Eßlingen endlich lieferte das Fahrzeug und den Prüfstand zur Untersuchung\*). Der Kühler zur Rückkühlung des Kühlwassers und des Öles des Dieselmotors mußte neu entwickelt werden. Die Bauleitung lag in den Händen von Professor Lomonossoff, die konstruktive Durcharbeitung wurde von der Lokomotivfabrik Hohenzollern-Düsseldorf unter Begutachtung von Professor Meinecke-Berlin geleistet.

Die ursprünglich beabsichtigte Gesamtanordnung der Lokomotive ist aus Abb. 1 ersichtlich.

Hierbei ist

D die Dieselmachine,	T das gemeinsame Auspuffrohr,
N die nachgiebige Kupplung,	K Kompressor zur Erzeugung der
G der Gleichstromgenerator,	Anlafs- und Einblaseluft,
E die fünf Elektromotoren,	B die Erregermaschine.
X Wasser- und Ölkühler,	

Abb. 2 zeigt die Lokomotive vor dem eingangs erwähnten Umbau bei abgenommenem Dach des Maschinenraumes. Die Abbildungen lassen erkennen: Die Lokomotive ist siebenachsrig, trägt einen schnelllaufenden sechszyindrigen Dieselmotor von 1200 PS Wellenleistung und einen elastisch gekuppelten Gleichstromgenerator von 800 kW Stundenleistung, dessen Spannung von 600 bis 1000 Volt durch Fremderregung geändert wird. Von den sieben Achsen werden die fünf mittleren durch Achsvorgelegemotoren von je 142 kW über ein beiderseitiges Zahnradvorgelege angetrieben. Die Lokomotive ist auf Drehscheiben nicht angewiesen, sie verkehrt im Gegensatz zu den üblichen Dampflokomotiven mit Schlepptender in beiden Fahrtrichtungen

\*) Organ 1924, Seite 166.

unter gleichen Bedingungen und ist demgemäß an beiden Fahrzeugenden mit Führerständen versehen.

Abb. 1. Gesamtanordnung vor dem Umbau.

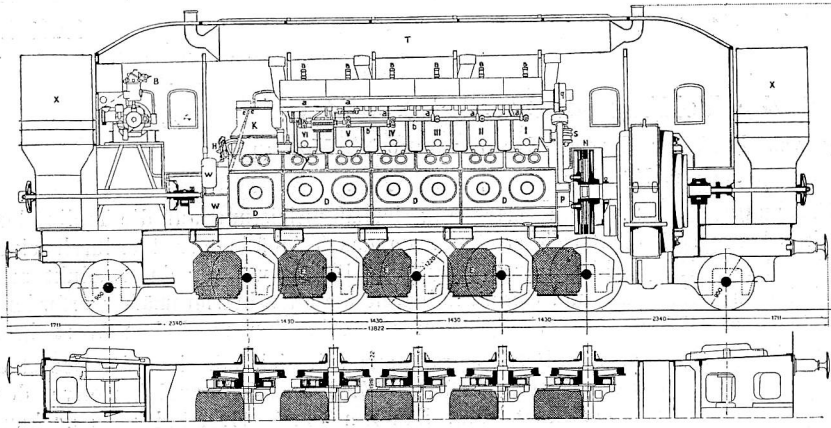
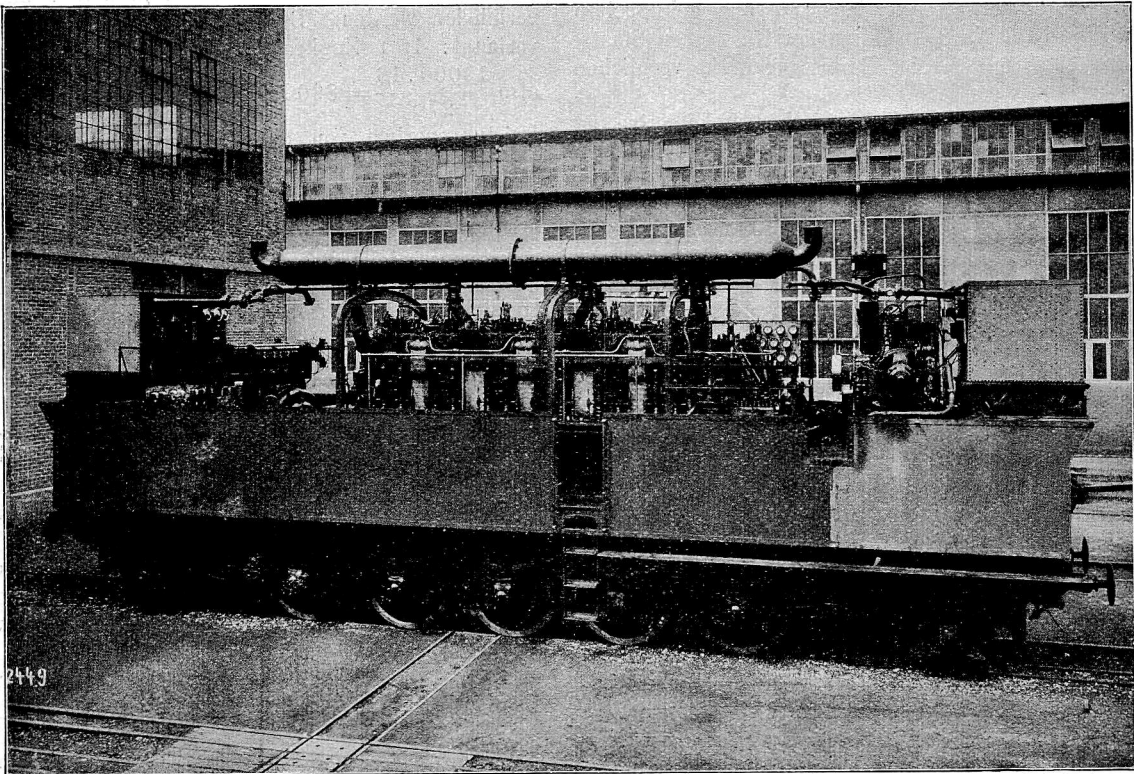


Abb. 2. Ansicht bei abgenommenem Dach vor dem Umbau.



Im einzelnen sei bemerkt:

### 1. Das Fahrzeug.

Die Lokomotive ruht auf sieben Achsen, von denen die beiden Endachsen als radial einstellbare Laufachsen, die fünf mittleren als voneinander unabhängige Treibachsen ausgebildet sind. Die Achsenanordnung ist somit 1 A<sub>5</sub> 1. Die Führung des Fahrzeugs in der Geraden und in Krümmungen erfolgt vorwiegend durch die beiden Endtreibachsen, welche in einem festen Radstand von  $4 \times 1,43 = 5,72$  m angeordnet sind. Die Krümmungsschmiegsamkeit wird durch die Adamsachsen mit 90 mm beiderseitigem Ausschlag und durch freie Seitenverschiebbarkeit der drei mittleren Treibachsen erreicht. Die Treibräder haben 1220 mm Laufkreisdurchmesser, ein bei Achsvorgelegemotoren häufig ausgeführtes Maß, die Laufräder 950 mm.

Die verlangte Höchstgeschwindigkeit dürfte 50 Werst/Std. = 53,35 km/Std. betragen. Da nennenswerte senkrechte Überhänge nicht vorhanden sind, da das Triebwerk nur umlaufende Teile mit zentralen Schwerpunktslagen hat und die Führung durch den langen festen Radstand sehr gut ist, wird sich ein befriedigender Lauf ergeben. Die beträchtlichen ungefederten Achsdruckanteile der fünf Treibachsen müssen freilich in Kauf genommen werden, indes lag eine andere, in dieser Beziehung günstigere Lösung aus Gewichts- und wirtschaftlichen Gründen nicht im Bereich der Möglichkeit. Gegenüber dem erwähnten Umstand werden sich dagegen für die Schonung des Oberbaues sehr günstig die in beiden Fahrrichtungen vorauslaufenden Laufachsen mit dem mäßigen Achsdruck von 14,5 t erweisen.

Die Konstruktion des Rahmens wird durch die dreimalige Unterbringung der Leistung (Dieselmaschine, Generator und Motoren) in raum- und gewichtstechnischer Hinsicht sehr erschwert. Die

Gesamtanordnung des Dieselmotorsatzes verlangt die Verlegung der Maschinenwelle in der Längsrichtung der Lokomotive, der Raumbedarf des unmittelbar gekuppelten Generators und der Achsvorgelegemotoren erfordern unbedingt Außenrahmen, wodurch das ganze Fahrzeug sein Gepräge erhält. Die Abb. 3 und 4 lassen die Bauart des Rahmens erkennen.

Für die Entwicklung des Motorvolumens der Achsmotoren war neben dem Außenrahmen die russische Spurweite von  $5' = 1,524$  m (um 89 mm breiter als die mitteleuropäische Regelspur) von Vorteil. Es konnte sogar die sonst verhältnismäßig selten angewendete Anordnung beiderseitiger Zahnradvorgelege verwirklicht werden. Den bekannten Nachteilen des Außenrahmens (erhöhtes Gewicht, Schwierigkeit der Anbringung von Quer- und Über-Eckversteifungen, in diesem Falle die Notwendigkeit breit ausladender Tragkonstruktionen für das Dieselaggregat) steht gute Zugänglichkeit aller Achslager und der

gesamten Federung gegenüber. Um Raum für den Seitenausschlag der Adamsachsen zu gewinnen, sind die Rahmentragwände an beiden Fahrzeugenden ein wenig auseinandergezogen. Diese sind in einem Stück durchgehend, 22 m stark und etwa 12,5 m lang.

Die Tragfedern sitzen mit ihrem Bund unmittelbar auf den Achslagern; jene der beiden Endachsen und der diesen benachbarten Achsen sind durch Längsausgleichhebel verbunden. Die mittlere Achse wird durch zwei unabhängige Federn belastet. Der Rahmen ist demnach in sechs seitlichen Punkten elastisch gestützt.

Da Schwingungen, hervorgerufen durch einen allenfalls nicht ganz vollständigen Ausgleich der hin- und hergehenden Teile der sechszyindrigen Dieselmachine befürchtet wurden, baute man verhältnismäßig starre Tragfedern ein. Die Starrheitsziffer wurde mit 150 kg/1mm Einsenkung angenommen, ein Wert, der bei Dampf- und elektrischen Lokomotiven häufig ausgeführt wird. Außerdem wurden, um einen gegenüber Erzitterungen dauerhaften Verband der Blech- und Winkelkonstruktionen zu erreichen, durchwegs gedrehte Nieten verwendet und kalt geschlagen. Dieses zwar etwas teure Verfahren hat sich schon vielfach bewährt, so z. B. bei der deutschen Reichsbahn an Eckverbindungen von Tenderdrehgestellen, weiter bei bestimmten Rahmenverbindungen elektrischer Lokomotiven der nämlichen Verwaltung, wo bei acht Lokomotiven einer bestimmten Gattung in zehnjährigem Betrieb nicht ein einziges Niet locker wurde.

Die Dieselmachine sitzt auf fünf Stahlgußquerträgern, der Generator mit seinem Ständer und der Lagerung seines umlaufenden Teiles auf Blechkonstruktionen, vergl. Abb. 1 und 4.

## 2. Die primäre Triebmaschine,

ein Dieselmotor der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Augsburg, leistet 1200 PS an der Welle bei 450 Umdrehungen in der Minute. Die Maschine arbeitet im Viertakt und hat sechs Zylinder von 450 mm Durchmesser und 420 mm Hub.

Die Gesamtanordnung des Motoraggregates ist aus Abb. 1 ersichtlich. Je zwei Zylinder sind auf einen gemeinsamen Stahlgußkurbelkasten D aufgesetzt, welcher die Lager der Dieselwelle enthält. Ein vierter Stahlgußstrog dient außerdem als Unterstützung der vierstufigen Luftpumpe K, welche von der Maschinenwelle angetrieben wird und die Anlaufs- und Einblaseluft auf 80 at. verdichtet.

Unmittelbar benachbart ist die Kühlwasserpumpe W angeordnet, ebenfalls von der Welle der Hauptmaschine angetrieben, mit zwei Pumpenkolben und einem Windkessel.

Am anderen Ende des Dieselmachinesatzes befindet sich der Antrieb P der Steuerwelle, die von dieser angetriebene Ölpumpe S, welche das Öl aus dem Kurbelkasten saugt und durch ein Filter und den Kühler in die Schmierleitungen drückt. Am entgegengesetzten Ende befindet sich die Brennstoffpumpe H. Sie wird von der Welle des Dieselaggregates angetrieben und gestattet eine Veränderung der zugeführten Brennstoffmenge mit Hilfe eines Handrades, welches bei der Diesellokomotive die Brennstoffzufuhr in ähnlicher Weise zu regeln gestattet, wie das Steuerrad der Umsteuerung einer

Dampflokomotive die Füllung ihrer Zylinder. Unmittelbar benachbart sind zwei Handhebel c angeordnet, welche für je drei Zylinder mit Hilfe der Welle b und der Hebel a das Anfahren in der Weise regeln, daß bei gezogenem Anlaßhebel

Abb. 3. Rahmen.

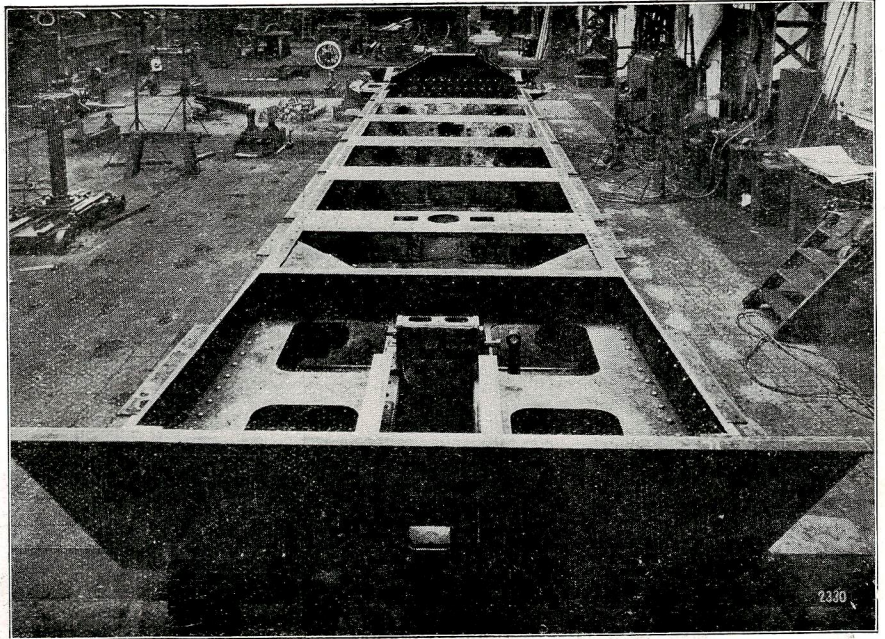
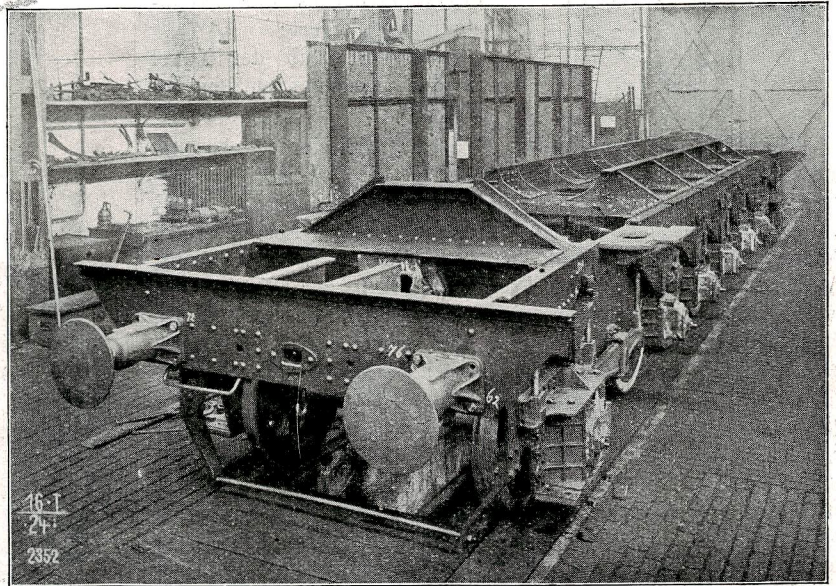


Abb. 4. Fahrzeug.

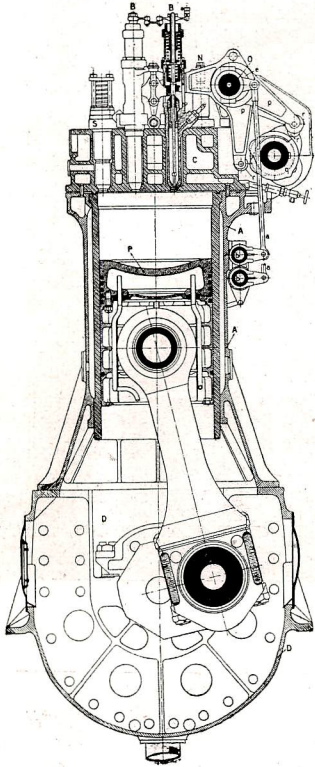


Druckluft durch die Anlaßventile in die Zylinder tritt, während die Brennstoffventile B außer Wirksamkeit gesetzt werden. Nach einigen Umdrehungen wird zunächst bei einer Zylindergruppe von der Anlaß- in die Fahrstellung übergegangen: der Druckluftmotor arbeitet dann als Verbrennungsmotor. Arbeitet diese Zylindergruppe ordnungsgemäß, so können auch die übrigen drei Zylinder auf Zündung umgeschaltet werden. Ein Sicherheitsregler schneidet bei Überschreiten von 480 minutlichen Umdrehungen der Maschinenwelle die Brennstoffzufuhr durch Öffnen der Saugventile in den Brennstoffpumpen H ab. Die Abgase entweichen in einen gemeinsamen Auspuffbehälter T.

Abb. 5 gibt einen Schnitt durch einen Zylinder und sein Triebwerk. Jede Maschine besteht aus einem verhältnismäßig

leicht ausgebildeten Stahlgußgehäuse A, welches auf einem das Fundament bildenden Trog D aufgeschraubt ist. In A ist die gußeiserne Lauffbüchse eingebaut, in dem entstehenden Zwischenraum zirkuliert das Kühlwasser. Der Kolben P, gleichzeitig als Kreuzkopf dienend, hat die bei Verbrennungsmaschinen übliche Form. Der gußeiserne Zylinderdeckel C enthält zwei Brennstoffventile B, ein Einlaß- und ein Auslaßventil sowie ein Anlaßventil N und ein Sicherheitsventil S. Das Auslaßventil ist wassergekühlt. Die Ventile werden mittels der Winkelhebel p, die mit Rollen r versehen sind, durch Nockenscheiben gesteuert, welche auf die Steuerwelle q aufgekeilt sind. Der geometrische Mittelpunkt der Winkelhebellagerung sitzt auf einem um 0 verdrehbaren Exzenter e, welches mittels der früher genannten Stangen a und der Wellen b unter dem Einfluß der Anlaßhebel c steht.

Abb. 5. Schnitt durch einen Dieselylinder und sein Triebwerk.



Die Ventile werden mittels der Winkelhebel p, die mit Rollen r versehen sind, durch Nockenscheiben gesteuert, welche auf die Steuerwelle q aufgekeilt sind. Der geometrische Mittelpunkt der Winkelhebellagerung sitzt auf einem um 0 verdrehbaren Exzenter e, welches mittels der früher genannten Stangen a und der Wellen b unter dem Einfluß der Anlaßhebel c steht.

Die Regelung des Dieselaggregates erfolgt durch Veränderung der Brennstoffzufuhr mit Hilfe des erwähnten Handrades, welches

1. die Dauer der Brennstoffzufuhr durch Beeinflussung des Saugventiles der Brennstoffpumpe ändert;

2. den Hub der Nadel in den Brennstoffventilen beeinflusst.

Zur Kühlung der Kolben, Zylinder, Zylinderdeckel, Auspuffventile und Auspuffkrümmer benötigt die Lokomotive Kühlwasser, welches in einem Kühler rückgekühlt werden muß. Außerdem muß das Öl zur Schmierung der Dieselmachine, welche als Umlaufschmierung ausgebildet ist, rückgekühlt werden. Gemäß den im Werk Augsburg der M A N ausgeführten Versuchen müssen bei voller Leistung 820000 WE/Std. abgeführt werden. Hierzu war die Lokomotive ursprünglich mit Kühlern X an beiden Fahrzeugenden versehen, vergl. Abb. 1, welche als Oberflächenkühler mit Luftzuführung durch von der Dieselmachine angetriebene Ventilatoren ausgebildet waren. Gelegentlich des zur Verminderung des Gesamtgewichtes der Lokomotive durchgeführten Umbaus wurde einer dieser Kühler entfernt. Die näheren Untersuchungen ergaben, daß bei besonders hohen Lufttemperaturen ein Kühltender beigegeben werden muß, welcher bei Betrieb in Zentralrussland während dreier Monate, bei Betrieb in Turkestan während sieben Monaten des Jahres erforderlich ist. Dieser Kühltender ist vierachsig, seine Ventilatoren werden durch einen besonderen Verbrennungsmotor angetrieben. Mit diesem Tender ausgerüstet, vermag die Lokomotive ohne erhitztes Kühlwasser abzulassen, ohne neues Kühlwasser zu fassen, dauernd zu verkehren. Sie ist alsdann nur noch von der Zuführung des Brennstoffes abhängig, stellt also für wasserarme Gegenden ein ideales Triebfahrzeug dar.

### 3. Der elektrische Teil der Diesellokomotive.

Er bezweckt

1. Die Übertragung der Leistung von der in der Längsachse der Lokomotive angeordneten Dieselmachine auf die quer hierzu liegenden Triebachsen.

2. Die Regelung von Zugkraft und Geschwindigkeit in weiten, den Bedürfnissen des Eisenbahnbetriebes angepaßten Grenzen.

Der elektrische Teil umfaßt den Gleichstromgenerator mit zwei Erregermaschinen, die fünf Achsvorgelegemotoren und die Steuerung.

Der Gleichstromgenerator von 800 kW Stundenleistung wird unter Vermittlung einer federnden Kupplung ohne Zwischenschaltung einer Übersetzung von der Dieselmachine angetrieben. Er ist zwölfpolig, mit Wendepolen zur Unterdrückung des Bürstenfunken versehen und wird nach Ward-Leonard fremd erregt. Stator und Rotor samt der Kupplung sind in den Abb. 6 und 7 dargestellt.

Abb. 6. Stator des Stromerzeugers.

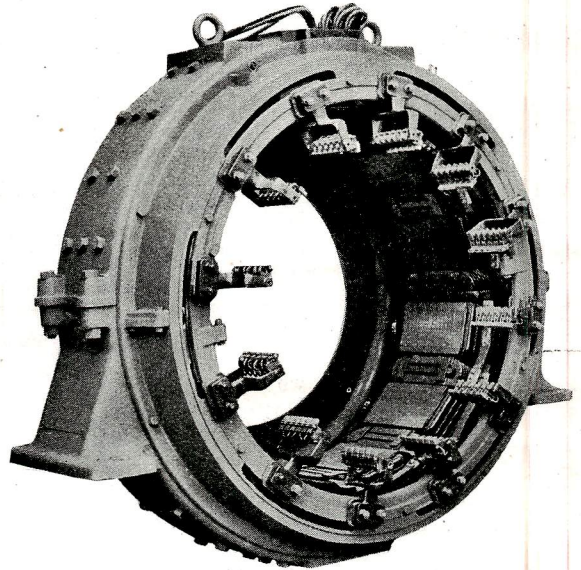
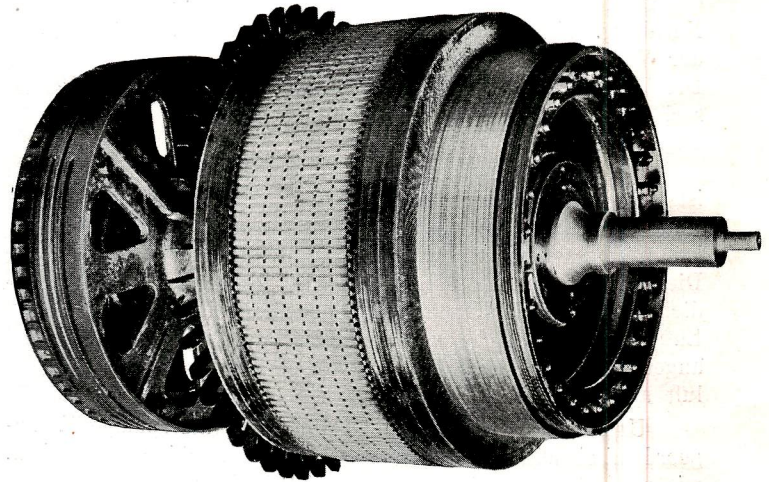


Abb. 7. Rotor des Stromerzeugers.



Die fünf Fahrmotoren, als Achsvorgelegemotoren mit Spraguescher Nasenaufhängung in der bei Straßenbahnwagen üblichen Bauart ausgebildet, sind vierpolige Hauptstrommotoren von je 192 PS  $1\frac{2}{3}$  Stundenleistung, an den Ankerwellen gemessen. Sie liegen dauernd parallel im Stromkreis des Generators. Ihr Drehmoment wird durch eine beiderseits angebrachte Zahnradübersetzung im Verhältnis  $14 : 86 = 1 : 6,14$  auf die Triebachsen übersetzt. Zur Erreichung gleicher Zahnkräfte auf beiden Triebwerkseiten sind die Zähne schräg gestellt, vergl. Abb. 8.

Auf künstliche Kühlung ist aus Gründen der Einfachheit verzichtet, dagegen ist Eigenventilation in der bei Strafsenbahnmotoren üblichen Weise vorgesehen. Das Gewicht eines Motors einschließlich Zahnradübersetzung und Zahnradschutzkästen ist etwas über 4 t.

Auf dem Prüfstand wurde festgestellt:

a) Die fünf Motoren geben 1 Stunde 40 Minuten lang 15 t Zugkraft am Treibradumfang bei 16 km/Std. ab, ohne die höchstzulässige Übertemperatur zu erreichen. Die Stromstärke ist hierbei 235 Amp. für jeden Motor bei 600 Volt; die  $1\frac{2}{3}$  Stundenleistung an der Ankerwelle somit  $141 \text{ kW} = 192 \text{ PS}$ .

b) Bei Dauerleistung wird 8,4 t Zugkraft bei 31 km/Std. abgegeben. Die Stromstärke ist hierbei 160 Amp. je Motor bei 1000 Volt. Die Dauerleistung an jeder Ankerwelle demnach  $160 \text{ kW} = 218 \text{ PS}$ .

Die erstgenannte Zeit genügt unter allen Umständen zum Hinauffahren der zunächst in Betracht kommenden längsten Steigung auf den russischen Bahnen. Diese ist die 21,37 km lange Steigung von 6,3 kg t mittlerem Widerstand auf der Teilstrecke Malaja Wischera—Okulowka der Petersburg-Moskauer Eisenbahn, wo diese die Wasserscheide zwischen der Ostsee und dem Kaspischen Meer überwindet, die sog. Werebjinsche Steigung. Diese Strecke wird zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven der genannten Bahnverwaltung häufig verwendet.

Die Steuerung umfaßt die Einrichtungen zur Umkehr der Fahrtrichtung und zur Regelung der Zugkraft. Die erstere wird bei der Diesel-elektrischen

ab, also beim Anfahren großes Drehmoment und zwar bei großen Stromstärken und niedriger Spannung. Sie erhalten demnach zum Anfahren niedrig gespannten Strom vom Generator aufgedrückt und zwar ohne irgend welche weitere, elektrische Leistung verzehrende Regelungsvorrichtung

Abb. 8. Treibradsätze mit Motoren.

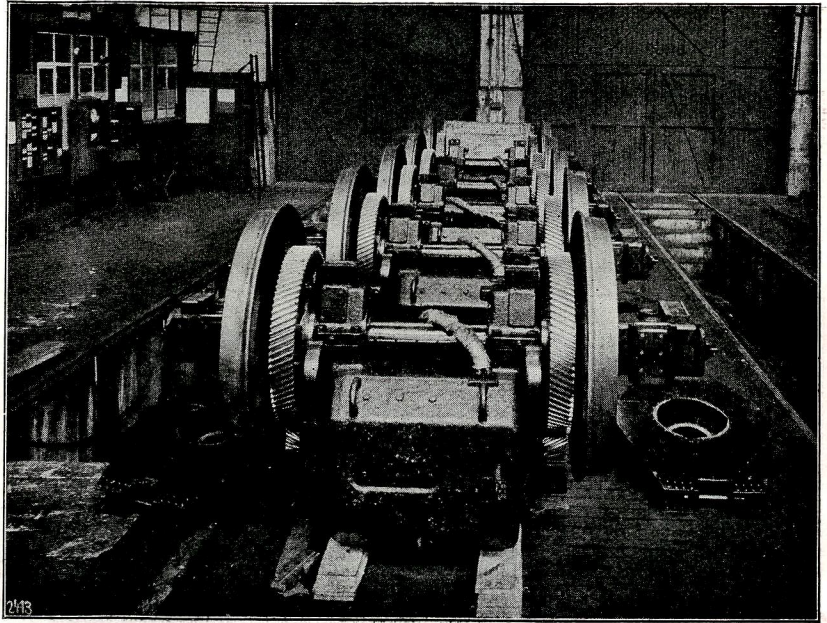
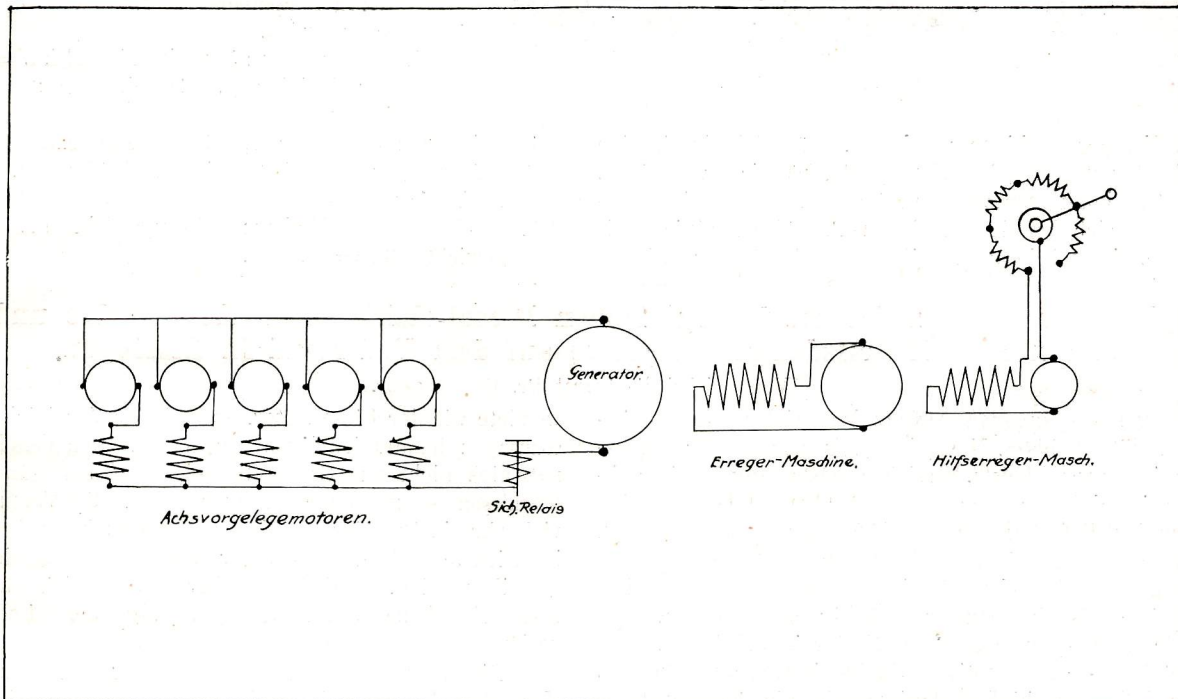


Abb. 9. Schaltbild der elektrischen Übertragung.



Lokomotive sehr einfach durch Änderung der Stromrichtung in den Anker der Fahrmotoren erreicht. Die fünf Wendschalter werden durch einen elektrisch gesteuerten Druckluftkolben gemeinsam betätigt. Die Einrichtungen zur Regelung der Zugkraft in den durch die praktischen Bedürfnisse des Betriebes erforderlichen sehr weiten Grenzen sind nach Ward-Leonard getroffen. Die Hauptstrommotoren geben große Zugkraft bei geringer Geschwindigkeit und umgekehrt

zwischen Generator und Motor. Das Feld der Dynamo wird durch eine besondere Erregerdynamo erregt, welche Strom von veränderlicher Spannung liefert. Um den zur Regelung der Erregermaschine erforderlichen Vorschaltwiderstand besonders leicht halten zu können, ist vor die vorgenannte Erregermaschine noch eine zweite auf der nämlichen Welle sitzende Erregerdynamo geschaltet, deren Erregung durch einen nunmehr außerordentlich leicht gebauten Controller mit 26 Stufen

sehr fein eingestellt werden kann. Das Schaltbild der elektrischen Übertragung ist in Abb. 9 vereinfacht dargestellt.

Abb. 10. Prinzipskizze der Lokomotive nach dem Umbau.

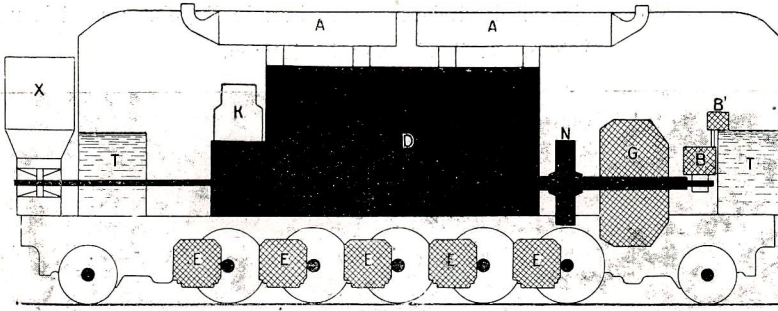
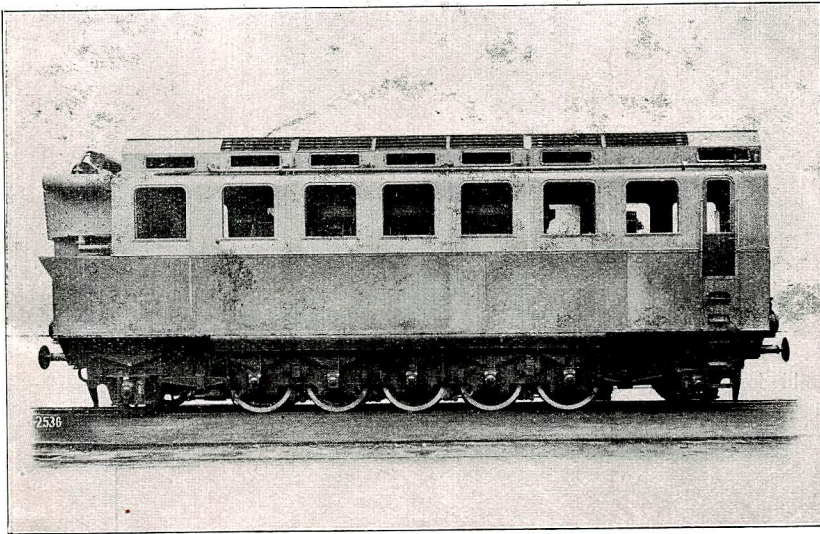


Abb. 11. Aufsicht.



Die beiden Erregermaschinen wurden ursprünglich durch eine vom Dieselmotor unabhängige Kraftquelle, nämlich von einem besonderen Glühkopfmotor von 20 PS angetrieben. Diese Anordnung erwies sich bei den ortsfesten Probefahrten nicht als vorteilhaft, vorwiegend deshalb, weil der Glühkopfmotor zu lange

Zeit zur Ingangsetzung erforderte. Die Anordnung wurde deshalb dahingehend geändert, daß die beiden Erregerdynamos nunmehr von der Dieselmotorwelle angetrieben werden und zwar mittels einer auswechselbaren Zahnradübersetzung und eines Riemenantriebes.

Im allgemeinen wird die Übersetzung 1:2 verwendet, nur in besonderen Fällen, z. B. bei Schneegestöbern, wenn mit den größten Drehzahlen der Dieselmotor gefahren werden soll, wird die Übersetzung 3:5 eingebaut, was vom Lokomotivpersonal auf einer Zwischenstation in kurzer Zeit ausgeführt werden kann.

Abb. 10 gibt eine Prinzipskizze der Lokomotive nach dem eingangs erwähnten Umbau. Der Vergleich mit Abb. 1 zeigt, daß der eine Kühler X entfernt und an seine Stelle ein zweiter Brennstoffbehälter T eingebaut ist. Weiter ist die nunmehr von der Dieselmotorwelle angetriebene Erregermaschine B an das entgegengesetzte Ende der Lokomotive versetzt worden. Endlich ist das ursprünglich gemeinsame Auspuffrohr A der sechs Dieselmotoren in zwei Teile aufgelöst, um den Erschütterungen besser widerstehen zu können. Abb. 11 gibt eine Aufsicht der Lokomotive wieder.

Die Hauptabmessungen und Gewichte der Lokomotive sind nachstehend zusammengestellt:

1. Dieselmotor: Sechs Zylinder von 450 mm Durchmesser, 420 mm Hub. Drehzahlen 2-75, pro Sek. = 120-450 pro Min.
2. Gleichstromgenerator von 800 kW = 1088 PS Stundenleistung, Fremderregung durch eine Erregermaschine, deren Feld abermals durch eine Erregerdynamo erregt wird.
3. Fahrmotoren: 5 Stück zu je 141 kW = 192 PS  $1\frac{2}{3}$  Stundenleistung, 160 kW = 218 PS Dauerleistung.
4. Fahrzeug: Spurweite 1,524 m, Gesamtradstand 10,400 m, geführte Länge = fester Radstand 5,720 m, Länge über Puffer 13,820 m.
5. Gewichte nach Umbau: Dienstgewicht 119 t, Reibungsgewicht 90 t = 5 · 18 t.

## Vergleichsversuche zwischen der russischen Diesel-elektrischen Lokomotive und der russischen E-Heißdampflokomotive auf dem Prüfstand in Efslingen.

Von Reichsbahnoberrat Dr. Uebelacker.

Die im vorangegangenen Aufsatz beschriebene Diesellokomotive wurde vom 4. bis 8. November v. Js. von einer Prüfungskommission in Anwesenheit zahlreicher Gäste eingehenden Abnahme- und Vergleichsversuchen mit der russischen E-Heißdampflokomotive auf dem Prüfstand in der Maschinenfabrik Efslingen unterworfen. Die Versuche waren auf das sorgfältigste vorbereitet und wurden ebenso peinlich durchgeführt, so daß ihre Ergebnisse als durchaus zuverlässig angesehen werden müssen. Sie sollten zunächst den Nachweis erbringen, daß die Diesel-elektrische Lokomotive, wie im Vertrag ausbedungen, die gleiche Leistungsfähigkeit besitze wie die E-Dampflokomotive vom Jahr 1921, die ja für die russischen Verkehrsbedürfnisse als besonders geeigneter Typ gilt. Sodann galt es, die mit besonderer Spannung erwartete Beantwortung der Frage zu geben um wieviel die Diesel-elektrische Lokomotive wirtschaftlicher arbeitet als die Dampflokomotive\*). Hierfür waren geradezu ideale Voraussetzungen gegeben, da die Dampflokomotive nicht mit Kohlen gefeuert wurde, sondern mit Ölführung eingerichtet war, also den gleichen Brennstoff ver-

wendete wie der Dieselmotor, so daß der Vergleich unmittelbar, sozusagen handgreiflich vor Augen trat. Den Versuchen durften natürlich nicht nur Grenzfälle — Lauf bei günstigsten Verhältnissen — zugrunde gelegt werden, die Versuche mußten vielmehr ein Bild der wirklichen Beanspruchung der Lokomotive im Dienste geben, also unter wechselnden Bedingungen angestellt werden. Dabei war aber eine möglichst langdauernde, ununterbrochene Gesamtbeanspruchung der Lokomotive zu verlangen.

Diesen Forderungen entsprach das Programm, das je 3 Versuche, denen an einem Tage die Diesellokomotive, an einem zweiten die Dampflokomotive unterstellt wurde, vorsah.

Der 1. Versuch in einer Dauer von etwa 55 Minuten verlangte eine Zugkraft am Radumfang von 9000 kg und eine Fahrgeschwindigkeit von etwa 25 km/Std., demnach eine Leistung von etwa 830 PS am Radumfang, es entspricht dies der Beförderung eines Zuges einschließlich des Lokomotivgewichtes von 1800 t auf einer schwach ansteigenden Strecke von  $2,3\frac{0}{100}$  (1:435). Der 2. Versuch sollte die Wirtschaftlichkeit bei verringerter Leistung zeigen, entsprechend der Bewegung des

\*) Siehe Seite 95 dieses Heftes.

Zuges auf nahezu wagrechter Bahn ( $0,5 \text{ ‰} = 1:2000$  fallend); nötige Zugkraft rund 4500 kg, Geschwindigkeit rund 30 km/Std., Leistung rund 500 PS; der Versuch sollte ebenfalls eine Stunde dauern. Beim 3. schwersten Versuch endlich sollte die Zugkraft auf 15200 kg am Zughaken (= der am Radumfang) bei 14 km/Std. Geschwindigkeit gesteigert werden unter der Vorstellung, daß der Zug sich auf einer Steigung von  $6,3 \text{ ‰}$  ( $1:160$ ) bewege. Eine solche Steigung von 22 km Länge ist die Werebjinsche Steigung, im Zug der Oktoberbahn von Leningrad nach Moskau, deren Verhältnissen überhaupt die Versuchsbedingungen entsprechen. Die Dauer dieses Versuches wurde entsprechend der zum Durchfahren der genannten Steigung erforderlichen Zeit auf 90 Minuten ausgedehnt. — An diese 3 Versuche wurde danach bei der Thermolokomotive ein Versuch mit erhöhter Belastung und wechselnder Geschwindigkeit und bei der Dampflokomotive eine kurze Fahrt mit erhöhter Geschwindigkeit angeschlossen. — Sämtliche Versuche wurden bei jeder Lokomotive ohne Unterbrechung aneinandergereiht. Zur Steigerung der Zugkraft bei der Thermolokomotive von 4500 auf 15000 kg wurde jedoch vor Beginn der Messungen eine Übergangszeit von 10 Minuten eingeschaltet, in der die Belastung allmählich gesteigert wurde. Ebenso liefs man beide Lokomotiven vor Beginn des 1. Versuches kurze Zeit sich einlaufen, um das Wärmeleichgewicht zu erhalten.

Die Einrichtungen des Prüfstandes sind vom Professor Lomonossoff im Organ 1924, Seite 166 bereits näher beschrieben, so daß hier davon abgesehen werden kann. Der

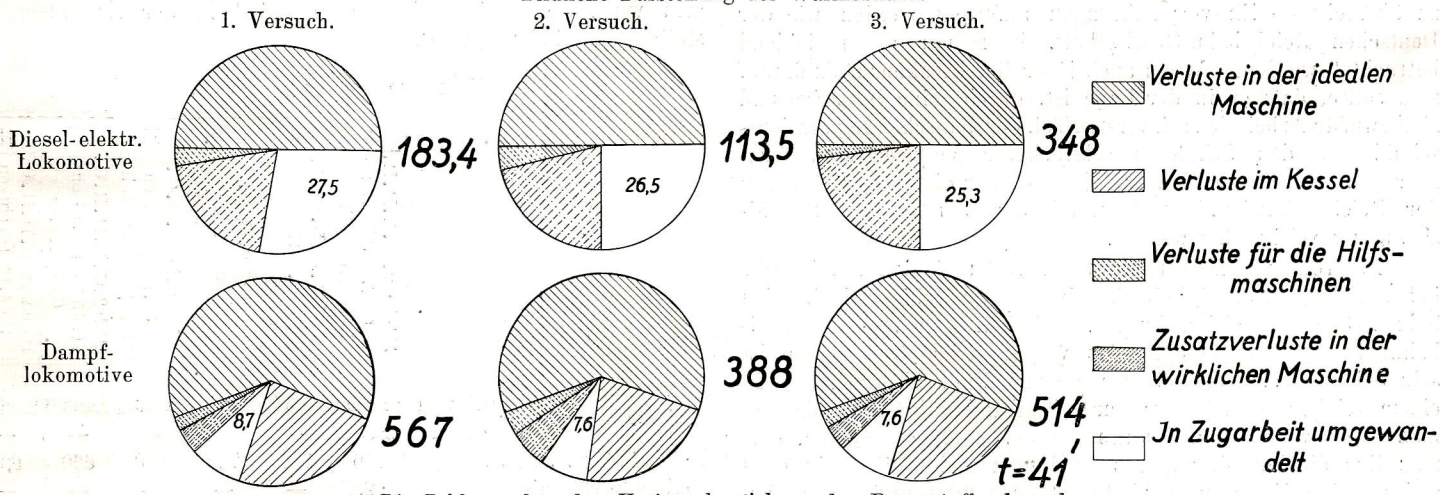
I. Diesel-elektrische Lokomotive.

Versuch	Zugkraft kg	Fahrgeschwindigkeit km/Std.	Umdrehungen des Motors in der Sekunde	Leistung am Treibradumfang PS	Dauer des Versuches Minuten	Brennstoffverbrauch im ganzen kg	auf 1 PS/Std kg	thermischer Wirkungsgrad
1	9100	25,5	5 1/2	857 (830—880)	55	183,4	0,230	27,4
2	4325	29,6	5	474 (440—490)	60	113,5	0,237	26,5
3	15240	15,8	5 1/2	890 (860—944)	94	348	0,250	25,3
4	—	12,5 bis 36,2	7 1/2	945 bis 1066	24	106,5	—	21,1 bis 24,0

II. Dampflokomotive.

Versuch	Zugkraft kg	Fahrgeschwindigkeit km/Std.	Füllung %	Leistung am Treibradumfang PS	Dauer des Versuches Minuten	Brennstoffverbrauch im ganzen kg	auf 1 PS/Std kg	thermischer Wirkungsgrad
1	9070	24,7	35	835 (810—869)	57	566	0,730	8,67
2	4300	29,5	22	468 (460—505)	55	388	0,835	7,6
3	14480	17	50	910 (778—925)	41	514	0,830	7,62

Bildliche Darstellung der Wärmebilanz.



Die Zahlen neben den Kreisen bezeichnen den Brennstoffverbrauch.

Heizwert des verwendeten Brennstoffes (Naphta) wurde vom Landesgewerbeamt Stuttgart zu 10045 W. E. (unterer Heizwert) bestimmt, den Berechnungen wurde der runde Betrag 10000 zugrunde gelegt. Die Berechnung des thermischen Wirkungsgrades erfolgte nach der einfachen Formel

$$\eta = \frac{\text{Wärmewert für 1 PS/Std.}}{\text{Wärmeaufwand für 1 PS}_z/\text{Std.}} = 632 : \frac{Q \cdot h}{N_z}$$

worin  $N_z$  die Pferdestärken am Radumfang (gemessen am Zughaken mit Dynamometer),  $Q$  den Brennstoffverbrauch und  $h$  den Heizwert des Brennstoffes, bedeutet; 632 ist der Wärmewert einer PS/Std.

Die Versuche wickelten sich vollständig programmgemäß ab.

Die Versuchsergebnisse sind in nachstehender Übersicht zusammengestellt. Geschwindigkeit und Zugkraft sind selbstverständlich Mittelwerte, da es nicht möglich ist, sie absolut genau einzuhalten.

Für die Lokomotive ist wie aus der vorangegangenen Beschreibung zu entnehmen, ein Kühltender vorgesehen, der in der warmen Jahreszeit und bei Verwendung der Lokomotive in wasserarmen Gegenden die Rückkühlung des Kühlwassers mit Hilfe eines von einem eigenen Motor angetriebenen Ventilators

besorgt. Dieser Kühltender war nur beim 3. Versuch notwendig, wo während 33 Minuten die Ventilatoren in Tätigkeit gesetzt werden mußten. Die Temperatur des Kühlwassers im Kühltender betrug am Ende dieses Versuchs  $66^\circ \text{C}$  bei einer Lufttemperatur von  $13^\circ$ . Auch beim 4. Versuch war der Kühltender in Verwendung, wodurch eine Wieder-Abkühlung auf  $57^\circ$  erzielt wurde. Bei den beiden ersten Versuchen arbeiteten die Ventilatoren des Kühltenders nicht; das Kühlwasser hatte am Schlusse des 1. Versuches  $47,5^\circ$ . Im Brennstoffverbrauch des 3. und 4. Versuches ist der Verbrauch des Ventilator-motors mitenthalt.

Zur Beurteilung des Arbeitsvorganges in Dieselmotoren wurden während der Versuche fortlaufend Indikatordiagramme genommen, die tadellos ausfielen.

Die Besichtigung der Diesellokomotive nach Beendigung der Versuche ergab vollständig einwandfreie Beschaffenheit aller Teile.

Bei der Dampflokomotive machte sich die Schwankung der Zugkraft während einer Umdrehung bemerkbar. Es hatte dies sowohl bei den Vorversuchen wie auch bei dem Vergleichsversuch einen Bruch der Membran des Dynamometers zur Folge;

ein Mangel, der jedoch sofort behoben wurde. Der Regler der Dampflokomotive war bei allen Versuchen voll geöffnet. Der 3. Versuch mußte hier vorzeitig abgebrochen werden, weil ein Zylindersicherheitsventil undicht wurde. Bei der während einiger Minuten auf 50 km gesteigerten Geschwindigkeit blieb Schlingern und Zucken in zulässigen Grenzen. Auch bei der Dampflokomotive ergab die Besichtigung am Schluß der Versuche, daß bis auf das schadhafte Sicherheitsventil alles in Ordnung war.

Die Verbrauchszahlen der Dampflokomotive und ihr thermischer Wirkungsgrad der sich zwischen 7,6 und 8,67 bewegte, müssen als hervorragend bezeichnet werden und bedeuten eine sonst kaum erreichte Höhe, wobei noch zu bedenken ist, daß es sich um eine Zwillingslokomotive ohne Speisewasservorwärmung handelte. Zur Erreichung dieser hohen Wirkungsgrade hat allerdings auch die Ölfeuerung beigetragen, die infolge des höheren Wärmewertes des Öls und der höheren und gleichmäßigeren Temperatur besonders günstig arbeitet. Aber diese Zahlen werden durch den Verbrauch der Diesel-lokomotive völlig in den Schatten gestellt. Denn der Verbrauch dieser Lokomotive beträgt nur etwa ein Drittel des Verbrauchs

der Dampflokomotive. Eine Verringerung des Brennstoffverbrauchs in einem so sprunghaften Ausmaß muß die Gedanken der Eisenbahntechniker auf das Problem der Diesellokomotive lenken. Gewiß liegt das Problem für Rußland anders als für andere Länder. Denn infolge des Naphtha-reichtums wird dieses schon bisher zur Lokomotivfeuerung verwendet, und da ist es keine Frage, daß die Verbrennung im Zylinder wirtschaftlicher ist als in der Feuerbüchse. In recht in die Augen springender Weise ist der Unterschied der beiden Lokomotiven in den von Professor Lomonosoff aufgestellten Schaubildern (siehe Abbildung) zu sehen. — Aber auch in Deutschland, wo die Beschaffung und der Preis des flüssigen Brennstoffes eine andere Rolle spielt, wird die Frage der Thermolokomotive ständig im Auge behalten und eingehend geprüft werden müssen. — Es ist eine eisenbahntechnische Tat, daß Professor Lomonosoff es unternommen hat, eine Vollbahngüterzuglokomotive großer Leistungsfähigkeit zu bauen und es ist ihm zu danken, daß er die Versuche in einem so weiten Kreise in freimütiger Weise vorführte. Es mag auch dabei der Freude Ausdruck gegeben werden, daß die russische Regierung deutsche Werke zur Ausführung ihrer Pläne heranzog.

## Die Dampf-, Öl- und Druckluftlokomotiven auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin.

Von Oberregierungsbaurat a. D. R. P. Wagner, Mitglied des Eisenbahn-Zentralamtes.

(Fortsetzung aus Heft 1, Seite 11.)

### II. Die regelspurigen Güterzuglokomotiven.

Ein Eisenbahnunternehmen, dem derartige heute noch nicht zu übersehende Zinsverpflichtungen auferlegt werden wie der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, kann nur als notleidend betrachtet werden. Wenn auch jeder Reichsbahner stolz darauf sein sollte, daß er in der Lage ist, durch seine intensive und zielbewußte Arbeit den schwersten Teil der deutschen Reparations-schuld von den Schultern schwächerer Volksgenossen fern-zuhalten, so muß er sich andererseits über die Hauptrichtlinien der Reichsbahnwirtschaft während der Periode der Schuld-abtragung völlig klar werden.

Ein reiner Luxusbetrieb wie z. B. in England, mit sehr hoher Fahrgeschwindigkeit der in großer Zahl verkehrenden Schnellzüge und vielen kurzen, zwischen Abgangs- und Ziel-bahnhof möglichst beschleunigt verkehrenden Güterzügen ist seiner Unwirtschaftlichkeit wegen unbedingt abzulehnen. In einem reichen, vom Kriege nur mittelbar berührten Lande mag man einem verwöhnten Publikum so weit entgegenkommen, daß man ihm die Beförderung von Stückgut einschließlich Abrollens auf 600 km Entfernung binnen 14 bis 20 Stunden gewähr-leistet; für Deutschland muß der Weg größerer Wirtschaftlichkeit eingeschlagen werden, d. h. abgesehen von wenigen sehr schnell-fahrenden internationalen Schnellzügen, von denen eine Wirt-schaftlichkeit nicht erwartet werden kann und die nur der Einschaltung Deutschlands in den großen Weltverkehr dienen, müssen große Zugeinheiten in größeren Zeitabständen gefahren werden, und zwar im Personen- wie im Güterverkehr. Die Wirtschaft der Lokomotive wie jeder Kraftmaschine hebt sich bis zu gewissem Grade mit der Vergrößerung der Einheit; die Personalausgaben und die Kapitalverzinsung wie auch die unvermeidlichen Nebenkosten für Anfeuern und Behandeln der Maschinen vor und nach der Fahrt sinken beträchtlich mit Vergrößerung der Einheit. Das Hauptaugenmerk muß aber dem Güterzugdienste zugewendet werden, da nur dessen Ertrag Überschüsse zu erzielen vermag, während man zufrieden sein muß, wenn die Personenbeförderung ohne Zuschüsse aus-kommt.

Der Bau großer, leistungsfähiger Güterzuglokomotiven muß daher die Hauptentwicklungsrichtung für Deutschland sein, und die ausgestellten sechs regelspurigen Lokomotivtypen, von denen fünf der Reichsbahn gehören, geben einen einiger-

maßen ausreichenden Überblick über das, was bisher in der Richtung getan wurde und was für die nähere Zukunft zu tun sein wird. Ihre Hauptabmessungen sind in der Zusammen-stellung 2 wiedergegeben.

Zusammenstellung 2.

	8	9	10	11	12	13
	IF-h 4 v. G. L. D. R. G. 67.16 (Württemberg K) Eßlingen	IE-h 3. G. J. D. R. G. 56.16 (Preußen G 12) Henschel	IE-h 2. G. J. Polen Ty 23 Schwartzkopf	E-h 2. J. D. R. G. 55.15 (Preußen G 10) Rheinmetall	ID-h 2. G. L. D. R. G. 45.17 (Preußen G 82) AEG	D-h 2. G. L. D. R. G. 44.16 (Preußen G 91) Hanomag
Zylinderdurchmesser { dh mm dn "	2×500 2×750	3×570 —	2×650 —	2×630 —	2×630 —	2×550 —
Kolbenhub s . . . . . "	650	660	720	660	660	630
Verbundverhältnis . . . . . "	1:2,25	—	—	—	—	—
Treibraddurchm. D . . . mm	1350	1400	1450	1400	1400	1250
Kesseldruck p . . . . . at	15	14	14	12	14	12
Rostfläche R . . . . . qm	4,2	3,9	4,5	2,63	3,4	3,05
Heizfläche der Feuerbüchse H <sub>b</sub> . . . . . "	15,5	14,19	16,5	14,47	12,63	11,7
Heizfläche der Rohre H <sub>r</sub> . . . . . "	216,5	180,77	207,44	127	154,8	137,3
Gesamtheizfläche f <sub>H</sub> . . . . . "	232	194,96	223,94	141,47	167,43	149
Überhitzerheizfläche H <sub>u</sub> . . . . . "	80	68,42	73,5	58,9	53,12	57
Leergewicht G <sub>l</sub> . . . . . t	98,2	85,4	86	69,6	75,6	58
Dienstgewicht G <sub>d</sub> . . . . . t	108	95,7	95,5	76,6	83,5	65,5
Reibungsgewicht G <sub>r</sub> . . . . . t	94,6	82,5	85	76,6	70,2	65,5
Größte Geschwindigk. k/Std.	60	65	—	60	65	55
f <sub>H</sub> /R . . . . .	55,2	50	49,8	53,8	49,25	48,8
H <sub>u</sub> /f <sub>H</sub> . . . . .	0,345	0,351	0,328	0,416	0,318	0,383
Zugkraftkonstante C <sub>1</sub> . . . . .	2710	2297	2097	1872	1872	1523
Zugkraft Z <sub>1</sub> *) . . . . .	16260	16070	14700	11230	13100	9140
Z <sub>1</sub> :G <sub>r</sub> . . . . .	172	195	173	146,6	186,8	139,5
Zylinderinhalt J**) . . . . . l	574	505	478	411	411	300
J/f <sub>H</sub> . . . . .	4,47	2,59	2,13	2,91	2,46	2,01
J/R . . . . .	136,5	129,5	106,2	156,3	121	98,2



Die jüngste der Reichsbahn-Güterzuglokomotiven ist die lfd. Nr. 8 (Abb. 7), die erstmals im Jahre 1918 von der ehemaligen Württembergischen Eisenbahn-Verwaltung beschafft und von der Maschinenfabrik Eßlingen geliefert wurde\*). Sie ist die erste reichsdeutsche Lokomotive mit sechs gekuppelten Achsen; die Achsenzahl wurde notwendig durch strenges Festhalten am Achsdruck von 16 t. Eine glückliche und richtige Entscheidung war es, daß für diese ausgesprochene Streckenlokomotive nicht die verwickelte und empfindliche Malletbauart gewählt wurde, sondern nach Gölsdorfs Vorgang ein einfaches Trieb- und Gangwerk mit parallelverschieblichen Kuppelachsen. Der Kessel ist recht gut durchgebildet und kann mit 232 qm Heizfläche etwa

wendungsbereichs. So z. B. ist wegen der Verbundanordnung auf der ständig befahrenen Geislinger Steige mit einer Neigung  $23,8\text{‰}$  weder Kesselleistung noch Reibungsgewicht der Maschine voll ausgenutzt, obwohl Frischdampf in den Verbinder eingeführt werden kann. Ebensowenig ist es möglich, auf der Wagrechten mit den niedrigen Füllungsgraden zu fahren, die der verlangten Leistung entsprechen. Die Maschine ist mithin eine ausgesprochene Hügelland-Maschine und in ihrem Verwendungsgebiet allerdings hervorragend wirtschaftlich.

Die Einstellbarkeit in den Krümmungen und Weichen von 145 m Halbmesser ist vorzüglich gelungen. Die Laufachse vorn, eine Bisselachse, hat einen Ausschlag von je 95 mm und ist mit Rückstellvorrichtung versehen; die erste und letzte

Abb. 7. 1 F-h 4 v Güterzuglokomotive der ehem. Württ. St. B. (K), D. R. G. G 67.16.

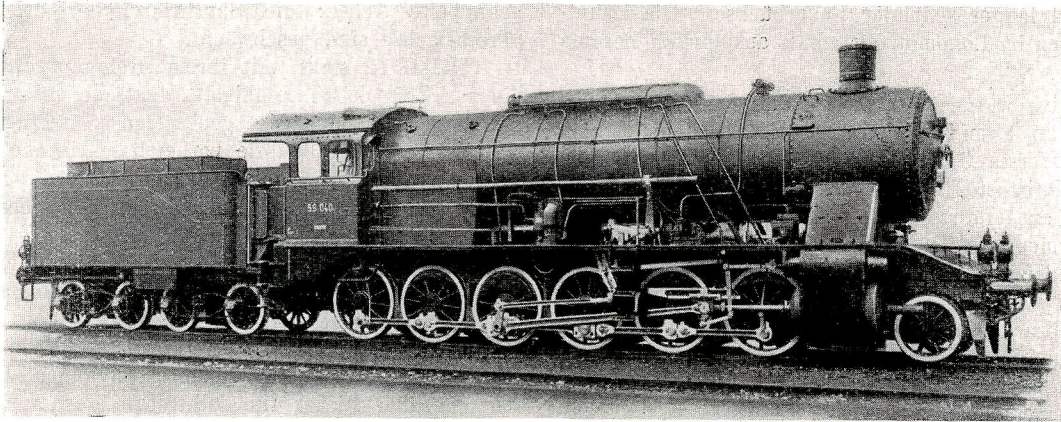
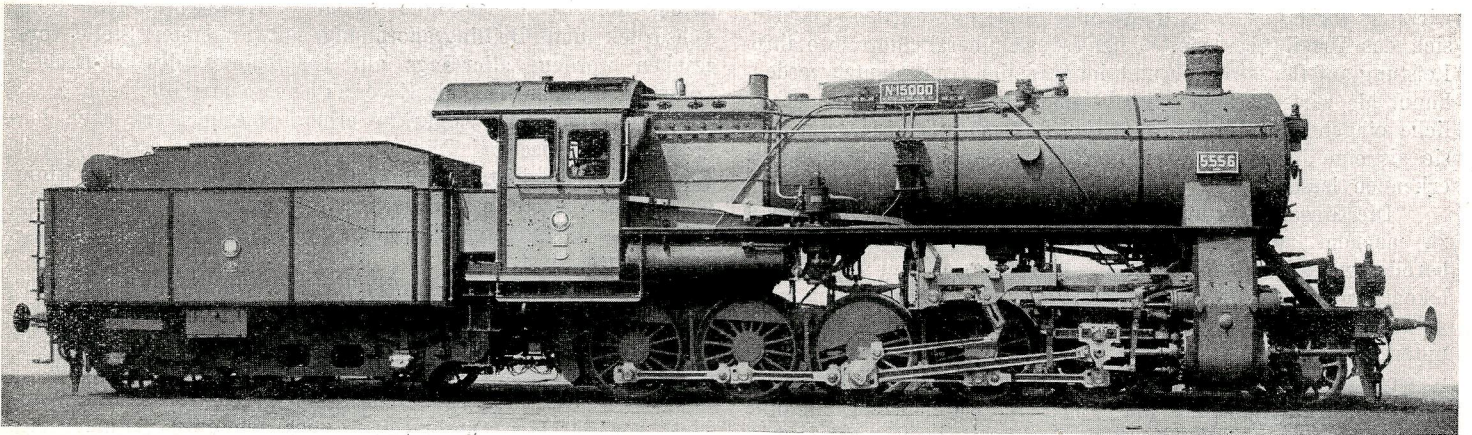


Abb. 8. 1 E-h 3 Güterzuglokomotive (Einheitsbauart G 12) D. R. G. G 56.16.



2300 PS; leisten. Auch der Überhitzer ist mit 80 qm Heizfläche gut dazu abgestimmt. Um möglichst wirtschaftlichen Dampfverbrauch zu sichern, wurde für den Antrieb der Achsen ein Vierzylinder-Verbundtriebwerk mit einem Zylinderverhältnis von 1 : 2,25 gewählt, wobei die innen und schräg liegenden Hochdruckzylinder die dritte und die außen in einer Flucht mit ihnen liegenden Niederdruckzylinder die vierte gekuppelte Achse antreiben. Um die Neigung der Innenzylinder mäfsig zu halten, ist die zweite Kuppelachse soweit gekröpft, daß sie den Treibstangen ausweicht.

Die Verbundanordnung hat für das Hauptverwendungsgebiet der Maschine, die Steigung  $10\text{‰}$ , unbestreitbare Vorteile bezüglich des Dampfverbrauchs, doch werden diese Vorteile wettgemacht durch die unvermeidliche Einengung des Ver-

Kuppelachse sind seitenverschieblich, die beiden Treibachsen haben geschwächte Spurkränze. Die letzte Kuppelachse ist, um bei Rückwärtsfahrt besser zu führen, mit einer Rückstellvorrichtung versehen, die in ihrer einfachen Ausführungsform sich für langsamlaufende Lokomotiven durchaus eignet. Bemerkenswert ist an der Lokomotive noch die zentrale Schmierung aller Achslager durch einen besonderen Boschöler auf dem Heizerstande.

Der ganze Eindruck der Lokomotive ist vorzüglich; sie ist in allen Hauptmafsen und Einzelheiten wohl durchdacht und durchgebildet und macht der Beschaffungsbehörde und dem Herstellerwerk in gleichem Mafse Ehre.

Die laufende Nr. 9 der Zusammenstellung 2 (Abb. 8) stellt den ersten Versuch einer Einheitsbauart von Güterzuglokomotiven für alle Bezirke der Reichsbahn dar; es ist die während des Krieges entstandene 1 E Dreizylinder-Güterzug-

\*) Die Lokomotive ist eingehend beschrieben in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1920, S. 829.

lokomotive der Gattung G 56.16, besser bekannt unter ihrer alten Bezeichnung G 12.

Im Feldeisenbahndienst zeigten sich große Schwierigkeiten in der Lagerhaltung und Beschaffung von Ersatzteilen aller der grundverschiedenen, von den Länderverwaltungen abgegebenen Lokomotivgattungen, von denen auch eine ganze Anzahl nicht genügend leistungsfähig war. Die Feldeisenbahnbehörde drängte daher auf Schaffung einer einheitlichen, leistungsfähigen Güterzuglokomotive mit 17 t Achsdruck besonders zur Beförderung schwerer Munitions- und Kohlenzüge. Diese wurde unter Aufsicht einer Militärkommission in der in Preußen üblichen Weise von der Lokomotivfabrik Henschel & Sohn in Cassel in enger Fühlung mit dem Eisenbahn-Zentralamt durchgebildet. Angelehnt wurde sie an die kurz vor dem Kriege in Preußen geschaffene und erst in wenigen Stücken vorhandene 1 E Güterzuglokomotive der Gattung G 12<sup>1</sup> mit Plattenrahmen und langer schmaler Feuerbüchse. Die Hauptabmessungen wurden im Lokomotivausschuss ausführlich beraten und festgelegt.

Die Lokomotive wurde erstmals im Jahre 1917 geliefert und geriet bald an allen Verwendungsstellen gleichmäßig in Verruf, da sie als erste Gattung durchweg unter Verwendung minderwertiger Notbaustoffe und mit wenig guter »kriegsmäßiger« Arbeit ausgeführt wurde. Die Arbeiterschaft der herstellenden Firmen war damals infolge ihrer geringeren inneren Widerstandsfähigkeit schon zum Teil minderwertig und durch zu hohe spezifische Anforderungen aus dem inneren Gleichgewicht gebracht, das Betriebspersonal begann schon unlustig und unzuverlässig im Dienste zu werden; so kam es das bis vor wenigen Jahren die G 12 trotz ihrer unbestreitbar richtigen Hauptabmessungen als völlige Fehlkonstruktion galt und im Betriebe ungern benutzt und schlecht behandelt wurde. Erst als die Lokomotiven einmal gründlich ausgebessert und mit Friedensbaustoffen versehen worden waren, wobei auch einige wirklich vorhandene Erstlingsmängel beseitigt wurden, änderte sich das Urteil über sie. Jetzt ist sie überall dort, wo ihre Leistung auf Bergstrecken und im Hügelland ausgenutzt werden kann, als wirtschaftlich bekannt und beliebt, und eine neuerliche eingehende Durchprüfung im Lokomotiv-Versuchamt hat sie als eine der sparsamsten im Betrieb befindlichen Gattungen erkennen lassen.

Die Maschine wurde, um sie recht allgemein verwendbar zu machen, mit einstufiger Dehnung und dem in Preußen bereits vereinheitlichten Treibraddurchmesser der Güterzuglokomotive von 1400 mm und Kolbenhub von 660 mm ausgeführt. Diese Abmessungen hätten bei der geforderten und untergebrachten Kesselleistung von 1950 PS<sub>i</sub> zu große Durchmesser für zwei Zylinder ergeben, darum wurde die Drillingsanordnung mit Zylindern von je 570 mm Durchmesser gewählt, wie schon vorher bei der G 12<sup>1</sup>, und hierdurch gleichzeitig ein sehr gleichmäßiges Drehmoment erzielt. Da die Kropf-achse sich bei nur einer Kurbel unschwer durchschmieden liefs, wurde der Einachsenantrieb gewählt, der ja unstreitig die richtigste Lösung des Mehrkurbelproblems ist, weil die Beanspruchungen der Achslagergleitbacken durch die Dampf- und Massenkräfte am niedrigsten ausfallen und der Massenausgleich der Triebwerke nicht durch das Kuppelgestänge hindurch geleitet wird. Voraussetzung für diese Anordnung ist allerdings, daß die Tragflächen der Treibachslager und ihrer seitlichen Gleitbacken für die Übertragung der gesamten Zugkraft auf den Rahmen genügend groß bemessen werden. Das wurde jedoch bei Durchbildung der Maschine verabsäumt, es ergab sich, daher unzulässige Abnutzung der Lager und Radreifen der Treibachsen. Diese Mängel werden jetzt durch Einbau von Obergehtmann-Lagern beseitigt.

An der Lokomotive fällt der aus dem amerikanischen Lokomotivbau übernommene und in Süddeutschland bestens

bewährte Barrenrahmen auf, der das Laufwerk durchsichtig und zugänglich macht, dabei aber haltbarer und steifer als der Plattenrahmen ausgeführt werden kann. Neuartig war das Herstellungsverfahren. Während in Amerika die Rahmen aus Stahlguß, in Bayern durch Schweißen von einzelnen Flußeisenbarren hergestellt werden, sind hier wahrscheinlich zum ersten Male, die Rahmen im vollen durch Auswalzen auf einem Panzerplattenwalzwerk angefertigt und dann ausgearbeitet worden. Das Herstellungsverfahren sichert eine derartige Durcharbeitung des Baustoffes, daß in den Abmessungen und Gewichten erheblich gespart werden kann.

Die Laufachse vorn ist wiederum als Bisselachse ausgebildet; die Deichsel dient nur zur Führung, während Laschen am vorderen Pufferträger dafür sorgen, daß bei Vorwärtsfahrt die Achse dauernd gezogen, nicht geschoben wird. Parallel verschiebbar nach Gölsdorf sind die zweite und letzte gekuppelte Achse; die Spurkränze der dritten gekuppelten (Treib-)achse sind geschwächt.

Die G 12 stellt mit ihrem Reibungsgewicht von 82,5 t die zur Zeit leistungsfähigste deutsche Bauart einer für alle Steigungen gleichmäßig geeigneten Güterzuglokomotive dar, ohne selbstverständlich die vorher beschriebene 1 F Lokomotive mit dem überlegenen Reibungsgewicht von 94,6 t in dem für diese günstigen Steigungsbereich zu erreichen. Für den in naher Zukunft einsetzenden Verkehr von Zügen von 1200 t Gewicht über Hügellandstrecken ist aus dem Gesagten die Schlußfolgerung zu ziehen, daß eine Lokomotive mit etwa 100 t Reibungsgewicht und 2500 PS<sub>i</sub> Leistung erforderlich wird, die auf allen im Hügelland und in den Deutschen Mittelgebirgen vorkommenden Steigungen möglichst gleich wirtschaftlich Dienst tun soll. Die Forderung bedingt einen möglichst breiten Scheitel der Leistungscharakteristik, wie er nur mit einstufiger Dampfdehnung zu erreichen ist. Unter den in der Durchbildung begriffenen Einheitslokomotiven der Reichsbahn ist daher eine solche 1 E Maschine mit 20 t Achsdruck und Drillingsanordnung mit an erster Stelle vorgesehen worden, allerdings auf Empfehlung des Deutschen Lokomotivausschusses mit Zweiachsenantrieb, der zwar die Übertragung der Zugkräfte erheblich erleichtert, aber den Kräftefluß zwischen Triebwerk und Rahmen der klaren Bestimmung entzieht. Diese Lokomotive soll in erster Linie geschlossene Züge mit Schwerlast-Güterwagen befördern, die mit einer selbsttätigen Mittelpufferkupplung mit hoher Belastungsgrenze ausgerüstet sind.

Unter dem Eindruck der Vorzüge, jedoch in irriger Anschauung über die Ursachen der Mängel der G 12 Lokomotive entwickelte die Polnische Staatsbahn zusammen mit der Berliner Maschinenbau-Ges. vorm. Schwartzkopf eine 1 E Güterzuglokomotive, die im Dienst- und Reibungsgewicht sich fast gar nicht von der G 12 unterschied, aber nur zwei Zylinder mit einstufiger Dehnung haben sollte. Die Aufgabe wurde in recht beachtenswerter Weise durch die Erbauerfirma in Gestalt der lfd. Nr. 10 der Zusammenstellung 2 gelöst\*).

Der Konstrukteur erkannte eine Schwäche fast aller deutschen Güterzuglokomotiven, den zu kurzen Hub. Wenn man an einem kleinen Treibraddurchmesser wie z. B. 1400 mm festhalten will, um hohe Zugkräfte zu erzielen, läßt sich mit Rücksicht auf die Umgrenzungslinie der Kurbelkreis nicht größer als 650—660 mm wählen. Der erforderliche Zylinderinhalt muß also, wenn der Zylinderdurchmesser mit Rücksicht auf die Umgrenzungslinie oder das Gegengewicht sich nicht weiter vergrößern läßt, durch Vermehrung der Zylinderzahl herbeigeführt werden. Vergrößert man nun den Treibraddurchmesser über 1400 mm hinaus, so kommt fast jedes Millimeter Vergrößerung dem Kurbelkreis oder Hub in vollem

\*) Die Lokomotive ist auf Seite 265 des Organ beschrieben und abgebildet.

Masse zugute und man erreicht einmal leicht die erwünschte Zugkraft und das erforderliche Zylindervolumen mit geringerer Zylinderzahl und genießt dabei noch den vollen wärmetechnischen Vorteil einer langhubigen Maschine, d. h. kleine schädliche Räume.

Bei der polnischen 1 E Lokomotive, Bauart 23 wurde daher der Treibraddurchmesser auf 1450 mm gebracht und der Kolbenhub durch geschickte Durchbildung des Triebwerks und volle Ausnutzung der günstigen Umgrenzungslinie sogar um 60 mm auf 720 mm vergrößert. Es hätte sich also das Zylindervolumen der G 12 (505 l) mit Leichtigkeit in zwei Zylindern unterbringen lassen. Dem Leistungsprogramm genügten jedoch zwei kleinere Zylinder von 650 mm Durchmesser und 478 l Gesamtvolumen. Trotz der geringeren errechneten Zugkraft (14700 gegen 16070 kg) läßt sich, wie die vom Lokomotiv-Versuchsanstalt Grunewald durchgeführten Versuche zeigten, im Dauerzustand dieselbe Zugkraft wie bei der G 12 erzielen; die größere Füllung (über 50 v. H.) bleibt wirtschaftlich erträglich wegen der verhältnismäßig kleinen schädlichen Räume, desselben Grundes, aus dem die mit ungewöhnlich kleinen aber langhubigen Zylindern ausgestatteten amerikanischen Lokomotiven ohne große Einbuße an Wirtschaftlichkeit durchweg mit Füllungen gefahren werden können, die weit über den bei uns üblichen liegen.

Die Rostfläche wurde der minderwertigen polnischen Sandkohle wegen auf 4,5 qm vergrößert, die Heizfläche auf rund 224 qm. Wäre die Maschine mit einem Abdampfvorwärmer ausgerüstet, so könnte eine Kesselleistung von rund 2200 PS<sub>i</sub> erwartet werden. Statt dessen ist sie versuchsweise mit einer Abdampfstrahlpumpe von Davies & Metcalfe versehen, die an sich denselben Wärmegewinn bringen kann, sich jedoch der wechselnden Betriebsleistung nicht so eng anpassen läßt wie eine Vorwärmepumpe. Ein Abstrich von 100 bis 150 PS<sub>i</sub> dürfte sich hierdurch rechtfertigen lassen.

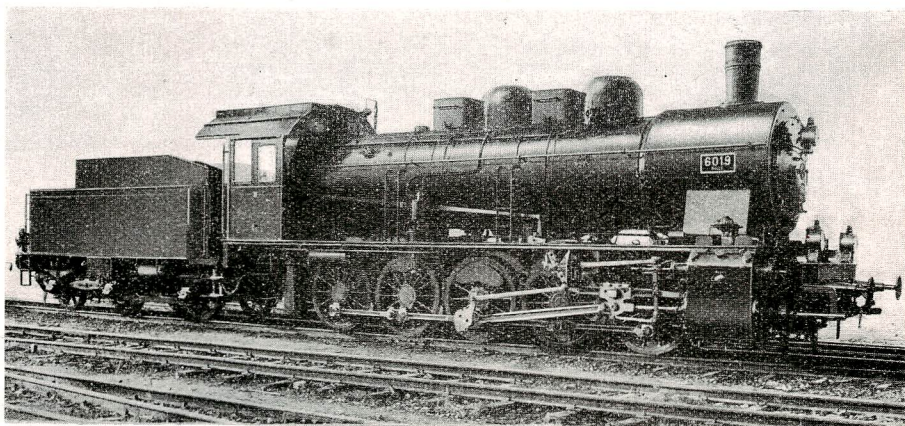
Die Lokomotive hat vorn eine nach dem Bogenmittelpunkt einstellbare Laufachse, Seitenverschiebung für die zweite und fünfte Kuppelachse und an der Treibachse geschwächte Spurkränze. Der Tender weist deutlich auf österreichische Überlieferung hin, wie denn auch an manchen Einrichtungen der Lokomotive selbst (z. B. Friedmannsche Strahlpumpe und Schmierpumpe) zu ersehen ist, daß die junge Bahnverwaltung bemüht ist, aus der Überlieferung ihrer Ursprungsländer das Beste zu ihrem Vorteil zu vereinigen. Mit dieser Lokomotive hat einer der Meister Deutschen Lokomotivbaues, Brückmann, wiederum ein Zeichen seines Könnens gegeben und der Polnischen Staatsbahn eine leistungsfähige, wirtschaftliche und betriebstüchtige Lokomotive verschafft.

Die nächste Lokomotive der Zusammenstellung 2, lfd. Nr. 11, Abb. 9, die preussische E Zwillingslokomotive der Gattung G 55.15 (früher G 10), mutet nach den beschriebenen schweren Maschinen klein und veraltet an, sie dürfte aber aus zwei Gründen in der Ausstellung nicht fehlen; einmal ist sie zur Zeit ihrer Entstehung bahnbrechend gewesen für die Ausdehnung des schweren Güterzugbetriebs, und zweitens ist sie noch heute wegen ihrer Einfachheit und Wirtschaftlichkeit im mittelschweren Dienst eine beim Personal sehr beliebte Gattung. Erstmals beschafft wurde sie im Jahre 1910 zur Beförderung von Kohlenzügen auf den schwierigen Strecken des Saargebiets, als Oberbau und Brücken noch keinen höheren Achsdruck als 14 t gestatteten. Erst später kam sie durch Ergänzungen in der Ausrüstung (Vorwärmer, Schlammabscheider) auf den jetzigen Achsdruck von 15 t.

Als Kessel wurde der Kessel der vier Jahre älteren P 35.17 (P 8) verwendet und noch niedrig gelagert; hierdurch ergeben sich bauliche Schwierigkeiten für Rost und Aschkasten, die aber gut gelöst wurden. Als Raddurchmesser wurde zum ersten Male der Regeldurchmesser 1400 mm angewendet bei dem Regelhub von 660 mm, die Schienenreibung ist noch nicht in dem hohen Maße durch die Zylinderleistung ausgenutzt wie jetzt üblich. Gute Kurvenläufigkeit ist theoretisch erzielt durch Seitenverschieblichkeit der ersten und letzten Achse, doch hat der langjährige Betrieb gerade mit dieser Maschinengattung gelehrt, daß auch bei Güterzuglokomotiven eine bogenbewegliche Laufachse vorn nicht fehlen sollte, um die Abnutzung des Spurkränzes der ersten gekuppelten Achse gering zu halten. Im übrigen weist die Gattung G 55.15 für heutige Begriffe keine eigenartigen Merkmale auf.

Die lfd. Nr. 12 der Zusammenstellung 2 (Abb. 10), die 1 D Zwillings-Güterzuglokomotive der Gattung 45.17 (früher G 8<sup>2</sup>), war zur Zeit der Schaffung der Reichsbahn die neueste preussische Güterzuglokomotivbauart. Sie sollte die Züge, welche die G 12 im Hügelland zu fahren hatte, im Flachland übernehmen und dabei die veraltete Gattung G 44.17 (G 8<sup>1</sup>) ersetzen. Sie wurde daher aus der G 12 heraus entwickelt, im wesentlichen durch Fortlassen einer gekuppelten Achse und

Abb. 9. E-h 2 Zwillingslokomotive der vorm. Preufs. St. B. (G 10).  
D. R. G. G 56.15.



entsprechende Verkleinerung aller Abmessungen, und erstmals kurz nach jener, im Jahre 1919 geliefert.

Der Kessel wurde bei gleichem Durchmesser so gekürzt, daß er 167 qm Verdampfungsheizfläche erhielt. Es wären also etwa 1650 PS<sub>i</sub> zu erwarten, wenn nicht durch schematische Verwendung der kurzen Überhitzer-umkehrenden, die nur bei langen Kesseln am Platze ist, die Überhitzerheizfläche und damit die Überhitzung zu gering ausgefallen wäre. Zum Glück ist der Mangel müheelos zu beheben.

Als Zylinderinhalt konnte der der G 10 trotz des über 6 t kleineren Reibungsgewichtes bei 14 at Kesseldruck gegenüber 12 bei der G 10 zugrunde gelegt werden mit Rücksicht auf die neueren Anschauungen über die Ausnutzung der Schienenreibung. Die vordere Laufachse ist eine Deichselachse genau wie bei der G 12, von den gekuppelten Achsen ist die zweite verschiebbar, doch hat die Treibachse geschwächte Spurkränze. In allen übrigen Punkten ist die Lokomotive möglichst genau der G 12 nachgebildet. Sie hat sich innerhalb ihres Betriebsprogrammes durchaus bewährt.

Als bemerkenswert sei noch erwähnt, daß in wenigen Stücken noch eine Abart der G 8<sup>2</sup>, durchweg mit unveränderten Abmessungen, aber mit drei Zylindern statt zwei, gebaut worden ist, um besonders im Bergbetrieb für mittelschwere Züge das gleichmäßiger Drehmoment der Drillingslokomotive nutzbar

zu machen. Der Gesamtzylinderinhalt blieb unverändert. Der erwartete Vorteil war wohl in mäßigem Umfang nachweisbar, doch erreichte die Dreizylindermaschine wegen den größeren Abkühlungsflächen und der Dampflosigkeit niemals ebenso niedrige Verbrauchsziffern wie die G 8<sup>2</sup>. Die Abart wurde daher verlassen.

Die letzte Lokomotive der Güterzugreihe, lfd. Nr. 13 der Zusammenstellung 2 (Abb. 11), ist die für Heißdampf umgebaute ältere preussische D-Güterzuglokomotive der Gattung G 9.

Im allgemeinen pflegte man in einigen Ländern beim Umbau einer noch leistungsfähigen Nafsdampflokomotive in eine Heißdampfmaschine die Überhitzung so niedrig zu halten, daß mit den in der Regel vorhandenen Flachschiebern noch auszu-

Versuch mit aufgesetzten Kolbenschiebern unter Belassung der ganzen äußeren Steuerung gemacht.

Die ausgestellte G 9 Lokomotive, die letzte (noch im Jahre 1909) für Preußen entworfene Nafsdampfstreckenlokomotive, war ihrer großen Schieberabmessungen wegen ein Schmerzenskind des Betriebs.

Als Nafsdampfmaschine hatte sie die ungewöhnlich große Heizfläche von 197 qm, die beim Einbau eines Überhitzers von 57 qm Heizfläche sich auf 149 qm verringerte. Der Überhitzer wurde also für hohe Temperaturen bestimmt. Die Maschine hat den damals üblichen Blechrahmen, Lauf- und Triebwerk sind einfach und gut durchgebildet; mit Hilfe einer Seitenverschiebung der zweiten und vierten Achse ist eine gute

Abb. 10. 1 D-h 2 Zwillingen-Güterzuglokomotive der vorm. Preufs. St. B. (G 8<sup>2</sup>). D. R. G. G 45.17.

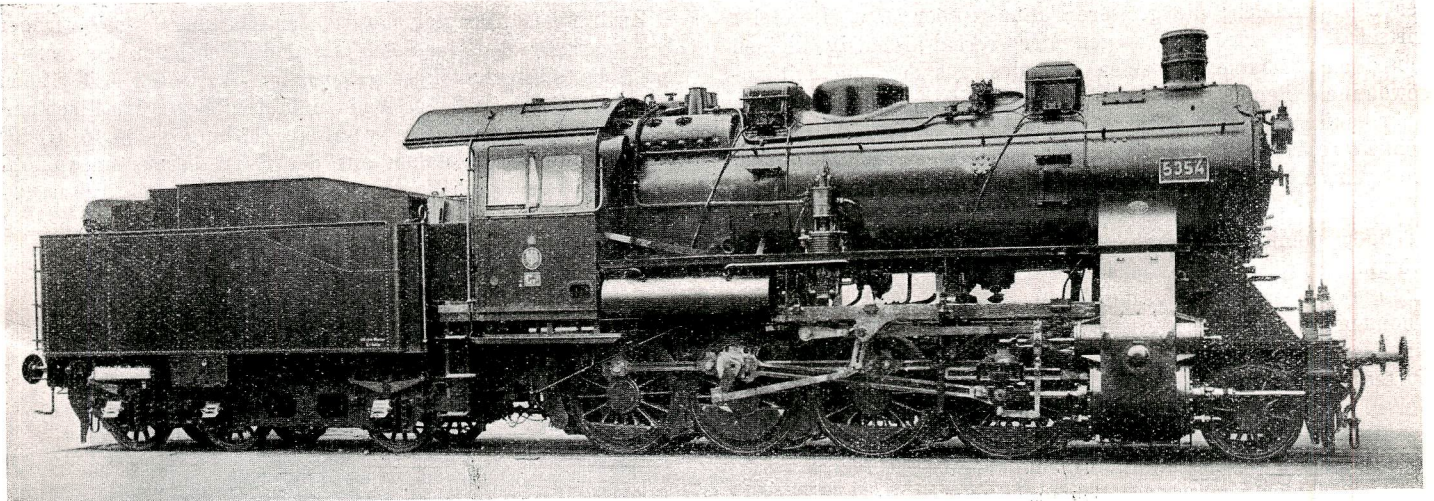
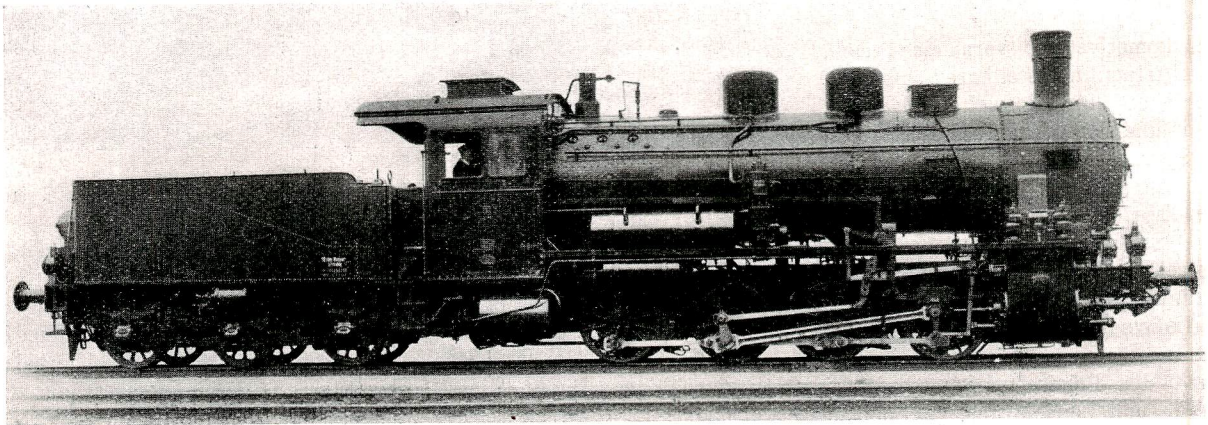


Abb. 11. D-h2 Güterzuglokomotive der vorm. Preufs. St. B. (G 9<sup>1</sup>). D. R. G. G 44.16.



kommen war. Die Grenze der Dampftemperatur liegt dafür bei etwa 280 bis höchstens 300°. Da aber bekanntlich 5 bis 6° Temperaturerhöhung des Dampfes den Dampfverbrauch um 1 v. H. herabdrücken, können bei Verwendung niedriger Überhitzung etwa 10 v. H. der zu erreichenden Vorteile nicht ausgenutzt werden. Nachdem die Reichsbahn bei ihren Umbauversuchen die Unverwendbarkeit selbst entlasteter Flachschieber bei höheren Dampftemperaturen festgestellt hatte, war für jede Gattung zu prüfen, ob neue Zylinder lohnend sein würden oder andere Mittel wie z. B. Kolbenschieberaufsätze auf dem Flachschieberspiegel genügten. Bei Zweizylinder-Verbundlokomotiven, bei denen nur der Hochdruckzylinder mit Kolbenschieber zu versehen war, ergab sich von selbst der Ersatz dieses einen Zylinders; bei Zwillingen-Tenderlokomotiven wird zur Zeit ein

Bogenläufigkeit erhielt. Die Räder haben den alten preussischen Regeldurchmesser von 1250 mm, der Kolbenhub beträgt unter äußerster Ausnutzung der Umgrenzungslinie 630 mm.

Der für Nafsdampf mit 550 mm richtig bemessene Zylinderdurchmesser hätte auch beim Umbau in Heißdampf der Zapfenbeanspruchungen wegen nur unwesentlich vergrößert werden können. Dieses Maß wurde daher mit Rücksicht auf die Verwendung der alten Kolben beibehalten. Da aber der Einbau von Kolbenschieberaufsätzen auf räumliche Schwierigkeiten stieß, wurden beide Dampfzylinder durch neue mit Kolbenschiebern und innerer Einströmung ersetzt. Die äußere Steuerung konnte hierbei bis auf den Voreilhebel beibehalten werden; bei diesem waren die Angriffspunkte der Schieberschub- und Schieberstange zu vertauschen, außerdem wurden die Treibzapfen ausgepreßt

und um  $180^\circ$  gedreht wieder eingepreßt, so daß die Gegenkurbel um  $90^\circ$  nach- und nicht mehr voreilt. Durch dieses Mittel wurden für innere Einströmung bei Verwendung der früheren Ein- und Auslaßdeckung gute Dampfschaulinien erzielt.

Die Dampfzylinder wurden mit verschiedenen, noch recht plump ausgeführten Versuchsbauarten von Eckventil-Druckausgleichern ohne Luftsaugventile von 120 mm Durchgang ausgerüstet. An dieser wie an anderen Gattungen hat sich bisher schon gezeigt, daß die Verbrennung der Ölhaut im Schieberkasten verursachende Luftsaugventil ohne weiteres entbehrt werden kann, wenn die Durchgänge im Druckausgleicher so groß sind, daß die Zylindertemperatur bei Leerlauf nicht über 200 bis  $250^\circ$  steigt. Um bei dem großen Inhalt der Druck-

ausgleicher die schädlichen Zylinderräume nicht ungebührlich zu vergrößern, wurde das Mittelventil in zwei Eckventile aufgelöst.

Anläßlich des Umbaus erhielten die nunmehr G 9<sup>1</sup> oder neuerdings G 44.16 genannten Heißdampflokomotiven auch Vorwärmer und Winkelrost-Schlammabscheider mit Speisedom; auch wurde die Saugzuganlage zweckentsprechend geändert.

Mit einer der umgebauten Maschinen wurde bei eingehenden Streckenversuchen eine Wasserersparnis von 26,8 v. H. und eine Kohlenersparnis von 20,8 v. H. gegenüber der alten G 9 erzielt. Dieses Ergebnis ermutigte zum beschleunigten Umbau der ganzen Gattung G 9 und zur Weiterführung der Umbaubestrebungen für andere Lokomotivgattungen. (Schluß folgt.)

## Die elektrischen Lokomotiven, der Mefswagen und die Streckenausrüstung auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin.

Von Reichsbahnoberrat Rechenbach.  
Hierzu Tafel 6.

Wie auf den anderen Fachgebieten, so bot die eisenbahntechnische Ausstellung in Seddin auch auf dem Gebiet der elektrischen Zugförderung ihren Besuchern einen ebenso umfassenden, wie interessanten Überblick über den gegenwärtigen Stand im Ausbau der Triebmittel und der Strecken-Ausrüstung. Zum ersten Male wurde hier die breitere Öffentlichkeit darauf aufmerksam, in welchem Umfang die Starkstromtechnik Eingang in das Zugförderungswesen bei der Deutschen Reichsbahn gefunden hat. Erfahrungen eines verhältnismäßig kurzzeitigen Betriebs, der überdies noch durch den Krieg und die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse der Nachkriegsjahre stark gehemmt war, auf den Versuchsstrecken für das Flachland von Leipzig nach Halle und Magdeburg und für das Gebirge von Görlitz nach Königszelt, haben Lokomotiven geschaffen, die heute schon die Leistungen der stärksten und schwersten Dampflokomotiven übertreffen. Diese zeigte die Deutsche Reichsbahn in Gemeinschaft mit den Lokomotivbauanstalten in einer Reihe von acht verschiedenen Ausführungsformen, bestimmt für den Vollbahnbetrieb mit Einphasenwechselstrom von 15 000 Volt Fahrdratspannung.

Es waren ausgestellt: zwei Personenzuglokomotiven mit der Achsfolge 2 D 1 und B-B, eine Güterzuglokomotive mit der Achsfolge AAA + AAA; diese Lokomotiven sind dem Maschinenbestand des Betriebs entnommen worden und waren bereits längere Zeit im Dienst gestanden. Die übrigen fünf waren neu angeliefert und hatten eben erst die Aufbauhallen ihrer Lieferwerke verlassen und zwar: eine Schnellzuglokomotive mit der Achsfolge 2 C 2, zwei Personenzuglokomotiven mit der Achsfolge 1 C 1 und 2 BB 2 sowie zwei Güterzuglokomotiven mit der Achsfolge 1 BB 1 und C-C.

Von einer Beschreibung der Lokomotiven im einzelnen sei hier abgesehen und nur das wesentliche der einzelnen Bauarten hervorgehoben. Eine Zusammenstellung von Angaben über Abmessungen, Aufbau und Leistung enthält der Aufsatz über die neueren elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn im Organ 1923, Heft 9/10, Elektrischer Bahnbetrieb\*) von Reichsbahnrat O. Michel der Gruppenverwaltung Bayern. Die allgemeine Bauart der aufgestellten Lokomotiven ist auf Taf. 6 dargestellt.

Das Streben nach Einheitlichkeit in der Ausführung von Einzelheiten hat naturgemäß im Elektrolokomotivbau ebenso Platz gegriffen wie in den anderen Herstellungszweigen. Die Frage des Ersatzes machte dies geradezu zur Forderung. Es ist selbstverständlich, daß eine Vereinheitlichung der Bauart nur an solchen Teilen der Lokomotive durchzuführen war, deren Entwicklung auf Grund hinreichender Betriebserfahrungen im großen und ganzen als abgeschlossen gelten konnte. Dabei konnte das, was für ortsfeste Anlagen geschaffen wurde, lediglich

\*) Siehe ferner: Wechmann, Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn. Verlag R. Otto, Mittelbach.

als Anhalt dienen, jedoch auch für die kleinsten Einzelteile wie Schalter, Sicherungen und ähnliches in keinem Falle endgültige Ausführungsformen für den Bahnbetrieb mit seinen außerordentlichen Beanspruchungen hergeben. Die neu angelieferten Lokomotiven wurden bereits mit den vereinheitlichten Bauteilen ausgerüstet. Man sah die Stromabnehmer, den Ölschalter, die Motorluftpumpen sowie Teile der Druckluftausrüstung, ferner Schalt- und Sicherungsanlagen in einheitlicher Ausführung. Den größten Einfluß auf den Ausbau der Lokomotiven zeigte der Ölschalter in seiner vereinheitlichten Bauform, da er in druckfestem Rundkessel unmittelbar unterhalb des Daches im Maschinenraum eingebaut eine besondere bisher übliche Hochspannungskammer entbehrlich macht. Das bedeutet neben dem Platzgewinn, der auf den an sich räumlich sehr beengten Lokomotiven erwünscht ist, den Fortfall einer ganzen Reihe von Verriegelungen und sonstigen baulichen Maßnahmen zum Schutze vor der Hochspannung. Für diese Art der Anordnung ist die Druckfestigkeit des Ölkessels auch beim mehrfachen Schalten auf einen bestehenden Kurzschluß allerdings unbedingtes Erfordernis. Die Firma Brown, Boveri u. Cie. zeigte auf ihrem Hallenstand den von ihr durchgebildeten Ölschalter in geöffnetem Zustand. An gleicher Stelle sah man auch den ebenfalls als Einheitsausführung angenommenen Lichtschaltkasten, der auf den Lokomotiven die wenig geeignete Schalttafel ersetzt. An Stelle von Drehschaltern und Stöpselsicherungen trägt er kleine, kräftig ausgeführte Druckgriffschalter und zugängliche, leicht austauschbare Röhrensicherungen für die einzelnen Nebenstromkreise. Leicht zerstörbare Isolationsmaterialien sind völlig vermieden. Für die Druckluft-erzeugung hat die Firma Knorr eine zweistufige, vierzylindrige Motorluftpumpe als Einheitsform gebaut, die mit einer Luftförderung von 90 cbm in der Stunde gegen 7 at Überdruck den gestellten Anforderungen in jeder Weise genügt. Sie ist mit Rollenlagern und mechanischem Ölumlaufr ausgerüstet. Den Antriebsmotor von 20 PS Leistung liefern die Bergmann-Elektrizitätswerke ebenfalls in Einheitsausführung.

In der Frage nach dem Vorzug von Öl- oder Trocken-  
transformatoren scheint, sofern man nur die ausgestellten Lokomotiven in den Bereich der Betrachtungen zieht, die Entscheidung zugunsten des Öltransformators ausgefallen zu sein. Von den acht Lokomotiven war allein die ältere Bauart der schweren Personenzuglokomotive mit dem Kupplungsverhältnis 2 D 1 mit einem Trockentransformator ausgerüstet. Allerdings werden die Bergmann-Elektrizitätswerke auch eine Anzahl der 2 C 2 Schnellzuglokomotive, die ebenfalls mit einem Öltransformator gezeigt wurde, mit einem Trockentransformator zur Anlieferung bringen. Immerhin erscheint die Entscheidung für den Öltransformator noch keine endgültige, zumal die Erfahrungen im eigenen Betrieb noch kaum ein abschließendes

Urteil über die eine oder die andere Kühlart zulassen. Mit einem Mindergewicht von 25<sup>0</sup>/<sub>10</sub> hat sich der Trockentransformator dem ölgekühlten gegenüber einen erheblichen Vorteil gesichert. Gegen ihn sprach seither u. a. auch der besondere Lüftersatz als weitere Hilfsmaschine auf der Lokomotive neben den Motorlüftern und dem Kompressor. Dieser Nachteil dürfte durch die Einführung künstlicher Lüftung auch bei Öltransformatoren zur Kühlung des erwärmten Öles seine Bedeutung verloren haben. Während man bei älteren Bauformen elektrischer Lokomotiven große Transformatorleistungen teilte

Abb. 1. 2 D 1 Personenzuglokomotive (B. E. W.).

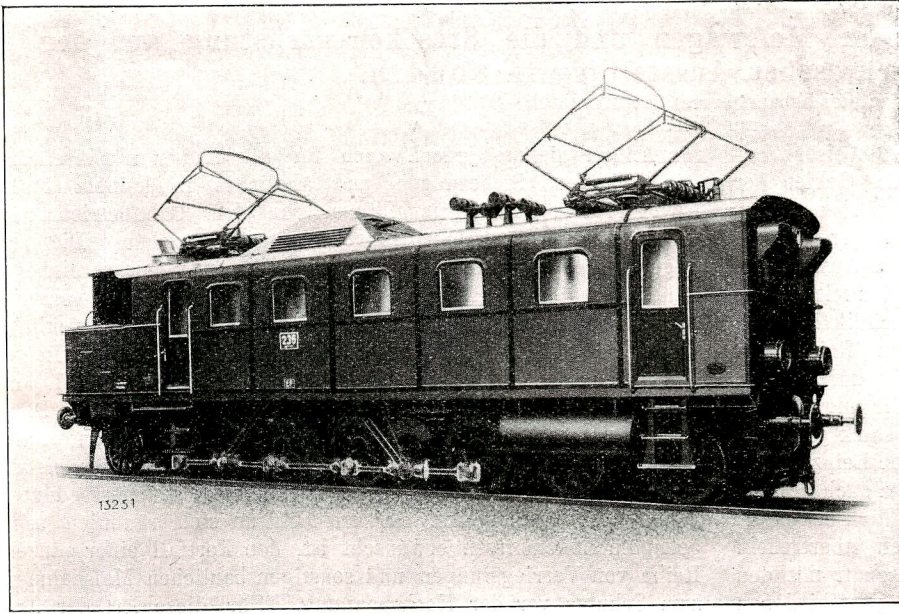
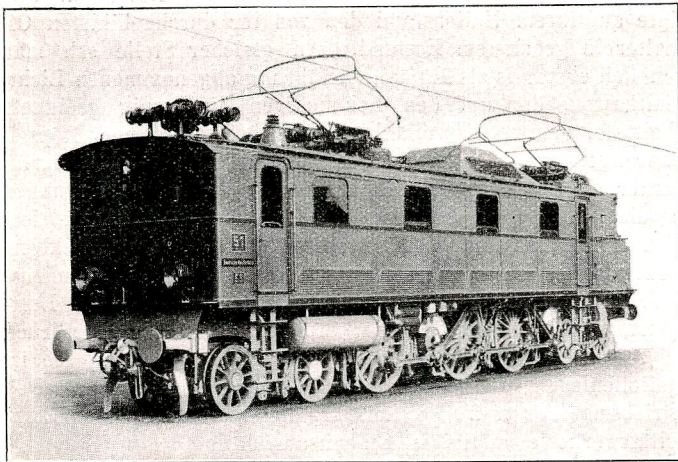


Abb. 2. 2 C 2 Schnellzuglokomotive (B. E. W.).



(AAA + AAA, B + B + B, C + C) und durch Aufbau des Transformators an einem Ende der Lokomotive den Fahrwind zur Kühlung des Öles in den Rohren mit oder ohne besondere Kühllamellen heranziehen konnte (2 D 1 Maffei-Schwarzkopf-Werke), fällt diese Möglichkeit beim Einbau des Transformators im Maschinenraum in der Lokomotivmitte fort. Die Vereinigung der gesamten, auf neueren Lokomotiven noch gesteigerten Leistung in einem Transformator bedingte zur Raum- und Gewichtsersparnis für eine möglichst geringe Ölmenge eine besondere Kühleinrichtung. Der Strom eines Lüfters, angesaugt oder ausgeblasen, bestreicht die Rohre, in denen eine Umlaufpumpe das Öl in Bewegung hält. Dabei sind die Öl-

rohre als Henkelrohre entweder am Ölkessel selbst angebaut oder sie bilden zusammengeführt einen besonderen Oberflächen-Kühler. Im erstgenannten Falle umschließt ein Gehäuse als Luftschacht den Transformator, in den die Gebläseluft eingeführt wird, im zweiten besorgt ein unmittelbar aufgebauter Lüfter die Kühlung. Damit gilt also auch für den Öltransformator der Lüfter als notwendige Hilfsmaschine neben der erforderlichen Ölumlaufpumpe. Allerdings wird das Aussetzen des Lüfters in dieser Anordnung nicht das alsbaldige Zurückziehen der Lokomotive aus dem Betrieb zur Folge haben müssen

wie im gleichen Falle beim Trockentransformator, um unzulässiger Erwärmung vorzubeugen. Der Fortfall der unangenehmen Ölbehandlung muß unbedingt als Vorteil des Trockentransformators angesehen werden. Reinigen durch Filtrieren und Abkochen des Öls im Unterdruck sind umständliche und langwierige Arbeiten. Undichte Stellen am Ölkessel, die oft schwer zu erkennen und zu dichten sind, führen nicht selten zur Verschmutzung der Lokomotive. Eine Verunreinigung des Trockentransformators tritt dadurch auf, daß die aus dem Maschinenraum angesaugte Kühlluft zwar frei von Feuchtigkeit ist, aber verschmutzende Teile mit in die Wicklungen reißt, die sich auf diesen festsetzen und den notwendigen Isolationsabstand verringern. Diesen Übelstand sucht man probeweise durch Einbau von Luftfiltern zu beheben, die allerdings den Ansaugwiderstand um das Doppelte erhöhen.

Als Triebmotor für den Betrieb mit Einphasen-Wechselstrom hat sich der kompensierte Reihenschlussmotor mit Wendepolen endgültig durchgesetzt. Man sah auf der 2 D 1 Personenzuglokomotive und der 2 C 2

Schnellzuglokomotive, die von den Bergmann-Elektrizitätswerken mit gleicher elektrischer Ausrüstung hergestellt wurden, 3000 PS Stundenleistung in einer Einheit vereinigt. Nicht allein die Leistung dieses bisher größten Bahnmotors der Welt, nicht nur für Einphasen-Wechselstrom, sondern für alle Stromarten überhaupt, unterscheidet ihn wesentlich von den übrigen, sondern auch die Art seiner Wicklungsanordnung. Während die Motoren der Regelbauart Erreger-, Wendepol- und Kompensationswicklung getrennt voneinander tragen, ist der Ständer des vorgenannten Motors nur mit einer Wicklung versehen, die in ihrer Wirkung die drei besonderen Wicklungen ersetzt. Daraus ergibt sich neben einer Ersparnis an Kupfer eine wesentliche Vereinfachung im Aufbau. Zwischen den beiden Hälften des zweiteiligen Ständers bestehen insgesamt nur zwei Verbindungen, von denen jede den halben Motorstrom führt. Nach dem Lösen dieser Stromzuführungen und der beiden Klemmschrauben, die die Motorhälften aufeinanderpressen, kann die obere Hälfte des Ständers von der unteren abgehoben werden. Durch Bürstenverschiebung wird die Leistung des Motors auch bei gesteigerter Geschwindigkeit auf nahezu voller Höhe gehalten. Ebenfalls durch Bürstenverschiebung wird die Änderung der Drehrichtung des Motors bewirkt, so daß für die beiden vorgenannten Lokomotiven ein besonderer Fahrtwender in Fortfall kommt. Die übrigen Triebmotoren zeigten keine Abweichungen von der Regelbauart der Reihenschlussbahnmotoren. Mit ausgiebiger Fremdlüftung versehen sind sie so bemessen, daß ihre Temperaturen sich innerhalb der Grenzen halten, die in den »Regeln für Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und Transformatoren«, herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker, festgelegt sind. Für die Motorwicklungen gelten in Abweichung

von diesen Regeln Temperaturen von  $20^{\circ}$  unter den vom Verband vorgeschriebenen bereits als Höchsttemperaturen. Für den Kollektor bedeutet eine Erwärmung um  $75^{\circ}$  über die Aufsentemperatur bereits die höchst zulässige.

Die Änderung der Motorenspannung zur Regelung der Leistung geschieht bei allen ausgestellten Lokomotiven mit Ausnahme der 1 C 1 Personenzuglokomotive der Firma Brown, Boveri und Cie. über eine Reihe von Schützen. Zur Vermeidung langer Leitungen für den Motorstrom unmittelbar auf dem Transformator oder in seiner unmittelbaren Nähe aufgebaut, erfolgt ihre Betätigung elektromagnetisch mit unmittelbar gesteuerten Zugmagneten oder elektropneumatisch unter Betätigung der Druckluftsteuerventile für den Luftzylinder, dessen Kolben den Kontaktdruck ausübt, durch Magnetspule und Anker. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft und die Siemens-Schuckert-Werke haben die schwere Personenzuglokomotive 2 B B 2 mit elektromagnetischen, die schwere Güterzuglokomotive C-C mit elektropneumatischen Schützen ausgerüstet. Die letztgenannte Betätigungsart verwenden die Bergmann-Elektrizitätswerke ausschließlich für die von ihnen gebauten Lokomotiven und zeigten sie an der schweren Personenzuglokomotive 2 D 1 und an der Schnellzuglokomotive 2 C 2. Der hohe Anpressungsdruck gestattet kleine Kontaktflächen auch bei hohen Motorströmen. Das gleiche, elektropneumatische Schütz haben die Maffei-Schwartzkopff-Werke für die Güterzuglokomotive 1 B B 1 übernommen, während sie ihre bisher an die Deutsche Reichsbahn gelieferten Lokomotiven (2 D 1, 1 C 1) mit einer rein mechanischen, im Betriebe gut bewährten Steuerung ausgerüstet hatten.

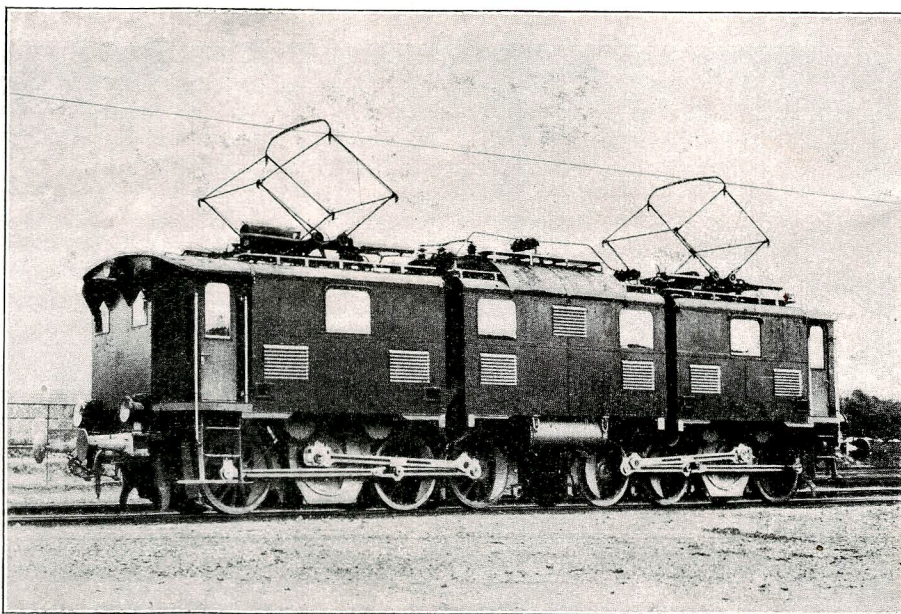
Die Firma Brown, Boveri u. Cie zeigte die bereits früher für die Güterzuglokomotive C + C durchgebildete mechanische Steuerung, eine Schlittensteuerung nach Art eines Zellschalters, auf der leichten Personenzuglokomotive 1 C 1 in neuer Form. In dieser bietet sie als wesentliche Verbesserung die Möglichkeit des Ausschaltens in jeder beliebigen Stellung des Stufenschalters. Wie bei der älteren Ausführung wird durch eine Schraubenspindel eine Hauptbürste über eine Reihe von Kontakten bewegt, die mit den einzelnen Transformatoranzapfungen verbunden sind. Der Funkenschalter, der mit Abreifkontakten und Funkenlöcher versehen und durch Exzenter am Ende der Spindel bewegt, das Überschalten von einer Spannungsstufe besorgt, ist so kräftig durchgebildet worden, daß durch elektropneumatische Betätigung der gesamte Motorstrom augenblicklich abgeschaltet werden kann. Erneutes Einschalten kann erst nach Zurückgehen in die Anfangsstellung geschehen. Damit ist der Mangel einer Endausschaltmöglichkeit auch für diese Steuerungsart behoben. Sie dürfte, im übrigen bewährt, die sicherste und einfachste Regelung der Leistung darstellen.

In ihrem mechanischen Aufbau zeigten die ausgestellten Lokomotiven ebenfalls einiges Neue. Antriebsformen sah man in verschiedensten Zusammenstellungen, den reinen Stangenantrieb, den Antrieb mittels hochgelagerten Zahnrads und Schrägstange, den reinen Zahnradantrieb und endlich den Einzelachsenantrieb. Neu ist für die Deutsche Reichsbahn der Antrieb über ein Zahnradvorgelege und Schrägstange zu einer Blindwelle. Die Erfahrungen hiermit auf ausländischen Bahnen sind günstig, obgleich er die Schwierigkeiten des Stangenantriebs mit denen des Zahnradantriebs vereinigt. Sein Vorteil sind die hochgelagerten und damit gut zugänglichen Motoren. Die Motoren, als Doppelmotoren, die auf ein gemeinsames

Zahnradvorgelege arbeiten, zusammengebaut, sind in gemeinsamer Wanne gelagert, so daß sämtliche Lagerstellen, auch die der Zahnradwelle, in starrer Verbindung zueinander stehen. Die Zahnradvorgelege besitzen, um Störungen im Triebwerk durch Stöße und durch Ungleichheit im Antrieb zu vermeiden, neben der Federung des großen Zahnrades bei der 1 C 1 Personenzuglokomotive der Firma Brown, Boveri u. Cie und der C-C Güterzuglokomotive der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft auch noch eine solche im Ritzel.

Bei den für das bayerische Netz bestimmten Lokomotiven, Bauart 1 C 1 und 2 B B 2, wurde zum leichteren Ein- und Ausbau der Hilfsmotoren und Apparate die Außenwand des Maschinenraumes durch breite Türen unterbrochen. Außerdem kann, wie üblich, das Dach der Lokomotive vollständig abgehoben werden. Die Türen erscheinen zweckmäßig, da sie kleinere Arbeiten an den Lokomotiven auch ohne Kran, der in den Betriebswerken nicht immer verfügbar ist, gestatten. Daß für dichten Abschluß der Türen bei der Fahrt jederzeit

Abb 3. C-C Güterzuglokomotive der A. E. G.



gesorgt sein muß, ist selbstverständlich, da das Eindringen von Staub und dem noch gefährlicheren Staubschnee unbedingt vermieden werden muß.

Bei einigen Lokomotiven (2 C 2, 1 B-B 1) sah man Sandkästen im Maschinenraum für das Besanden der Achsen. Diese Anordnung hat wohl den Vorteil, daß der Sand im Kasten stets trocken bleibt, jedoch entspricht sie nicht den Forderungen des Betriebs, die dahingehen, in möglichst ausgedehntem Maße mechanische Besandungsanlagen zur Anwendung bringen zu können. Deshalb sehen neuere Entwürfe die Kästen bereits an der Wand des Maschinenraumes mit einer Beschickungsmöglichkeit von außen her vor.

#### Der Mefswagen zur Untersuchung elektrischer Lokomotiven.

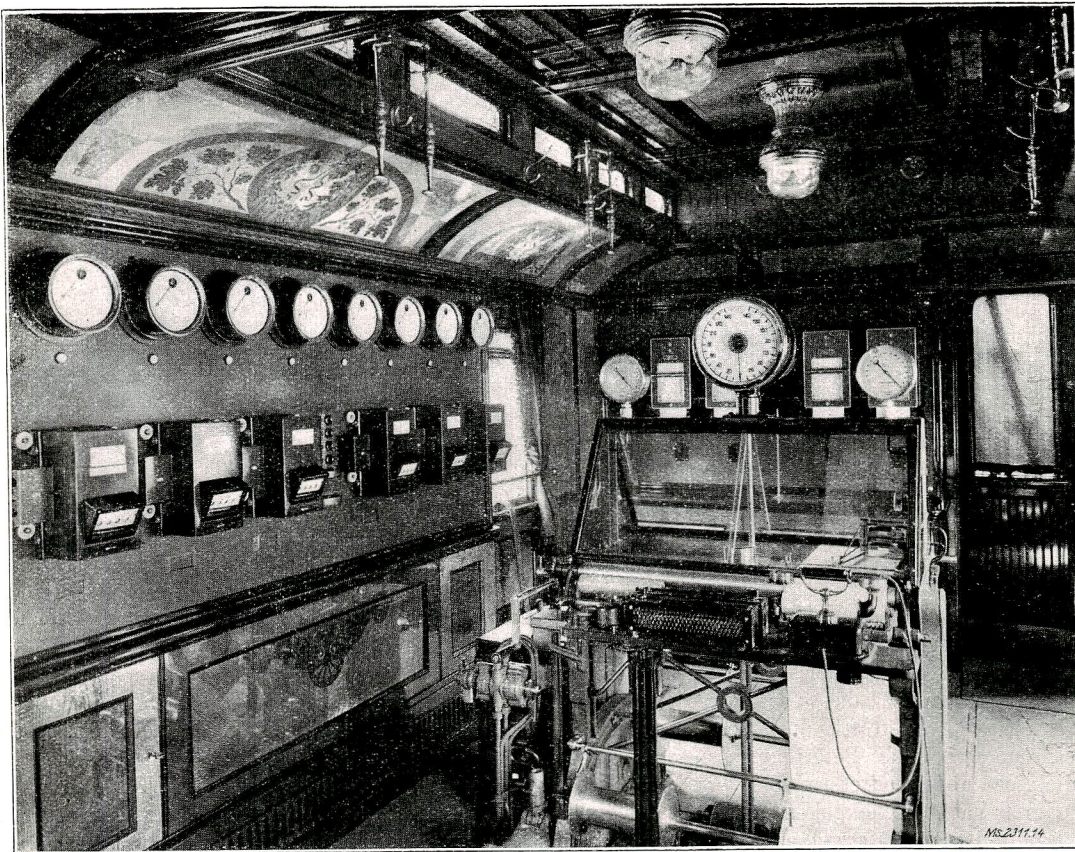
Im engsten Zusammenhang mit den für den Vollbahnbetrieb bestimmten elektrischen Lokomotiven steht der Mefswagen, den die Deutsche Reichsbahn zu ihrer gründlichen wissenschaftlichen Untersuchung herstellen liefs und der gleichfalls ausgestellt einen der interessantesten Ausstellungsgegenstände bildete. Leider konnte er nicht allgemein der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden; deshalb sei auf seine Einrichtung im folgenden näher eingegangen.

Soweit vor dem Bau des Wagens, der seit einem Jahr in Dienste steht, Versuche an elektrischen Lokomotiven an-

gestellt wurden, mußten sie, soweit sie sich auf die Leistungsuntersuchung erstreckten, lediglich auf die Erprobung im Betriebe, auf die Beförderung der im Vertrage vorgeschriebenen Zuggewichte unter Einhaltung der geforderten Fahrzeiten beschränkt bleiben. Die Fragen nach der tatsächlich geleisteten Nutzarbeit, nach dem Verbleib der zugeführten Arbeit und damit dem Wirkungsgrad der Lokomotive, nach dem Leistungsfaktor, nach dem spezifischen Arbeitsverbrauch und andere blieben bis dahin unbeantwortet. Dies sind jedoch Werte, deren Kenntnis sowohl an sich, als auch zum Vergleich der einzelnen Bauarten von größter Bedeutung ist und schließlic Vorbedingung für eine richtige Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der elektrischen Zugförderung wie auch für deren zweckmäßige Weiterentwicklung bleibt.

Aus dieser Überlegung heraus entstand der Mefswagen zur Untersuchung elektrischer Lokomotiven. Er ist ausgerüstet mit allen Einrichtungen, mittels deren zunächst die aus dem Fahrdrabt aufgenommene Leistung, ihre Verteilung in der Lokomotive selbst und schließlic die am Zughaken abgegebene

Abb. 4. Innenansicht des Mefswagens.



Leistung festgestellt werden können. Die aus dem Fahrdrabt aufgenommene Leistung wird sowohl im ganzen als auch nach ihren einzelnen Komponenten und Beiwerten bestimmt und fortlaufend aufgezeichnet. Die Möglichkeit der Messung ist dadurch gegeben, daß der Wagen, der bei einer Mefsfahrt zwischen die Lokomotive und den zu fahrenden Zug eingestellt wird, selbst mit Stromabnehmern ausgerüstet ist. Über die Stromabnehmer wird der hochgespannte Strom zu einem im Wageninneren befindlichen Hochspannungsraum und aus diesem heraus zu zwei Kabeltrommeln an den beiden Stirnseiten geleitet. Ein biegsames Kupferseil, dessen Durchhang durch eine Feder an der Kabeltrommel vermieden wird, bildet die Verbindung zur Lokomotive und wird dort am Einführungsisolator befestigt. Bei einer Mefsfahrt hat also die Lokomotive

die Stromabnehmer stets niedergelegt. Die Stromabnahme vom Fahrdrabt erfolgt also durch die Stromabnehmer des Mefswagens, und der Lokomotive wird der zuvor gemessene und aufgezeichnete Strom über die Hochspannungsleitung des Wagens zugeführt. Die zur Messung notwendigen Strom- und Spannungswandler sind im Hochspannungsraum an die Hochspannungsleitung angeschlossen. Ihre Sekundärleitungen führen zu den Instrumenten auf einer Schalttafel im Mefraum des Wagens. Auf der zur Aufzeichnung der Hochspannungsleistung dienenden Tafel sind angeordnet:

- 1 selbstaufzeichnender Spannungsmesser,
- 1 » » Strommesser,
- 1 » » Leistungsmesser,
- 1 selbstaufzeichnendes Mefsinstrument; für den Leistungsfaktor;
- 1 Zähler,
- 1 Zungenfrequenzmesser.

Ferner sind Anschlußklemmen für Präzisionsinstrumente vorgesehen, die einmal noch genauere Ableesungen gestatten, andererseits die Möglichkeit einer Kontrolle der aufzeichnenden Instrumente ergeben. Der größte meßbare Leistungsbereich beträgt 4000 kW (16000 Volt und 250 Amp.).

Über den Verbleib der so gemessenen aufgenommenen Leistung in der Lokomotive selbst geben die übrigen Instrumente im Mefraum Aufschluß, die auf einer der Hochspannungstafel gegenüberliegenden Schaltanlage für den Fahrmotorstromkreis zusammengestellt und für die Nebenstromkreise ebenfalls gemeinsam auf einer dritten Tafel an der Längswand angeordnet sind. Für diese Mefsinstrumente werden die erforderlichen Strom- und Spannungswandler jeweils in die einzelnen Stromkreise eingebaut, ihre Sekundärleitungen werden zusammengefaßt in drei mit Leder umnähte Verbindungskabel zu je drei der an beiden Stirnseiten befindlichen Steckdosen geführt.

Von den Steckdosen führen die in Rohr verlegten Mefleitungen zu den Tafeln für den Fahrmotor und für die Hilfsstromverbraucher. Die Instrumente auf diesen Tafeln sind also nach Einbau der Wandler und nach Anschluß der Kabelsteckkupplung meßbereit. Im Stromkreis der Fahrmotoren werden ebenso wie im Hochspannungskreis alle in Betracht kommenden Werte selbsttätig aufgezeichnet. Die verwendeten aufzeichnenden Instrumente sind dynamometrische, eisengeschlossene Instrumente, die die Vorgänge mit Tinte in rechtwinkeligem Koordinatensystem aufzeichnen. Geliefert wurden sie wie auch die gesamte übrige elektrische Mefeinrichtung, einschließlic der 19 Mefswandler und einer größeren Anzahl von Präzisionsinstrumenten, von der Firma Siemens & Halske A.-G.

Der Papiervorschub erfolgt entweder durch einen kleinen Motor oder durch eine von der Wagenachse aus angetriebenen



Welle, so daß die Mefsergebnisse je nach Bedarf über der Zeit oder der Weglinie dargestellt erscheinen. Der ablaufende Streifen wird selbsttätig mit einer Zeit- und Ortsmarkierung versehen. Die Zeitmarkierung erfolgt in Abständen von 10 Sekunden durch eine Kontaktuhr, die Wegmarkierung ebenfalls auf elektrischem Wege jeweils nach Ablauf eines Kilometers. Wird so der Leistungsverbrauch des Fahrmotors, der Lüfter, des Kompressors, für die Heizung, für die Beleuchtung und an den anderen Verbrauchsstellen gemessen, so ist für die Feststellung der abgegebenen Leistung, die Nutzleistung der Lokomotive, die in der Überwindung eines gewissen Zugwiderstandes auf einer gegebenen Strecke besteht, die Messung von Zugkraft und Geschwindigkeit erforderlich. Für die Bestimmung der ersteren ist die unter dem ganzen Wagen verlaufende Zugstange unterteilt und eine doppelte Mefsdose dazwischen geschaltet, deren beide Hälften gleichzeitig betätigt werden, jedoch für verschiedene Mefsbereiche eingerichtet sind. Der kleinere Mefsbereich beträgt 9, der größere 35 Tonnen. Im übrigen ist die Einrichtung der Mefsdosen grundsätzlich die gleiche. Sie bestehen im wesentlichen aus einem, mit Glycerin gefüllten Zylinder. Beim Auftreten einer Zugkraft am Kupplungshaken des Wagens strömt unter dem Druck eines Kolbens, der auf eine Membran wirkt, Glycerin durch druckfeste Kupferrohre in die Manometer. An diesen Manometern, die am Mefstisch in der Mitte des Mefstraumes angebracht sind, kann die jeweils auftretende Zugkraft unmittelbar abgelesen werden. Zwei weitere Manometerrohre tragen ein Schreibwerk, so daß eine fortlaufende Aufzeichnung der Zugkräfte auf dem Mefstisch möglich ist. Der Papieranschub erfolgt durch eine Welle, die von der Wagenachse über ein Schneckenvorgelege angetrieben wird, also in Abhängigkeit von dem zurückgelegten Weg. Die Zugkraftmefseinrichtung wurde von der Firma Schäffer & Budenberg hergestellt.

Zur Messung der Geschwindigkeit dient ein unmittelbar zeigender und ein aufzeichnender Geschwindigkeitsmesser, die beide von den Deuta-Werken nach dem von ihnen angewandten Wirbelstromprinzip gebaut sind. Neben diesen fest eingebauten Mefssapparaten wird noch eine größere Reihe ortsbeweglicher Einrichtungen mitgeführt, die teils für die Messungen selbst, teils für die Auswertung ihrer Ergebnisse dienen. Darunter sei eine Temperaturmefseinrichtung der Firma Hartmann & Braun zur Messung der Erwärmung an den Motoren erwähnt.

Der Mefswagen selbst ist aus dem Speise- und Küchenwagen eines ehemaligen Hofzuges hergerichtet und besitzt 2 dreiachsige Drehgestelle. Zwei Fünftel des Wagens etwa nimmt der Mefstraum ein, während der übrige Teil einen Arbeitsraum, Wohn- und Schlafabteile enthält. Zum Transport der Mefswandler und der notwendigen Kabel wird ein weiterer dreiachsiger Wagen, ein ehemaliger Gepäckwagen, der durch Faltenbalg und Übergangsbrücken mit dem Mefswagen verbunden werden kann, als Mefserätewagen mitgeführt. Außer einer gut eingerichteten Werkstatt enthält er einen größeren Raum zur Aufstellung eines Oszillographen mit 16 durchgehenden Mefslinien und eine Dunkelkammer zum Entwickeln der oszillographischen Aufnahmen. Eine Batterie für 110 Volt und ein Lademaschinensatz hierfür gewährleisten völlige Unabhängigkeit von fremden Stromquellen. Beim Ausbau dieses Wagens gewährten die Bergmann-Elektrizitätswerke, die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft sowie die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung ihre Unterstützung.

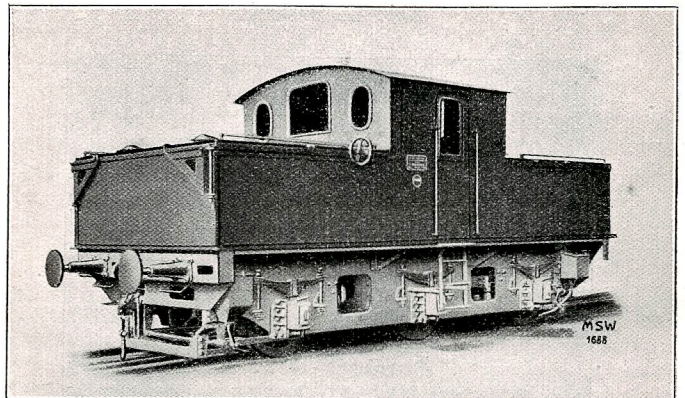
#### Elektrische Lokomotiven für Industriebahnen.

Schneller als auf den Hauptstrecken der Reichsbahn hat sich die Zugförderung mit elektrischen Lokomotiven auf den Anschlussgleisen der industriellen Unternehmungen und Hafenanlagen durchgesetzt. Da für diese Bahnen bei geringen

Leistungen lediglich Gleichstrom in Frage kommt, hat sich auch schnell ein einheitlicher Lokomotivtyp herausgebildet.

Bevor auf die einzelnen Lokomotiven, die auf der Ausstellung gezeigt wurden, eingegangen wird, seien kurz die Vorteile beleuchtet, die der elektrische Betrieb gegenüber dem Betrieb mit Dampf- oder Öllokomotiven hat. Der Verschiebedienst auf den Anschlussgleisen vollzieht sich in unregelmäßigen Zeitabständen, die teils bestimmt werden durch die Abfertigung der Züge auf den Hauptstrecken, teils durch den Gang der Fertigung im angeschlossenen Werk, durch Ein- und Auslaufen der Schiffe im Hafengebiet. Erstes Erfordernis für diesen Dienst ist daher zunächst ständige Betriebsbereitschaft. Das bedeutet bei der Dampflokomotive fortlaufende Unterhaltung des Feuers und damit einen ständigen Verbrauch an Brennstoff, um die Lokomotive jederzeit verfügbar zu halten. Diese Forderung erfüllt jedoch die elektrische Lokomotive in vollkommener Weise. Daneben hat sie den Vorteil einfacher Bedienung und schließlich noch den der geringeren Unterhaltungskosten. Werden Vorratsstücke für die Akkumulatoren und die Triebmotoren in ausreichender Menge bereitgehalten, so wird bei eingetretenerem Schaden die Wiederherstellung meist in wenigen Tagen durchführbar sein und die Lokomotive alsbald ihrem Dienste wieder zugeführt werden können. Lokomotiven mit Verbrennungsmotoren teilen mit den elektrischen den Vorteil dauernder Betriebsbereitschaft ohne Energieverbrauch im Stillstand. Dieser Vorzug wird aber durch die Feuergefährlichkeit des Betriebsstoffes, durch das Geräusch beim Lauf des Motors, durch den Geruch der Abgase verringert.

Abb. 5. Dreiachsige Regelspur-Akkumulatorlokomotive (M. S. W.).



Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft zeigte eine dreiachsige Regelspurlokomotive für gemischten Betrieb auf Strecken mit und ohne Oberleitung. Für den Dienst auf Hüttenwerken, Verschiebehöfen und Hafenanlagen bestimmt, kann sie über einen Stromabnehmer die Energie einer Oberleitung oder einer Akkumulatorenbatterie entnehmen. Der Bau einer Oberleitung wird nur dann lohnend, wenn die Strecke viel befahren wird und größere Entfernungen zurückzulegen sind. Andererseits wird bei verzweigten Weichenanlagen, an Ladegleisen, Kranen, Brücken die Errichtung einer solchen oft unmöglich sein. In diesen Fällen soll die Akkumulatorenbatterie als Energiequelle dienen. Bei Benutzung der Oberleitung muß allerdings die Batterie als tote Last mitgeführt werden. Von den drei Achsen werden die beiden äußeren durch je einen Motor angetrieben, während die mittlere mit den äußeren durch Kuppelstangen verbunden ist. Im übrigen gleicht die elektrische Einrichtung der auch sonst bei Gleichstromtriebfahrzeugen üblichen. Die eingebaute Motorleistung beträgt 165 kW und gestattet eine Zugkraft von 3650 kg am Radumfang. Die Geschwindigkeit, die bei Batteriefahrt 8,3 km/Std. beträgt, erreicht bei Benutzung der Oberleitung fast den doppelten

Wert. Die Kapazität der Batterie, die aus 160 Zellen besteht, beträgt 262 Amp-Std. bei einständiger, 345 Amp-Std. bei zweiständiger, 405 Amp-Std. bei dreistündiger Entladung, ihre Entladespannung im Mittel 288 Volt. Eine ebenfalls drei-

Abb. 6 und 7. Leitungsmaste.

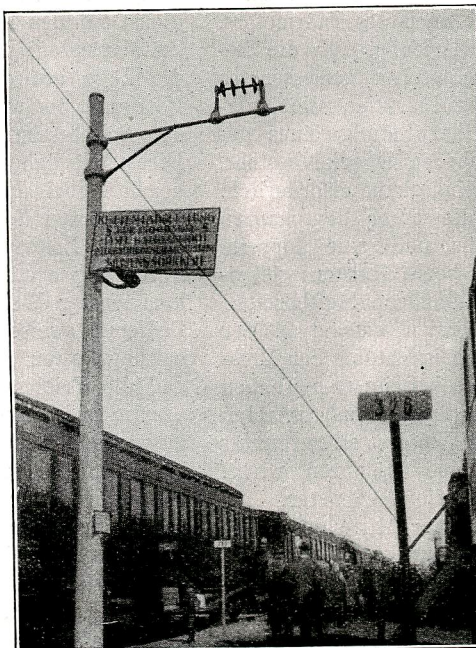
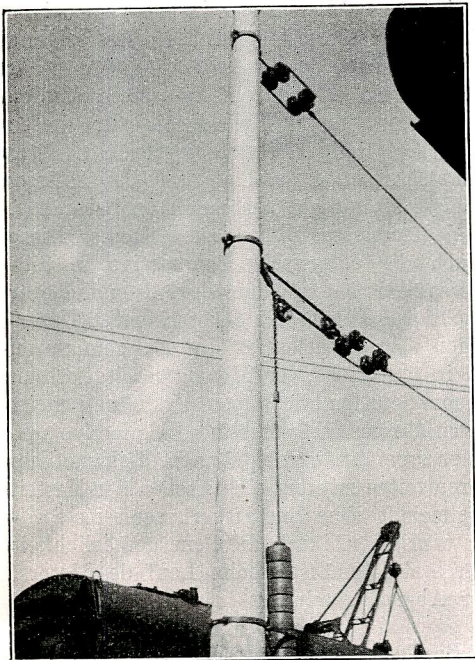
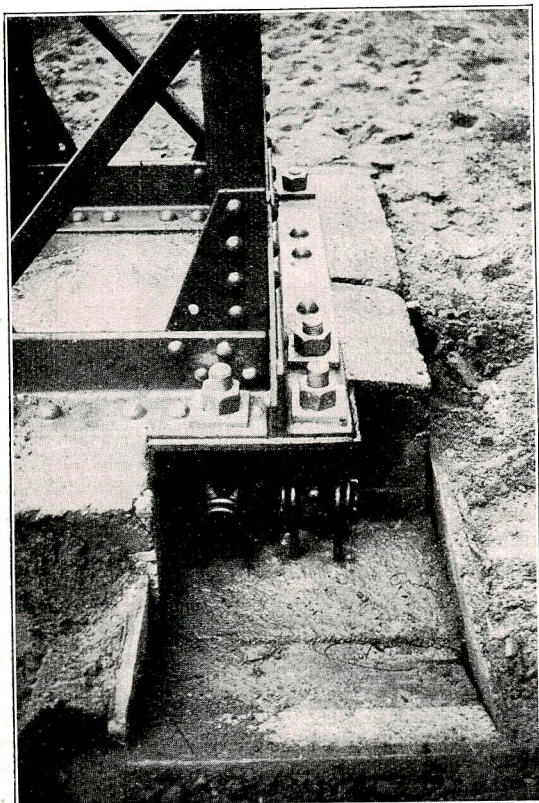


Abb. 8. Mastfuß.



achsige Verschiebelokomotive hatten die Maffei-Schwartzkopfwerke ausgestellt, die jedoch nur für Akkumulatorenbetrieb bestimmt ist (Abb. 5). Auch bei dieser Lokomotive werden nur die beiden äußeren Achsen durch je einen Motor von 55 kW Leistung angetrieben, ohne dass das Drehmoment auf die

Mittelachse übertragen wird. Die Motoren, deren Anker in Rollen gelagert sind, sind nach Art der Straßenbahnmotoren aufgehängt. Der Fahrshalter gestattet Reihen- und Parallelschaltung der Motoren und hat magnetische Funkenlöschung.

Gegen Überlastung sind die Motoren und die Batterie durch selbsttätige Ausschalter geschützt. Die Zugkraft der Lokomotive erreicht mit 3400 kg, am Radumfang gemessen, die Geschwindigkeit mit 20 km/Std. ihren Höchstwert. Die Batterie, von der Akkumulatoren-A.-G. Berlin geliefert, hat 84 Zellen mit 555 Amp-Std. bei einständiger Entladezeit. Eine zweiachsige Regelspur-Akkumulatorenlokomotive, die die Siemens-Schuckert-Werke elektrisch ausgerüstet haben und deren mechanischer Teil vom Eisenwerk Gustav Trelenberg-Breslau erbaut ist, dient gleichen Zwecken wie die beiden vorgenannten Lokomotiven bei allerdings geringerer Leistungsfähigkeit der Motoren. Die Stundenleistung der beiden Tatzenlagermotoren beträgt 13 kW. Die Batterie, die aus 80 Zellen besteht, hat eine Kapazität von 222 Amp-Std. bei einständiger Entladezeit. Die ausgestellten Abraum- und Grubenlokomotiven zeigten nur geringe Ab-

weichungen von der allgemein üblich gewordenen Bauart. In gedrängter Form aufgebaut, die das Profil des Baggerportals beziehungsweise das Grubenprofil bedingt, war die Ausrüstung der einzelnen Lokomotiven sowohl elektrisch wie auch mechanisch fast gleichartig ausgebildet. Eine interessante Anordnung zeigte die Akkumulatoren-Aktiengesellschaft-Berlin bei einer vierachsigen Akkumulatorenlokomotive für Schmalspur mit Schneckenantrieb und abrollbarer Batterie. Zwischen zwei zweiachsigen Fahrgestellen, die die Akkumulatoren tragen, hängt in einem besonderen gut abgedeferten Glied der Antriebsmotor, das außerdem Führersitz, Fahrshalter und Bremse trägt. Die Ankerwelle des Motors ist nach beiden Seiten durch Kardanwellen verlängert und überträgt damit über je ein Schneckenvorgelege das Drehmoment auf die vier Achsen der Fahrgestelle; durch biegsame Kabel sind Batterie und Motor verbunden. Die Batterien von je 30 Zellen sind in eiserne Behälter eingebaut. Diese sind nicht fest mit dem Untergestell verbunden, sondern ruhen auf einem Walzensystem, mit welchem sie seitlich auf einen ebenfalls mit Walzen ausgerüsteten Ladetisch neben dem Gleis abgerollt werden können. Auf diese Weise vollzieht sich der Austausch einer Batterie in kürzester Zeit. Da das ganze Gewicht der Lokomotive auf eine große Länge verteilt ist, kommt man mit verhältnismäßig leichten Schienen aus. Auch der Untergrund braucht nicht besonders fest zu sein, wie das auf frisch aufgeschüttetem Boden bei Bauten oder auf Moorboden der Fall ist. Trotz der verhältnismäßig großen Baulänge ist bei dem dreiteiligen Zusammenbau die Lokomotive in der Lage, Krümmungen mit 10 m Halbmesser mit voller Geschwindigkeit zu durchlaufen. Der Motor hat eine Dauerleistung von 23 kW bei 110 Volt Batteriespannung, die Batterieleistung beträgt 36 kW-Std. bei dreistündiger Entladung.

#### Streckenausrüstung.

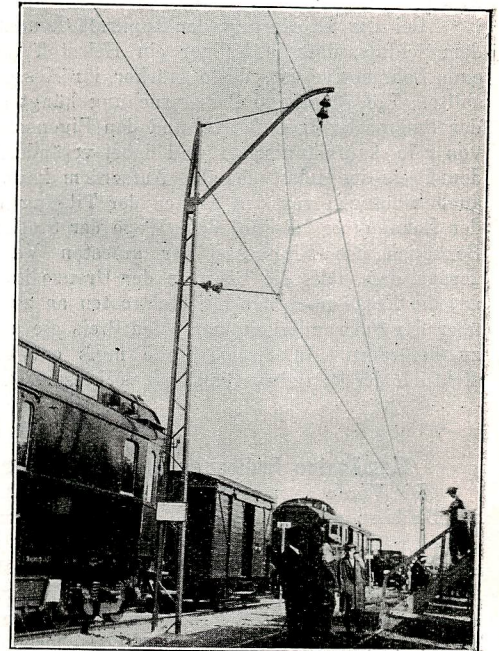
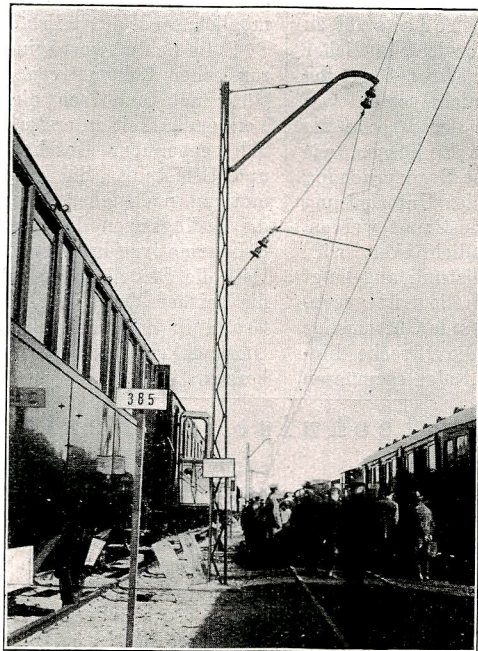
Um ein möglichst vollständiges Bild von den Erfordernissen des elektrischen Vollbahnbetriebs zu geben, wurde seitens der Siemens-Schuckert-Werke ein Teil einer Streckenausrüstung für den Betrieb mit Einphasen-Wechselstrom gezeigt. Auf 5 Masten

war ein Stück der Fahrleitung für 15000 Volt Betriebsspannung verlegt worden. Mit fest verankertem Trageil und mit einem mit selbsttätiger Gewichtsnachspannung versehenem Fahrdrabt

betonmaste am Ort der Verwendung ausgeschlossen, dafür ist ihre Festigkeit aber eine größere. Der Nachteil der Beeinträchtigung des Streckenbildes durch den Betonmast trat

Abb. 9 und 10. Leitungsmaste.

stellte sie eine Ausführungsform dar, wie sie von der Deutschen Reichsbahn in Gemeinschaft mit den Lieferwerken als Einheitsfahrleitung entwickelt worden ist. Die Ausrüstungsteile waren für den Ausbau des bayerischen Netzes bestimmt und waren seitens der Reichsbahndirektion München für die Ausstellung zur Verfügung gestellt worden. War das Kettenwerk der Fahrleitung einheitlich durchgebildet, so waren absichtlich für die 5 aufgestellten Trag- und Abspannmaste ebensoviel verschiedene Ausführungsarten gewählt. Die Abspannung erfolgte einerseits an einem Schleuderbetonmast, Kettenfahrleitung für Vollbahnbetrieb (Abb. 6), der auch die Nachspannvorrichtung für den Fahrdrabt trug, andererseits an einem Winkeleisenaufsetzmast üblicher Bauart, den eine neuartige Ankerkonstruktion mit seinem Fundament verband (Abb. 8). Die Möglichkeit, dieses aufgestellte Leitungsstück von dem übrigen Netz elektrisch zu trennen,



war durch einen Mastschalter auf der Spitze dieses Eisenmastes gegeben. Der erste der drei zwischen den Abspannmasten in einer Entfernung von 75 m voneinander aufgestellten Stützpunkte war gleichfalls ein Schleuderbetonmast mit einem Ausleger aus gleichem Material, der im Gegensatz zu anderen Konstruktionen durch seine gefällige Form auffiel (Abb. 7). Das Trageil war auf Glockenisolatoren, die wagrecht auf stehendem Bock angeordnet waren, verlegt, der Fahrdrabt selbst durch seitliche Festlegung gehalten. Schleuderbetonmaste sind beim Streckenausbau bisher nur versuchsweise zur Anwendung gekommen. Dem Vorteil der geringeren Unterhaltungskosten durch Fortfall der Anstricharbeiten bei etwa gleichem Beschaffungspreis wie für Eisenmaste steht der Nachteil der weniger guten Streckenübersicht gegenüber. Im Gegensatz zu den Stampfbetonmasten ist eine Herstellung der Schleuder-

deutlich hervor im Vergleich mit dem zweiten Stützpunkt, den ein Jugo-Streckmast (Abb. 9) bildete und der infolge seiner durchsichtigen Konstruktion fast freien Blick gewährte. Der Jugo-Streckmast wird nach besonderem Verfahren aus einem Doppel- $\Gamma$ -Breitflanschprofil ohne jede Nietung hergestellt. Eine Reihe solcher Masten hat auf den schlesischen Strecken als Zwischenmaste für die seitliche Festlegung bereits Verwendung gefunden. Die Einfachheit der Herstellung ergibt geringere Kosten gegenüber genieteten Eisenmasten. Als zweiter Stützpunkt des ausgestellten Fahrleitungsstückes trug er am Schrägseil von der Spitze des Auslegers zum Mast Trageil und seitliche Hängeisolatoren. Beim 3. Stützpunkt waren an einem gewöhnlich genieteten U-Eisenmast (Abb. 10) zwei starr miteinander verbundene Hängeisolatoren zur Lagerung des Trageils und Festlegung der Stützstrebe verwendet.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Lokomotiven und Wagen.

#### Die russische E-Hilfsdampfzuglokomotive.

Über diese Lokomotiven, von denen in den Jahren 1921/22 1200 Stück in Deutschland und Schweden, 148 in Rußland selbst gebaut wurden (während von den in Rußland aus früheren, bis zum Jahre 1912 zurückreichenden Lieferungen 1106 Stück schon vorhanden waren), hat Professor Lomonosoff, der russische Bevollmächtigte für Eisenbahnbestellungen im Ausland, ein umfangreiches Werk in russischer Sprache herausgegeben.

Es enthält nach einem geschichtlichen Rückblick über die früheren Beschaffungen eine eingehende Beschreibung der konstruktiven Durchbildung der Lokomotiven und bringt dann weitgehendes Interesse bietende Ausführungen über die mit der Lokomotive in den Jahren 1915/16 angestellten eingehenden grundlegenden Versuche: ihre Vorbereitung, die angewandten Mefsverfahren und die Durchführung unter Vergleich von Lokomotiven verschiedener Bauart. Außerdem ist auch über die Abnahmeversuche berichtet, denen die vom Ausland gelieferten Lokomotiven 1921/22 auf einer Strecke mit einer 21 km langen Steilrampe unterzogen wurden und die eine völlig befriedigende Ausführung der Lokomotiven ergaben. Bauart

sowie das wesentlichste der Versuche ist in dieser Zeitschrift schon an verschiedenen Stellen behandelt worden\*). Bemerkt seien daher nur die aus den Versuchen gezogenen Folgerungen, daß eine zu geringe Beanspruchung des Kessels sehr unwirtschaftlich wirke und der Regler überhaupt geschlossen werden müsse, wenn 1 qm Heizfläche nicht mit wenigstens 30 kg Dampfentnahme belastet werden kann, daß für die Eisenbahnverwaltung die Wirtschaftlichkeit einer Lokomotive durch die Kosten eines tkm beförderten Zuggewichtes zu messen sei und endlich, daß der Dampftrieb wegen des in einem besonderen Kessel vor sich gehenden Verbrennungsvorgangs überhaupt zu beanstanden sei und zur Thermolokomotive übergegangen werden müsse. Über die Versuchsbauarten, die Lomonosoff hierfür geschaffen, haben wir an anderer Stelle berichtet.

Wichtig erscheinen die Ergebnisse, zu denen Lomonosoff bei der Gesamtbeurteilung der E-Maschine kommt.

Die E-Maschinen diesen Typs zeichnen sich durch geringste Empfindlichkeit gegenüber der Geschwindigkeit aus. Sie arbeiten bei großen Geschwindigkeiten ebenso wirtschaftlich, wie bei geringeren.

\*) Jahrgang 1922 Seite 329; 1923 Seite 59; 1924 Seite 166.

Der thermische Wirkungsgrad der älteren E-Lokomotiven kann bis zu 6%, der in Schweden und Deutschland gebauten zu etwa 8% berechnet werden. Der letztere Wert bedeutet eine sehr befriedigende Wärmeausnützung. Durch gleichzeitige Anwendung der Verbundwirkung, Speisewasservorwärmung und einer sehr hohen Überhitzung könnte der Wert noch weiter erhöht werden.

Bei der Erörterung der Zugkraft kommt Lomonosoff zu dem Schluß, daß je billiger ein Heizstoff und je wirtschaftlicher eine Lokomotive ist, desto stärker ihr Kessel angestrengt werden sollte. Die günstigste Beanspruchung hängt also nicht sowohl von der Bauart der Lokomotive und den Eigenschaften der Strecke als von rein kaufmännischen und dabei veränderlichen Einflüssen, wie dem Preis des Heizstoffes ab. Außerdem kann diese Beanspruchung auch abhängen von den Kosten der Tilgung und der Unterhaltung der Lokomotive, die auf dem Wege der Statistik bestimmt werden. Bezüglich des Einflusses der grössten Verkehrsdichtigkeit wird gesagt, daß, falls die Bahn an der Grenze ihrer Leistung angelangt ist, die Frage nach den Heizstoffkosten an zweite Stelle tritt gegenüber der Notwendigkeit, um jeden Preis die auftretende Gütermenge zu befördern. In diesem Falle muß entweder die Strecke hinsichtlich der Betriebsverhältnisse verbessert werden, oder es müssen

neue Lokomotiven beschafft oder alte mehr ausgenützt werden. Wenn Blockstationen oder Ausweichstellen eingerichtet werden können, so ist dies die beste Lösung. Wenn es sich aber um Vorstreckung zweiter Gleise handelt, so muß man genau rechnen, bevor man so hohe Aufwendungen macht. In diesem Falle muß man zunächst aus den Lokomotiven herauszuholen suchen, was irgend möglich, sei es durch Erhöhung der Belastung oder der Geschwindigkeit.

Im Schlußwort seiner Vergleiche der E-Lokomotive mit anderen russischen Lokomotiven stellt Lomonosoff fest, daß von allen Güterzuglokomotiven die Bauart E hinsichtlich ihrer allgemeinen Verwendbarkeit an erster Stelle steht. Sie ist am wenigsten empfindlich gegenüber Geschwindigkeit, Streckenverhältnissen, Heizstoff und Belastung. Sie mag in manchen Sonderfällen anderen Lokomotiven nachstehen, aber im allgemeinen paßt sie am besten für die Bedingungen des russischen Güterdienstes. Die Bestellung der E-Lokomotiven in großem Maßstab im Ausland war daher berechtigt. Daß die Bestellung in einem solchen Ausmaß erfolgte, wie es noch nie bei der Vergebung von Lokomotiven der Fall war, hatte seinen Grund in dem Bestreben, den s. Z. gänzlich im argen liegenden Güterverkehr auf den russischen Bahnen sobald als möglich wiederherzustellen.

Dr. S.

## Betrieb in technischer Beziehung.

### Einmännige Bedienung bei elektrischen Lokomotiven.

Die Voraussetzungen, die die Anwesenheit eines zweiten Mannes zur Bedienung der Dampflokomotive notwendig machen, fallen bei den elektrischen Lokomotiven weg. Es bleibt nur die Forderung bestehen, daß der Zug mit Sicherheit zum Stillstand gebracht werden kann, wenn der Lokomotivführer plötzlich dienstunfähig wird. Nach Ausführungen von Regierungsbaurat Heinemann in der Zeitung des V. d. E. haben Versuche mit elektrischen Lokomotiven, selbsttätig den Strom abzuschalten und die Bremse anzuziehen, sobald der Führer nicht mehr regelmäßig schaltet, ebensowenig befriedigt, wie Versuche mit Lokomotiven mit Übergangsbrücken, die ein Eingreifen des Zugführers vom Packwagen her ermöglichten. Die Überlegungen führten schließlich dazu, dem Zugführer seinen Platz auf der elektrischen Lokomotive zuzuweisen und im übrigen allein fahrende Lokomotiven mit nur einem Manne zu besetzen. Nach erfolgreichen Versuchen der Direktion Karlsruhe auf der Wiesentalbahn und nach Änderung und Ergänzung der grundlegenden Be-

stimmungen der Betriebsordnung und der Fahrdienstvorschriften durch den Erlaß der Hauptverwaltung der deutschen Reichsbahn vom 9. Februar 1924 war dieser neuen, einmännigen Bedienung der elektrischen Lokomotiven der Weg frei und sie wurde im Laufe des Jahres 1924 in den Bezirken Halle und Breslau für Güterzüge eingeführt. Von der Ausdehnung auf Personen- und Schnellzüge wurde der schwierigeren Verhältnisse wegen noch abgesehen. Der Zugführer hat in einer einfachen Prüfung nachzuweisen, daß er die zum Stillsetzen der Lokomotive notwendigen Handgriffe beherrscht. Diese sind zudem zur Unterstützung des Gedächtnisses klar und übersichtlich im Führerstand bildlich dargestellt. Natürlich waren anfangs Widerstände persönlicher Natur bei Lokomotiv- und Zugführern zu überwinden. Jedoch zeigt schon die Ersparnis von 60 Mann — entsprechend etwa 100 000 M./Jahr — bei dem verhältnismäßig kleinen Bereich des derzeitigen elektrischen Betriebes, welche wirtschaftlichen Vorteile sich durch die Neuerung der Einmannbesetzung erreichen lassen.

Sch.

## Bücherbesprechungen.

### Ein neues amtliches Organ der Reichsbahn.

Die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in Berlin gibt als amtliches Organ für ihre Verfügungen und für sonstige Mitteilungen das Blatt „Die Reichsbahn“ heraus. Es erscheint wöchentlich einmal und kann vom 1. Februar an durch die Post zum Preise von M 1,20 monatlich bezogen werden. Die Schriftleitung befindet sich: Berlin W 66, Vofsstraße 35, der Verlag (Guido Hackebeil A.-G.) Berlin S 14, Stallschreiberstraße 34/35.

### Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln.

Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, und dem Deutschen Verband für die Materialprüfung der Technik (Ausschuß IX). 4. erweiterte Auflage. Oktavformat, 81 Seiten mit 7 Abbildungen und vielen Zahlentafeln. Verlag Stahl Eisen m. b. H., Düsseldorf, Schließfach 664. In Ganzleinen gebunden M 4.—.

Die Schrift ist aufgestellt und herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, und dem Deutschen Verband für die Materialprüfung der Technik. Sie ist geeignet, sowohl dem Vorteil des Verbrauches, wie dem des Lieferers zu dienen.

In einem einleitenden Abschnitt ist in allgemeinverständlicher Weise ein umfassendes Bild der Herkunft der Öle und ihrer Kennzeichnung gegeben.

Im zweiten Abschnitt sind die Öle und Fette nach den einzelnen Verwendungszwecken unter Angabe der geforderten Eigenschaften und der notwendigen oder erwünschten Untersuchungsarten zusammengestellt. Es wurde so eine förmliche Normung von 39 Schmier-

mitteln erzielt, die dem Verbraucher die Wahl des jeweils geeignetsten Öles oder Fettes ermöglicht und dem Lieferer die Ansprüche der Betriebe in bestimmten Zahlenwerten bekannt gibt.

Der dritte Abschnitt behandelt eingehend die verschiedenen Prüfungsverfahren unter Feststellung der erzielbaren Meßgenauigkeit. Wertvoll sind die Angaben der zuzubilligenden Toleranzen und der überhaupt vorkommenden praktischen Grenzwerte.

Das beigefügte Verzeichnis der Mitglieder der engeren Ausschüsse gibt die Gewähr, daß die Richtlinien die letzten Erkenntnisse des Chemikers, des Ingenieurs und des Kaufmanns wiedergeben. Ko.

### Steuerungen für Dampflokomotiven. Lehrblatt, herausgegeben von der Hanomag, Hannover-Linden.

In übersichtlicher Darstellung gibt das Lehrblatt auf vier Seiten einen kurzen Überblick über die z. Zt. für den Lokomotivbau hauptsächlich in Betracht kommenden Steuerungsarten. Nach verschiedenen einleitenden Angaben über das Wesen der Dampfverteilung im allgemeinen sowie einigen wertvollen Winken für den Entwurf werden die Steuerungen von Stephenson, Allan-Trick, Gooch-Heusinger-Walschaert, Baker, Heusinger-Joy, Young und Joyje unter Beigabe von zeichnerischen Beispielen und Schieberdiagrammen kritisch besprochen. Entsprechend dem Charakter als Lehrblatt wird überall auf die einschlägige Literatur hingewiesen. Die Firma hat das Blatt wohl in erster Linie für den Gebrauch in ihrem technischen Büro bestimmt, es kann aber unbedenklich jedem Fachmann als kurzer Anhalt dienen und wird sich vornehmlich für den Gebrauch auf technischen Schulen eignen.

R. D.